

区域生态安全概念及评价体系的再认识

王 耕^{1,2} ,王 利² ,吴 伟¹

(1. 大连理工大学环境与生命学院 ,大连 116024 2. 辽宁师范大学城市与环境学院 ,大连 116029)

摘要 生态安全概念的提出已有十多年 ,但是至今还未有一个统一的定义。在“生态”涵义上的分歧导致了“生态安全”的许多种解释 :强调生物(系统)与环境或其他生物之间可持续发展关系的生态安全理解 ;强调生态环境涵义的生态安全理解 ;强调环境安全的生态安全理解 ;强调复合生态系统的生态安全理解。在生态安全评价体系上大多学者沿用“压力-状态-响应(P-S-R)”概念框架 ,但是通过本人实践和综合各位学者研究 ,反映出基于 P-S-R 框架的生态安全评价在生态安全状态研究上有余 ,安全趋势研究不足 ;总体研究有余 ,空间差异研究不足 ;现象研究有余 ,安全机理研究不足 ;结果理论性有余 ,实践指导性不足。在实际生产生活中人们更加关注的不仅是生态安全的现时状态 ,而是生态安全未来发展趋势。在安全科学中影响安全的因素是隐患 ,它在一定条件下触发或由量变累积到质变 ,安全状态就发生改变甚至突变。生态安全从诞生时起就孕育着各种隐患 ,而且无时无刻不受到隐患及危害的威胁 ,隐患因素的跨边界性传递作用又导致了生态安全空间差异性。因此生态安全是一个空间概念 ,区域生态安全是人与环境复合系统保障由于自然因素和人类活动或二者共同作用而产生的生态安全隐患对人类生态安全空间不构成威胁的状态或演变趋势的可能性。由于生态安全的动态性和空间性 ,仅仅基于“压力-状态-响应”(P-S-R)框架的状态评价研究是远不能全面客观解释与分析生态安全过程。为全面剖析生态安全的内涵 ,完善生态安全的理论 ,生态安全评价体系需要在不同区域的生态安全(特殊)机理研究 ,生态安全隐患研究 ,生态安全趋势预测研究 ,生态安全预警系统研究 4 个方面进一步深入地发展 ,使之更好地指导实践工作。

关键词 区域生态安全 ;概念 ;研究体系 ;再认识

文章编号 :1000-0933 (2007)04-1627-11 中图分类号 :Q988 文献标识码 :A

Recognition on regional ecological security definition and assessment system

WANG Geng^{1,2} , WANG Li² ,WU Wei¹

1 School of Environmental and Biological Science and Technology in Dalian University of Technology , Dalian 116024 ,China

2 Urban and Environmental College of Liaoning Normal University , Dalian 116029 ,China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (4) 1627 ~ 1637.

Abstract :This paper sums up the concept of ecological security. It can be divided into four kinds according to the understanding of "ecology" : (1) the concept that emphasizes the relation with sustainable development of each other ; (2) the concept that emphasizes the meaning of eco-environment , (3) the concept that emphasizes environmental security , (4) the concept that emphasizes multiple ecosystems. The limitations of the assessment based on Pressure-State-Response (P-S-R) are :the scarce security trend , the scarce spatial difference , the scarce mechanism and practice.

People pay more attention to the ecological security evolvement trend. The security factors are dangers that are to be

基金项目 国家自然科学基金资助项目 (70073003) ;国家教育部博士点基金资助项目 (20020141027) ;辽宁省教育厅青年基金资助项目 (Q004F010) .

收稿日期 2006-03-15 ;修订日期 2006-11-28

作者简介 王耕 (1973 ~) ,女 ,辽宁沈阳人 ,博士生 ,主要从事环境评价与环境管理研究. E-mail :wanggeng2003@sohu.com

Foundation item The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 70073003) ; National Ministry of Education Ph. D. Foundation (No. 20020141027) ; Youth Scholar Fund of Department of Education of Liaoning Province (No. 2004F010)

Received date 2006-03-15 ; **Accepted date** 2006-11-28

Biography :WANG Geng , Ph. D. candidate , mainly engaged in environment assessment and environment management. E-mail :wanggeng2003@sohu.com

triggered or accumulated under certain conditions. Security states will evolve even mutate because of the dangers. Ecological security from beginnings is threatened by all kinds of dangers. The danger factors span regional boundary , which lead to the spatial differences of ecological security. So , ecological security is a spatial concept. Regional ecological security means that the existing state and evolving probability should prevent human ecological security space from the harm of dangers factors that are caused by nature and human activity. It is not enough to explain and analyze ecological security based on the mechanism of pressure-state-response. In depth research and assessment system is necessary for perfecting ecological security theory and directing practice. The aspects that should be developed are suggested in the paper , they are : the especial ecological security mechanism of different regions ; dangers research ; the evolvment trend forecast ; early warning system.

Key Words : regional ecological security ; concept ; research system ; recognition

生态安全作为一种全新的环境管理目标 ,其概念的提出已有十多年 ,尽管在“安全”涵义上的理解并没有争议 ,一致认为“安全”就是“没有危险 ,不受威胁” ,然而由于生态安全内涵的丰富性和复杂性 ,在“生态”涵义上的分歧却使“生态安全”具有诸多解释 ,正如 Dabelko 和 Simmons^[1]所指出的那样 ,“生态安全”不仅在学科内部有各种概念视角 ,而且在政府部门也如此。近年来国内外许多学者从理论与方法上对生态安全进行了广泛的研究^[2~13] ,对辽河流域生态安全进行了基于“压力-状态-响应”框架的评价研究^[14~16] ,正是由于“生态安全”概念的模糊性 ,机理的复杂 ,评价标准的不统一 ,评价结果的现实指导意义不足。“生态安全”这个概念是构成生态安全研究领域最基本、最核心的问题 ,不同的“安全观”必然导致不同的安全评价方法 ,以至直接影响到如何筛选生态安全的评价指标 ,如何构建生态安全评价模型。为了建立一个有实践意义的生态安全战略或是行动计划 ,首先需要有一个清晰可行的生态安全定义和一套理论方法体系。崔胜辉等在综述生态安全国内外研究现状基础上明确强调生态安全概念与学科体系的建立及完善问题^[17]。本文在重新认识生态安全概念及评价体系的基础上 ,从区域生态安全更值得关注的问题为切入点 ,讨论了区域生态安全概念、评价体系发展问题 ,以期对我国的生态安全研究有一定的指导意义。

1 国内外关于生态安全概念的几种认识

1.1 基于“环境”的生态安全

环境是指独立存在于某一主体对象以外的所有客体总和 ,生态环境是指一定空间范围内 ,生物群落与其所处的自然环境所形成的相互作用的统一体。一般在环境科学中所指的环境常常是指自然环境 ,生态学科中称生物生存的自然环境为生态环境。生态安全在“生态”涵义上理解为“环境或生态环境” ,则生态安全与环境安全、生态环境安全等概念极为相似 ,有时通用甚至混淆。

环境安全主要围绕着“环境变化”和“安全”之间的关系展开的。最早将环境变化含义明确引入安全概念的学者是莱斯特·R·布朗。他早在 1977 年就提出要对国家安全加以重新界定 ,并在 1981 年的一本著作《建立一个持续发展的社会》中指出 :“生态环境成为世界各国关注的国家安全的首要问题”^[18]。1987 年联合国环境与发展委员会发表的《我们共同的未来》报告中正式使用“环境安全”这一用语^[19]。冷战结束后 ,基于“环境”涵义的生态安全讨论日渐增多^[20~22] ,尤其 20 世纪 90 年代后期 ,国际组织和研究机构又展开了大量的相关研究^{①②}。部分学者认为“环境安全”与“生态安全”是一致的^[23~26] ,这是一种侧重生态环境安全的狭义生态安全概念 ,如 Rogers 认为生态安全是自然生态环境能满足人类和群落的持续生存与发展需求 ,而不损

① NATO's committee on the challenges of modern society. Environment and security in an international context. Brussels : NATO ,1999
② Research Panel on Environment and Security of the Canadian Global Change Program. Environment and Security : An overview of Issues and Research Priorities for Canada ,1996

害自然生态环境的潜力的一种状态^①。2000 年 12 月 29 日国务院发布《全国生态环境保护纲要》指出,国家生态安全是指一个国家生存和发展所需的生态环境处于不受或少受破坏与威胁的状态^②。周毅、陈灌春等所提出的生态安全概念也都是基于“生态环境”的理解^[27~29]。杨京平、吴国庆、徐海根等基于生态环境的安全与保护还进行了大量的评价与研究^[27,30~32]。另外还有一些学者则认为环境安全是环境资源安全^③^[33~35]。生态安全与环境安全虽然都是来源于“国家生态安全”体系,都是国家安全由单一的纯军事意义的国防安全扩展到经济、政治、科技、信息以及生态环境安全等更广泛的含义,但是二者是有区别的。环境安全是与国家安全、国防安全、资源安全等密切联系在一起的,是国家安全的重要内容。生态安全指自然生态和人类生态意义上生存和发展的风险大小,包括环境安全、生物安全、食物安全、人体安全到企业及社会生态系统安全。环境安全主要是关于大气、海洋、河流和土地为主的安全状态。环境安全区别于一般的环境破坏,不是所有的环境问题都会构成安全问题,只有环境破坏威胁到人类安全时,才纳入到生态安全范畴。另外,基于“生态环境”的生态安全评价有时也易与生态环境质量评价雷同。因此基于“环境”的生态安全理解是模糊混淆的,并没有涵盖生态安全的全部。

1.2 基于“生态”的生态安全

“生态”是指某一生物(系统)与环境或与其他生物之间的相对状态或相互关系。衡量生态则在一定程度上用定量指标来阐明关系是否平衡或协调,因而一些学者以生物与环境的可持续发展关系来定义生态安全,并认为可持续发展是生态安全的理论基础,生态安全是对可持续发展概念的补充和完善^{④⑤⑥}^[36~39]。《我们共同的未来》第 11 章“和平、安全、发展和环境”专门指出:“和平和安全问题的某些方面与持续发展的概念是直接有关的。实际上,它们是持续发展的核心^[19]。”Steve Loneragan^⑦论述了生态安全与可持续发展的关系,并认为可持续发展为达到人类安全提供了标准化方针。Dennis^⑧认为生态安全是建立在维持人类与自然环境四类平衡——人类需求与环境系统可持续承受力的平衡、人口内部的平衡、人口与其他物种的平衡以及人口与致病微生物的平衡基础之上的。1996 年《地球公约》的《面对全球生态安全的市民条约》中,规范了生态安全与可持续发展的关系与责任^⑨。Rapport^[40]、Costanza^[41]等也认为生态系统安全的概念应该与人类社会可持续发展联系在一起,其安全的目标在于为人类的生存和发展提供持续和良好的生态服务功能。国内程漱兰、曲格平等一些学者认为国家生态安全程度也适用可持续发展的能力来衡量^[42~46]。

基于“生态”关系的生态安全定义属于广义上的生态安全理解,适用于国家生态安全和区域生态安全。在自然风险一定的情况下,生态安全建设就是可持续发展建设,对于区域经济发展来说,要保证区域生态安全,就要调控区域的经济活动,才能促使区域可持续性发展,生态安全是可持续发展的目标,同时它又是实现可持续发展的保障,没有生态安全就没有可持续发展。二者既统一又有区别。从生态系统而言,可持续的生态系统不考虑自然风险,它是安全的。因为可持续的生态系统具有强大的内外恢复力。而安全的生态系统,虽然不受威胁,也不威胁人类,但是其自然资源利用是否是合理的、永续的,是否具有持续发展能力,这一点较难判定,所以它不一定是可持续的生态系统,即安全的生态系统是健康的,但不一定是可持续的。

1.3 基于“系统”的生态安全

在“生态”涵义上理解为“生态系统”,则生态安全指生态系统安全或复合生态系统生态安全。

① ROGERS K S. Ecological Security and Multinational Corporations. <http://www.ciaonet.org/wps/ecs07.html>, 1997-04-01/2003-08-12

② 李斌. 我国首次提出“国家生态安全”目标. <http://www.960wood.com/dongtai/dongtai-15.htm> (2001.5.3)

③ 王殊. 生态环境安全是经济安全的保障 [N]. 经济日报, 1999-03-02

④ Mark Halle. State-of-Are Review of Environment Security and Development Co-operation. Working paper of Conducted on behalf of the OECD DAC Working Party on Development and Environment. 2000 43

⑤ 崔书红. 沙尘暴雪暴频频来袭,我国生态安全危机四伏. http://www.news.sohu.com/20010209/file/0936_004_100234.html, 2001-05-03

⑥ 尹希成. 生态安全:一种新的安全观 [N]. 科技日报, 1999-02-27

⑦ Public Meeting — Science for ecological security [EB/OL]. <http://www.cseindia.org>

⑧ Dennis Pirages. Ecological Security: Micro – Threats to Human-Being [EB/OL]. <http://www.Bsos.umd.edu/Harrison/papers/paper13.htm>

⑨ Robyn Eckersley. Ecological security dilemmas [EB/OL]. <http://www.arts.monash.edu.au/ncas/teach/unit/pol/chpt08.html>

1.3.1 广义生态安全的理解

国际应用系统分析研究所 (IASA) 提出广义生态安全概念, 强调生态安全是人的生活、健康、安乐、基本权利、生活保障来源、必要资源、社会次序和人类适应环境变化的能力等方面不受威胁的状态, 包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全^①。广义生态安全反映了复合生态系统生态安全的范畴, 从范围大小也可分成全球生态系统、区域生态系统和微观生态系统等若干层次, 涉及内容广泛而具体, 在生态安全研究中有一定影响力, 适合于区域尺度以上的生态安全和可持续发展研究, 为大多数学者所接受。肖笃宁等讨论了生态安全的广义基本概念和主要内容, 并基于此对西部干旱区的生态安全问题及其对策做了不少有益的探讨^[5, 10, 46~48]。邹长新等在此定义基础上概括了区域生态安全涵义^[49]。陈国阶虽然也提到生态安全的广义和狭义理解。但其广义的生态安全包括生物细胞、组织、个体、种群、群落、生态系统、生态景观、生态区 (生物地理区)、陆 (地) 海 (洋) 生态及人类生态。只要其中的某一生态层次出现损害、退化、胁迫, 都可以说是其生态安全处于危险状态, 即生态不安全^[50]。这种广义理解是从安全的客体上分类的, 即生物 (微生物、植物、动物) 生态安全, 在传统的生态学中已多有论述, 生物的生态危害主要通过生态恢复与重建来克服, 这已成为普通生态学的重要内容, 所以安全的内容并不突出。

1.3.2 从生态系统服务角度定义生态安全

在“安全”涵义上强调生态系统服务功能的生态安全理解包含两重含义, 其一是生态系统自身是否安全, 即其自身结构是否受到威胁; 其二是生态系统对于人类是否是安全的, 即生态系统所提供的服务是否满足人类的生存需要^[8, 51, 52]。这种定义恰好提供了生态安全研究的一个侧面, 即通过生态系统服务功能强弱来测度其安全程度。肖笃宁等将生态系统服务功能的可持续性作为生态安全研究的基本内容^[5]。因而此定义也为许多学者所接受和引用。安全的生态系统其生态功能是正常的, 其服务是完善的, 即使在环境产生波动的情况下也有余力恢复正常“工作”, 但是, 反之生态服务功能完善的生态系统就是安全的吗? 此定义恰恰是想从生态服务功能来评价其安全程度, 显然是忽略了生态风险这个条件, 而且生态安全与生态服务功能不能同义, 生态服务功能的研究要早于生态安全的研究, 并且在生态服务研究的文献中并没有出现“安全”字样, 生态服务功能是生态安全研究的主要内容, 但生态服务却不能代替生态安全的研究。此定义仍侧重于自然生态系统的安全, 对于人类生态系统的安全考虑甚少, “安全”内涵仅用生态服务功能来衡量也显得薄弱。

1.3.3 从生态系统健康角度定义生态安全

肖笃宁指出^[5], 生态系统健康诊断是生态安全研究的基本内容。健康的生态系统功能正常, 在时间上能够维持它的组织结构和自治, 以及保持对胁迫的恢复力, 反之功能不完全或不正常的生态系统, 即不健康的生态系统, 其安全状况则处于受威胁之中。以肖笃宁为代表的狭义生态安全涵义反映了生态系统完整性和健康的整体水平^[53, 54]。生态健康与生态安全的差别在于前者是针对所研究的特定生态系统对外界干扰, 其质量与活力的诊断和客观分析, 侧重于生态系统结构和功能的研究, 评价指标包括活力、恢复力、组织结构、维持生态系统服务、管理的选择、减少投入、对相邻系统的危害和人类健康影响等方面; 后者是从人类对自然资源的利用与人类生存环境的辨识角度来评价自然和半自然的生态系统, 即生态系统在保持健康的结构和功能情况下能否承受住人类正常的社会经济活动。因此, 生态系统健康不能代替生态安全的研究。健康的生态系统并一定是安全的, 也需要与生态系统所处的风险状态相联系。此定义仍侧重于自然生态系统的安全, 对于人类生态系统的安全考虑甚少。从复合生态系统角度看, 正如肖笃宁指出的那样, 基于生态系统健康的定义只能作为狭义生态安全的理解。

1.3.4 从人类安全角度定义生态安全

国际全球环境变化人文因素计划 (International Human Dimension Program of Global Environmental Change ,

① Кочуров Б И. 1992. Экологические ситуации и их прогноз. Геогр и прир-ресурсы, 2: 5~13

IHDP) 提出全球环境变化和人类安全 (Global Environmental Change and Human Security , GECHS)^① 研究项目 , 为生态安全的理解又提供一个新视角 , 使科学家们将生态安全和人类生计安全联系起来^[21 55 56]。一些学者认为生态安全是指社会、政治、经济性的安全 , 该安全问题不仅是对当代人群健康和后代人健康成长的危害 , 主要是指因环境污染与生态破坏所引起的对全世界的和平与发展 , 对国家安全、经济安全、甚至以对整个人类的生存与发展的有害影响^{②③ [57 58]}。正如 Calow 所言^[59] , 将人置于生态环境系统之中 , 不仅使得生态环境系统安全的概念非常清楚 , 从而使得安全评价也变得非常简单明了。肖笃宁、陈国阶、任志远等从人类对生态安全的能动性角度 , 将生态安全定义置于以人类安全为核心的范畴中^[5 50 60]。国际应用系统分析研究所于 1989 年提出的广义生态安全概念实质上是从小人类安全的角度来定义的。此角度的生态安全定义是比较科学的 , 客观的 , 因为只有人类才会有 “安全” 意识 , 那么 “生态安全” 只有针对人类才有意义。从生态安全的由来与发展看 , 生态安全的概念是在生态危机问题直接且较普遍、较大规模威胁到人类自身的生存与安全之后才提出的。从一定意义上说 , 生态安全指的就是人类生态安全 , 因此也不乏许多学者从人与环境可持续发展的角度来研究生态安全的程度。

1.3.5 从生态风险角度定义生态安全

随着研究的不断深入 , 科学家们越来越关注影响生态安全的具体因素 , 如全球环境变化^④、脆弱性^{⑤⑥}等 , 而且更加关注这些因素可能对生态系统和社会带来的危险^[61]。有些环境学家认为生态安全与生态风险或生态危机相关^[62 63] , 因而从 “安全” 与 “风险” 的角度来理解生态安全 , 但并没有给出确切定义 , 只是把生态安全作为国家安全的一个组成部分或要素。Kim^⑦ 认为生态安全是由生态威胁、生态风险等概念演变而来 , 人类是造成生态威胁的主要责任者 , 生态安全是维持人类、社会、政权和全球共同体的一个必要条件 , 是国家安全和公共安全的一部分。在 Newman 等编著的《风险评价 : 原理与方法》一书中 , 提出需要将生态系统风险与人类安全紧密结合^[64]。我国学者王根绪等以生态安全与生态风险互为反函数关系讨论了生态安全的定义^[7 65]。这些观点反映出生态安全的内涵已从过去单纯的以自然或半自然生态系统为对象逐渐向人类自身为核心的生态体系转变。

风险 (Risk) 是指评价对象偏离期望值的受胁迫程度 , 或事件发生的不确定性 , 其计算值为概率与可能损失结果的乘积。生态风险是指特定生态系统中所发生的非期望事件的概率和后果。而安全是指评价对象在期望值状态的保障程度 , 或防止不确定事件发生的可靠性 , 它是一种主观感觉。从以上的概念来看 , 以生态系统为分析角度 , 生态安全概念可以用生态风险和生态健康两方面来定义 , 但是生态健康与生态安全是有区别的。以生态风险角度的生态安全定义是比较模糊的 , “风险” 与 “威胁” 的内容并没有深入解释 , 另外 , 这里所谈的风险是针对不确定性事件 , 不包括像 “水土流失” 这样渐进性的生态风险 , 而它却是生态安全的重要内容 , 因而概念的确定还是不严密的。

1.3.6 区域生态安全格局

随着景观安全格局研究的发展 , 为适应生物保护和生态恢复研究的发展需求 , 马克明、傅伯杰等提出 “区域生态安全格局” (the regional pattern for ecological security) 的概念^[66 ~ 68]。区域生态安全格局研究是基于格

① International Human Dimension Program on Global Environmental Change Report No. 11 : GECHS Science Plan. Bonn , Germany. June1999
② Betsy Hartmann. Population , Development , and Human Security. Aviso 7 (October) 2000. Available on line at : http ://www. gechs. org
③ Richard A Matthew. Environmental Stress and Human Security in North Pakistan. Aviso 10 (July) , 2001. Available on line at : http ://www. gechs. org
④ Vladimir Kotov and Elena Nilitina. Russia : New Dimensions of Environmental Insecurity. Aviso 9 (June) 2001. Available on line at : http ://www. gechs. org
⑤ Bohle , Hans-Georg. Vulnerability and criticality. Perspectives from social geography. IHDP Update 2 , 2001 (1) : 3 ~ 5
⑥ Stockholm Environment Institute (SEI). International Work shop on Vulnerability and Global Environmental Change. Stockholm , Sweden. 17 ~ 19 May 2001. Available on line at http ://www. sei. se
⑦ Kim-Patricia M. Mische. Ecological Security&the UN System : Past , Present and Future. 1998

局与过程相互作用的原理从更加宏观更加系统的角度寻求解决区域生态环境问题的对策,并通过区域生态安全格局的规划设计具体实施。虽然它与生态安全的终极目标是一致的,都是可持续发展,但它是从景观生态学角度为适应性生态系统管理提供的一种新途径,与前文生态安全各种理解是有区别的。值得注意的是区域生态安全格局概念不再停留于前文生态安全状态描述,而是强调生态安全的演变与格局问题,这为生态安全动态演变研究提供了一种思路。

综上所述,虽然不同的学者从不同的学科背景在“生态”涵义上理解的生态安全不同,但生态安全的概念大都是建立在人类经济活动与环境可持续发展“安全观”的基础之上的,这无可非议。除了区域生态安全格局以外,概念表达均为生态安全状态描述,考虑的影响因素除基于“生态风险”的定义以外,都是确定性的,现状的,短期的。从人与环境复合系统相互作用来看,“生态安全”应既包括相对状态安全,又包括相互关系安全的动态过程,是关于时间和空间的连续函数,理应从安全空间的角度来理解。既然将生态安全作为一门学问来进行研究,就必须将其主体赋予明确的定义,充分考虑各种因素对其的影响,其中既包括确定性因素,如环境污染、水土流失,又要包括不确定性因素,如由于人类活动所加剧的水灾、旱灾等。GECHS 计划已明确指出影响人类安全的环境变化的因素有:自然灾害、累积性变化或缓慢发作的变化、突发事故或工业事故、发展项目和冲突与战争。然而目前关于灾害因素与生态安全的关系,以及灾害因素对生态安全的作用机制等的研究还未见报道。为此,有必要考虑生态安全的动态不确定性因素,从安全与灾害的视角给生态安全下一确切定义,并探讨生态安全动态演变分析已成当务之急。

2 基于 P-S-R 框架生态安全评价体系的认识

“压力-状态-响应 (P-S-R)”概念框架是评价人类活动与资源环境可持续发展方面比较完善的、权威的体系,正因为如此,许多学者把此框架作为生态安全评价机理,并完成了大量区域生态安全评价研究^[6,9~16,32~34],但是通过本人实践和综合各位学者研究,基于 P-S-R 框架的评价体系也存在以下局限:

(1)生态安全状态研究有余,安全趋势研究不足。目前基于 P-S-R 框架的生态安全状态评价研究既充分又成熟,P-S-R 概念模型中“状态”表征资源环境的静态状况,例如污染物浓度、物种多样性、洁水的可用性等都是确定性因素,因此评价结果都是基于某一时期,某一阶段的生态安全状态,而生态安全并不是瞬间或阶段结果,是时间和空间的过程函数,此框架下的评价是无法客观反映生态安全的动态性。

(2)生态安全总体研究有余,空间差异研究不足。P-S-R 框架最初是应用于国家生态安全评价,用于区域生态安全研究,尺度较大,选取的指标都是以区域为单位,考虑因素的总体影响,评价结果体现了区域总体的生态安全状况,例如已知某区域的评价结果是不安全的,却不知应落实到哪一地域空间上是不安全的,也难以用于空间差异的比较。

(3)生态安全现象研究有余,本质与安全机理研究不足。P-S-R 框架是从“原因-效应-响应”这一逻辑思维来反映人类活动已经带来的或正在带来的生态安全影响问题,属于生态安全现象研究。当前生态安全的研究已进入到深层次的内在关系研究,不仅考虑外部的压力,而且注意到系统自身社会与生态上的脆弱性,强调环境压力与安全的关系是“共振”,而不是因果关系。因此人与环境可持续发展关系并不完全等同于生态安全的机理,如它不能解释流域下游安全受到上游的影响问题,真正生态安全演变机理研究还没有开展。

(4)生态安全研究结果理论性有余,实践指导性不足。基于 P-S-R 框架的评价结果是生态安全状态指数,它既无法反映生态安全的发展趋势,又无法判断具体的地域差异,而且由于水土流失、荒漠化等渐进性隐患因素作用时间长,当生态安全评价结果为不安全时,生态环境早已被破坏,其评价结果明显滞后于生态安全的变化,评价结果在区域发展的实践与决策中并没有指导意义。

因此,需要重新思考生态安全评价体系。

3 区域生态安全——人们更关注什么?

3.1 生态安全演变趋势

安全不是瞬间的结果,而是对系统在某一时期,某一阶段过程状态的描述,因此生态安全是一个动态过

程 是关于时间的连续函数 ,从 T_0 时刻到 T 时刻 ,生态安全由初始状态 S_0 演变到预期状态 S_T 。初始状态 S_0 和预期状态 S_T 的生态安全可以分别选取 T_0 时刻和 T 时刻的静态指标通过 P-S-R 框架来评价 ,得出生态安全的状态指数 ,这也是目前生态安全所评价内容。但是在实际生产生活中人们更加关注的不仅是生态安全的现时状态 ,而是未来 5a 或 10a 生态安全状态将怎样演变 ,是越来越安全 ? 还是越来越不安全 ? 如果生态安全有向不安全状态演变的趋势 ,人们是可以通过预警理论采取应急响应来控制演变方向 ,调控不安全趋势为安全演变趋势。在安全科学中影响安全的因素是隐患 ,它在一定条件下触发或由量变累积到质变 ,安全状态就发生改变甚至突变。生态安全的演变是相当复杂的过程 ,在未来时段 ,影响生态安全的隐患因素是不确定性的 ,造成人们生产、生活、生存的危害也是不确定性的 ,当然生态安全的状态也是动态变化的。因此演变趋势研究比现状评价更有现实指导意义。

3.2 生态安全隐患

何谓隐患 ? 一般而言 ,“隐患 ”系指潜藏的祸患 ,是客观存在的 “人 ”、“物 ”、“环境 ”的不安全状态^[69]。生态安全隐患是指在人类与自然环境相互作用过程中 ,客观存在的威胁人类生产、生活和生存安全空间的 “环境 ”不安全因素 ,它包括一切生态风险源及生态健康威胁的因素^[70]。因此 ,自然灾害、环境污染、生态破坏及危害人类生产、生活和生存的经济开发活动和消费模式等都是危害生态安全的隐患因素 ,而并非只有基于 P-S-R 框架的人类活动对环境的直接静态的压力。由于区域生态安全是以人类赖以生存的环境 (或生态条件)的安全为思考的主体 ,地区发展水平和环境状况的差异造成了生态安全隐患因素在各地区也存在着区别 ,只有筛选、分类隐患因素 ,才能客观描述同类因子内部或非同类因子之间的耦合关系 ,解释隐患对生态安全的影响过程、结果和调控方式。

3.3 生态安全空间差异

生态安全隐患因素存在地区性差异性 ,其危害作用也具有空间差异的特点。因为生态安全的研究对象——人与环境复合系统是一个具有一定空间地域的动态的开放系统 ,隐患因素造成的危害可以通过环境过程从一个地方传递到另一个地方 ,甚至超过行政界线 ,如自然灾害、水土流失、上游对下游的环境污染等 ,所以按照区域单元基于 P-S-R 框架评价 ,危害发生区域与影响区域都是一致的 (如图 1) ,显然这并不符合危害影响的空间分布规律。以点源大气污染为例 ,将污染物浓度值作为区域单元 “状态 ”指标参与计算 ,评价结果是均一的 (如图 1) ,而实际上大气污染随时间的推移不断扩散和稀释 ,其危害是随着点源中心逐渐衰减的 ,产生区域和影响区域是不相同的 ,评价结果具有明显的空间分布特点 (如图 2)。因此基于隐患因素的生态安全评价体现了生态安全的地域差异性 ,评价结果更加有利于指导人们因地制宜地进行区域开发与管理。

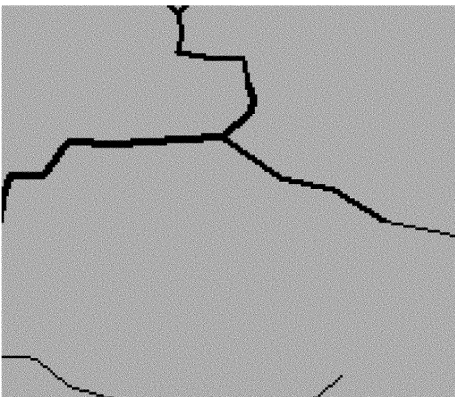


图 1 基于 P-S-R 点源污染状态

Fig.1 The point source pollution state based on P-S-R

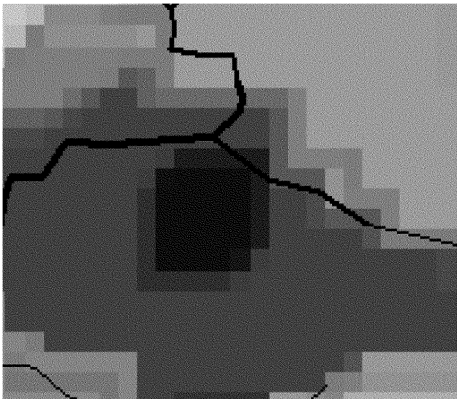


图 2 点源污染危害空间差异

Fig.2 The spatial difference of the point source pollution harm

4 区域生态安全概念及评价体系的发展与思考重建

4.1 基于隐患因素的生态安全概念

以笔者愚见,生态安全是一个空间概念。区域生态安全是指人与环境复合系统保障由于自然因素和人类活动或二者共同作用而产生的生态安全隐患对人类生态安全空间不构成威胁的状态或演变趋势的可能性。这里生态安全状态并不是 P-S-R 概念模型中的“状态”表征,而是生态安全隐患随着时间和空间发展变化的瞬时阶段,它是生态安全空间的一个截面,即状态空间。生态安全空间是指生态安全隐患随着时间和空间发展变化过程的分布地域。如图 3,如果任一区域 K 的生态安全同时受到时间维 T 的威胁 T_k 和空间维 A 的威胁 A_k , T_k 主要是自然因素和人类活动或二者共同作用而产生的随时间变化的生态安全隐患,如干旱、洪涝和荒漠化等灾害; A_k 主要是区域间经济活动产生的生态安全隐患,一方面包括区域 K 自身的经济活动产生的安全隐患 D_k ,另一方面包括周围区域 J 经济活动对区域 K 的安全隐患 D_{jk} ,如某区域核电站的建设对周围区域的安全威胁,上游对下游的污染影响等。而 D_k 既包括直接对本区域造成危害的隐患 D_k ,又包括对其它区域构成危害的隐患 D_{kx} ,则区域 K 的生态安全恶化的风险 $R_k = f(A_k) + f(T_k) + f(D_k) - f(D_{kx}) + f(D_{jk}) + f(T_k)$ (R_k 为生态安全隐患指数 $f(A_k)$ 为空间维隐患指数 $f(T_k)$ 为时间维隐患指数 $f(D_k)$ 为区域隐患指数 $f(D_{kx})$ 为区域对周围地区的隐患指数 $f(D_{jk})$ 为来自周围地区的隐患指数)。隐患指数可以应用动态安全评价理论计算风险值^[71]。

该概念以人为评价主体,“生态”的涵义是指人与环境复合系统,既包涵站在主体的位置来看主体自身是否安全,主体对客体是否安全,又包涵站在客体的位置来看客体对主体是否安全。“安全”的涵义既考虑了现状确定性因素所表现的安全状态,又考虑了不确定性因素对未来安全所造成的隐患影响。这样区域生态安全的评价既包括某一时刻或时期的状态评价,又包括未来某一时刻或时期的趋势评价。基于隐患因素的作用过程强调了区域尺度生态安全问题的发生与区域间的作用传递,使得区域生态安全动态演变性和空间差异性更加清晰。

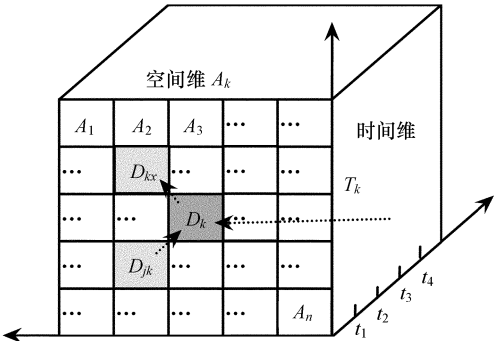


图 3 生态安全空间概念
Fig. 3 The concept of ecological security space

4.2 区域生态安全评价体系的发展与思考

生态安全是一个动态演变过程,仅仅基于 P-S-R 框架的状态评价研究是远不能全面客观解释与分析生态安全的演变过程,为了全面剖析生态安全的内涵,完善生态安全的理论,必须重新思考生态安全评价体系,进一步发展基于 P-S-R 的研究框架,以弥补 P-S-R 框架研究的不足,使之更好地指导实践工作。区域生态安全评价体系可试求在以下几方面来拓展:

4.2.1 不同区域生态安全(特殊)机理研究

不同区域如长江、黄河、辽河和海河等,生态安全隐患与安全状态的时空演变机理不同,不能套用一般研究模式,生态安全评价体系应突出不同区域生态安全(特殊)机理研究。

4.2.2 生态安全隐患研究

生态安全研究应高度重视生态安全隐患的研究。生态安全评价体系应该包括各种隐患组合发生的概率,发生条件以及隐患的不良传递趋势和过程研究。

4.2.3 安全趋势预测研究

生态安全趋势预测是人们最关注的研究,然而生态安全演变极其复杂,生态安全研究体系应着力研究如何从隐患作用机制来预测生态安全演变趋势,从而调控演变方向的问题。

4.2.4 安全预警系统研究

生态安全评价体系还应增加安全快速反应内容,即安全预警系统的研究,以便及时掌握生态安全受损状态,适时地采取必要的调控措施。

References :

[1] Dabelko G D , Simmons P J. Environment and security :Co re ideas and U. S. government initiatives. SAIS Review , 1997 , (Winter-Spring) : 127 - 146.

[2] Dyson J S. Ecological safety of paraquat with particular reference to soil. Planter ,1997 73 (5) :467 - 468 , 471 - 474 , 477 - 478.

[3] Litfin K T. Constructing environmental security and ecological interdependence. Global Governanc ,1999 5 (3) :19 ,359.

[4] Karin D. Environment , security and regionalism in the Asia-Pacific :is environmental security a useful concept ?PacificReview 2001 , 14 (4) 22 , 509.

[5] Xiao D N , Chen W B , Guo F L. On the basic concepts and contents of ecological security. Chin J Appl Ecol 2002 , 13 (3) :354 - 358.

[6] Chen D J , Xu Z M. Study on assessment of the ecological security in the continental watersheds in North West China——a case study at the middle reaches of Heihe River watershed , Zhangye Prefecture. Arid Land Geography 2002. 25 (3) :219 - 225.

[7] Wang G X , Cheng G D , Qian J. Several problems in ecological security assessment research. Chin J Appl Ecol 2003 , 14 (9) :1551 - 1556.

[8] Zuo W , Zhou H , Wang Q. Conceptual framework for selection of an indicator system for assessment of regional ecological safety. Soils 2003 , (1) : 2 - 7.

[9] Zuo W. Study on comprehensive assessment of the regional ecological safety based on RS ,GIS-a case study of Zhongxian County , Chongqing City. Beijing : Surveying and Mapping Press 2004. 66 - 89.

[10] Jiao Y , Xiao D N. Spatial neighboring characteristics among patch types in oasis and its ecological security. Chin J Appl Ecol 2004 , 15 (1) :31 - 35.

[11] Xue X Z , Lin T , Cao X-H. Building coastal ecological safety indicator system. Xiamen University (Natural Science) 2004 , 43 (supplement) : 179 - 183.

[12] Du Q L , Xu X G , Liu W Z. Ecological security assessment for the oases in the middle and lower Heihe River. Acta Ecologica Sinica 2004 24 (9) :1916 - 1923.

[13] Lu J F , You L Y , Chen H , et al. Assessment of Ecological Security and Adjustment of Land Use in Xilin hao te City of Inner Mongolia. Resources Science 2004 26 (2) :108 - 114.

[14] Wang G , Nie B C , Wang L , Wu W. Research on methods of ecological security assessment of the middle and lower reaches of Liaohe River based on GIS. Chinese Journal of Population , Resources and Environment , 2005 , 3 (4) 18 - 23.

[15] Wang G , Wu W. Assessment on ecological security spatial differences of the west areas of Liaohe River based on GIS. Environmental Science , 2005 26 (3) 28 - 33.

[16] Wang G , Wu W. Assessment on ecological security spatial differences of east areas of Liaohe River based on GIS. Journal of Safety and Environment , 2006 6 (3) :119 - 122.

[17] Cui S H , Hong H S , Huang Y F , et al. Progress of the ecological security research. Acta Ecologica Sinica , 2005 5 (4) 861 - 868.

[18] Leister R. Brow n. Building a society of sustainable development. Beijing :Scientific and Technological Literature Press , 1984.

[19] World Environment and Development Commissions. Our common future. Changchun : Jilin People Press , 1997.

[20] Renner M. National Security :The Economic and Environmental Dimensions. World watch Paper. 1989 , 89.

[21] Dennis P. Social Evolution and Ecological Security. Bulletin of Peace Proposals , 1991 , 22 (3) :329 - 334.

[22] Norman M. Environment and Security. Foreign Policy , 1989 , 74 (Spring) :23 - 41.

[23] Ifeanyi C , Ezeonu F C , et al. The environment and global security. The Environmentalist , 2000 20 :41 - 48.

[24] Mcnelis D N , Schweitzer G E. Environmental security :an evolving concept. Environ. Sci. Tech , 2001 35 :108 - 113.

[25] Wang M T , Peng Q G. Environmental safety and its influence on international relationship. Journal of Anhui Agriculture University (Society Science Edition) 2000 9 (3) :42 - 44.

[26] Ye W H , Kong Q C. Environmental Security : A Fundamental Problem Confront in human-kind in the 21s Century. China Population , Resources and Environment , 2001 , 11 (3) :42 - 44.

[27] Zhou Y. Ecological Environment Security in China. Journal of Northwest Forestry University 2003 , 18 (1) :109 - 112.

[28] Chen G C , Fang Z D. National Eco-environmental Security——Revelations from the Brazilian Amazon. Chongqing Environmental Science , 2002 , 24 (6) 9 - 11.

[29] Liu S Y , Zuo C Q , Meng Q L. Soil and water conservation and national ecological security. Science of Soil and Water Conservation 2004 2 (1) : 102 - 105.

[30] Yang J P , Lu J B. System analysis of ecological security. Beijing : Chemistry and Industry Publishing House , 2002. 139 - 143.

[31] Wu G Q. Study on ecological safety and its evaluation of regional agricultural sustainable development Regional agriculture sustainable development. Journal of Natural Resources , 2001 , 16 (3) 227 - 233.

- [32] Xu H G , Bao H S. On the method of ecological security design for nature reserves. *Chin J Appl Ecol* ,2004 ,15 (7) :1266 – 1270.
- [33] Zhang L , Liu H , Chen W Y. An issue on the national security of natural resources and environment for China. *Advance in Earth Science* ,2004 , 19 (2) :283 – 288.
- [34] Cai S Q. On environmental safety issues. *Journal of Safety and Environment* 2001 ,1 (5) 28 – 32.
- [35] Wang L M. Influenced factors and assessment indicators of resources security. *Journal of Nature Resources* 2002 ,17 (4) :401 – 408.
- [36] Kullenberg G. Regional co-development and security : a comprehensive approach. *Ocean & Coastal Management* ,2002 ,45 :761 – 776.
- [37] Wu K Y. Background analysis on the formation of ecological security theory. *Journal of Hefei University of Technology (Social Sciences)* ,2003. 17 (5) 24 – 27.
- [38] Li X C , Chen Z , Wang Z , *et al.* Ecology safe concept in sustainable development——Hunshandake as an instance. *Studies in Dialectics of Nature* 2005 ,21 (1) :17 – 20.
- [39] Yin X B. Assessment of regional sustainable development ecological security. *Quantity Economy Technology and Economy Research* ,2003 , 7 :139 – 144.
- [40] Rapport D J. Evaluating landscape health : integrating social goals and biophysical process. *J Environ Man* ,1998 ,53 :1 – 15.
- [41] Costanza R , Norton B G , Haskell B D. *Ecosystem health : New goal for environmental management*. Washington DC : Island Press ,1992.
- [42] Cheng S L , Chen Y. Attaching great importance to national ecological safety strategy . *Ecological Economy* ,1999 (5) 9 – 11.
- [43] Wang H M , Guo W , Cheng S L , *et al.* National ecological security. *Management World* 2001 , 2 :149 – 151.
- [44] Qu G P. The problems of ecological environmental have become a popular subject of country safety. *Environmental Protection* 2002 , 5 :3 – 5.
- [45] Jiang W Y. Argument on constructing national ecological security system by law. *Journal of Tianzhong* ,2003 ,18 (3) 46 – 48.
- [46] Xiao D N. Research significance and method of ecological security in drought area. In : Li W H ed. *ecological security and ecological construction*. Beijing : China Meteorological Press ,2002. 23 – 27.
- [47] Su Z X. Ecological problem s and countermeasures of exploitation in western area. In : Li W H ed. *ecological security and ecological construction*. Beijing : China Meteorological Press ,2002. 35 – 39.
- [48] Pang X L , Gu F X. Stability mechanism and security conservation of oasis ecosystem in drought area. In : Li W H ed. *ecological security and ecological construction*. Beijing : China Meteorological Press ,2002. 48 – 54.
- [49] Zhou C X , Shen W S. Advances in ecological security. *Rural Eco-Environment* ,2003 , 19 (1) :56 – 59.
- [50] Chen G J. On ecological security. *Chongqing Environmental Science* ,2002 , 24 (3) :1 – 4.
- [51] Guo Z W. To build the early warning and maintaining system of national ecological security. *Science and Technology Review* ,2001 , 1 :54 – 56.
- [52] Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* ,1997 , 287 :253 – 260.
- [53] Schaeffer D J. Henricks E E , Kerster H W. Ecosystem health : Measuring ecosystem health. *Environmental Management* ,1998 , 2 :397 – 402.
- [54] Kong H M , Zhao J Z , Ji L , *et al.* On the method of ecological health evaluation. *Chin J Appl Ecol* ,2002 ,13 (4) :486 – 490.
- [55] Neou B , Benjamin D L. Natural resources management for human security in Cambodia's Tonle Sap Biosphere Reserve. *Environmental Science & Policy* ,2002 , 5 :33 – 41.
- [56] Norman M. *Ultimate Security : The Environmental basis of Political Stability*. Washington D. C. : Island Press ,1996. 308.
- [57] Stern P C , Young O R , Druckman D. *Global Environmental Change : Understanding the Human Dimensions*. Washington D. C. : National Academy Press ,1992. 308.
- [58] Ursula O S. The Future of Humanity : Human , Gender and Ecological Security. *Journal of Peace Psychology* ,2000 , 6 (3) :229 – 235.
- [59] Calow P. Critics of ecosystem health misrepresented. *Ecosystem Health* ,2000 , 6 (1) :3 – 4.
- [60] Huang Q , Ren Z Y. Ecological Carrying Capacity and Ecological Security. *Journal of Arid Land Resources and Environment* ,2004 ,18 (2) :11 – 17.
- [61] Dalby S. Security and ecology in the age of globalization. *ESCP Report 8* ,2002 (Summer) :95 – 108.
- [62] Rob S. Security risks of global environmental changes. *Global Environmental Change* ,1996 , 6 (3) :187 – 192.
- [63] Bottelberghs P H. Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands. *Journal of Hazardous Materials* ,2000 , 71 :59 – 84.
- [64] Bascietto J J. A framework for ecological risk assessment : Beyond the quotient method. In : Newman MC and Stojan CL ,eds. *Risk Assessment : Logic and Measurement*. Michigan : Ann Arbor Press ,1998. 11 – 22.
- [65] Wu C H. On a Different Scale-Putting China's Environmental Crisis in Perspective. *Environmental Health Perspectives* ,2000 ,105 (10) :452 – 459.
- [66] Guan W B , Xie C H , Ma K M , *et al.* A vital method for constructing regional ecological security pattern : landscape ecological restoration and habilitation. *Acta Ecologica Sinica* ,2003 , 23 (1) :64 – 73.
- [67] Ma K M , Fu B J , Li X Y , *et al.* The regional pattern for ecological security (RPES) : the concept and theoretical basis. *Acta Ecologica Sinica* , 2004 , 24 (4) :761 – 768.
- [68] Li X Y , Ma K M , Fu B J , *et al.* The regional pattern for ecological security (RPES) : designing principles and method. *Acta Ecologica Sinica* , 2004 , 24 (5) :1055 – 1062.
- [69] Xiao G P , Hu A Z. The research on the basic concept and its interrelations of safety science. *China Safety Science Journal* ,1995 , 5 (1) :27 – 31.
- [70] Wang G , Wu W. Research on Mechanism and an Indicator System for Impact Factor of Regional Ecological Security. *China Safety Science Journal* ,

2006,16(5):11-15.

[71] Ryan P B. Historical perspective on the role of exposure assessment in human risk assessment. Michigan: Ann Arbor Press, 1998. 23-24.

参考文献：

[5] 肖笃宁,陈文波,郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容. 应用生态学报, 2002,13(3):354~358.

[6] 陈东景,徐中民. 西北内陆河流域生态安全评价研究——以黑河流域中游张掖地区为例. 干旱区地理, 2002,25(3):219~224.

[7] 王根绪,程国栋,钱鞠. 生态安全评价研究中的若干问题. 应用生态学报, 2003,14(9):1551~1556.

[8] 左伟,周慧珍,王桥. 区域生态安全评价指标体系选取的概念框架研究. 土壤, 2003,12:2~7.

[9] 左伟. 基于 RS、GIS 的区域生态安全综合评价研究——以长江三峡库区忠县为例. 北京:测绘出版社, 2004. 66~89.

[10] 角媛梅,肖笃宁. 绿洲景观空间邻接特征与生态安全分析. 应用生态学报, 2004,15(1):31~35.

[11] 薛雄志,吝涛,曹晓海. 海岸带生态安全指标体系研究. 厦门大学学报(自然科学版), 2004,43(增刊):179~183.

[12] 杜巧玲,许学工,刘文政. 黑河中下游绿洲生态安全评价. 生态学报, 2004,24(9):1916~1923.

[13] 卢金发,尤联元,陈浩,等. 内蒙古锡林浩特市生态安全评价与土地利用调整. 资源科学, 2004,26(2):108~114.

[15] 王耕,吴伟. 基于 GIS 的西辽河流域生态安全空间分异特征. 环境科学, 2005,26(3):28~33.

[16] 王耕,吴伟. 基于 GIS 的东辽河流域生态安全空间差异评价研究. 安全与环境学报, 2006,6(3):119~122.

[17] 崔胜辉,洪华生,黄云凤,等. 生态安全研究进展. 生态学报, 2005,25(4):861~868.

[18] 莱斯特·R·布朗. 建设一个持续发展的社会. 北京:科学技术文献出版社, 1984.

[19] 世界环境与发展委员会. 我们共同的未来. 长春:吉林人民出版社, 1997.

[25] 王茂涛,彭庆刚. 环境安全及其对国际关系的影响. 安徽农业大学学报(社会科学版), 2000,9(3):42~44.

[26] 叶文虎,孔青春. 环境安全——21 世纪人类面临的根本问题. 中国人口·资源与环境, 2001,11(3):42~44.

[27] 周毅. 中国生态环境安全. 西北林学院学报, 2003,18(1):109~112.

[28] 陈灌春,方振东. 国家生态环境安全——巴西亚马逊的启示. 重庆环境科学, 2002,24(6):9~11.

[29] 刘士余,左长清,孟菁玲. 水土保持与国家生态安全. 中国水土保持科学, 2004,2(1):102~105.

[30] 杨京平,卢剑波. 生态安全的系统分析. 北京:化学工业出版社, 2002. 139~143.

[30] 吴国庆. 区域农业可持续发展的生态安全及其评价研究. 自然资源学报, 2001,16(3):227~233.

[32] 徐海根,包浩生. 自然保护区生态安全设计的方法研究. 应用生态学报, 2004,15(7):1266~1270.

[33] 张雷. 中国国家资源环境安全的国际比较分析. 中国软科学, 2002,8:26~30.

[34] 蔡守秋. 论环境安全问题. 安全与环境学报, 2001,1(5):28~32.

[35] 王礼茂. 资源安全的影响因素与评估指标. 自然资源学报, 2002,17(4):401~408.

[37] 吴开亚. 生态安全理论形成的背景探析. 合肥工业大学学报(社会科学版), 2003,17(5):24~27.

[38] 李笑春,陈智,王哲,等. 可持续发展的生态安全观——以浑善达克沙地为例. 自然辩证法研究, 2005,21(1):17~20.

[39] 尹晓波. 区域可持续发展的生态安全评价. 数量经济技术经济研究, 2003,7:139~144.

[41] 程漱兰,陈焱. 高度重视国家生态安全战略. 生态经济, 1999,5:9~11.

[43] 王韩民,郭玮,程漱兰,等. 国家生态安全:概念、评价及对策. 管理世界, 2001,2:149~151.

[44] 曲格平. 关注生态安全之一:生态环境问题已经成为国家安全的热门话题. 环境保护, 2002,5:3~5.

[45] 江伟钰. 论依法架构国家生态安全体系. 天中学刊, 2003,18(3):46~48.

[46] 肖笃宁. 干旱区生态安全研究的意义与方法. 见:李文华,王如松. 生态安全与生态建设. 北京:气象出版社, 2002. 23~27.

[47] 苏智先. 西部开发中的生态安全问题与对策. 见:李文华,王如松. 生态安全与生态建设. 北京:气象出版社, 2002. 35~39.

[48] 潘晓玲,顾峰雪. 干旱区绿洲生态系统的稳定性机理与安全维护. 见:李文华,王如松. 生态安全与生态建设. 北京:气象出版社, 2002. 48.

[49] 邹长新,沈渭寿. 生态安全研究进展. 农村生态环境, 2003,19(1):56~59.

[50] 陈国阶. 论生态安全. 重庆环境科学, 2002,24(3):1~4.

[51] 郭中伟. 建设国家生态安全预警系统与维护体系——面对严重的生态危机的对策. 科技导报, 2001,(1):54~56.

[54] 孔红梅,赵景柱,姬兰柱,等. 生态系统健康评价方法初探. 应用生态学报, 2002,13(4):486~490.

[56] 贾士荣. 转基因作物的安全性争论及其对策. 生物技术通报, 1999,15(6):1~7.

[60] 黄青,任志远. 生态承载力与生态安全. 干旱区资源与环境, 2004,18(2):11~17.

[66] 关文彬,谢春华,马克明,等. 景观生态恢复与重建是区域生态安全格局构建的关键途径. 生态学报, 2003,23(1):64~73.

[67] 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.

[68] 黎晓亚,马克明,傅伯杰,等. 区域生态安全格局:设计原则与方法. 生态学报, 2004,24(5):1055~1062.

[69] 肖贵平,胡安洲. 关于安全科学基本概念及相互关系的研究. 中国安全科学学报, 1995,5(1):27~31.

[70] 王耕,吴伟. 区域生态安全机理与扰动因素评价指标体系研究. 中国安全科学学报, 2006,16(5):11~15.