

# 基于PSR模型的区域生态持续性评价概念框架

彭 建<sup>1,2</sup>, 吴健生<sup>1,2</sup>, 潘雅婧<sup>1,2</sup>, 韩忆楠<sup>1,2</sup>

(1. 地表过程分析与模拟教育部重点实验室 北京大学城市与环境学院, 北京 100871;

2. 城市人居环境科学与技术重点实验室 北京大学深圳研究生院城市规划与设计学院, 深圳 518055)

**摘 要:**区域可持续发展是可持续发展的重要基础,生态持续性则是实现区域可持续发展的重要前提与基本途径,但目前仍缺乏普遍认可的生态持续性目标分解方案;而在人类活动对自然生态影响日益显著且不断增大的背景下,生态系统健康、风险、安全与可持续性评价已成为当前宏观生态学的研究热点,虽然在各类评价之间普遍存在概念混淆、指标体系雷同等问题。本研究在系统梳理生态持续性相关概念逻辑关联的基础上,将区域视为人类自然-经济复合生态系统,强调人类活动的主导性,基于“压力-状态-响应(PSR)”模型,从生态胁迫、生态系统健康和生态可持续能力3方面构建了一个具有鲜明生态意义的区域生态持续性评价概念模型,并对评价模型、评价指标筛选及其阈值与权重展开了深入探讨。研究认为:系统工程的综合评价法是区域生态持续性评价的基本方法;不存在绝对的评价标准,区域生态持续性评价的终极目标,不在于静态的评价某时某地人类-自然复合生态系统可持续与否,而在于定量表征时空尺度上系统可持续性的动态变化与空间分异。

**关 键 词:**区域生态持续性评价;生态风险;生态安全;PSR模型;概念框架

## 1 引言

区域生态持续性(Ecological Sustainability)指自然地域生态系统在自然与人类干扰下对其结构与功能(包括自然资源供给与生态系统服务)完整性的长期维持与发展<sup>[1]</sup>。由于自然生态系统对地球生命系统的支撑与调节功能是任何人造资本都无法替代的。因此,源于人类对自然资源耗竭与生态环境退化的担忧,可持续发展理念的实现以区域生态持续性为重要前提条件与基本途径<sup>[2-3]</sup>;区域可持续发展实质,在于人类需求与生态承载力相互协调。

从基本评价流程的相对重要性来看,区域生态持续性评价与可持续发展评价相似,其核心仍在于定量评价模型(指标体系)的构建;但与大量开展的可持续发展评价指标体系与个案研究形成截然对比的是,国内外关于区域生态持续性评价的理论方法探讨仍不多见。这主要是由于系统目标分解难易程度不同造成的,区域可持续发展系统一般可有效分解为经济、生态与社会等子系统的可持续发展,而生态持续性目前则缺乏广泛认可的部门分解

方案,往往不对生态持续性目标进行分解就直接选取具体指标构建综合评价指数,而存在理论基础缺乏、指标指示意义不明确等方法论缺陷<sup>[1]</sup>。

随着全球城市化、工业化进程的不断加速,人类活动强度与广度的扩大,使得全球生态系统正以前所未有的速度和规模发生变化,生态系统退化严重,并显著威胁到人类社会的生存与发展。为此,如何监测、评价、调控生态系统的健康状态、风险来源、安全等级与可持续性程度,以及生态系统退化对人类可持续发展的影响,逐渐成为人们关注的焦点,生态系统健康、生态风险、生态安全与生态持续性等专题评价,也因而成为近10余年生态系统综合评价核心内容和宏观生态学研究热点领域<sup>[4-7]</sup>。但是,目前各类生态系统评价之间普遍存在不同程度的概念混淆、指标体系雷同等问题,尤其是对相关概念之间的逻辑关联缺乏深入探讨。

因此,区域生态持续性评价的基础仍然在于生态持续性这一评价目标的分解。本研究将在对比分析生态持续性与生态系统健康、生态风险/胁迫、生态可持续能力、生态安全等相关概念逻辑关系的

收稿日期:2012-01; 修订日期:2012-05。

基金项目:国家自然科学基金重点项目(41130534)。

作者简介:彭建(1976-),男,四川彭州人,副教授,主要从事景观生态与土地利用研究。E-mail: jianpeng@urban.pku.edu.cn

通讯作者:吴健生(1965-),男,湖南新化人,副教授,主要从事景观生态与GIS研究。E-mail: wujsh@szpku.edu.cn

基础上,基于“压力-状态-响应(Pressure-State-Response, PSR)”模型构建一个具有生态意义的区域生态持续性评价概念框架,并初步探讨评价模型与指标等相关参数的确定。

## 2 生态持续性相关概念的逻辑关联

尽管生态系统健康、生态安全、生态风险和生态持续性等概念都可用于从满足人类生存与发展的角度来衡量区域或更大尺度上生态系统的状态,但这些概念在内涵与外延上却不尽相同,并存在密切的逻辑关联。

### 2.1 生态持续性与生态系统健康

生态系统健康(Ecosystem Health),指满足人类社会合理要求的能力和生态系统本身自我维持与更新的能力,其中,前者是后者的目标,而后者则是前者的基础<sup>[8-9]</sup>。显然,生态系统服务的持续供给是生态持续性评判的关键所在,而生态系统健康则是实现这种生态系统服务可持续性的重要保障之一。

尽管有学者将生态系统健康定义为稳定和可持续<sup>[10]</sup>,认为可持续性生态系统健康必要条件<sup>[11]</sup>,或将二者的内涵视为一致<sup>[12]</sup>,但二者的逻辑关联却并非如此。事实上,生态系统健康是一种状态量,而生态持续性则更多的代表的是对生态系统结构与功能的一种预期,属于过程量的范畴;显然,在可预期的将来(如人类世代尺度),可持续的生态系统应该是健康的生态系统;而另一方面,健康的生态系统却未必能够在将来得以延续,因为其所受到的自然、人文干扰很有可能会打破其自身的健康平衡,导致生态系统的退化,直至消亡。因此,生态系统健康是生态持续性的核心与基础,生态持续性概念涵盖了生态系统健康的内涵。生态持续性致力于恢复和维持生态系统的结构与功能,保护和提高其健康与多样性<sup>[13]</sup>,并以生态系统健康的最大化为目标<sup>[2]</sup>,二者呈正相关关系。

### 2.2 生态系统健康与生态安全

生态安全(Ecological Security)是一个涵盖多方面因素的复杂问题,目前学术界尚无统一的界定,综合国内外学者对生态安全的认识,基本上可划分为广义和狭义两种理解。前者以国际应用系统分析研究所(IASA)于1998年提出定义为代表,指在人的生活、健康、安乐、基本权利、生活保障来源、必要资源、社会秩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,组成一个复合人类生态安全系统;后者则单指自然和近自然生态系统的安全,即生态系统完整性和健康的整体水平反映<sup>[14-16]</sup>。但上述界定均有失偏颇,广义的定义过于宽泛,尤其是经济、社会范畴的生态安全,缺乏可操作性;狭义的定义则在一定程度上将生态安全等同于生态系统健康,忽略了自然、人类干扰或胁迫对生态安全的影响。因此,本研究认为,生态安全指自然或人类干扰作用下,自然、近自然生态系统为人类社会经济发展提供必要的生态系统产品与服务的同时又不至于受到损害,保持自身生态系统健康的一种状态,属狭义的生态安全范畴。

显然,生态安全是生态系统健康及其所受人类、自然干扰或胁迫的函数,其中,生态系统健康是生态安全的重要基础和根本前提,但健康的生态系统不一定是安全的,需要与生态系统所处的生态风险(或生态胁迫)状态相联系,以共同确定生态系统的安全状态。因此,生态系统健康是生态安全的基础,生态安全涵盖了生态系统健康的内涵,二者呈正相关关系。同时,生态系统健康与生态安全二者关注的焦点也不尽相同,生态系统健康强调生态系统在外界(自然或人类的)干扰下自身结构和功能的维持,生态安全则更多的考虑生态系统在保持健康的结构和功能情况下对人类正常的社会经济活动的支撑。

### 2.3 生态安全与生态风险

生态风险(Ecological Risk),指生态环境污染、人为活动或自然灾害等非期望事件对生态系统以及其组分结构与功能产生不利作用的可能性和后果<sup>[17-19]</sup>,多涉及突发性生态干扰,具有不确定性、危害性与客观性<sup>[14]</sup>。生态胁迫(Ecological Stress),则是一个比生态风险更为宽泛的概念,不仅包括小概率非期望事件的生态风险,还包括全概率(100%发生,但可能存在程度差异)非期望事件对生态系统退化的压力,综合考虑了突发性生态干扰与累积性生态干扰。因此,生态胁迫涵盖了生态风险的内涵,但生态风险更强调小概率事件的不确定性,而生态胁迫则突出反映生态系统受外界干扰导致生态退化的可能性及其程度大小。而就其与生态安全、生态系统健康和生态持续性等概念的逻辑关系来看,生态风险与生态胁迫基本上可以等同使用。

生态安全研究源于生态风险评价<sup>[20]</sup>,一般认

为,风险指评价对象偏离期望值的受胁迫程度,而安全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,因此,不少学者认为生态安全与生态风险互为反函数<sup>[14]</sup>。但本质上,生态风险这一概念难以囊括生态安全的全部内涵,一方面,生态风险更多的强调生态系统受特定自然、人类干扰的可能性与强度大小,以及生态系统因此而退化的损失大小,这与生态系统的服务功能密切相关,而与生态系统自身的健康状态缺乏直接关联;另一方面,生态系统的安全状态除受生态风险影响外,还受生态系统健康(包括生态系统自身的健康与服务功能)作用。因此,生态安全涵盖了生态风险的内涵,生态风险是影响生态安全的重要因素,二者呈负相关关系;生态系统健康与生态风险从生态系统自身与外界干扰两方面共同构成了一个完整的生态安全概念。

2.4 生态安全与生态持续性

作为可持续发展的核心和基础<sup>[21-22]</sup>,生态安全是生态持续性的重要组成部分和基本目标之一。生态持续性的基本目标就是持续满足人类社会经济发展对生态系统服务的相应需求,而健康、安全的生态系统则是提供这种生态系统服务的根本前提,生态系统健康、生态安全的程度越高,生态系统服务的保障越高,系统可持续性相应越高。因此,生态持续性涵盖了生态安全的内涵,生态安全是生态持续性的目标与保障,二者呈正相关关系。

生态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系统服务<sup>[23]</sup>,尽管有学者认为,在这一意义上生态安全就是生态系统的可持续性<sup>[24]</sup>,但事实上,生态安全是一种状态量,而生态持续性则属于过程量的范畴,二者之间存在本质上的差异。生态持续性指自然生态系统及其所支撑的人类社会这一复合生态系统在不远的将来能够维

持现有运行模式一种预期;而生态安全则更强调生态系统在外界干扰或胁迫作用下,对自身健康状态与生态系统服务保障能力的维持,是对生态系统目前状态的一种判断,不涉及对未来的预期。可持续的生态系统在研究时段内都是安全的,但某一时间点上的生态安全却不一定能持续到下一时间点,还受当时生态系统维持该安全状态的能力,即生态可持续能力所制约。生态可持续能力也属状态量范畴,是对影响人类-自然复合生态系统维持生态系统健康,消除、缓解生态风险(或生态胁迫)能力的因素作用结果的综合表征。因此,生态安全与生态可持续能力从状态以及维持该状态的能力两方面构成了对生态持续性目标的分解。

3 区域生态持续性评价框架

可持续发展为达到人类安全的目的提供了标准化的方针<sup>[25]</sup>,生态持续性则是这一标准化方针,相应于社会、经济系统在区域生态系统层面的指引。但长期以来,这种指引却缺乏可操作性,学界难以通过一套科学、合理的概念体系,将生态持续性目标分解开来。生态安全与生态可持续能力,及生态风险与生态系统健康共同构成了对生态持续性的一个可操作性的分解框架,该概念体系的架构将极大的缓解生态持续性概念可操作性差的缺点。

作为宏观生态学研究与生态系统管理的最终目标,生态持续性可分解为生态安全与生态可持续能力两部分,生态安全由生态系统健康与生态风险(或生态胁迫)构成,生态系统健康则取决于生态系统的结构与功能(图1)。上述概念之间的逻辑关联,可以人体与生态系统相类比来简单说明,生态持续性如同人体的长久生存,生态系统健康类似于人体健康,生态风险或生态胁迫等同于人体健康风

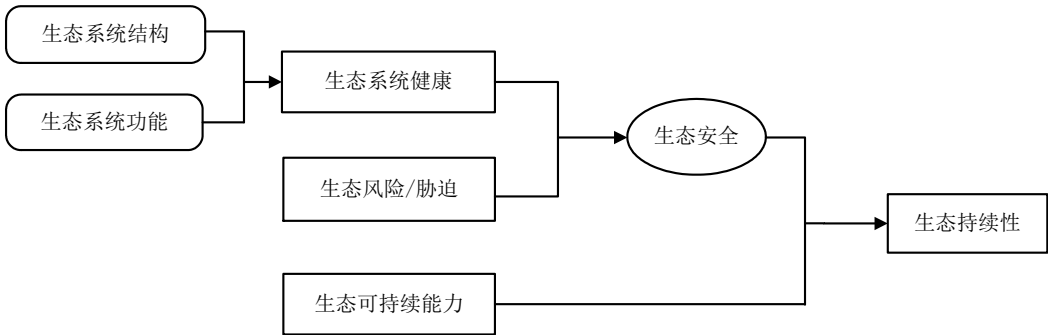


图1 生态持续性相关概念的逻辑关联

Fig.1 The relationship among ecological sustainability, ecological security, ecological risk, and ecosystem health

险,生态安全则指人体的安全。显然,人体的长久生存,离不开一个健康的躯体,有疾病的身体是难以长久维持下去的,健康是可持续性的基础与核心;但同样一个健康的身体,暴露于不同的人体健康风险下,导致其人身安全状态迥异,如空气清新、环境幽雅的自然保护区与棉絮翻飞、织机轰轰的纺织车间相比,前者对人体健康的影响相比于后者几乎可以忽略不计,身处纺织车间的人体健康状况堪忧,人身安全受到极大威胁;而即使在同样的人身安全状态下,个人能力的不同,则决定了生存时间的差异,财力雄厚、受教育程度高的个体能获得更大的生存空间。

基于上述生态系统健康、生态风险/生态胁迫、生态安全、生态可持续能力与生态持续性等相关概念的逻辑关联,将区域视为人类自然-经济复合生态系统,强调人类活动的主导性,可从生态胁迫、生态系统健康和生态可持续能力3方面出发共同构建区域生态持续性评价的概念框架(图2),形成一个高度综合的“压力-状态-响应(Pressure-State-Response, PSR)”评价模型,不同于传统生态持续性评价的部门分解框架,具有鲜明的生态意义。

PSR 模型是由经济合作与发展组织(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)与联合国环境规划署(UNEP)于20世纪80年代末共同提出,从人类与生态系统的相互作用与影响出发对生态指标进行组织分类,具有较强的系统性<sup>[26]</sup>。其中,“压力”指标是指自然灾害与人类经

济社会活动对自然、近自然生态系统的直接压力因子,即生态胁迫,反映人类/自然干扰对生态系统造成的负荷,主要包括干旱、洪涝、风雪霜冻、滑坡与泥石流等自然灾害风险指标,以及人口密度、路网密度与农田/建设用地比例等人类活动指标;“状态”指标指生态系统当前的状态,表征生态系统的健康状况,具体包括生态系统活力、组织力、恢复力及生态系统服务等指标<sup>[9]</sup>;“响应”指标表征人类-自然复合生态系统面临生态退化等问题所能采取的对策与措施,即生态可持续能力,是生态系统管理措施中的可量化部分,主要包括自然生态基底、经济实力、社会组织及科技创新能力等方面的指标。该概念框架清晰阐述了人类-自然复合生态系统可持续性变化的因果关系,即人类活动与自然干扰对生态系统施加压力,导致生态系统健康状态发生变化,而生态系统自身的抵抗与恢复机制,以及人类的主观意愿则会对生态系统变化做出响应。“压力”、“状态”、“响应”3者紧密联系、相互作用,构成了区域生态持续性的内部机理与变化过程。

4 区域生态持续性评价模型与指标

4.1 评价模型

区域生态持续性的定量评价一般包括货币化评价、生物物理量度量和系统工程的综合评价3种方法<sup>[1]</sup>:①系统工程的综合评价方法主要应用层次分析法(AHP),采用社会经济、自然生态等各种类型

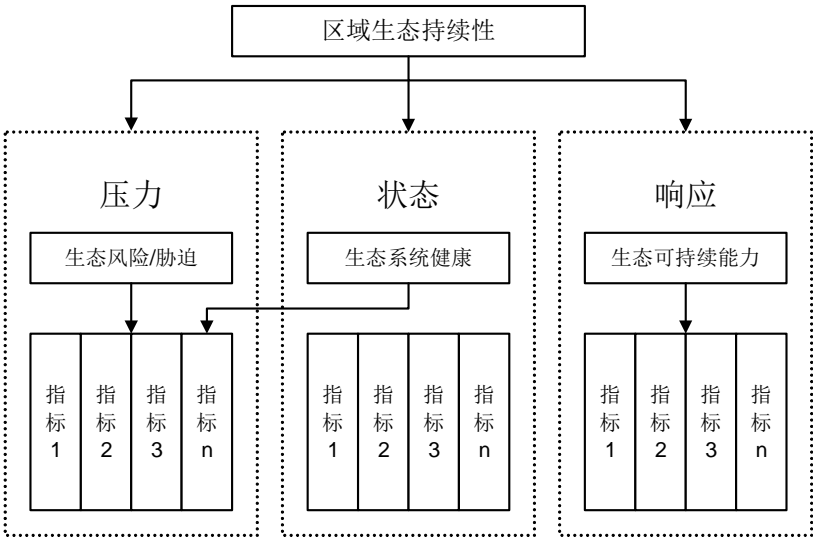


图2 区域生态持续性评价的概念框架

Fig.2 The concept framework for regional ecological sustainability evaluation

的参数构建指标体系,以其提供信息的全面性、综合性和层次性而备受青睐,其评价结果尤其适用于宏观生态系统管理;②货币化评价主要包括绿色 GDP 和生态资产评价等方法,但由于自然资本的准确估价,以及自然资产与人造资产之间的相互替代性仍存在较多假设前提,以货币作为生态持续性评价的度量单位存在较大的局限性;③生物物理量度量目前则以生态足迹、能值分析、物质流核算和净初级生产力的人类占用等评价模型为代表,分别从生物生产性土地、能量流动、物质循环和第一性生产力等角度度量人类-自然复合生态系统的可持续性,但由于生物物理量的指示意义一般在全球或国家尺度较有价值,而在区域/景观尺度,由于贸易伴随的生物物理量流通数据较难获取,从而使评价结果往往与事实存在一定误差,对可持续性的指示意义不大。并且,单一的生物物理量评价方法只是对人类-自然复合生态系统某一方面的可持续性进行的评价,其结果并不涉及其他方面的可持续性强弱,生物物理量评价方法也不适用于生态持续性的综合评价。因此,只有系统工程的综合评价方法,能将评价目标各方面的信息通过模型集成为整体的整体特征信息,从而有效回应人类-自然复合生态系统的可持续性问题,是生态持续性综合评价的基本方法。

在应用层次分析法构建综合指数时,评价模型的选取也对评价结果具有显著影响。目前,常用的评价模型主要包括以下 3 种:①加和模型。通过对各评价指标得分加权求和得到综合评价指数,一般适用于各评价指标对评价目标的效用具有相互替代性时。尽管该模型有可能掩盖单一指标极值情况下对生态系统的灾难性影响<sup>[22]</sup>,但当各指标评分相差不大,重要性(即权重)相差较大时,模型运算结果能突出反映各评价单元之间的差异。②乘幂模型。各评价指标得分以权重为幂求得几何平均值为综合评价指数,一般适用于各评价指标对评价目标的效用相互独立时。该模型能突出表征单一指标极值状态对评价结果的显著影响,且当各指标评分相差较大,重要性相差不大时,模型运算结果能突出反映各评价单元之间的差异。③代数模型。通过对各评价指标分类归并,将评价目标分解为多级评价准则,并依据各评价指标、准则之间目标效用的相互替代性或独立性,分别采用相应的加和模型或乘幂模型求取评价准则、目标的最终得分。该

模型较适用于可分解出多级评价准则的复杂系统的层次分析与评价。总体而言,在区域生态持续性评价中,各评价准则依据内部指标间的相互替代性或独立性的存在,选取相应的加和模型或乘幂模型,但总体上采用的则是代数模型。

## 4.2 评价指标选取原则

指标体系的构建是区域生态持续性评价的核心,评价指标的选取必须能够直接或间接地表征区域生态持续性,指标本身同时还应具备有效性与合理性。概括的说,区域生态持续性评价指标体系的构筑应遵循以下主要原则:①系统全面性。区域生态持续性评价是对人类-自然复合生态系统的可持续性进行的一种综合性评价,必须全面反映这一系统各方面的运行状况,既要是对生态系统的压力、状态与响应等各方面进行准确度量,又要将它们协调起来,进行综合评价。②区域主导性。影响区域生态持续性的资源、环境、经济和社会因素很多,但这些因素对生态持续性的影响力又是不一样的,所以评价要在综合分析的基础上找出主导因素。同时,由于不同区域的资源、环境、经济和社会等方面的特征不同,可持续发展的目标也不尽相同,造成不同地区生态持续性评价的侧重点不一样,评价指标和方法的选择等也随之改变。因此,在进行评价时,要因地制宜,选用对生态持续性起主导作用的、具有区域代表性的评价指标,从而提高评价结果的准确性与实用性。③动态变异性。可持续发展既是一个目标,更是一个过程,这就决定了生态持续性评价应具有动态变化特性,选择的评价指标应该具有时间概念,要能反映生态系统的现状和变化趋势,并且在不同的区域内其反应程度是不同的。同时,可持续发展目标不一样,对应目标的选择指标不尽相同,解释意义也有所侧重,因此,评价指标的选取本身也应是一个更新与完善的过程。同时,评价指标间的相对独立性与科学有效性、可操作性等指标筛选的基本原则也是必须依循的。

此外,由于影响生态持续性的因素不仅包括生态系统自身的构成要素,而且还包括人类社会、经济范畴的因素,因此,要构建一个囊括各方面影响因子的指标体系的难度是相当大的,不仅需要多学科交叉研究,而且研究切入点的选取也至关重要。由于土地利用是连接宏观的人类活动与微观的生态系统演替的天然桥梁,能有效的将二者紧密

结合在一起<sup>[27]</sup>,因此,土地利用是探讨区域生态持续性的最佳切入点,在选取具体评价指标时宜多从土地利用/土地覆被的角度着眼;基于土地利用/土地覆被及其变化的生态风险评价,近年来已逐步引起学者的关注<sup>[28-31]</sup>。

### 4.3 评价指标阈值与权重

评价指标的数据标准化是使评价从定性走向定量的核心环节,其中,评价指标阈值,即评价标准的确定至关重要,一直以来都是各类生态系统专项评价、综合评价的难点所在。目前,各类生态系统综合评价的标准主要来源于国家、行业和地方规定的标准值、相关规划值或目标值、背景和本底标准值、类比标准值和专家经验值,其中,背景值、本底值和类比值自身并不能回答“是否”命题,而其他3类标准则多为经验确定,缺乏科学验证,都难以称得上是有效的阈值<sup>[32]</sup>。同时,由于所有生态系统评价都具有显著的人类主观性,评价标准本身也就存在相对性,同一生态系统,处于不同的区域,面对不同的人类期望,评价结果必然不同,并且随着时间的延续,人类对生态系统的主观预期也在不断变化着。因此,评价指标的阈值更多的是一个相对值的概念,过于强调评价标准的绝对性,是没有必要的。而且,基于景观生态学可持续景观的学科范式,不存在完全不可持续的景观,任何情况下都存在一整套的景观,这些景观或多或少都是可持续的,以对人们至关重要的物品和服务的形式<sup>[33]</sup>。所以,区域生态持续性评价的目的,更多的应是探讨人类-自然复合生态系统的可持续性动态,或同一时间不同区域之间的空间差异,即生态持续性在时空尺度上的动态变化,而非静态的评价(定性或定量)某时某地的生态系统是否一定就是可持续或不可持续的,不宜人为设定评价指标阈值。

指标权重的确定是应用层次分析法进行评价的关键环节,一般分为主观赋权法和客观赋权法两类。前者主要是由专家根据经验主观判断而得,包括Delphi法、AHP法等,目前应用较为广泛,但客观性较差;后者是近年来逐步发展起来的,一般通过对评价指标原始值进行统计分析计算而得,权重的确定不受评价者主观判断的影响,客观性较强,包括熵权法、离差法、均方差法、回归系数法、主成分分析法等。客观赋权法虽然在确定权重的过程中较为客观,但所确定的权重都受各评价指标具体数

值的影响,难以真实反映评价指标重要性的相对差异,甚至有时得到的权重可能与实际重要程度完全不相符合。因此,尽管是一种不得已的方法,以刻画指标相对重要性差异为目的的层次分析法等主观赋权法更为科学、实用。而在条件允许的情况下,开展控制性实验,通过指示因素的因果分析法确定指标权重<sup>[32,34]</sup>,更加精确、合理。

## 5 结论

可持续发展评价源于20世纪70年代初美国麻省理工学院“紧急环境问题研究”论坛会议上的专家呼吁,“显然需要一个计算从环境中取出资源和产生废弃物污染环境影响的定量方法”<sup>[35]</sup>,一般包括社会、经济和生态3方面的评价内容,其中,可持续发展的社会经济评价是侧重发展的评价;而生态评价,即生态持续性评价则是对可持续发展中的可持续性的评价,一直以来都是可持续发展研究的热点与重点问题<sup>[1]</sup>。

生态系统健康、风险、安全与持续性评价是当前宏观生态学的研究热点,尽管在各类评价之间普遍存在概念混淆、指标体系雷同等问题;基于生态系统健康、生态风险/胁迫、生态安全、生态可持续能力与生态持续性等相关概念的逻辑关联,将区域/景观视为人类自然-经济复合生态系统,强调人类活动主导性,可以从生态胁迫、生态系统健康和生态可持续能力3方面共同构建区域/景观生态持续性评价的概念框架,形成一个高度综合的“压力-状态-响应”评价模型,不同于传统生态持续性评价的部门分解框架,具有鲜明的生态意义。

由于生态持续性评价具有显著的人类主观性,而人类主观预期的时空动态性决定了评价标准的相对性,同一生态系统,处于不同的区域,面对不同的人类期望,评价结果必然不同。因此,不存在绝对的评价标准,不适宜人为设定评价指标阈值。区域生态持续性评价的目的,更多的应是探讨人类-自然复合生态系统的可持续性动态,或同一时间不同区域之间的空间差异,即生态持续性在时空尺度上的动态变化与空间分异,而非通过人为划定指标阈值去静态的(定性或定量)评价某时某地的发展是否一定就是生态可持续或不可持续的。

## 参考文献

- [1] Peng J, Wang Y L, Wu J S, et al. Research progress on evaluation frameworks of regional ecological sustainability. *Chinese Geographical Science*, 2011, 21(4): 496-510.
- [2] Franke T T. Making future landscapes: Defining a path to qualified sustainability. *Landscape and Urban Planning*, 1996, 35(4): 241-246.
- [3] Parris T M, Kates R W. Characterizing a sustainability transition: Goals, targets, trends, and driving forces. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2003, 100(14): 8068-8073.
- [4] 傅伯杰, 刘世梁, 马克明. 生态系统综合评价的内容与方法. *生态学报*, 2001, 21(11): 1885-1892.
- [5] 陈利顶, 吕一河, 田慧颖, 等. 重大工程建设中生态安全格局构建基本原则和方法. *应用生态学报*, 2007, 18(3): 674-680.
- [6] 卫伟, 陈利顶. 生态系统评价: 问题分析与研究展望. *资源开发与市场*, 2007, 23(7): 627-631.
- [7] 傅伯杰. 我国生态系统研究的发展趋势与优先领域. *地理研究*, 2010, 29(3): 383-396.
- [8] Rapport D J. Defining ecosystem health//Rapport D J, Costanza R, Epstein P R, et al. *Ecosystem Health*. Malden, Massachusetts: Blackwell Science Inc., 1998: 18-33.
- [9] 彭建, 王仰麟, 吴健生, 等. 区域生态系统健康评价. *生态学报*, 2007, 27(11): 4877-4885.
- [10] 宋兰兰, 陆桂华, 刘凌. 浅析生态系统健康评价研究现状. *河海大学学报: 自然科学版*, 2004, 32(5): 539-541.
- [11] 王小艺, 沈佐锐. 农业生态系统健康评估方法研究概况. *中国农业大学学报*, 2001, 6(1): 84-90.
- [12] 李瑾, 安树青, 程小莉, 等. 生态系统健康评价的研究进展. *植物生态学报*, 2001, 25(6): 641-647.
- [13] Parsons R. Conflict between ecological sustainability and environmental aesthetics: Conundrum, canard or curiosity. *Landscape and Urban Planning*, 1995, 32(3): 227-244.
- [14] 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.
- [15] 李佩武, 李贵才, 张金花, 等. 深圳城市生态安全评价与预测. *地理科学进展*, 2009, 28(2): 245-252.
- [16] 魏兴萍. 基于 PSR 模型的三峡库区重庆段生态安全动态评价. *地理科学进展*, 2010, 29(9): 1095-1099.
- [17] 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.
- [18] 周婷, 蒙古军. 区域生态风险评价方法研究进展. *生态学杂志*, 2009, 28(4): 762-767.
- [19] 蒙古军, 周婷, 刘洋. 区域生态风险评价: 以鄂尔多斯市为例. *北京大学学报: 自然科学版*, 2011, 47(5): 935-943.
- [20] 赵凤琴, 汤洁, 王晨野, 等. 生态脆弱地区土地生态环境安全初探. *水土保持通报*, 2005, 25(1): 99-103.
- [21] 秦建成, 高明. 三峡低山丘陵区生态系统安全评价: 以重庆忠县为例. *山地学报*, 2004, 22(1): 73-78.
- [22] 高长波, 陈新庚, 韦朝海, 等. 广东省生态安全状态及趋势定量评价. *生态学报*, 2006, 26(7): 2191-2197.
- [23] 傅伯杰, 周国逸, 白永飞, 等. 中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全. *地球科学进展*, 2009, 24(6): 571-576.
- [24] 方一平, 陈国阶. 西昌市生态空间占用及其生态系统安全评估. *长江流域资源与环境*, 2004, 13(3): 212-217.
- [25] 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.
- [26] 谢花林, 张新时. 城郊区生态安全水平的量度及其对策研究: 以北京市海淀区为例. *中国人口·资源与环境*, 2004, 14(3): 23-26.
- [27] 彭建, 王仰麟, 刘松, 等. 景观生态学与土地持续利用研究. *北京大学学报: 自然科学版*, 2004, 40(1): 154-160.
- [28] 彭建, 王仰麟, 张源, 等. 滇西北生态脆弱区土地利用变化及其生态效应: 以云南省永胜县为例. *地理学报*, 2004, 59(4): 629-638.
- [29] 冉圣宏, 谈明洪, 吕昌河. 基于利益相关者的 LUCC 生态风险研究: 以延河流域为例. *地理科学进展*, 2010, 29(4): 439-444.
- [30] 谢花林. 基于景观结构的土地利用生态风险空间特征分析: 以江西兴国县为例. *中国环境科学*, 2011, 31(4): 688-695.
- [31] 傅丽华, 谢炳庚, 张晔, 等. 长株潭城市群核心区土地利用生态风险评价. *自然灾害学报*, 2011, 20(2): 96-101.
- [32] 彭建, 王仰麟, 张源, 等. 滇西北山区土地持续利用动态评价与分析: 以云南省永胜县为例. *地理研究*, 2006, 25(3): 406-414.
- [33] Haines-Young R. Sustainable development and sustainable landscapes: Defining a new paradigm for landscape ecology. *Fennia*, 2000, 178(1): 7-14.
- [34] 陈百明, 张凤荣. 中国土地可持续利用指标体系的理论与方法. *自然资源学报*, 2001, 16(3): 197-203.
- [35] 杨多贵, 陈劭锋, 牛文元. 可持续发展四大代表性指标体系评述. *科学管理研究*, 2001, 19(4): 58-61.

# Evaluation for Regional Ecological Sustainability Based on PSR Model: Conceptual Framework

PENG Jian<sup>1,2</sup>, WU Jiansheng<sup>1,2</sup>, PAN Yajing<sup>1,2</sup>, HAN Yinan<sup>1,2</sup>

(1. Laboratory for Earth Surface Processes, Ministry of Education, College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 2. Key Laboratory for Environmental and Urban Sciences, School of Urban Planning and Design, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, China)

**Abstract:** The sustainability of regional development is an important basis of the paradigm of sustainable development, and ecological sustainability is the prerequisite and viable approach for the realization of regional sustainable development. However, it is still in great need of a widely accepted decomposition framework for the system targets of ecological sustainability. Meanwhile, along with global urbanization and industrialization, there is an accelerating human influence on natural ecosystems, and the researches on ecosystem health, ecological risk, ecological security and ecological sustainability have been the main hotspots of macro ecology, although most of the evaluation indexes are the same. Therefore, the research reported in this paper aimed to analyze the relationships among the concepts mentioned above. And then, based on the pressure-state-response (PSR) model, a new evaluation framework for regional ecological sustainability was constructed through such three aspects as ecological risk, ecosystem health and capability for ecological sustainability, which was of obvious ecological implication. In the end, detailed discussion was conducted on the evaluation models, the thresholds and weights of evaluation indexes. The results show that comprehensive index evaluation was the primary method, and that there were no absolute evaluation standards. The ultimate target of evaluation for regional sustainable development was not to judge the sustainability of natural ecosystems in a certain period of time, but to measure the temporal change and spatial differentiation of the sustainability status.

**Key words:** evaluation for regional ecological sustainability; ecological risk; ecological security; PSR model; conceptual framework

本文引用格式:

彭建, 吴健生, 潘雅婧, 等. 基于 PSR 模型的区域生态持续性评价概念框架. 地理科学进展, 2012, 31(7): 933-940.