

长江上游森林生态系统稳定性评价与空间分异特征

任 平^{1,2}, 洪步庭^{1,2}, 程武学^{1,2}, 周介铭^{1,2}

(1. 四川师范大学西南土地资源评价与监测教育部重点实验室, 成都 610066;

2. 四川师范大学地理与资源科学学院, 成都 610066)

摘要: 长江上游森林生态系统是长江流域的重要生态屏障。以长江上游为研究区域, 采用RS、GIS技术, 通过建立“干扰—响应”(D-R)生态系统稳定性评价框架和指标体系, 开展大尺度森林生态系统稳定性评价研究, 并深入分析其空间分布特征。结果表明: ① 长江上游森林生态系统稳定性整体处于中等偏差的状态, 稳定性一般、较差及极差区占整个森林生态系统面积的50.09%; 其中, 稳定性极差区占6.63%, 较差区占19.29%, 一般区占24.17%, 良好区占26.29%, 较好区占23.62%。② 长江上游森林生态系统稳定性表现为西北强东南弱的空间分布特征, 稳定性与海拔呈近似正相关关系, 稳定性较差的区域主要分布在10°-25°坡度区间, 25°以上坡度区域稳定性较好。本研究可为长江上游森林生态系统的保护与恢复提供科学依据, 进而为长江上游环境保护和生态屏障建设提供决策参考。

关键词: 长江上游; 森林生态系统; 稳定性评价; 空间分异特征

1 引言

生态系统稳定性理论自20世纪50年代初由植物生态学家MacArthur^[1]和动物生态学家Elton^[2]提出后, 便成为理论生态学的焦点问题之一^[3]。经典的生态系统稳定性定义, 包括生态系统对外界干扰的抵抗力(resistance)和干扰去除后生态系统恢复到初始状态的能力(resilience)^[4]。由于涉及因素众多, 关联机制复杂, 生态系统稳定性研究具有一定难度^[5], 国内外学者主要从其内涵与外延^[6-8]、生物多样性与生态系统稳定性之间的关系^[9-11]、稳定性与生态系统管理与恢复^[12,13]等方面开展了大量研究。另外, 在生态系统稳定性的研究对象上, 主要围绕湖泊^[14]、湿地^[15,16]、森林^[17,18]等自然生态系统和矿区^[19,20]、城市^[21]、农田^[22,23]、绿洲^[24,25]等具有自然和人工复合特性的生态系统开展稳定性评价和研究工作。

森林作为陆地生态系统的主体, 是维护和调节陆地生态系统平衡和改善生态环境的基础, 是人类生存与可持续发展的保障^[26]。目前对森林生态系统稳定性的研究多集中在某类具体的林种^[27,28]和研究综述^[29,30]上, 缺乏对大尺度时空范围的森林生态系统开展整体性的稳定性评价及空间分异研究。长江上游地理位置特殊, 地势陡峻, 河流比降大, 降雨丰沛且强度大, 区内分布的森林植被成为长江流域生态保护的绿色生态屏障和社会经济可持续发展的重要基础^[31]。但是, 随着社会经济发展和人口膨胀, 人类对森林资源乱砍滥伐、毁林

收稿日期: 2012-10-15; 修订日期: 2013-03-08

基金项目: 国家973项目(2009CB421105); 全球环境基金(GEF)子项目(C/IV/S/06/060); 四川省环境保护厅2012专项资金项目; 四川省科技厅科技支撑项目

作者简介: 任平(1978-), 男, 湖北荆门人, 博士, 副教授, 主要从事资源环境评价、土地资源管理等研究。

E-mail: pren121680@126.com

开荒等不合理的开发利用,使长江上游天然林长期过量采伐,面积锐减,质量下降,而且由于人工更新的森林存在面积有限和结构不合理等问题,致使长江上游的森林发挥其生态功能的作用不断削弱,生态系统的不稳定现象不断发生。因此,本文以长江上游为研究区域,采用RS和GIS技术,通过建立科学的评价体系,开展大尺度森林生态系统稳定性评价研究,并深入分析其空间分布特征,从而为长江上游森林生态系统保护与恢复提供科学依据,进而为长江上游生态环境保护和生态屏障建设提供决策参考。

2 研究区概况与数据来源

2.1 研究区概况

长江上游区域是长江源头至干流宜昌段,长4511 km,约占长江总长度的70%;流域面积105.4万km²,占长江全流域面积的58.9%^[32];地跨我国两大地形阶梯、四大地层区和四大地质构造区,发育有高原、山地、丘陵、等地貌形态;气候区划属高原气候区、北亚热带和中亚热带三大气候带,以及干旱、亚湿润和湿润等6个气候亚区和9个气候小区,并呈现出冷热气候带毗邻、垂直气候带谱显著、多分散的闭合型局地气候、降水分布差别大、干湿气候分明等特征;区内动植物资源丰富、生态类型多样,其中,植被可划分为由稀疏草原和高山草甸构成的高寒植被区,以及由湿润常绿阔叶林区、半湿润常绿阔叶林区、亚热带山地寒温性针林区和青藏高原高寒草甸、高寒草原植被区组成的中亚热带和北亚热带植被区^[33]。同时,由于青藏高原的高海拔特征和长江上游辽阔的地域及其过渡性,使长江上游地区成为规模宏大、具有全球意义的生态脆弱带和全球环境变化的敏感区^[34]。

2.2 数据来源

土地利用类型数据(2005年)、人口密度、道路指标数据(栅格数据),主要来源于中国科学院地理科学与资源研究所;土壤厚度、土壤有机质含量、土壤侵蚀度指标数据(栅格数据),主要来源于中国科学院南京土壤研究所;自然保护区、保护物种栖息地数据(矢量数据),主要来源于大自然保护协会TNC;以上数据主要获取于地球系统科学数据共享平台(<http://www.geodata.cn/Portal/index.jsp>)。

3 研究方法

3.1 生态系统稳定性理论与指标构建

生态系统作为一个复杂和开放的巨系统,在没有受到干扰或较小干扰的情况下,会在一定范围内自由波动,通过调节和恢复维持原有系统结构和功能^[3]。生态系统稳定性表现就是系统对干扰的响应程度,响应主要体现在2个方面:一是生态系统对干扰的抵抗性、持久性,二是生态系统恢复到干扰前状态的恢复力、弹性。尽管目前在生态系统稳定性评价指标体系研究方面尚无一个公认的可操作框架,但学者们在有些方面基本形成共识,如认为物种多样性和生态系统的稳定性呈正相关关系^[35-38],物种多样性是衡量森林生态系统稳定性、演替阶段及可持续性的标准;而土壤环境作为在特定的生境条件下长期演变进化的结果,其特征反映了所在地的生态系统的基本特征^[39],必然也将对森林生态系统的稳定性在受到内外影响因素的干扰时做出不同程度的反馈;系统以外因素的干扰则主要表现为人类活动的影响。

在以上基本理论前提下, 本研究主要建立“干扰—响应”(D-R)森林生态系统稳定性评价框架和模式, 即围绕“干扰”对森林生态系统所带来的影响, 对其做出的“响应”进行评价。“干扰”既有正干扰也有负干扰, 保护物种栖息地或自然保护区就是维护物种多样性所进行的正干扰, 道路及人口发展对生态系统就是负干扰, 以此作为评价指标设立的切入点; “响应”主要体现地力条件、物种多样性、人类活动3个方面, 以此作为评价指标设立的具体内容。其中, 一级指标主要考虑生境质量和土地退化威胁两方面; 生境质量由物种多样性和生境退化威胁这两个二级指标共同决定, 而土地退化威胁主要涉及地力条件。三级指标则是具体指数, 如人口密度、道路反映人类活动对生态系统的干扰程度; 土壤侵蚀度、土壤厚度、土壤有机质含量等指标是土地受到人为因素或自然因素或人为、自然综合因素的干扰, 土地原有的内部结构、理化性状改变或者遭到破坏的程度。按照“干扰—响应”评价指标构建思路, 在遵循科学性、主导性、可操作性和数据可得性等原则的基础上, 参考和改进已有研究成果^[5,15,40,41], 从长江上游森林生态系统的实际情况出发, 根据获取到的数据资料, 构建了具体的评价指标体系(表1)。

表1 森林生态系统稳定性评价指标体系

Tab. 1 Stability evaluation index system of forest ecosystem

总目标	一级指标	二级指标	三级指标
森林生态系统 稳定性评价	生境质量	物种多样性指数	保护物种栖息地分布
		生境退化威胁	道路
	土地退化威胁	地力条件指数	人口密度
			保护区范围
			土壤侵蚀强度
			土壤厚度
		土壤有机质含量	

3.2 评价过程

通过土地利用现状图提取森林生态系统栅格图, 然后利用ArcGIS 9.3的栅格计算器, 用每个指标与森林生态系统栅格图进行叠加, 叠加之后每个图斑就产生各个指标的相应数值, 这样就生成了森林生态系统单个指标栅格图; 再对每个图层进行重分类、分级和赋值; 最后, 将不同指标图层进行叠加, 生成最终的稳定性评价图。

3.2.1 物种多样性指数评价 根据国家发布的野生动植物保护等级, 将其分为一级保护物种、二级保护物种、其他指示物种三类, 将不同级别保护物种数据进行计算和归一化处理, 再通过叠加森林生态系统土地利用类型数据, 评价得出物种多样性指数。

3.2.2 生境退化威胁指数评价 从人类活动对生境退化影响出发, 选取最易获得且具有代表性的三项指标: 道路密度、人口密度和保护区分布来计算生境退化威胁指数。不同道路宽度和不同人口密度的最大影响距离和权重的确定, 主要参考文献^[42]中关于人类活动对生境影响的评价准则和文献^[43]中干扰因子的评价准则。

在道路、人口密度与保护区分布评价数据的基础上, 根据土地利用类型分类, 将其中不适宜生物生存的与适宜生物生存的土地利用类型通过二进制的方法进行初步筛选, 假设不适宜生物生存的土地利用类型斑块不受干扰因子的影响, 即对干扰因子的影响不敏感。对于适宜生物生存的林地类型斑块, 根据其具体的林地类型, 采用专家打分方法得到不同的道路宽度和人口密度影响的敏感性得分(表2)。

通过栅格模型计算得出森林生态系统生境退化威胁指数, 在0-1区间中, 数值越靠近1说明生境退化威胁越低, 数值越靠近0说明生境退化威胁越高。将结果分为5级, 分别为生境退化极度威胁、生境退化高度威胁、生境退化中度威胁、生境退化轻度威胁、生境

表2 森林类型对道路宽度、人口密度影响的敏感性得分表 (单位: m, 人/km²)

Tab. 2 The sensitivity score table of road width and population density imposed by forest types

林地类型	是否适宜生物生存	道路宽度 15	道路宽度 30	道路宽度 55	道路宽度 130	人口密度 <10	人口密度 10-100	人口密度 100-1000	人口密度 >1000
有林地	1.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.10	0.20	0.40	0.80
灌木林	1.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.10	0.20	0.40	0.80
疏林地	1.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.10	0.20	0.40	0.80
其他林地	1.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.10	0.20	0.40	0.80

退化微度威胁, 并赋予相应得分 (表3)。

3.2.3 土地退化威胁指数评价

对于森林生态系统土地退化威胁指数评价主要涉及地力条件指标, 主要考虑土壤侵蚀强度、土壤厚度、土壤有机质含量3个方面。土壤侵蚀度分级主要来源于长江上游土壤侵蚀模数, 土壤侵蚀强度越大, 等级越高, 对生态系统负面影响越大, 得分值越小。土壤厚度是土壤肥力存在和植物生长的重要物质基础, 土壤层越厚, 对生态系统正面影响越大, 得分值越高。土壤有机质是土壤固相部分的重要组成成分, 土壤有机质含量越高, 对生态系统的正面影响越大, 得分值则越高 (表4)。

表3 生境退化威胁得分分级标准

Tab. 3 The grade criteria of habitat degradation threat

等级	极度威胁	高度威胁	中度威胁	轻度威胁	微度威胁
生境退化威胁值	0-0.54	0.54-0.69	0.69-0.83	0.83-0.94	0.94-1.0
	1	3	5	7	9

表4 土地退化威胁指数各指标分级标准

Tab. 4 The grade criteria of land degradation threat index

具体指标	分级标准				
	剧烈	强度	中度	轻度	微度
土壤侵蚀度强度	1	3	5	7	9
土壤厚度(mm)	80-380	380-610	610-860	860-1140	1140-2100
土壤有机质含量(%)	0-2.10	2.10-4.44	4.44-7.93	7.93-16.09	16.09-51.60
	1	3	5	7	9

表5 森林生态系统生境质量指标得分分级标准

Tab. 5 The grade criteria of forest ecosystem habitat quality

等级	差	较差	中等	较好	好
生境质量值	1-2.20	2.20-3.80	3.80-5.00	5.00-6.60	6.60-9.00
得分	1	3	5	7	9

表6 土地退化威胁评价得分分级标准

Tab. 6 The grade criteria of land degradation threat

等级	极度威胁	高度威胁	中度威胁	轻度威胁	微度威胁
土地退化威胁	1-3.40	3.40-4.70	4.70-5.70	5.70-6.80	6.80-9.00
分值	1	3	5	7	9

4 结果分析

4.1 生境质量指标评价

对于生境质量指标评价, 将物种多样性指数和

表7 森林生态系统稳定性评价分级标准

Tab. 7 The grade criteria of stability evaluation of forest ecosystem

等级	极差	较差	一般	良好	较好
稳定性值	1-2.20	2.20-4.20	4.20-5.80	5.80-7.40	7.40-9.00

生境退化威胁指数分别赋予0.4和0.6的权重, 叠加之后得到生境质量指标得分, 并将其分为5级(表5、图1)。长江上游成渝经济带辐射区范围内森林生态系统生境退化威胁最大, 其余城镇人口、道路分布较大的区域生态系统生境退化威胁较大。可见, 道路越密集、人口密度越大, 生境退化威胁越严重。自然保护区的建立可以使保护区的生境质量得到一定程度的提高, 然而其影响范围仅局限于自然保护区。

4.2 土地退化威胁指标评价

将土地退化威胁指标分为5个等级(表6、图2)。整个森林生态系统的土地退化处于中度、微度威胁状态。但是, 环成渝经济带边缘区、贵州、云南部分地区土地退化威胁比较严重。土地退化威胁比较严重区域主要受土壤侵蚀强度因素的影响, 这也和西南地区特殊地形所造成土壤侵蚀严重的结果比较一致。

4.3 稳定性评价

将生境质量图与土地退化威胁评价图分别按权重0.6和0.4进行叠加, 由此得到森林生态系统稳定性评价图, 再根据其综合得分分为5级(表7、图3)。

长江上游森林生态系统稳定性极差区域主要分布在四川盆地中部丘陵区、秦巴山地、三峡库区及滇东/黔西高原等区域; 较好区域主要分布在川西山地、西秦岭山地及滇东北区域, 并以此呈东北—西南为界限; 西北区域森林生态系统稳定性明显好于东南区域, 表现为西北强东南弱的空间分布特征。

海拔和坡度对森林生态系统稳定性也具有重要影响。根据DEM统计不同海拔高度的稳定性评价, 通过拟合发现, 长江上游森林生态系统稳定性与海拔呈近似正相关关系(图4), 稳定性较差的区域主要分布在10°-25°坡度区间, 25°以上坡度区域稳定性较好(图5)。

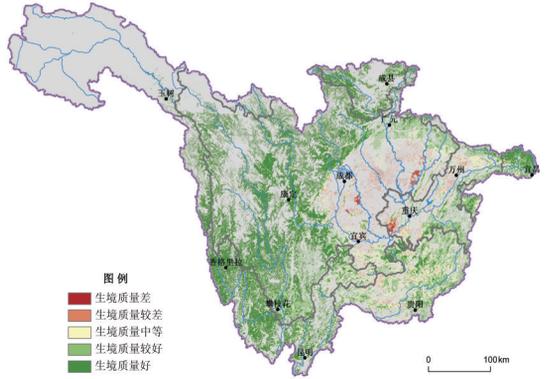


图1 森林生态系统生境质量指标评价图

Fig. 1 The evaluation map of forest ecosystem habitat quality

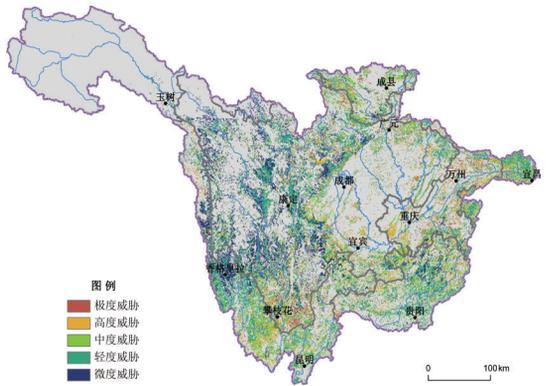


图2 森林生态系统土地退化威胁评价图

Fig. 2 The evaluation map of forest ecosystem land degradation threat

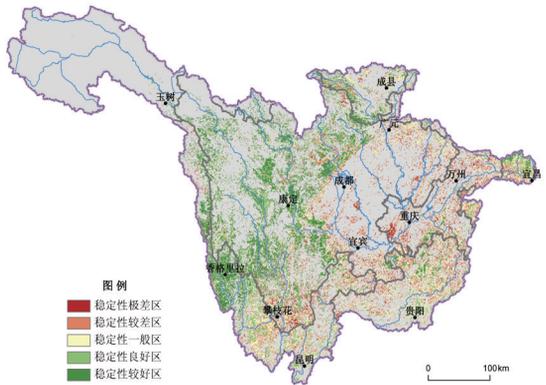


图3 长江上游森林生态系统稳定性评价图

Fig. 3 The stability evaluation map of forest ecosystem in the upper Yangtze River

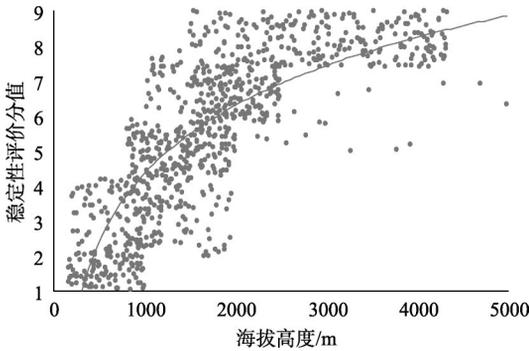


图4 长江上游森林生态系统稳定性与海拔的关系
Fig.4 The relationships between stability and altitude of forest ecosystem in the upper Yangtze River

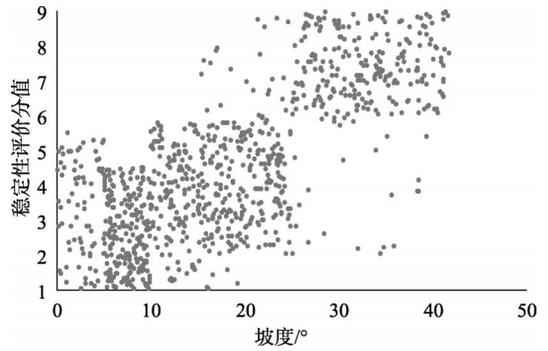


图5 长江上游森林生态系统稳定性与坡度的关系
Fig. 5 The relationships between stability and slope of forest ecosystem in the upper Yangtze River

5 结论与讨论

5.1 结论

(1) 总体来看, 长江上游森林生态系统稳定性水平整体上处于中等偏差的状态, 稳定性一般、较差及极差地区占整个森林生态系统面积的50.09%。其中, 稳定性极差区占6.63%, 较差区占19.29%, 一般区占24.17%, 良好区占26.29%, 较好区占23.62%。

(2) 长江上游森林生态系统稳定性表现为西北强东南弱的空间分布特征, 极差区域主要分布在重庆江津市、永川区、开县、荣昌县、大足县、云阳县、巫溪县等, 四川的盐边县、渠县、理县、会理县、会东县、九寨沟县等; 云南、贵州部分地区的森林生态系统的稳定性处于较差状态, 应该引起重视。

(3) 不同区域森林生态系统稳定性的影响因素各有不同。通过对生态系统稳定性评价数据与海拔、坡度数据拟合分析, 结果表明海拔高度和森林生态系统稳定性成近似正相关关系, 坡度较小区域(25°以下)稳定性较差。这些结果和评价数据从一定程度上可以表明人口因素和水土流失是影响森林生态系统稳定性的主要威胁因素, 尤其是人类经济活动过度干预或者破坏森林生态系统, 导致了生态结构和功能失衡。

5.2 讨论

长江上游森林生态系统稳定性整体处于偏差的状态, 在空间分布上西北部优于东南部; 在其稳定性影响因素上, 自然因素和社会经济因素均有, 但经济因素诱发自然因素的现象是存在的, 自然和人为因素共同作用于生态系统稳定性。同时, 本研究可为长江上游森林生态系统保护与规划提供重要基础和参考。建议对长江上游森林生态系统进行综合规划, 针对具体影响因素, 分区域采取差别化空间治理模式, 加强水土流失和自然灾害的防治, 尤其要加大对人类活动对森林生态系统影响的限制和约束。由于数据资料可得性等限制, 本文评价指标选择和应用都还有不足之处, 尤其是针对不同森林类型、林地类型稳定性分异特征的定量评价分析方面, 是今后进一步深入探讨和研究的方向。

致谢: 感谢中国科学院地理科学与资源研究所刘纪远研究员、中国科学院成都山地灾害与环境研究所周万村研究员与王玉宽研究员、四川师范大学杨存建研究员等提供的支持和帮助, 在此一并致谢。

参考文献 (References)

- [1] MacArthur R. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology*, 1955, 36(3): 533-536.
- [2] Elton C S. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants* Chicago: University of Chicago Press, 1958. 186.
- [3] 柳新伟, 周厚诚, 李萍, 等. 生态系统稳定性定义剖析. *生态学报*, 2004, 24(11): 2635-2640.
- [4] 黄建辉, 韩兴国. 生物多样性和生态系统稳定性. *生物多样性*, 1995, 3(1): 31-37.
- [5] 李晓秀. 北京山区生态系统稳定性评价模型初步研究. *农村生态环境*, 2000, 16(1): 21-25.
- [6] Pimm S L. The complexity and stability of ecosystems, *Nature*, 1984, 307: 321-326.
- [7] 马风云. 生态系统稳定性若干问题研究评述. *中国沙漠*, 2002, 22(4): 401-407.
- [8] 李小方, 邓欢, 黄益宗, 等. 土壤生态系统稳定性研究进展. *生态学报*, 2009, 29(12): 6712-6722.
- [9] 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): 283-396.
- [10] Tilman D, Reich P B, Knops J M H. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature*, 2006, 441: 629-632.
- [11] Ives AR, Carpenter SR. Stability and diversity of ecosystems. *Science*, 2007, 317: 58-62.
- [12] Brian Walker. Diversity and stability in ecosystem conservation. In: David Western, Mary Pearl. *Conservation for the Twenty-first Century*. UK: Oxford University Press, 1986. 121-132.
- [13] Ruth J Mitchell, Martin H D Auld, Michael et al. Ecosystem stability and resilience: A review of their relevance for the conservation management of lowland heaths. *Urban and Fischer Verlag*, 2000, 3(2): 142-160.
- [14] 冯建丰, 谭建国, 陈威, 等. 随机干扰下湖泊生态系统的稳定性与稳态转换. *海洋技术*, 2010, 29(2): 72-75.
- [15] 郑李军. 基于水生态过程和水环境效应的湿地生态系统稳定性研究. *能源环境保护*, 2012, 26(3): 16-19.
- [16] 廖玉静, 宋长春, 郭跃东, 等. 三江平原湿地生态系统稳定性评价指标体系和评价方法. *干旱区资源与环境*, 2009, 23(10): 89-94.
- [17] 刘增文, 王乃江, 李雅素, 等. 森林生态系统稳定性的养分原理. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2006, 34(12): 129-134.
- [18] 梁军, 孙志强, 乔杰, 等. 天然林生态系统稳定性与病虫害干扰一调控与被调控. *生态学报*, 2010, 30(9): 2454-2464.
- [19] 孙顺利, 周科平, 胡小龙. 基于分形理论的矿区生态系统稳定性评价. *安全与环境工程*, 2007, 14(4): 1-4.
- [20] 王广成, 闫旭筹. 分形理论在矿区生态系统稳定性评价中的应用. *煤炭学报*, 2008, 33(4): 427-430.
- [21] 仇方道, 佟连军, 姜萌. 东北地区矿业城市产业生态系统适应性评价. *地理研究*, 2011, 30(2): 243-255.
- [22] 李新旺, 门明新, 王树涛, 等. 基于过程的河北平原农田生态系统稳定性评价. *自然资源学报*, 2008, 23(3): 430-439.
- [23] 赵志轩, 金鑫, 王凌河, 等. 基于动态因子的农田生态系统稳定性评价. *华南农业大学学报*, 2010, 31(4): 22-26.
- [24] 孟宝, 杨龙, 张勃. 土壤特性的空间变异性与绿洲生态稳定性研究: 以张掖绿洲为例. *水土保持研究*, 2009, 16(2): 117-120.
- [25] 张平, 刘普幸. 河西走廊瓜州绿洲生态系统稳定性评价与生态风险防御对策. *农业现代化研究*, 2009, 30(6): 731-734.
- [26] 王淑元, 林升寿. 中国森林生态系统定位研究的进展. 见: 林业部科技司. *中国森林生态系统定位研究*. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994.
- [27] 马兴洲. 辽西地区刺槐人工林稳定性的研究. *沈阳农业大学学报*, 1986, 17(1): 27-35.
- [28] 郑元润, 徐文铎. 沙地云杉种群稳定性的研究. *生态学杂志*, 1996, 15(6): 13-16.
- [29] 林考焕, 叶功富. 人工林生态系统稳定性研究综述. *西南林学院学报*, 2010, 30(5): 88-94.
- [30] 丁惠萍, 张社奇, 钱克红, 等. 森林生态系统稳定性研究的现状分析. *西北林学院学报*, 2006, 21(4): 28-30.
- [31] 刘世荣, 孙鹏森, 王金锡, 等. 长江上游森林植被水文功能研究. *自然资源学报*, 2001, 16(5): 56-61.
- [32] 王锡桐, 刘志文, 杨庆媛. 建设长江上游生态屏障对策研究. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [33] 梁川, 刘玉邦. 长江上游流域水文生态系统分区及保护措施. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2009, 45(5/6): 501-508.
- [34] 伍星, 沈珍瑶, 刘瑞民, 等. 土地利用变化对长江上游生态系统服务价值的影响. *农业工程学报*, 2009, 25(8): 236-241.
- [35] Glowka L, Burhenne-Guilmin F, Syngé H et al. *A Guide to the Convention on Biological Diversity*. Cambridge, UK: IUCN-The World Conservation Union: The Burlington Press, 1994.
- [36] 岳天祥. 生物多样性研究及其问题. *生态学报*, 2001, 21(3): 462-466.
- [37] 陈梦. 对生态系统及生物多样性等理论问题的探讨. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2003, 9(5): 30-34.

- [38] 张真, 李典谟, 张培义, 等. 自然种群中混沌的检测及其在种群动态中的意义. 生态学报, 2003, 23(10): 1953-1957.
- [39] 丘君, 陈利顶, 高启晨, 等. 施工干扰下的生态系统稳定性评价: 以西气东输管道工程沿线新疆干旱荒漠区为例. 干旱区地理, 2003, 26(4): 316~322.
- [40] 王茜, 吴胜军, 肖飞, 等. 洪湖湿地生态系统稳定性评价研究. 中国生态农业学报, 2005, 13(4): 178-180.
- [41] 周伟, 刘钊, 邓忠坚. 云南大中山黑颈长尾雉栖境生态系统稳定性. 西南林业大学学报, 2011, 31(1): 61-66.
- [42] 欧阳志云, 刘建国, 肖寒, 等. 卧龙自然保护区大熊猫生境评价. 生态学报, 2001, 21(11): 1869-1874.
- [43] 王秀磊, 李迪强, 吴波, 等. 青海湖东—克图地区普氏原羚生境适宜性评价. 生物多样性, 2005, 13(3): 213-220.

Stability evaluation of forest ecosystem and study of spatial differential features in the upper Yangtze River

REN Ping^{1,2}, HONG Buting^{1,2}, CHENG Wuxue^{1,2}, ZHOU Jieming^{1,2}

(1. Key Lab of Land Resources Evaluation and Monitoring in Southwest China, Ministry of Education, Sichuan Normal University, Chengdu 610066, China;

2. Institute of Geography and Resources Science, Sichuan Normal University, Chengdu 610066, China)

Abstract: The forest ecosystem in the upper Yangtze River basin is a significant ecological shelter belt. Taking the upper Yangtze River as a study area, this paper adopted RS and GIS techniques to evaluate the stability of forest ecosystem in a large scale and made a deep analysis of its spatial distribution characteristics by establishing "disturbance-response" (D-R) framework and index system of stability evaluation of forest ecosystem. The results showed that: (1) The stability of forest ecosystem of study area was overall below the average. The mild stable, unstable and very unstable regions accounted for 50.09% of the whole area, of which 6.63% was very unstable, 19.29% was unstable, 24.17% was mild stable, 26.29% was moderate stable, and 23.62% was stable. (2) Its spatial distribution pattern showed that the forest ecosystem stability was better in northwest region while worse in southeast, and there was a positive correlation between the stability and the altitude. Areas of poor stability were mainly distributed on the slopes of 10°-25°, and areas distributed on the slope over 25° were in better stability. The research could provide not only a scientific basis for the conservation and restoration of forest ecosystem in the upper Yangtze River, but also important policy-making reference for eco-environment protection and ecological barrier construction in the study area.

Key words: upper Yangtze River; forest ecosystem; stability evaluation; spatial differential features