

苏北低山丘陵区典型森林生态脆弱性评价

于法展^{1,2}, 陈龙乾¹, 沈正平², 仇方道²

(1. 中国矿业大学 江苏省资源环境信息工程重点实验室,
江苏 徐州 221116; 2. 江苏师范大学 城市与环境学院, 江苏 徐州 221116)

摘要:生态脆弱性评价是当前全球变化与可持续发展研究中的热点问题。以苏北低山丘陵区典型性森林植被为研究对象,通过层次分析法构建了适合苏北低山丘陵区典型性森林生态脆弱性评价指标体系,制定了生态脆弱性评价标准,并根据生态脆弱度将森林植被划分成 5 个不同的脆弱级别;最后通过加权综合法对该地区典型性森林群落生态脆弱性进行评价。结果表明:该地区典型性森林生态脆弱度排序为侧柏(75.92)>麻栎(54.95)>栓皮栎(53.61)>黑松(49.63)>刺槐(47.68)>黄连木(45.69)>黄檀(44.92)>赤松(43.34)。

关键词:苏北低山丘陵区; 森林植被; 森林群落; 生态脆弱性

中图分类号:S718.5

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)06-0188-05

Assessment of Ecological Vulnerability of Typicality Forest of Low Mountains and Hills in Northern Jiangsu Province

YU Fa-zhan^{1,2}, CHEN Long-qian¹, SHEN Zheng-ping², QIU Fang-dao²

(1. *Jiangsu Key Laboratory of Resources and Environmental Information Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China;*

2. *College of Urban and Environmental Sciences, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116, China*)

Abstract: Assessment of ecological vulnerability is a hot issue in the research field of global change and sustainable development. North Jiangsu Province area of low mountains and hills in typical forest vegetation was selected as the study site. Assessment index system was set up for typical forest ecosystem vulnerability of north Jiangsu Province of low mountains and hills by means of AHP, ecological vulnerability evaluation standard was developed, and according to the ecological fragile, the forest was divided into 5 different vulnerability levels. Finally, the ecological fragility of typical forest communities was evaluated by the weighted comprehensive law. The results showed that typical forest ecological vulnerability of low mountain and hill area was in the sequence of Orientalis community (75.92) > Sawtooth Oak (54.95) > Quercus variabilis (53.61) > Black pine (49.63) > Robinia (47.68) > Pistacia (45.69) > Dalbergia (44.92) > Red pine (43.34).

Key words: low mountains and hills in northern Jiangsu; forest vegetation; forest community; ecological vulnerability

近年来,随着全球变化影响研究的加强,特别是对于人类活动及人地关系研究的深入,国内外已开展了大量有关生态脆弱性评价的研究与实践^[1-3]。但作为一个新的研究领域,关于生态脆弱性概念的界定还没有相对统一的认识,其发生机制和影响因素研究还比较薄弱,生态脆弱性的评价体系及生态脆弱区的开发利用对策有待进一步加强^[4-6]。此外,有关生态脆弱性评价方法的理论与实践研究在地域上有局限性,

目前我国多以西北干旱半干旱地区的典型生态脆弱性评价为主,而对山地丘陵脆弱区研究较少^[7-9]。苏北低山丘陵区典型性森林植被主要分布于江苏省东部和西北部的低山丘陵,前者如连云港近郊的前云台山、中云台山、后云台山、锦屏山等,后者如徐州附近的马陵山、大洞山、泉山、云龙山等。由于历史的原因,苏北低山丘陵区的森林植被曾受到极大的破坏,现有植被的长势缓慢、生态效益低下,营造健康森林

收稿日期:2012-05-31

修回日期:2012-06-23

资助项目:教育部人文社会科学研究规划基金项目(11YJA630008);江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介:于法展(1972—),男,江苏丰县人,副教授,在读博士,主要从事土地资源管理方面的研究。E-mail:yufazhan@126.com

已经成为该地区生态环境建设的首要任务。森林生态系统的脆弱性极易导致森林及环境的问题产生,科学评价森林的生态脆弱性,以指导其开发和管理,对减少森林及避免森林环境的退化具有重要的现实意义^[10-11]。本文以苏北低山丘陵区现存的典型性森林植被为研究对象,试图通过建立有效的森林生态脆弱性评价体系,对该地区森林生态脆弱性进行评价,以期当地森林健康管理措施的制定提供科学依据。

1 评价理论与方法

1.1 森林群落生态脆弱性影响因素

造成森林群落脆弱性的原因有其先天的自然背景因素,但更多的与人类活动所造成的负面积累有关,是自然因素与人为因素相互作用、彼此叠加的结果。自然因素包括地质构造、地貌特征、地表组成物质、生物群体类型及气候状况等因子,是生态环境构成的物质基础。地质构造运动通过改变或影响地表的物质和能量分配,奠定了地理过程发生的空间基本格局;地貌脆弱因子主要有石灰岩山地丘陵、山地陡坡不稳定风化垂直节理发展的深厚母质(或风化壳)山体、山地薄土层粗骨质阳坡等,这些地貌因子属性及地貌过程,均容易造成脆弱生态环境的形成与演替^[6];生物群体结构反映了生态环境物质能量结构特征,如果物质结构简单,则其内部物质能量过程不协调,生物群体结构容易遭到破坏,形成脆弱生态环境;气候因子主要由光、热、水的量和变率及其匹配关系形成,一般而言,干旱半干旱环境容易抑制植物生长,甚至造成枯萎而导致生态环境的脆弱,寒冷(日均温 0°C 以下)则常导致寒漠脆弱环境的出现^[7];地表构成物质也是促成生态环境脆弱的标识因子,它一般与其他脆弱因子综合作用。地表径流对于地表物质的冲刷、剥蚀、运移是参与地质大循环的重要组成部分^[2]。资源和环境与人类形成彼此共生、相互关联的关系,自始至终处于动态平衡之中,而人类活动则处于这种关系的主导地位。如果人类活动与资源环境承载能力及再生能力协调,则生态环境处于良性演替,如果人类不合理开发利用,生态环境将会逆向演替,并将导致脆弱生态环境的产生^[8]。并不是有自然脆弱因子存在,森林群落就一定脆弱;也不是没有自然脆弱因子存在,森林群落就一定不脆弱。另外,即使有自然脆弱因子和人为的不利影响同时存在,森林群落也不是一定就脆弱,只要自然脆弱因子和人为不利因素的影响程度没有超出森林群落的承受能力,森林群落就不表现为脆弱。同时,森林群落的脆弱性是相对而言的,绝对稳定的森林群落生态系统是不存在的^[9]。

1.2 评价指标的构建

森林生态脆弱性是森林生态系统在特定时空尺度相对于外界干扰所具有的敏感反应和自恢复能力,是自然属性和人类干扰行为共同作用的结果。即森林生态脆弱性是个宏观概念,无论其成因、内部环境结构、外在表现形式和脆弱程度如何,只要森林在外界的干扰下易于向生态退化或恶化的方向发展,就都应该视为脆弱的森林^[11]。本文采用层次分析法,构建4个层次的评价指标体系:第1层次是总目标层,即森林生态脆弱性;第2层次是分目标层,指出生态脆弱性从哪些方面去衡量,亦即生态脆弱性评价的基本判定指标;第3层次是准则层,该层的指标为具体分类指标,指出生态脆弱性各基本判定指标受哪些因素影响,以及从哪些方面来衡量;第4层次是指标层,即每一个准则层上的要素用哪些具体指标来表达,应用时可根据生态特征灵活选取适合当地的指标因子。森林生态脆弱性评价指标体系的构建详见图1。

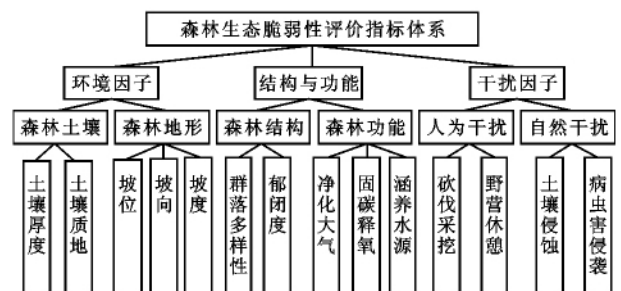


图1 森林生态脆弱性评价指标体系

1.3 森林生态脆弱性评价标准

将所有评价指标的脆弱度划分成5个级别,即轻微脆弱、低度脆弱、中度脆弱、高度脆弱和极度脆弱,分别对应生态脆弱度值为20,40,60,80和100。对于其中一些定性指标通过专家打分(百分制)使其定量化,再根据评分值范围确定评价指标生态脆弱度值^[5],建立的评价标准体系见表1。

1.4 指标权重的确定

对于森林生态脆弱性进行定量综合评价,除准确选定评价指标以外,还必须确定各指标的权重,以期获得较好的评价结果。权重的细微变化会对整个评价结果有重大影响^[12],即使评价指标选取过程很精确,若权重确定不合理,也会导致指标选取的不合理。指标权重的确定有很多种方法,如主成分分析、Delphi—AHP法等^[13]。本文选用Delphi—AHP法,即依据专家经验与专业知识来确定权重,具有一定的科学性,首先请林业专家、生态专家,按照郭鹏和郑唯唯^[13]改进的9级记分法作相对重要性判断,得各指标权重的判断矩阵;再采用几何平均法计算划分指标的权重;最后进行一致性检验:当 $CI < 0.1$ 和 $CR < 0.1$ 时即通过检验,否则须调整判断矩阵。

表 1 森林生态脆弱性评价标准

指标	极度脆弱(80~100)	高度脆弱(60~80)	中度脆弱(40~60)	低度脆弱(20~40)	轻微脆弱(0~20)
土壤厚度/cm	<10	10~25	25~40	40~55	>55
土壤质地	砂土—砾石	砂壤—砂土	重壤—砂壤	中壤—重壤	轻壤—中壤
坡位	上坡	中坡	下坡	全坡	平地
坡向	—	阳坡	半阴坡、半阳坡	阴坡	无坡
坡度/(°)	>25	15~25	10~20	5~10	<5
群落多样性	0.2~0.6	0.6~1.0	1.0~1.3	1.3~1.6	>1.6
郁闭度	<0.3	0.3~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8
净化大气/%	<55	55~75	75~95	95~120	>120
固碳释氧/%	<60	60~80	80~100	100~130	>130
涵养水源/%	<50	50~75	75~90	90~110	>110
砍伐采挖	砍挖现象极严重,生态系统受剧烈破坏	砍挖现象严重,生态系统受严重破坏	有砍挖现象,生态系统受中度破坏	偶有砍挖现象,在生态系统承受范围	管理比较严格,无砍伐采挖现象
野营游憩	森林过度开发,长期遭受人类活动剧烈影响	森林不合理开发,严重受到人类活动影响	森林适当开发,风景区附近受人类活动影响	森林适度开发,受人类活动影响轻微	封山育林,基本不受人类活动影响
土壤侵蚀	剧烈侵蚀(A、B层全部剥蚀,C层出露受到剥蚀)	强度侵蚀(A层无保留层,B、C层开始裸露、受到剥蚀)	中度侵蚀(A层保留厚度小于1/2,B、C层较完整)	轻度侵蚀(A层保留厚度大于1/2,B、C层完整)	无明显侵蚀(A、B、C三层剖面保持完整)
病虫害侵袭	剧烈,病虫害发病率>35%	严重超出生态系统可调节的范围,病虫害发病率>25%	中等,在可调节的范围内,病虫害发病率10%~25%	较轻,在可调节的范围内,病虫害发病率<10%	基本不受病虫害的影响

1.5 生态脆弱度的计算及生态脆弱度等级的划分

生态脆弱度是一个相对的数值,旨在说明区域内差异,利用公式(1)来计算生态脆弱度 EVD^[5]:

$$EVD_i = \sum_{j=1}^n \rho_{ij} \times w_j \tag{1}$$

式中:EVD_i——第*i*个评价单元的生态脆弱度,为最终复合结果值;*n*为各级指标层中指标总数; ρ_{ij} ——第*i*个单元第*j*个指标; w_j ——各指标的权重。

从评价指标的赋值可以看出,生态脆弱度的取值范围为0~100,同样把森林生态脆弱度分成5个级别,生态脆弱度的划分标准见表2。

表 2 森林生态脆弱度等级划分标准

分值	生态脆弱度值				
	0~35	35~50	50~65	65~85	85~100
等级	轻微脆弱	低度脆弱	中度脆弱	高度脆弱	极度脆弱

2 研究区概况与调查方法

2.1 研究区概况

研究区位于江苏省的东北部和西北部,地理位置为东经116°22′—119°48′,北纬33°43′—35°07′,属于暖温带季风气候,受东南季风影响较大。年平均气温13.1~14.3℃,1月平均气温-1.2~0.0℃,7月平均气温26.3~27.0℃,极端最高气温40.6℃,极端最低气温-22.6℃;年平均降水量847.9~958.9 mm,雨季降水量占全年的56%,且季节分配不均。地势属

低山丘陵地带,现存的典型性森林植被包括2个植被型,5个群系组,11个群系^[14](表3)(不包括竹林)。其中,赤松、黑松林与侧柏林多为纯林,物种多样性很低,林下灌木层、草本层不甚发育,生长缓慢,病虫害严重,它们是目前该地区低山丘陵上的主要森林类型;栎类林和杂木林是该地区的地带性植被类型,由于长期的人类破坏,现存面积很小,呈零星分布状态;刺槐林则为纯林,系人工林,分布较广。

2.2 调查方法

2010年6—7月在位于苏北低山丘陵区的前云台山、中云台山、后云台山、锦屏山、马陵山、泉山选择具有代表性的森林植被(包括常绿针叶林、落叶阔叶林),设置了6块测试样地(图2)。采用标准地调查法,从中选择具有代表性的标准地进行研究,包含赤松、黑松、侧柏、栓皮栎、麻栎、黄连木、黄檀、刺槐等主要森林植被群落。标准地面积为400 m²,记录经纬度、海拔、坡度、坡向等。每块样地设3个重复,根据区域景观的实际情况,将乔木层和灌木层样方面积设置为10 m×10 m,设置于样地中心,在样方内又设置3个1 m×1 m草本层小样方,对于乔木层主要记载乔木的种类、株数、胸径、高度、盖度、多度等;对于灌木层和草本层则分别记载灌木和草本的种类、高度、数量和盖度等;另外,还记录各样地的盖度、坡向、坡度等环境因子,具体见表4。

表 3 苏北低山丘陵区主要森林植被类型^[14]

植被型	群系组	群系
常绿针叶林	温性松林	1. 赤松(<i>Pinus densiflora</i>)林, 2. 黑松(<i>Pinus thunbergii</i>)林
	侧柏林	3. 侧柏(<i>Platycladus orientalis</i>)林
	栎类林	4. 栓皮栎(<i>Quercus variabilis</i>)林, 5. 麻栎(<i>Quercus acutissima</i>)林
落叶阔叶林	杂木林	6. 青檀(<i>Pteroceltis tatarinowii</i>), 南京椴(<i>Tilia miqueliana</i>)林
		7. 黄连木(<i>Pistacia chinensis</i>), 黄檀(<i>Dalbergia hupeana</i>)林
		8. 小叶朴(<i>Celtis bungeana</i>), 梧桐(<i>Firmiana simplex</i>)林
		9. 盐肤木(<i>Rhus chinensis</i>), 黄檀(<i>Dalbergia hupeana</i>)林
	刺槐林	10. 枫香(<i>Liquidambar formosana</i>), 黄连木(<i>Pistacia chinensis</i>)林
		11. 刺槐(<i>Robinia pseudoacacia</i>)林

表 4 苏北低山丘陵区各测试样地概况

样号	植被类型	主要层优势植物种类	郁闭度	盖度/%	坡向坡度	土壤类型	样地来源
1	温性松林	赤松	0.6~0.8	60	NW10°~15°	粗骨褐土	云台山
2		黑松	0.6	10	SE10°~15°	粗骨褐土	锦屏山
3	侧柏林	侧柏	0.3~0.6	60	E15°~20°	粗骨褐土	泉山
4	栎类林	栓皮栎	0.7~0.8	50	W15°~20°	粗骨褐土	云台山
		麻栎	0.6~0.7	30	SE10°~15°	粗骨褐土	云台山
5	杂木林	黄连木、黄檀	0.6	20	NW10°~15°	淋溶褐土	云台山
		盐肤木、黄连木	0.6	40	NE10°~15°	粗骨褐土	云台山
6	刺槐林	刺槐	0.5~0.7	20	NE10°~15°	粗骨褐土	马陵山



图 2 苏北低山丘陵区各测试样地具体位置

3 评价结果与分析

针对苏北低山丘陵区所作的 6 块森林植被群落标准地的调查,应用森林生态脆弱性评价指标体系,根据公式(1)对 8 种森林群落类型的生态脆弱度值进行计算。最终各典型性森林群落评价指标得分和生态脆弱性评价结果见表 5。

表 5 典型森林群落指标得分和生态脆弱性评价

群落类型	环境因子	结构和功能因子	干扰因子	生态脆弱度	生态脆弱度等级
赤松	36.91	47.15	43.71	43.34	低度脆弱
黑松	50.44	49.36	47.93	49.63	低度脆弱
侧柏	69.33	71.85	88.43	75.92	高度脆弱
栓皮栎	52.71	48.14	63.21	53.61	中度脆弱
麻栎	57.61	55.84	51.56	54.95	中度脆弱
黄连木	42.58	54.94	32.88	45.69	低度脆弱
黄檀	41.84	53.47	31.66	44.92	低度脆弱
刺槐	44.68	56.59	34.38	47.68	低度脆弱

由表 5 可知,苏北低山丘陵区 8 种森林群落类型的生态脆弱度值为 43.34~75.92,从低度脆弱到高度脆弱不等,没有出现极度脆弱的样地,8 种森林群落类型的生态脆弱度由高到低依次为:侧柏、麻栎、栓皮栎、黑松、刺槐、黄连木、黄檀、赤松。由森林植被群落调查数据和实际情况可知,其生态脆弱性的主导原因各有不同:侧柏分布在该地区低山丘陵的山脊或阳坡上部,生长环境较恶劣,土层较薄,基质多为石灰岩,土壤表面有石砾或大块裸石,土壤侵蚀较为严重,乔木层只有侧柏一种,较稀疏,郁闭度差,层次结构简单,生物多样性和森林更新能力均较低,靠近道路,受到一定的人为干扰,故侧柏群落处于高度脆弱的状态。栓皮栎和麻栎处于中度脆弱范围,栓皮栎多分布在该地区的半阳坡和半阴坡,生物多样性较高,森林更新能力良好,人为干扰较为强烈,受旅游影响较大,生态条件遭到一定的破坏;麻栎属低度到中度脆弱过度类型,麻栎林样地多位于上坡位,生长环境不利,森林更新能力差,靠近旅游道路,受到一定强度的人为干扰,蓄积量较大,生物多样性处于中等水平。赤松、黑松、黄连木、黄檀、刺槐属低度脆弱,赤松、黑松群落外貌整齐,其郁闭度和蓄积量以及森林更新能力均处于较好的状态,部分样地土壤环境稍差,坡度较大,但距离旅游道路较远,野营游憩等干扰不大,故其处于低度脆弱;黄连木、黄檀木和刺槐呈带状分布于山涧沟旁或山坡集水的微凹坡面等相对湿润的环境,群落郁闭度较大,层次结构较为理想,林下更新良好,幼树幼苗较多,较大郁闭度和枯落物层较厚保证了涵养水

源功能,此外林火干扰及土壤侵蚀均优于其他群落,属低度脆弱。

4 结论

(1) 结合专业知识和专家经验,通过层次分析法构建了适合苏北低山丘陵区典型性森林生态脆弱性评价指标体系,制定了生态脆弱性评价标准,并根据生态脆弱度将森林植被划分成 5 个不同的脆弱级别;利用评价指标体系及生态脆弱度模型对各评价指标数值进行处理,并确定各项指标的权重;最后通过加权综合法对苏北低山丘陵区典型性森林群落生态脆弱性进行了评价。结果表明,苏北低山丘陵区典型性森林生态脆弱度排序为:侧柏(75.92)>麻栎(54.95)>栓皮栎(53.61)>黑松(49.63)>刺槐(47.68)>黄连木(45.69)>黄檀(44.92)>赤松(43.34)。

(2) 根据生态脆弱度等级标准,苏北低山丘陵区典型森林从低度脆弱到高度脆弱不等,没有出现极度脆弱的样地,由高到低依次为:侧柏群落处于高度脆弱等级;栓皮栎和麻栎处于中度脆弱等级;赤松、黑松、黄连木、黄檀、刺槐属低度脆弱等级。结果与实地调查的情况基本相符,说明所构建的指标体系具有适用性。不同生态环境下森林生态脆弱度是相对的,因为影响森林生态脆弱性的因素非常复杂,主要是森林结构和功能因子,包括植被群落蓄积量、物种多样性、森林层次结构。另外,森林土壤厚度和人为干扰中的砍伐采挖对其森林生态脆弱性的影响也较大。

参考文献:

[1] 蔡海生,赵小敏,陈美球.脆弱生态环境脆弱度评价研究

进展[J].江西农业大学学报,2003,25(2):270-275.

[2] 赵红兵.生态脆弱性评价研究[D].济南:山东大学,2007.

[3] 蔡海生,张学玲,周丙娟.生态环境脆弱性动态评价的理论与方法[J].中国水土保持,2009(2):18-22.

[4] 戴亚南,彭检贵.江苏海岸带生态环境脆弱性及其评价体系构建[J].海洋学研究,2009,27(1):78-82.

[5] 孙道玮,陈田,姜野.山岳型旅游风景区生态脆弱性评价方法研究[J].东北师大学报:自然科学版,2005,37(4):131-135.

[6] 常学礼,赵爱芬,李胜功.生态脆弱带的尺度与等级特征[J].中国沙漠,1999,19(2):102-108.

[7] 赵跃龙.中国脆弱生态环境类型分布及其综合整治[M].北京:中国环境科学出版社,1999:1-106.

[8] 钟诚,何宗宜,刘淑珍.西藏生态环境稳定性评价研究[J].地理科学,2005,25(5):573-578.

[9] 魏琦.北方农牧交错带生态脆弱性评价与生态治理研究[D].北京:中国农业科学院,2010.

[10] 戴全厚,刘国彬,刘明义,等.小流域生态经济系统可持续发展评价:以东北低山丘陵区黑牛河小流域为例[J].地理学报,2005,60(2):209-218.

[11] 张秋根,王桃云,钟全林.森林生态环境健康评价初探[J].水土保持学报,2003,17(5):16-18.

[12] 朱茵,孟志勇,阚叔愚.用层次分析法计算权重[J].北方交通大学学报,1999,23(5):119-122.

[13] 郭鹏,郑唯唯.AHP 应用的一些改进[J].系统工程,1995,13(1):28-31.

[14] 于法展,尤海梅,李保杰,等.苏北地区代表性森林土壤理化特性的比较研究[J].地理与地理信息科学,2007,23(2):87-90.

(上接第 187 页)

参考文献:

[1] 朱洪波.我国耕地资源生态安全的特征与影响因素分析[J].现代农业研究,2008,29(2):194-197.

[2] 赵其国,周炳中,杨浩,等.中国耕地资源安全问题及相关对策思考[J].土壤,2002(6):293-302.

[3] 徐辉,雷国平,崔登攀,等.耕地生态安全评价研究:以黑龙江省宁安市为例[J].水土保持研究,2011,18(6):180-189.

[4] 郭凤芝.土地资源安全评价的几个理论问题[J].山西财经大学学报,2004,26(3):61-65.

[5] 许国平.中国土地资源安全评价研究进展及展望[J].水土保持研究,2012,19(2):276-279.

[6] 朱洪波,张安录.我国耕地资源生态安全的时空差异分析[J].长江流域资源与环境,2007,16(6):754-758.

[7] 文森,邱道持,杨庆媛,等.耕地资源安全评价指标体系研究[J].农业资源与环境科学,2007,23(8):466-470.

[8] 郝军,苏根成,邬文艳.内蒙古耕地资源安全评价[J].内蒙古师范大学学报,2008,37(4):558-561.

[9] 余敦,陈文波.鄱阳湖生态经济区土地生态安全研究[J].水土保持研究,2011,18(4):107-111.

[10] 周飞,郭良珍,陈士银,等.湛江市土地资源生态安全评价与限制因素[J].水土保持研究,2010,17(5):202-206.

[11] 丁晓静,王耕.基于 AHP 和熵值法的辽宁省城市生态安全评价[J].环境科学与管理,2010,35(12):172-176.

[12] 胡永宏,贺思辉.综合评价方法[M].北京:科学出版社,2000.

[13] 邱微,赵庆良,李崧,等.基于“压力—状态—响应”模型的黑龙省生态安全评价研究[J].环境科学,2008,29(4):1148-1152.