

# 聊城市土地生态安全评价

李 静, 李子君, 吕建树

(山东师范大学 人口·资源与环境学院, 山东 济南 250014)

**摘 要:** 土地生态安全评价对实现区域土地生态系统的安全性和可持续性具有重要意义。以山东省聊城市作为研究区域, 在综合考虑土地利用现状的基础上, 从影响土地生态安全的自然因素、社会因素和经济因素 3 个方面选取了 20 个指标, 构建了聊城市土地生态安全的评价指标体系, 通过目标方差和变异系数求平均来确定各指标的权重, 根据加权求和方法计算出分县(市)的土地生态安全综合得分, 对聊城市各县(区、市)的土地生态安全进行了分级和评价。研究结果表明, 除东昌府区和高唐县的土地生态安全处于良好级外, 其余 6 县(市)均处于风险级。通过分析研究区土地生态安全存在的问题, 对研究区土地资源的可持续利用具有一定的参考价值。

**关键词:** 土地生态安全; 指标体系; 聊城市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)02-0198-05

中图分类号: F321.1

## Evaluation of Land Ecological Security in Liaocheng City

LI Jing, LI Zi-jun, LÜ Jian-shu

(College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Ji'nan, Shandong 250014, China)

**Abstract:** Land ecological security evaluation is of essential significance in realizing security and sustainability of regional land ecosystem. Liaocheng City of Shandong Province was taken as the study area and a system consisting of 20 indices from the natural, social and economic factors influencing land ecological security has been established based on comprehensively consideration of land use status. Based on the variances and coefficients of variance, the weight and the comprehensive scores were determined and calculated for land ecological security. Classification and evaluation of land ecological security of the eight counties(cities) of Liaocheng City were then carried out according to weighted sum method. The results show that, the security status of Dongchangfu District and Gaotang County were classified as "good grade", while the other six counties (cities) were labeled "alarming grade". Problems of land ecological security in the study area were analyzed, which could provide some reference value for the sustainable utilization of land resources.

**Keywords:** land ecological security; index system; Liaocheng City

土地资源是区域社会经济可持续发展的重要物质基础。近年来, 由于加速工业化与城市化, 片面追求经济效益, 侵占优良耕地资源, 且土地的不合理利用, 产生了土地沙化、水土流失、土地次生盐渍化、土壤污染等生态问题, 严重影响到粮食安全、城镇化发展以及经济和社会的发展等方面<sup>[1]</sup>。土地生态安全研究成为土地科学领域研究的一个热点, 也是土地可持续利用研究的前沿课题。没有土地生态安全就不可能实现社会、经济和生态的可持续发展。因此, 区域土地生态安全评价对于一个国家或地区的经济发展、资源合理利用和生态环境建设起着至关重要的作用<sup>[2]</sup>。目前, 国内外提出来的用于生态安全评价的方

法很多, 如暴露—响应分析模式、综合指数法、模糊综合评判法、层次分析评价法、生态足迹法、能值分析法、生态模型方法、系统聚类分析法、景观生态学方法等。目前通常采用单一的评价方法, 但是各种方法都各有其优缺点。本研究在考虑到指标权重确定的客观性的同时, 通过目标方差和变异系数求平均来确定权重, 根据加权求和方法计算出分县(市)的土地生态安全综合得分, 对聊城市各县(区、市)的土地生态安全进行分级和评价。

近年来, 随着聊城市人口的增加和社会经济的快速发展, 对土地利用造成了一定程度的影响。工业的发展和城镇化进程的推进, 造成耕地面积减少和土壤

污染加重;区内黄河故道有大量的泥沙淤积,灌区多年引黄灌溉也造成大面积的泥沙堆积,加上不合理的土地利用,在气候等自然因素的共同作用下产生了较为严重的土地沙化问题。土地沙化问题长期以来制约着聊城市农业发展、农民增收、生态改善以及区域经济社会的协调发展,土地的生态安全面临着一定危险<sup>[3]</sup>。迄今为止,对该区域的土地生态安全尚缺乏定量研究,本研究选择聊城市作为研究区域,对该区域的土地生态安全进行评价,拟为区域土地资源的可持续利用提供参考。

## 1 研究区概况

聊城市地处山东省西部,辖东昌府区、临清市和冠县、莘县、阳谷县、东阿县、茌平县、高唐县以及 1 个经济技术开发区,共 1 区 1 市 6 县,土地面积为 8 646.87 km<sup>2</sup>。2008 年,聊城市总人口为 572.8 万人,其中农业人口为 475.7 万人,占总人口的 82.9%;耕地面积 5.53×10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>,人均耕地面积 0.24 hm<sup>2</sup>。经济水平长期处于山东省落后地区状态,农业效益和农民收入持续处于较低水平。

聊城市除东阿县沿黄一带有 11 处残丘外,全区均为黄河泛滥冲积平原,地势平缓,西南高东北低略有倾斜。由于受黄河历次改道和自然侵蚀的影响,形成了微度起伏,岗、坡、洼相间的平原微地貌。其中,岗地 4 023 km<sup>2</sup>,占 46.8%,坡地 3 744 km<sup>2</sup>,占 43.6%,洼地 823 km<sup>2</sup>,占 9.6%。气候属于暖温带季风气候,多年降水量为 567.7~637.3 mm。境内河流主要有黄河、金堤河、徒骇河、马颊河、卫运河及小运河。土壤类型多样,主要为潮土。土壤按质地划分,可分为沙土、沙壤土、轻壤土、中壤土、重壤土和黏土。其中,沙土类的面积为 2.90×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>,占全区土壤面积的 4.1%,质地松散,结构性差,抗侵蚀力差,保水保肥性能差,土壤肥力低;沙壤土类面积为 1.73×10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>,占全区土壤面积的 24.8%,土壤透水性强,肥力偏低<sup>[4]</sup>。聊城市境内天然植被很少,覆盖度低,以栽培植物为主,具有明显的次生性质。地表植被多为农作物、人工栽培的用材林、农田林网、四旁树木和经济林木及次生草本植物群落。

## 2 研究方法及数据来源

### 2.1 聊城市土地生态安全评价

根据聊城市的自然生态特点和社会经济状况以及土地利用结构特点,考虑到资料的可获得性,通过客观地确定各因素的权重和加权求和计算各地区的综合得分来进行土地生态安全评价。首先,根据聊城

市的自然状况、经济状况、社会发展状况筛选单因子指标来构建土地生态安全评价的指标体系;其次,为克服主观因素对指标权重的影响,本研究客观的来确定权重,即通过求目标方差和变异系数的平均值来确定各指标因子的权重;最后,依据评价指标的标准值,计算聊城市 1 区 1 市 6 区的综合得分,确定各县(市)的评价等级。

2.1.1 评价指标体系的构建 土地生态安全评价是一个综合性很强的技术工作,不同的研究区域有不同的指标体系。依据科学性、系统性、相对独立性、可操作性、可比性等原则<sup>[5]</sup>,参考国内外相关研究成果<sup>[6-10]</sup>,在考虑聊城市土地生态安全指标数据可获得性的前提下,考虑土地利用现状,从影响土地生态安全的自然因素、社会因素和经济因素 3 个方面选取了 20 个指标构建了土地生态安全的评价指标体系(表 1)。

表 1 聊城市土地生态安全指标体系

目标层 A	项目层 B	指标层 C
土地生态安全的自然因素	土地生态安全的自然因素	人均耕地面积 $x_1/(hm^2/人)$
		耕地面积比重 $x_2/\%$
		林地面积比重 $x_3/\%$
		水土流失面积比重 $x_4/\%$
		盐碱地面积比重 $x_5/\%$
		旱地面积比重 $x_6/\%$
		水土协调度 $x_7/\%$
土地生态安全的经济因素	土地生态安全的经济因素	人均 GDP $x_8/(亿元/人)$
		经济密度 $x_9/(10^4 元 \cdot km^{-2})$
		第三产业产值比重 $x_{10}/\%$
		机耕程度 $x_{11}/\%$
		农电集约度 $x_{12}/(kW \cdot h \cdot hm^{-2})$
		化肥施用量 $x_{13}/(kg \cdot hm^{-2})$
土地生态安全的社会因素	土地生态安全的社会因素	农药施用量 $x_{14}/(kg \cdot hm^{-2})$
		农业机械化水平 $x_{15}/(kW \cdot hm^{-2})$
		就业率 $x_{16}/\%$
		城市化水平 $x_{17}/\%$
		人口自然增长率 $x_{18}/\%$
		耕地压力指数 $x_{19}$
		人口密度 $x_{20}(人 \cdot km^{-2})$

评价指标是影响土地生态安全的重要因素,对于选取的指标可分为正安全趋向性指标和负安全趋向性指标。正安全趋向性指标包括:人均耕地面积,林地面积比重,水土协调度(有效灌溉面积占耕地面积的比重),人均 GDP,经济密度,第三产业产值比重,机耕程度(机耕面积占耕地面积比重),农电集约度(单位耕地用电量),农业机械化水平,就业率和城市化水平。正安全趋向性指标的值越大,表明土地生态

安全状况越好,且维护和改善土地生态安全的能力越强<sup>[1]</sup>。负安全趋向性指标包括:耕地面积比重,水土流失面积比重,盐碱地面积比重,旱地面积比重,化肥施用量,农药使用量,人口自然增长率,耕地压力指数,人口密度。负安全趋向性指标的数值越大,表明区域土地所承受的压力越大,安全状况越差,用以衡量研究区域的土地资源稀缺和冲突程度。

2.1.2 指标权重的确定 指标权重的确定对土地生态安全评价的精确性至关重要。由于运用层次分析法和特尔菲法确定指标权重时具有较大的主观性,本研究客观地确定各项指标的权重,即基于目标方差和变异系数的客观定权公式来确定指标权重<sup>[11]</sup>。

设  $m$  个评价指标、 $n$  个评价对象,组成评价矩阵:

$$R = (x_{ij}) = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

$$w'_i = \sigma_i / \sum_{j=1}^m \sigma_j \quad (1)$$

$$w''_i = c_i / \sum_{j=1}^M c_j \quad (2)$$

式中: $x_{ij}$ ——第  $j$  评价对象的第  $i$  评价指标的数值; $w'_i$ ——第  $i$  评价指标的标准差在  $m$  个评价指标的总标准差中所占的比重; $\sigma_i$ —— $n$  个评价对象的第  $i$  评价指标的标准差,

$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}$ ,其中  $\bar{x}_i$  为  $n$

个评价对象的第  $i$  评价指标的平均值, $\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{ik}$ ;

$w''_i$ ——第  $i$  评价指标的变异系数在  $m$  个评价指标的变异系数中所占的比重; $c_i$ ——第  $i$  评价指标的变异系数, $c_i = \sigma_i / \bar{x}_i$ 。

考虑到目标方差和变异系数的差异程度对计算权重的影响,取公式(1—2)的平均值,则得组合权( $w_i$ )公式:

$$w_i = \frac{1}{2} (w'_i + w''_i) \quad (3)$$

为了克服不同目标量纲量级的影响,利用公式(1—3)式定权时,对原始数据序列进行标准化处理后,再计算客观权重。

2.1.3 指标基准值及安全指数的确定 由于山东省土地生态安全评价指标体系的单因素评价指标基准值不易获得,因而采用的指标基准值来源于目前国际公认值和世界平均值。考虑聊城市土地生态状况,并参考相关文献<sup>[12-16]</sup>,土地生态安全评价指标体系各指标的指数采用下述方法计算。

设  $X_{(i)}$  为第  $i$  个评价指标的实际值, $Y_{(i)}$  为第  $i$  个评价指标的基准值, $P_{(i)}$  为第  $i$  个评价指标的安全指数, $0 \leq P_{(i)} \leq 1$ 。

正安全趋向性指标:当  $X_{(i)} \geq Y_{(i)}$ ,则  $P_{(i)} = 1$ ;当  $X_{(i)} < Y_{(i)}$ ,则  $P_{(i)} = X_{(i)} / Y_{(i)} \times 100\%$ 。

负安全趋向性指标:当  $X_{(i)} \leq Y_{(i)}$ ,则  $P_{(i)} = 1$ ;当  $X_{(i)} > Y_{(i)}$ ,则  $P_{(i)} = Y_{(i)} / X_{(i)} \times 100\%$ <sup>[1]</sup>。

聊城市土地生态安全评价单指标安全值数学模型为:

$$S_{(i)} = P_{(i)} \times W_{(i)} \quad (4)$$

式中: $S_{(i)}$ ——土地生态指标安全值; $W_{(i)}$ ——各指标权重。

要全面评价聊城市各地区的土地生态安全状况,还需对指标进行综合计算,土地生态安全指标综合值数学模型为:

$$T = \sum_{i=1}^n [P_{(i)} \cdot W_{(i)}] \quad (5)$$

式中: $T$ ——土地生态综合安全值; $n$ ——指标项数。

2.1.4 聊城市土地生态安全标准综合评判 将计算出的聊城市各地区的土地生态综合安全值与土地生态安全标准(表 2)进行比较,通过比较得出各县(市)的土地生态安全等级。

表 2 土地生态安全标准综合评判

安全值区间	等级	表征状态	系统特征
$\leq 0.4$	I	恶劣级	土地生态系统服务功能几近崩溃,生态过程很难逆转,生态环境受到严重破坏,生态系统结构残缺不全,功能丧失,生态恢复与重建很困难,生态环境问题显著,并经常演变成生态灾害。
0.4~0.6	II	风险级	土地生态系统服务功能严重退化,土地生态环境受到较大破坏,结构恶化程度较大,功能不全,受外界干扰后恢复困难,盐碱化程度高,治理困难,一般为低产田,生态问题较大,生态灾害较多。
0.6~0.7	III	敏感级	土地生态系统服务功能已有退化,土地生态环境受到一定程度破坏,生态系统结构有变化,但尚可维持基本功能,受到干扰后易恶化,生态问题显著,生态灾害时有发生。
0.7~0.9	IV	良好级	土地生态系统服务功能较为完善,土地生态环境较少受到破坏,生态系统结构尚完整,功能尚好,受干扰后一般可恢复,生态问题不显著,生态灾害不大。
$> 0.9$	V	安全级	土地生态系统服务功能基本完善,土地生态环境基本未受到干扰破坏,土地生态系统结构完整,功能性强,土地肥沃,无农业污染,植被覆盖率高,无沙化、碱化现象,生态问题不显著。

## 2.2 数据来源

采用的 2008 年各县(市)的水土流失面积数据来源于聊城市水利局;2008 年各县(市)的盐碱地面积、旱地面积和林地面积及耕地面积数据来源于聊城市国土资源局;2008 年各县(市)的城市化率数据来源于聊城市劳动局;评价指标体系中的其余指标的数据主要来源于《2009 年聊城市统计年鉴》;部分评价指标的基准值来源于《中国统计年鉴》及文献[1]。

## 3 结果分析

### 3.1 聊城市土地生态安全综合评价结果

将聊城市 1 区 1 市 6 县各指标的实际数值标准化之后与其基准值进行比较,得到聊城市土地生态安全评价指标体系的安全值,将安全值代入公式(5),得到聊城市各县(区、市)的土地生态安全综合得分(表 3)。表 3 为聊城市各评价指标的安全值、基准值和权重。

表 3 聊城市各评价指标的安全值、基准值和权重

评价指标	安全指数值								基准值	基准值来源	权重
	东昌府区	临清市	阳谷县	莘县	茌平县	东阿县	冠县	高唐县			
$x_1$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.053	国际公认值	0.0478
$x_2$	0.214	0.193	0.201	0.210	0.214	0.227	0.199	0.217	13.550	全国平均值	0.046
$x_3$	0.070	0.038	0.080	0.221	0.091	0.230	0.184	0.242	22.000	全国平均值	0.056
$x_4$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	16.800	世界平均值	0.046
$x_5$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	5.000	世界平均值	0.037
$x_6$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	40.000	世界平均值	0.049
$x_7$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	70.000	全国平均值	0.062
$x_8$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	7 543.000	全国平均值	0.057
$x_9$	0.163	0.188	0.125	0.101	0.162	0.120	0.105	0.187	98.280	全国平均值	0.058
$x_{10}$	1.000	0.786	0.685	0.810	0.440	0.637	0.735	0.512	33.600	全国平均值	0.048
$x_{11}$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	47.700	全国平均值	0.063
$x_{12}$	1.000	1.000	1.000	1.000	0.836	0.586	1.000	0.559	1 800.000	全国平均值	0.056
$x_{13}$	0.226	0.835	0.380	0.363	0.520	0.361	0.400	0.362	255.000	国际公认值	0.038
$x_{14}$	0.005	0.008	0.004	0.008	0.010	0.017	0.006	0.007	0.130	国际公认值	0.040
$x_{15}$	0.888	0.826	0.619	1.000	0.675	0.897	0.803	0.808	20.000	全国平均值	0.049
$x_{16}$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	50.000	全国平均值	0.050
$x_{17}$	0.658	0.662	0.642	0.592	0.670	0.652	0.652	0.667	60.000	国际公认值	0.038
$x_{18}$	1.000	0.271	0.219	0.216	0.390	0.383	0.207	1.000	1.330	世界平均值	0.061
$x_{19}$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	国际公认值	0.043
$x_{20}$	0.155	0.166	0.174	0.182	0.243	0.238	0.194	0.252	128.780	国际公认值	0.052
综合得分	0.731	0.700	0.659	0.688	0.664	0.670	0.676	0.701	—	—	—

根据计算所得的聊城市土地生态安全综合值,设置了聊城市土地生态安全标准综合评判表(表 2),该表将安全综合值取值范围(0~1)采用非等间距法分为 5 个安全档次,安全综合值越大,土地生态安全状况就越好,反之,则越差,并依次将对应的 5 个等级的系统特征进行描述。

把聊城市土地生态安全的综合得分与表 2 中的安全分级值进行对比,得到各县(市)的生态安全等级。东昌府区和高唐县的生态安全综合值大于 0.7,处于安全级;临清市、阳谷县、莘县、茌平县、东阿县和冠县的综合值处于 0.6~0.7 之间,属于敏感级。

评价结果表明,只有东昌府区和高唐县的土地生态安全处于良好级,土地生态系统服务功能较为完善,土地生态环境较少受到破坏,生态系统结构尚完

整,功能尚好,受干扰后一般可恢复,生态问题不显著,生态灾害不大。其余县(市)的土地生态安全处于敏感级,土地生态系统服务功能已有退化,尚可维持基本功能,受到干扰后易恶化,生态问题显著,生态灾害时有发生。

### 3.2 影响聊城市土地生态安全的因素分析

聊城各县(区、市)的耕地面积比重明显高于全国的平均水平(13.55%),耕地面积比重最低的东阿县也已经达到 59.68%,临清市的耕地面积比重已经达到 70.07%,居聊城市首位。尽管聊城市的耕地面积比重很大,但是聊城市的人口数量太多,人均耕地面积过小,仅为 0.24 hm<sup>2</sup>。

林地具有改善区域生态和环境的作用。但聊城各县(区、市)的林地面积比重普遍较低(全国平均林

地面积比重为 22%)，东昌府区、临清市、阳谷县、莘县、茌平县、东阿县、冠县、高唐县的林地面积比重分别为 1.53%、0.84%、1.77%、4.87%、2.00%、5.07%、4.05%、5.32%。较低的林地覆盖率不利于区域的可持续发展。

经济密度反映区域的经济水平，经济的发展带动区域农业的发展，更多财力投入到建设农田基础设施，改善农田耕作环境，治理土壤污染等生态环境建设中去。由表 3 可见，聊城各县(区、市)的平均经济密度为 14.14 万元，仅为全国的 14.39%。聊城各县(区、市)的第三产业产值比重较全国平均水平偏低，为了区域经济的可持续发展，今后应努力发展第三产业。

人口增长过快给土地造成了巨大压力。2008 年，除东昌府区的人口自然增长率为 0‰和高唐县的人口自然增长率为 0.58‰外，其余六县(市)的人口自然增长率均偏高。临清县、阳谷县、莘县、茌平县、东阿县、冠县的人口自然增长率分别达到 4.91‰、6.06‰、6.16‰、3.41‰、3.47‰、6.44‰。聊城市的人口密度平均为 663 人/km<sup>2</sup>，远远高于 129 人/km<sup>2</sup> 的国际公认值，耕地压力较大，今后应进一步控制人口的增长。

化肥和农药超标使用造成土壤污染，土壤污染不仅关系到食品安全状况，同时也不利于区域土地的可持续发展。东昌府区、临清市、阳谷县、莘县、茌平县、东阿县、冠县、高唐县化肥施用量分别为 1 129.12、305.52、670.80、702.62、490.38、706.36、637.39、705.25 kg/hm<sup>2</sup>，远远高于 255 kg/hm<sup>2</sup> 的国际公认值。2008 年聊城市平均农药施用量为 18.68 kg/hm<sup>2</sup>，是国际公认值的 143 倍。为了区域土地资源质量的保护，今后应严格控制化肥农药的施用量。

## 4 结论

(1) 聊城市的土地生态安全问题较为严重。全市 1 区 1 市 6 县中除东昌府区和高唐县的土地生态安全状况良好外，其余六县(市)的土地生态安全状况均处于敏感级。

(2) 聊城市土地生态安全问题出现的因素主要有：聊城市的林地面积比重太低；单位耕地面积上的化肥和农药的施用量严重超标，容易造成土壤污染，不利于土地的可持续利用；聊城市的经济实力相对比较薄弱，土地的基础设施建设不完善；位于鲁西的聊城市的人口自然增长率和人口密度非常大，给耕地造成巨大压力。

土地生态安全的评价可为区域的土地生态安全

作出定量分析，土地生态安全评价是一项复杂的系统工程<sup>[17-18]</sup>。评价指标基准值的确定是一项非常具有探究性的工作，国内目前还没有建立科学完善的评价指标体系的基准值，本研究所采用的评价指标基准值是国际公认值和国家平均值，对于区域土地生态安全评价结果的准确性具有一定的影响。此外，区域土地生态安全评价指标体系还有待进一步完善。

### [参 考 文 献]

- [1] 李玉平,蔡运龙.河北省土地生态安全评价[J].北京大学学报:自然科学版,2007,43(6):784-789.
- [2] 景丽娜,周宝同,殷清慧,等.重庆市土地生态环境安全评价研究[J].安徽农业科学,2007,35(3):833-836.
- [3] 张金萍,张保华,刘子亭.山东省聊城市耕层土壤有机碳储量动态研究[J].河南农业科学,2007,23(11):67-69.
- [4] 刘子政,刘子亭,张文娟.气候因子对聊城市土地荒漠化的影响[J].中国农学通报,2009,25(16):259-262.
- [5] 王万茂,高波,夏太寿.土地生态经济学[M].北京:科学技术出版社,1992:50-65.
- [6] 刘欣,葛京凤,冯现辉.河北太行山区土地资源生态安全研究[J].干旱区资源与环境,2007,21(5):68-74.
- [7] 刘勇,刘友兆,徐萍.区域土地资源生态安全评价:以浙江嘉兴市为例[J].资源科学,2004,26(3):25-30.
- [8] 王枫,张效军,刘海英.广州市土地资源生态安全动态变化分析[J].安徽农业科学,2009,37(34):16963-16965.
- [9] 张婷婷,吴胜军,杜耘,等.黄石市土地利用变化的生态安全评价[J].华中师范大学学报:自然科学版,2006,40(2):296-300.
- [10] 李希灿,王静.具有稳定系数的多目标多维模糊决策算法[J].模糊系统与数学,2007,21(6):128-134.
- [11] 岳耀杰,周洪建,王静爱.生态安全条件下亚洲沙区土地利用结构研究[J].地球科学进展,2006,21(2):131-137.
- [12] 张虹波,刘黎明.土地资源生态安全研究进展与展望[J].地理科学进展,2006,25(5):77-85.
- [13] 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[J].水土保持通报,2005,25(1):99-103.
- [14] 杨庆媛.西南丘陵山地区土地整理与区域生态安全研究[J].地理研究,2003,22(6):468-708.
- [15] 岳书平,张树文,闫业超,等.公主岭市土地利用变化的生态效应研究[J].资源科学,2006,28(6):161-166.
- [16] 蔡运龙,傅泽强,戴尔阜.区域最小人均耕地面积与耕地资源调控[J].地理学报,2002,57(2):127-134.
- [17] 田克明,王国强.我国农用地生态安全评价及其方法探讨[J].地域研究与开发,2005,24(4):79-82.
- [18] 曹新向,郭志永.区域土地资源持续利用的生态安全研究[J].水土保持学报,2004,18(2):192-195.