

# 中原经济区核心区土地资源生态安全评价

郑敬刚, 许淑娜, 喻铮铮, 吴国玺

(许昌学院 城市与环境学院, 河南 许昌 461000)

**摘要:**采用熵权赋权法构建了中原经济区核心区土地资源生态安全评价指标体系,综合评价了 2002—2011 年中原经济区核心区土地资源生态安全动态。结果表明,2004 年中原经济区核心区土地生态安全指数增加到最大值 0.675 5,土地安全等级为“Ⅱ”级,较安全,2011 年土地安全指数下降到 0.310 6,土地安全等级退化为“Ⅳ”级,较不安全。2002—2011 年,郑州市、许昌市和焦作市的土地资源生态安全动态呈“单峰”型,开封市和新乡市的土地资源生态安全动态呈“双峰”型,洛阳市的土地资源生态安全动态呈“U”型。中原经济区核心区土地资源生态安全的空间变化呈现出“以郑州为中心,南北恶化、东西好转”的特点。

**关键词:**中原经济区;土地资源;生态安全;空间变化

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)03-0273-05

## Study on Ecological Security Evaluation of Land Resources in the Case of the Core Areas of Zhongyuan Economic Region

ZHENG Jing-gang, XU Shu-na, YU Zheng-zheng, WU Guo-xi

(College of Urban Planning and Environmental Sciences, Xuchang University, Xuchang, He'nan 461000, China)

**Abstract:** The evaluation index system of land resources ecological security of the core areas of Zhongyuan Economic Region was constructed based on AHP and entropy weight method, and the dynamic of land resources ecological security of the core areas of Zhongyuan Economic Region during 2002—2011 was evaluated. The results show that the land resources ecological security index increased to 0.675 5 in 2004, and the land security rating indicated ‘Ⅱ’-safe level. However, the land resources ecological security index declined to 0.310 6 in 2011, and the land security rating indicated ‘Ⅳ’-less safe level. During 2002—2011, the dynamics of land resources ecological security showed a single peak curve in Zhengzhou, Xuchang and Jiaozuo, a bimodal curve in Kaifeng and Xinxiang, and an ‘U’ curve in Luoyang. Moreover, the spatial change of land resources ecological security was characterized as a center of Zhengzhou, worsening in south and north region, improving in east and west region in the core areas of Zhongyuan Economic Region

**Key words:** Zhongyuan economic region; land resources; ecological security; spatial change

土地资源生态安全是指土地资源所处的生态环境处于一种不受或少受威胁与破坏的健康、平衡状态<sup>[1]</sup>。土地生态安全评价是生态安全评价的重要组成部分,也是当前土地可持续利用研究的前沿课题,对其进行研究有着重要的意义。但是,目前土地生态安全评价的理论研究还处于起步阶段,评价方法、评价指标体系及标准值的确定仍是研究中的难点<sup>[2-3]</sup>。国外的土地资源生态安全评价是以 Costanza<sup>[4]</sup>开展

的生态系统基本理论研究和评估研究为代表,注重土地资源生态健康、可持续利用评价方面的研究。20 世纪 80 年代兴起的生态系统健康问题研究,使土地资源生态安全系统研究成为热点<sup>[5]</sup>。Wackernagel 等<sup>[6]</sup>提出了用生态足迹模型来判断某一地区的土地承载力及土地资源生态安全。国内的一些学者也从不同的角度开展了相应研究,如张培刚等<sup>[7]</sup>以统计年鉴为根据,运用生态足迹模型论述了人类生活、发展

对土地生态环境的影响;曲福田<sup>[8]</sup>从土地环境污染、土地资源浪费等角度,研究了土地、生态安全等概念,对江苏省存在的土地资源生态安全问题进行了总结,并提出了保障该省土地生态安全的积极有效措施;左太安等<sup>[9]</sup>针对生态环境较为脆弱的三峡重庆库区,构建了以压力—状态—响应为框架的土地生态安全指标体系,为资源安全评价和退化土地的生态恢复提供了一定的借鉴。

2011年,随着中原经济区开发正式上升为国家战略,河南省成为全国“两横三纵”城市化战略格局的重要枢纽。中原经济区是以全国主体功能区规划明确的重点开发区域为基础、中原城市群为支撑,涵盖河南省全省、延及周边地区的经济区域,也是继“长三角”、“珠三角”、“京津冀”三大经济区后支撑全国经济发展的第四个增长板块<sup>[10]</sup>。作为全国第一人口大省和重要的农业与粮食大省,河南省的土地资源生态安全问题显得尤为重要。傅建春<sup>[11]</sup>把河南省土地资源生态安全问题归结为人均占有量低、耕地质量差、生态环境脆弱等几个方面。田克明和王国强<sup>[12]</sup>采用多因素综合评定和系统聚类相结合的方法,对河南省18个单元农用地生态安全进行了评价。刘蕾等<sup>[13]</sup>利用PSR模型,对河南省的土地资源生态安全进行了初步研究,结果表明:人口压力过大、人均耕地面积不足是影响河南省土地生态安全的重要因素。但对河南省土地资源生态安全进行系统综合评价的研究还未见报道。鉴于此,本文采用熵权赋权法评价中原经济区核心区的土地资源生态安全现状,预测其未来发展趋势,以期中原经济区土地资源可持续开发利用提供理论依据和实证参考。

## 1 研究区概况

中原经济区地处中国的中心地带,包括河南18个地市及山东、安徽、河北、山西12个地市两个县,总面积28.9万km<sup>2</sup>,总人口1.5亿。本文的中原经济区核心区主要是指豫中的部分地区,包括郑州、开封、洛阳、许昌、焦作和新乡6个省辖市。核心区土地面积为46880km<sup>2</sup>,总人口3482万人(2010年底),分别占中原经济区的16.22%和23.21%。

郑州市:河南省省会,全市总面积7446km<sup>2</sup>,总人口910万人,中原经济区建设的主要城市,中国中部地区重要的中心城市和国家重要的综合交通枢纽。现辖6区5县级市1县,建成区面积329km<sup>2</sup>。城市发展定位:推进郑汴一体化发展,建设“郑汴洛”工业走廊,增强引领区域发展的核心带动能力,带动整个中原经济区乃至中西部地区的崛起。

开封市:位于河南省东部,全市总面积6266km<sup>2</sup>,总人口535万人,河南省中原城市群和沿黄“三点一线”黄金旅游线路三大中心城市之一。现辖5区5县,市区面积546km<sup>2</sup>,市区人口104.9万人。城市发展定位:建设郑汴新区,积极融入郑州都市区,加大文化旅游业的发展,大力发展高成长性产业。

洛阳市:位于河南省西部,全市总面积15208km<sup>2</sup>,总人口662万人,河南省第二大城市,中原经济区副中心城市,中国老工业基地之一。现辖6区1县级市8县,市区面积694km<sup>2</sup>,市区人口207.7万人。城市发展定位:大力发展装备制造业、高新技术产业、资源勘探业。

许昌市:位于河南省中部,全市总面积5260km<sup>2</sup>,总人口431万人,中原经济区核心城市,中西部非省会强市。现辖1区两市3县,建成区面积80km<sup>2</sup>。城市发展定位:大力发展电力电子产业,高新技术产业,积极促进旅游产业的发展。

焦作市:位于河南省西北部,全市总面积4071km<sup>2</sup>,总人口353万人,中国优秀旅游城市。现辖5区2县级市4县,建成区面积90km<sup>2</sup>。城市发展定位:大力发展文化旅游产业,加快经济转型,优化产业结构。

新乡市:位于河南省北部,全市总面积8629km<sup>2</sup>,总人口591万人,河南省第三大城市,豫北的经济、文化和交通中心。现辖4区两市6县,市区面积422km<sup>2</sup>,市区人口120万人。城市发展定位:发展家电与家电配件产业,高新技术产业,生物与电子技术产业。

## 2 研究方法 with 数据来源

### 2.1 研究方法

土地资源生态安全评价的关键是建立科学的评价指标体系和确定各指标的权重。为克服主观赋权法中主观因素的影响,将熵的概念应用于指标权重的确定中。进行评价指标选取时,根据科学性原则、指标数据的可得性和可操作性原则,充分考虑区域土地资源生态安全各评价指标的相互影响,选取的指标不仅要能反映生态环境状态,而且更要重视指标的潜在作用及人类活动的内在影响,在借鉴相关研究的基础上,结合世界经合组织提出的“压力—状态—响应”框架,初步建立了一套土地资源生态安全评价指标体系(表1),并以熵权赋权法确定指标权重,最后计算出土地资源生态安全的综合得分。

表 1 中原经济区核心区土地生态安全评价指标体系

| 目标         | 类型 | 指标层                            | 安全趋向性 | 权重     |
|------------|----|--------------------------------|-------|--------|
| 土地生态安全综合指数 | 压力 | 单位耕地面积化肥施用量(C <sub>1</sub> )   | 逆向    | 0.0644 |
|            |    | 单位耕地面积农药施用量(C <sub>2</sub> )   | 逆向    | 0.0957 |
|            | 指标 | 人均耕地面积(C <sub>3</sub> )        | 正向    | 0.0001 |
|            |    | 人口密度(C <sub>4</sub> )          | 逆向    | 0.099  |
|            |    | 人口自然增长率(C <sub>5</sub> )       | 逆向    | 0.0584 |
|            | 状态 | 农业收入比重(C <sub>6</sub> )        | 正向    | 0.0873 |
|            |    | 城市化水平(C <sub>7</sub> )         | 逆向    | 0.0341 |
|            |    | 耕地面积比重(C <sub>8</sub> )        | 正向    | 0.1068 |
|            |    | 耕地年减少量(C <sub>9</sub> )        | 逆向    | 0.0331 |
|            | 响应 | 人均粮食产量(C <sub>10</sub> )       | 正向    | 0.0465 |
|            |    | 森林覆盖率(C <sub>11</sub> )        | 正向    | 0.0699 |
|            | 指标 | 人均 GDP(C <sub>12</sub> )       | 正向    | 0.0801 |
|            |    | 第三产业比重(C <sub>13</sub> )       | 正向    | 0.0696 |
|            |    | 污水处置率(C <sub>14</sub> )        | 正向    | 0.0840 |
|            |    | 环保投资占 GDP 比例(C <sub>15</sub> ) | 正向    | 0.0710 |

注:各指标层单位:C<sub>1</sub> (hm<sup>2</sup>/人), C<sub>2</sub> (kg/hm<sup>2</sup>), C<sub>3</sub> (kg/hm<sup>2</sup>), C<sub>4</sub> (%), C<sub>5</sub> (%), C<sub>6</sub> (人/km<sup>2</sup>), C<sub>7</sub> (%), C<sub>8</sub> (%), C<sub>9</sub> (%), C<sub>10</sub> (kg), C<sub>11</sub> (m<sup>2</sup>/人), C<sub>12</sub> (元), C<sub>13</sub> (%), C<sub>14</sub> (%), C<sub>15</sub> (%);各指标的权重为 6 个城市相应指标权重的均值。

2.2 数据获取

原始数据主要来源于《河南省统计年鉴》(2002—2011)。

2.2.1 数据的标准化 对原始数据矩阵进行标准化,评价某区域  $n$  年包括  $m$  个评价指标的土地生态安全情况,则其原始指标数据矩阵为:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

为消除指标间不同量纲的影响,对  $X$  进行标准化处理,得到标准化矩阵,标准化公式为:

正向指标,

$$y_{ij} = (X_{ij} - \min x_j) / (\max x_j - \min x_j) \quad (2)$$

负向指标,

$$y_{ij} = (\max x_j - X_{ij}) / (\max x_j - \min x_j) \quad (3)$$

表 2 土地资源生态安全分级标准

| 综合指数区间      | 等级  | 评语   | 安全特征描述  |
|-------------|-----|------|---|
| [0.00~0.30] | V   | 极不安全 | 土地生态环境脆弱,土地生态系统结构破碎,服务功能严重退化,生态恢复和重建很困难                   |
| [0.30~0.45] | IV  | 较不安全 | 土地生态环境恶劣,土地生态系统结构破坏较大,土地生态系统服务功能较大退化,系统功能不全,受外界干扰后恢复困难    |
| [0.45~0.65] | III | 临界安全 | 土地生态环境较差,土地生态系统结构已开始被破坏,土地生态系统服务功能已有退化,但尚能维持其基本功能,受干扰后易恶化 |
| [0.65~0.85] | II  | 较安全  | 土地生态安全较好,土地生态系统结构较完整,土地生态系统服务功能基本完善,受干扰后一般可恢复             |
| [0.85~1.00] | I   | 理想安全 | 土地生态环境好,土地生态系统结构完整,生态系统服务功能完善,受干扰后能恢复                     |

正向指标为指数值越大越好的指标,负向指标为指数值越小越好的指标。标准化公式中: $\min x_j$  为指标值最小值; $\max x_j$  为指标值最大值; $X_{ij}$  为第  $i$  年第  $j$  个指标的原始值。标准化后样本矩阵转化为矩阵  $Y, Y = (y_{ij}) n \times m$ , 式中,  $y_{ij} \in [0, 1], y_{ij}$  为原始指标标准化后的值。

2.2.2 指标权重的确定 采用熵权赋权法,在有  $m$  个指标、 $n$  个评价对象的评估问题中,第  $j$  个指标的熵值  $H_j$  定义为:

$$H_j = -k \sum_{i=1}^n f_{ij} \times \ln f_{ij} \quad (4)$$

$$i=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, \dots, m。$$

式中,  $f_{ij} = y_{ij} / \sum_{i=1}^n y_{ij}; k = 1 / \ln n$ , 其中,  $f_{ij}$  为矩阵  $Y$  中第  $j$  项指标在第  $i$  个被评价对象标准化值中的比重。定义了第  $j$  个指标的熵值之后,可以得出第  $j$  个指标的熵权定义  $\omega_j$ , 则

$$\omega_j = (1 - H_j) / (m - \sum_{i=1}^m H_j), \quad (\omega_j \in [0, 1]; \sum_{j=1}^m \omega_j = 1) \quad (5)$$

2.2.3 土地资源生态安全综合得分计算 虽然各指标可以从不同方面反映出区域土地生态安全状态,但区域土地生态安全是各因素叠加综合作用的结果。因此,必须在指标标准化和权重确定的基础上对区域生态安全进行计算。本研究将土地资源生态区安全综合指数定义为  $T$ , 数学模型为:

$$T = \sum_{j=1}^m \omega_j \times y_{ij} \quad (6)$$

式中: $T$ ——土地资源生态安全综合指数; $\omega_j$ —— $j$  指标的权重系数; $y_{ij}$ ——第  $i$  年第  $j$  个指标的标准化值; $n$ ——指标数。

2.2.4 土地生态安全等级标准的确定 对中原经济区核心区土地生态安全综合指数进行计算,参考文献 [1, 14], 在 0~1 之间设置了 5 个等级,具体等级划分及其意义见表 2。

### 3 结果与分析

#### 3.1 中原经济区核心区土地资源生态安全评价

由图1可以看出,中原经济区核心区土地生态安全指数在2002年为0.6277,土地安全等级为“Ⅲ”级——临界安全,此时土地生态环境较差,土地生态系统结构已开始遭到破坏,土地生态系统服务功能已有退化,但尚能维持其基本功能,受干扰后易恶化;2003年土地安全指数下降到0.5759,土地安全等级仍为“Ⅲ”级;2004年的土地生态安全指数增加到最大值0.6755,土地安全等级上升至“Ⅱ”级——较安全,此时土地生态安全较好,土地生态系统结构较完整,土地生态系统服务功能基本完善,受干扰后一般可恢复;2004—2011年,中原经济区核心区土地安全指数逐年下降,至2011年下降到0.3106,土地安全等级退化为“Ⅳ”级——较不安全,此时土地生态环境恶劣,土地生态系统结构破坏较大,土地生态系统服务功能较大退化,系统功能不全,受外界干扰后恢复困难。

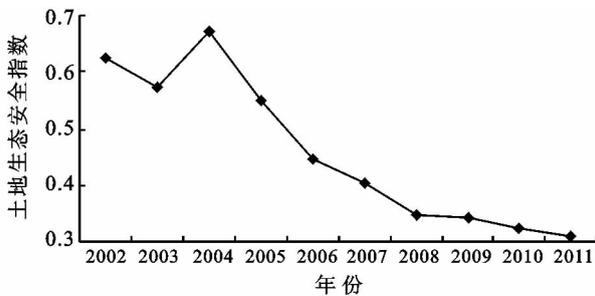


图1 中原经济区核心区土地资源生态安全评价

#### 3.2 中原经济区核心区土地资源生态安全空间变化

为了研究中原经济区核心区土地资源生态安全的区域差异,本文分别计算了中原经济区核心区6个城市的土地生态安全指数。由图2可以看出,2002—2011年,郑州市土地生态安全指数呈“单峰”型,2004年其土地生态安全指数最高为0.7853,土地安全等级为“Ⅱ”级——较安全;2011年土地生态安全指数最低为0.2301,土地安全等级为“Ⅴ”级——极不安全。开封市土地生态安全指数呈“双峰”型,2004年其土地生态安全指数最高为0.6540,土地安全等级为“Ⅱ”级——较安全;2007年土地生态安全指数最低为0.3445,土地安全等级为“Ⅳ”级——较不安全;2009年土地生态安全指数上升到0.5290,土地安全等级为“Ⅲ”级——临界安全。2009—2011年,土地生态安全指数呈缓慢下降趋势。

洛阳市土地生态安全指数呈“U”型,2002年其土地生态安全指数最高为0.6293,土地安全等级为“Ⅲ”级——临界安全;2008年土地生态安全指

数最低为0.2114,土地安全等级为“Ⅴ”级——极不安全;2009—2011年,土地生态安全指数逐年上升,2011年上升到0.4015,土地安全等级为“Ⅲ”级——临界安全。

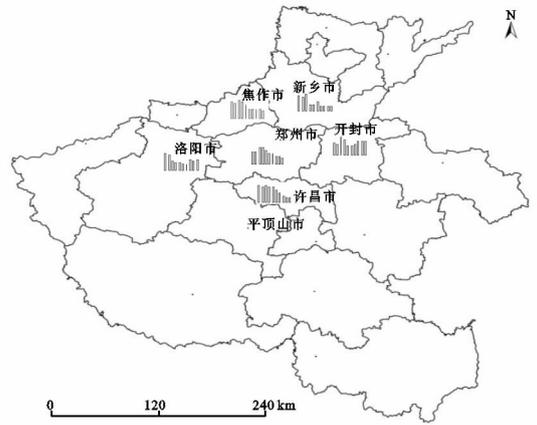


图2 中原经济区核心区土地资源生态安全空间变化

许昌市土地生态安全指数呈“单峰”型。2004年土地生态安全指数最高为0.7887,土地安全等级为“Ⅱ”级——较安全;2004—2011年,土地生态安全指数逐年下降,至2011年许昌市土地生态安全指数仅为0.1895,土地安全等级退化为“Ⅴ”级——极不安全。

焦作市土地安全指数呈“单峰”型。2004年土地生态安全指数最高为0.7579,土地安全等级为“Ⅱ”级——较安全;2004—2011年,土地生态安全指数逐年下降,2011年焦作市土地生态安全指数为0.3375,土地安全等级退化为“Ⅳ”级——较不安全。

新乡市土地安全指数呈“双峰”型。2004年土地生态安全指数最高为0.7653,土地安全等级为“Ⅱ”级——较安全;2006年土地生态安全指数下降到0.2451,土地安全等级为“Ⅴ”级——极不安全;2007年土地生态安全指数又上升到0.4004,土地安全等级为“Ⅳ”级——较不安全。2007—2011年,土地生态安全指数缓慢下降,2011年下降至0.1934,土地安全等级为“Ⅴ”级——极不安全。

### 4 结论

中原经济区核心区整体上土地资源生态安全等级较低,且呈逐年恶化的趋势,目前土地生态安全等级为“Ⅳ”级——不安全。2004年中原经济区核心区土地资源生态安全指数之所以最高,其主要原因在于当年传统的氮、磷肥分别比2003年下降2.1%和2.3%,而对农产品污染较小的复合肥、微量元素、专用肥料比2003年增加6.3%<sup>[15]</sup>。

就中原经济区核心区土地资源生态安全的空间

变化而言,呈现出“以郑州为中心,南北恶化、东西好转”的特点。郑州市2004年农药施用量为11.69 t,2011年增加到13.29 t,7 a间增加了1.6 t,年均增加0.23 t,由于农药施用量的熵权权重在15个指标中最高,为0.143 3,因此,对郑州市的土地资源生态安全的影响非常显著。其次,在郑州市快速城市化的过程中,外来务工人员的急剧增长导致郑州市人口密度从2002年的576人/km<sup>2</sup>增加到2011年的900人/km<sup>2</sup>,人口密度增加了1.56倍,年均人口密度增加速度为46.29人/km<sup>2</sup>,由于人口密度的熵权权重也较高,因此也在一定程度上加剧了郑州市土地资源生态安全的恶化趋势。与此同时,由于熵权权重较高的污水处理率和人均GDP分别由2002年的47.53%和14 527元增加到2011年的98.08%和56 855元,分别增加了2.06倍和3.91倍,在一定程度上改善了郑州市的土地资源生态安全状况,使得郑州市土地资源生态安全现状优于新乡市和许昌市。

许昌市2002年化肥和农药的使用量分别为574.53 t和8.93 t,2011年分别增加到936.94 t和16.24 t,分别增加了1.63倍和1.82倍,由于化肥和农药的熵权权重较高,分别为0.087 6和0.122 0,导致了许昌市土地资源生态安全的急剧恶化;加上城市化水平由2002年的16.4%增加到2011年的40.9%,年均增幅高达3.5%,在很大程度上加剧了许昌市土地资源生态安全的恶化趋势。潘春彩等<sup>[16]</sup>也认为,在土地耕作过程中,过量使用化肥和农药是造成许昌市农业生态环境退化的主要原因之一。新乡市熵权权重较高的化肥和农药施用量分别由2002年的681.41 t和13.46 t增加到2011年的1 101.06 t和19.70 t,年均增幅分别为41.97 t和0.62 t;人口自然增长率由2002年的3.67%增加为2011年的5.48%,人口自然增长率的熵权权重高达0.137 9,导致新乡市的土地资源生态安全现状也不容乐观,该结论与王安周等<sup>[17]</sup>对新乡市土地利用动态变化的研究结果一致。

开封市农药施用量由2002年的13.30 t增加到2011年的15.00 t,年均增幅为0.17 t,远小于中原经济区核心区其他城市,这可能与开封市耕地面积大幅度减少有关<sup>[18]</sup>;熵权权重高达0.136 2的人口密度由2002年的856人/km<sup>2</sup>下降为2011年的763人/km<sup>2</sup>,熵权权重为0.085 6的农业收入比重虽然2011年比2002年下降了8.25%,但仍明显高于中原经济区核心区其他核心城市同期的农业收入比重,加之人均GDP和环保投资占GDP的比例均有显著增加,使得开封市土地生态安全现状整体良好。洛阳市的人口密度熵权权重在15个指标中最高为0.188 2,人口

密度由2002年的730人/km<sup>2</sup>下降为2011年的441人/km<sup>2</sup>,年均降幅高达28.9人/km<sup>2</sup>,第三产业比重的熵权权重为0.102 8,其由2002年的36.3%增加为2011年的40.64%,熵权权重较高的污水处理率和人均GDP分别由2002年的32.7%和8 489元增加为2011年的95.22%和41 198元,虽然同期化肥和农药施用量也有所增加,但由于其熵权权重较小,因此,洛阳市的土地资源生态安全现状整体上趋于好转。

焦作市的农业收入比重的熵权权重在15个指标中最高为0.178 8,其值从2002年的14.8%下降到2011年的7.91%,加上熵权权重为0.102 5的农药施用量由2002年的18.34 t增加为2011年的24.94 t,年均增幅为0.66 t,整体上了降低了焦作市的土地资源生态安全状况;污水处理率和人均GDP的熵权权重分别为0.074 4和0.084 4,其值由2002年的28.3%和8 599元增加为2011年的85.6%和40 810,在一定程度上改善了焦作市的土地资源生态安全状况,使得焦作市的土地资源生态安全现状整体较优。

在评价中原经济区核心区土地资源生态安全动态的过程中,本文仅选取了距离郑州市最近的5个省辖市,而没有把平顶山市考虑在内,可能会对中原经济区核心区整体土地资源生态安全动态变化评价结果有轻微的影响。

#### 参考文献:

- [1] 杨春红,张正栋,田楠楠,等.基于P-S-R模型的汕头市土地生态安全评价[J].水土保持研究,2012,19(3):209-213.
- [2] 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.
- [3] 王根绪,程国栋,钱鞠.生态安全评价研究中的若干问题[J].应用生态学报,2003,14(9):1551-1556.
- [4] Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature,1997,387(15):253-260.
- [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] Wackernagel M, Rees W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth[M]. Gabriola Island: New Society Publishers,1996:15-19.
- [7] 张培刚,王金花,戴军.烟台市市区2003年生态足迹分析[J].金陵科技学院学报,2005,21(3):46-49.
- [8] 曲福田.江苏省土地生态安全问题及对策研究[J].自然生态保护,2005(2):259-260.
- [9] 左太安,苏维词,马景娜,等.三峡重庆库区针对水土流失的土地资源生态安全评价[J].水土保持学报,2010,24(2):74-78.

- 空分布及其与降水的关系[J]. 应用气象学报, 2005, 16(6): 717-727.
- [6] Su Wenying, Bodas-Salcedo A, Xu Kuan-Man, et al. Comparison of the tropical radiative flux and cloud radiative effect profiles in a climate model with Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) data[J]. Journal of Geophysical Research, 2010, 115(D1): D01105.
- [7] 王玉洁, 黄建平. 一次沙尘暴过程中沙尘气溶胶对云物理参量和辐射强迫的影响[J]. 干旱气象, 2006, 24(3): 14-18.
- [8] 贾璇, 王文彩, 陈勇航, 等. 华北地区沙尘气溶胶对云辐射强迫的影响[J]. 环境科学, 2010, 30(8): 1009-1014.
- [9] 陈勇航, 白鸿涛, 黄建平. 西北典型区域云对天气系统的辐射强迫研究[J]. 中国环境科学, 2008, 28(2): 97-101.
- [10] Chen Yonghang, Peng Kuanjun, Huang Jianping, et al. Seasonal and regional variability of cloud liquid water path in northwestern China derived from MODIS/CERES observations[J]. International Journal of Remote Sensing, 2010, 31(4): 1037-1042.
- [11] Chen Yonghang, Bai Hongtao, Huang Jianping, et al. Seasonal variability of Cloud Optical Depth over Northwestern China derived from CERES/MODIS Satellite Measurements[J]. Chinese Optics Letters, 2008, 6(4): 454-457.
- [12] 程肖侠, 方建刚, 孙嫻, 等. 陕西省可利用降水资源的气候变化特征及敏感性分析[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5): 45-51.
- [13] 李积明, 黄建平, 衣育红, 等. 利用星载激光雷达资料研究东亚地区云垂直分布的统计特征[J]. 大气科学, 2009, 33(4): 698-707.
- [14] 袁再健, 沈彦俊, 褚英敏, 等. 海河流域近 40 年来降水和气温变化趋势及其空间分布特征[J]. 水土保持研究, 2009, 16(3): 24-27.
- [15] 阿丽亚·拜都热拉, 邱学兴, 陈勇航, 等. 新疆山区低层冰云云水资源初探[J]. 资源科学, 2011, 33(9): 1727-1734.
- [16] 张来章, 党维勤, 徐成. 水土保持补偿机制中存在问题及其建议与对策[J]. 水土保持研究, 2009, 16(6): 184-189.
- [17] 奚秀梅, 树国. 塔里木河中游径流量损耗特征及原因分析[J]. 水土保持研究, 2009, 16(3): 34-38.
- [18] Platt C M R, Harsh V. Temperature dependence of cirrus extinction: implications for climate feedback[J]. Geophys. Res., 1988, 93(11): 11051-11058.
- [19] Heyms F, Andrew J, Carl S, et al. Effective radius of ice cloud particle populations derived from aircraft probes[J]. Atmos. Oceanic Technol., 2006, 23(1): 361-380.
- [20] M D. King, S E, Platnick, Menghua Wang. MODIS Algorithm Theoretical Basis Document No. ATBD-MOD-05, MOD06-Cloud product, Version 5 [M]. NASA Goddard Space Flight Center. USA. 1997: 11-12.
- [21] Erika B G, Richard N G, David P K, et al. Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES), Data Management System, Single Satellite Footprint TOA/Surface Fluxes and Clouds (SSF) Collection Document, Version 1 [M]. NASA Langley Research Center Climate Science Branch Science Directorate, Hampton. 2003: 81-82.

(上接第 277 页)

- [10] 张建杰, 张改清. 中原经济区现代农业主体功能区划及其发展[J]. 农业现代化研究, 2012, 33(4): 402-405.
- [11] 傅建春. 河南省土地资源安全问题初探[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(12): 5171-8172.
- [12] 田克明, 王国强. 河南省农用地生态安全评价探讨[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(1): 156-158.
- [13] 刘蕾, 姜灵彦, 高军侠. 基于 P-S-R 模型的土地生态安全物元评价: 以河南省为例[J]. 地域研究与开发, 2011, 30(4): 117-121.
- [14] 王恒伟, 廖和平, 赵宏伟, 等. 基于 PSR 的区域生态安全评价: 以重庆市渝北区为例[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2010, 35(2): 211-217.
- [15] 林崑. 绿色农业意识增强河南农民化肥用量首次下降 [EB/OL]. (2004-06-08) [2004-06-08] <http://news.sohu.com/2004/06/08/16/news220431674.shtml>
- [16] 潘春彩, 李荷香, 吴国玺. 许昌市土地资源利用状况及对策研究[J]. 河北农业科学, 2010, 14(2): 107-108.
- [17] 王安周, 张桂宾, 郑洁, 等. 新乡市土地利用动态变化分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 163-165.
- [18] 苏朝阳, 苗长虹. 开封市土地利用时空变化的生态系统服务价值评估[J]. 水土保持研究, 2008, 15(5): 116-119.