

# 基于生态系统服务价值的许昌市土地利用 规划环境影响评价研究

沈宁娟<sup>1,2</sup>, 朱亚红<sup>1,3</sup>, 杨红刚<sup>2</sup>

(1. 许昌学院 城市与环境学院, 许昌 461000; 2. 武汉理工大学 资环学院, 武汉 430070;

3. 河南大学 土木建筑学院, 开封 475001)

**摘要:**在生态系统服务价值理论的基础上,结合谢高地的中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值表,确定了许昌市各种土地利用类型的生态服务功能价值系数,并根据土地利用规划方案2006—2020各种土地利用类型的面积变化,预测新一轮规划方案实施后生态系统服务功能的变化,评价规划实施产生的影响。研究表明,许昌市的土地利用规划切实可行,该方案的实施使许昌市的生态环境趋向良性发展。

**关键词:**生态系统服务价值;土地利用总体规划;环境影响评价;许昌

**中图分类号:** X828 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-9901(2011)04-0549-06

## Study on environmental impact assessment of the land use master planning in Xuchang based on ecosystem service value

SHEN Ning-juan<sup>1,2</sup>, ZHU Ya-hong<sup>1,3</sup>, YANG Hong-gang<sup>2</sup>

(1. School of Urban Planning and Environmental Science, Xuchang University, Xuchang 461000, China; 2. College of Resources and Environmental Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

3. Civil Engineering School, Henan University, Kaifeng 475001, China)

**Abstract:** Based on the theory of ecosystem services value and Chinese ecosystem services value unit area of different ecosystem types, ecosystem service value coefficients of various land use types was determined in Xuchang. Then it was applied to assess the environmental impact of the land use planning by calculating the ecosystem services value of actual and future land use types in Xuchang. The results show that the land use planning is feasible and will have satisfactory ecological benefit after implementation.

**Key words:** ecosystem service value; land use planning; EIA; Xuchang

土地利用规划是人们根据社会发展要求和当地自然、经济、社会条件,以及历史基础和现状特点,对一定区域范围内的土地利用进行空间布局上的优化组合,并且对实现该优化组合在时间上、措施上和政策上做出安排,以求最大限度地发挥土地的综合功能,是土地利用控制的手段和措施。土地利用规划的实施会对土地利用结构以及各种生态系统的类型、面积及其空间分布产生不同的影响,进而直接影响各类土地的生态服务功能(吴克宁等,2008)。土地利用规划环境影响评价是针对土地利用的宏观结构调整与布局对环境与生态的可能影响作出的预测

性评估,它对于避免规划造成的生态环境影响和维护区域生态安全有着重要性的战略意义(蔡玉梅等,2003)。然而,由于当前规划环评的理论方法体系仍不完善,土地利用规划的经济和社会性影响评价方面的研究仍然很薄弱,很多土地利用规划环评工作的效果不尽理想(蔡玉梅等,2005)。

生态系统服务价值指对生态系统服务以及自然资本的价值所做的经济评估,基于生态系统服务价值的评估法作为生态学前沿课题,是目前土地利用规划环境影响评价研究一个重要方法,能够定性、定量评价土地利用规划方案的科学性,近年来得到了广泛

的应用(唐弢等,2007)。因此,结合研究区各类生态系统的面积,运用生态系统服务价值法分析规划实施前后生态服务价值的变化,预测其可能产生的影响,具有较高的可行性和可操作性(王娟等,2007)。

许昌市是河南省主体功能规划的主要粮食生产区,国家中部崛起和中原城市群战略的全面实施,为许昌市经济的发展提供了新的机遇和挑战。因此,如何合理利用有限的土地资源,既保证粮食生产的主体地位,又能促进经济发展,并保持生态系统的良性循环是新的形势与背景下对土地利用规划适宜与否的考验。

## 1 研究区域概况

许昌市位于河南省中部,地处中原腹地,处于东经  $113^{\circ}04' \sim 114^{\circ}19'$ ,北纬  $33^{\circ}16' \sim 34^{\circ}24'$ ,东西长 116 km,南北宽 80 km。北及西北与郑州市的新郑、新密和登封三市相依,西及西南与平顶山市的汝州市、郟县相邻,南与漯河市的舞阳县、郾城区、临颍县以及周口市的西华县相接,东与周口市的扶沟县相连,东北与开封市的尉氏县接壤。土地总面积  $497835.59 \text{ km}^2$ ,辖长葛市、禹州市、许昌县、襄城县、鄢陵县和魏都区二市三县一区。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源

研究区的数据来源于许昌市 2010 年统计年鉴、许昌市 2006 年环境质量报告以及许昌市 2006—2020 年土地利用总体规划。规划以 2005 年为基准年,2020 年为规划目标年。

### 2.2 动态度

土地利用动态度可以定量描述区域土地利用变化速度,用来比较土地利用变化的区域差异大小以及预测未来土地利用变化趋势(马雪梅和李希峰,2009)。目前土地利用动态度分为为单一土地利用动态度与综合土地利用动态度两种类型。本文采用单一的土地利用类型动态度来描述研究区域在一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,其表达式为:

$$R = (U_b - U_a) / (U_a \times T) \times 100\% \quad (1)$$

式中:R 为研究时段内某一土地利用类型的动

态度,T 为研究时段长,当 T 的时段设为年时,R 则为该研究区域内某种土地利用类型年变化率; $U_a$ 、 $U_b$  分别为规划初期以及规划末期某一土地利用类型的数量。

### 2.3 生态系统服务价值计算方法

本研究所考虑的生态系统服务功能在参考 Costanza et al(1997)、谢高地等(2003)的研究基础上,将生态系统服务功能划分为气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、废物处理、生物多样性维持、食物生产、原材料生产、娱乐文化等 9 个方面。

许昌市各种土地利用生态系统单位面积服务功能价值估算结果见表 1。按照谢高地等(2003)提供的代表了全国平均状态的“中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值表”对耕地的各项生态系统服务功能价值进行生物量因子修正,假定生态服务功能强度与生物量呈线性关系,用生物量进行单位面积生态系统服务功能价值的校正,则:

$$P_{ij} = (b_j/B) P_i \quad (2)$$

式(2)中  $P_{ij}$  为订正后的单位面积生态系统的生态服务价值, $i = 1, 2, 3, \dots, 9$ , 分别代表气体调节、气候调节等 9 种不同类型的生态系统服务价值; $j = 1, 2, 3, \dots, n$ , 表示不同的生态系统; $P_i$  为谢高地确定的不同生态系统服务价值基准单价, $b_j$  为  $j$  类生态系统的生物量, $B$  为我国一级生态系统类型单位面积平均生物量。取全国农田生态系统生物量因子为 1.00,许昌市农田系统生物量因子取河南省的平均值 1.39,由公式(2)得出耕地生态系统的食物生产功能价值  $P_{ij} = (b_j/B) P_i = (1.39/1.00) \times 884.9 = 1230.01$ ,即农田生态系统的食物生产功能单价为 1230.01 元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{年}$ )(谢高地等,2005)。根据当量因子表分别得到其他生态系统的服务功能价值。各类土地在计算生态服务价值时当量因子按以下原则归类:耕地对应农田,林地对应森林,园地取林地的 1/2,交通用地和其他用地对应荒漠(周永红等,2010);据此可测算出耕地、园地、林地、水体、交通用地以及其他用地的生态价值系数,即单位面积生态系统服务功能经济价值量。居民点及矿工用地对生态环境最主要的影响就是废气、废水、固体废弃物的排放以及大量用水问题,因此本研究分别应用市场价值法和防治成本法,并按照 2005 年的排污及收费情况对居民点及矿工用地的水源涵养服务以及废物处理

服务生态服务价值系数进行估算,其值均为负。(元); $A_i$ 为第*i*种土地利用类型面积( $\text{hm}^2$ ); $P_i$ 为单  
 $ESV = \sum P_i \times A_i$  (3) 位面积上土地利用类型*i*的生态系统服务功能价值  
 式中: $ESV$ 为研究区域生态系统服务总价值 (元/ $\text{hm}^2$ )。

表1 许昌市各种土地利用生态系统单位面积的服务价值系数(元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ))Table 1 Ecological services value of each land use ecosystem of Xuchang (yuan/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ))

|         | 耕地      | 林地       | 园地       | 居住矿工     | 交通用地   | 水体       | 其他用地   |
|---------|---------|----------|----------|----------|--------|----------|--------|
| 气体调节    | 614.94  | 4305.04  | 2152.52  | —        | —      | 0.00     | 0.00   |
| 气候调节    | 1094.63 | 3321.03  | 1660.51  | —        | —      | 565.80   | 0.00   |
| 水源涵养    | 738.70  | 3936.03  | 1968.02  | -6966.39 | 36.90  | 25067.6  | 36.90  |
| 土壤形成与保护 | 1795.74 | 4797.04  | 2398.52  | —        | 24.60  | 12.30    | 24.60  |
| 废物处理    | 2017.17 | 1611.31  | 805.66   | -1653.63 | 12.30  | 22361.58 | 12.30  |
| 生物多样性保护 | 873.20  | 4009.83  | 2004.92  | —        | 418.20 | 3062.73  | 418.20 |
| 食物生产    | 1230.01 | 123.00   | 61.50    | —        | 12.30  | 123.0    | 12.30  |
| 原材料     | 123.02  | 3198.03  | 1599.01  | —        | —      | 12.30    | 0.00   |
| 娱乐文化    | 12.23   | 1574.41  | 787.21   | —        | 12.30  | 5338.24  | 12.30  |
| 合计      | 8449.63 | 26875.72 | 13437.86 | -8620.02 | 516.60 | 56543.55 | 516.60 |

### 3 结果与分析

#### 3.1 规划期内各种土地利用结构数量变化分析

根据许昌市2005年土地利用现状,参照以往研究经验(段瑞娟等,2005;冉圣宏等,2006),将土地利用类型划分为耕地、林地、园地、水体、居民及工矿用地、交通用地以及其他用地;其中,居住工矿用地包括居民点及工矿用地和其他建设用地;水体的面积采用水域、滩涂沼泽、水库水面、水工建筑面积的总和;剩余土地类型(其他农用地和未利用地中的自然保留地)的面积之和构成其他用地类型,交通用地为交通运输用地面积。根据该规划方案,得到相应的各种土地利用类型面积、变化率和动态度(表2)。

由表2可知,土地利用变化的总体趋势是:各类建设用地和农用地数量持续增加,其他用地持续减少。其他用地类型由2005年的46051.59  $\text{hm}^2$ 减少到2020年的23552.19  $\text{hm}^2$ ,共减少22499.40  $\text{hm}^2$ ;耕地、园地、林地、建设用地均呈现出持续增加的趋势,林地增加最多,从2005年的11379.20  $\text{hm}^2$ 增加到2020年的21042  $\text{hm}^2$ ,共增加9662.8  $\text{hm}^2$ ,其次是居民点及工矿用地、交通用地、耕地、园地,分别从2005年的76739.93  $\text{hm}^2$ 、4066.55  $\text{hm}^2$ 、6106.90  $\text{hm}^2$ 、343909.83  $\text{hm}^2$ 增加到2020年的86007.66  $\text{hm}^2$ 、6366.55  $\text{hm}^2$ 、6506.90  $\text{hm}^2$ 、344311.83  $\text{hm}^2$ ,分别增加了9267.73  $\text{hm}^2$ 、2932.26  $\text{hm}^2$ 、402  $\text{hm}^2$ 、400  $\text{hm}^2$ 。其他用地的减少主要是用于补偿建设占用农用地的数量。

表2 2005—2020年各土地利用类型面积变化和动态度

Table 2 Change of area and dynamic degree of each land use ecosystem of Xuchang from 2005 to 2020

| 年份                       | 耕地                   | 园地      | 林地       | 居民及工矿    | 交通用地    | 水体       | 其他用地      |
|--------------------------|----------------------|---------|----------|----------|---------|----------|-----------|
| 2005 面积( $\text{hm}^2$ ) | 343909.83            | 6106.90 | 11379.20 | 76739.93 | 4066.55 | 9581.60  | 46051.59  |
| 比重(%)                    | 69.08                | 1.23    | 2.29     | 15.41    | 0.82    | 1.92     | 9.25      |
| 2020 面积( $\text{hm}^2$ ) | 344311.83            | 6506.90 | 21042    | 86007.66 | 6366.55 | 10048.46 | 23552.19  |
| 比重(%)                    | 69.16                | 1.31    | 4.23     | 17.28    | 1.28    | 2.01     | 4.73      |
| 变化幅度( $\text{hm}^2$ )    | 402                  | 400     | 9662.8   | 9267.73  | 2300    | 466.86   | -22499.40 |
| 比重变化量(%)                 | 0.12                 | 0.08    | 1.94     | 2.67     | 0.46    | 0.09     | -4.52     |
| 变化率(%)                   | 0.12                 | 6.54    | 84.92    | 12.08    | 56.56   | 4.87     | -48.86    |
| 动态度(%)                   | $0.7 \times 10^{-2}$ | 0.41    | 5.31     | 0.75     | 3.53    | 0.30     | -3.05     |

### 3.2 规划期内生态系统服务功能价值分析

#### 3.2.1 生态系统服务功能总价值变化预测

由公式(3),并根据许昌市 2006—2020 年土地利

用规划方案中规划基准年 2005 年、末年 2020 年各种土地利用生态系统的面积,分别计算出 2005 年、2020 年生态系统服务功能的总价值及其变化量,详见表 3。

表 3 许昌市 2005—2020 年生态系统服务功能总价值的变化(万元)

Table 3 Change of the total value of ecosystem service of Xuchang from 2005 to 2020

|            | 耕地        | 园地      | 林地       | 居住工矿      | 交通用地   | 水体       | 其他用地     | 总价值       |
|------------|-----------|---------|----------|-----------|--------|----------|----------|-----------|
| 2005 年 价值量 | 290591.08 | 8206.37 | 30582.42 | -66149.97 | 210.08 | 54177.77 | 2379.03  | 319996.78 |
| 比例(%)      | 90.81     | 2.56    | 9.56     | -20.67    | 0.07   | 16.93    | 0.74     | 100       |
| 2020 年 价值量 | 290930.76 | 8743.88 | 56551.89 | -74138.77 | 328.90 | 56817.56 | 1216.71  | 340450.92 |
| 比例(%)      | 85.45     | 2.57    | 16.61    | -21.78    | 0.10   | 16.69    | 0.36     | 100       |
| 面积变化量      | 339.68    | 537.51  | 25969.47 | -7988.8   | 118.82 | 2639.79  | -1162.32 | 20454.14  |

许昌市新的土地利用规划方案的实施将会使许昌市的生态系统服务功能总价值呈上升趋势,由 2005 年的 319996.78 万元增加到 2020 年的 340450.92 万元。生态系统服务总价值增加的原因一方面是单位面积服务功能价值较大的林地、水体面积的增加,另一方面则是其他用地等单位面积服务价值较小的用地类型面积的减少。2006—2020 年规划方案中土地利用结构的调整方向主要表现为其他用地向林地、园地、耕地的转变,农用地向建设用地的转变。其中林地、园地分别增加 9662.8 hm<sup>2</sup>、400 hm<sup>2</sup>;居民工矿用地、交通用地分别增加 9267.73 hm<sup>2</sup>、2300 hm<sup>2</sup>;建设项目的补偿、退耕还林还草以及其他用地的开发等保障了耕地稳步增长,土地的开发整理是其他用地减少的主要原因。

单位面积耕地的生态系统服务功能价值明显低于林地、园地的价值(表 1),但如果盲目地通过退耕还林、还草的措施增加整个区域生态系统服务功能的总价值就会忽视耕地本身的价值,如粮食生产作用等。由表 3 可见,耕地在生态系统服务功能总价值中的贡献率是最高的,2005 年为 90.81%,2020 年为 85.45%;许昌在河南省乃至全国都是粮食生产的主要基地,而且根据谢高地的关于中国不同省份农田生态系统生物量因子的排名情况来看,许昌市单位面积耕地的其他生态系统服务价值在全国范围也处于领先水平。在许昌市 2006—2020 年土地利用规划方案中,明确体现了在提高单位面积生态

系统服务功能价值的目标下以土地适宜性为前提,通过切实保护好耕地资源、实施占用耕地补偿等措施保障耕地资源稳步增长,以更好地发挥耕地的经济价值和生态价值的理念,既保障了经济发展的需求,又使生态系统整体功能趋于良性好转。

#### 3.2.2 生态系统的各种服务功能价值及其贡献率的变化趋势

各种生态系统服务功能价值的计算公式为:

$$Y = \sum P_{ij} \times A_j \quad (4)$$

其中,  $Y$  为生态系统中第  $i$  种生态服务功能的价值,  $P_{ij}$  为单位面积的第  $j$  类生态系统第  $i$  种生态服务功能的价值量;  $A_j$  为第  $j$  类土地利用生态系统的面积。根据该公式,分别得到 2005 年、2020 年许昌市各种生态服务功能的价值和贡献率及其变化量。

如表 4 所示,该规划方案实施后,通过土地利用结构的调整,许昌市的生态服务功能中除了水源涵养功能减少外,其他各项服务功能均有所增加,其中影响较为显著的有气体调节、水源涵养、废物处理、食物生产、原材料生产等五项功能。由于单位面积林地、园地具有较高的气体调节和原材料生产功能,因此,林地、园地的增加必然增加许昌市生态系统气体调节和原材料生产功能。居住工矿用地具有较高的水源涵养(负面)功能价值,因此,城市建设用地的增加势必对许昌市生态系统服务功能的总价值起抵消作用。

表 4 许昌市 2005—2020 年各种生态服务功能的价值和贡献率及其变化量  
Table 4 change of each ecological services value of Xuchang from 2005 to 2020

|         | 2005 年   |        | 2020 年   |        | 变化        |          |
|---------|----------|--------|----------|--------|-----------|----------|
|         | 价值量(万元)  | 贡献率(%) | 价值量(万元)  | 贡献率(%) | 价值变化量(万元) | 贡献率变化(%) |
| 气体调节    | 26226.83 | 8.34   | 28503.69 | 8.83   | 2276.86   | 0.49     |
| 气候调节    | 42105.18 | 13.38  | 43912.95 | 13.61  | 1807.77   | 0.23     |
| 水源涵养    | 791.44   | 0.25   | -2480.25 | -0.77  | -3271.69  | -1.02    |
| 土壤形成与保护 | 67551.17 | 21.47  | 70083.76 | 21.72  | 2532.59   | 0.25     |
| 废物处理    | 80070.92 | 25.45  | 80481.54 | 24.94  | 410.62    | -0.51    |
| 生物多样性保护 | 39790.93 | 12.65  | 41221.99 | 12.78  | 1431.06   | 0.13     |
| 食物生产    | 42625.85 | 13.55  | 42720.54 | 13.24  | 94.69     | -0.31    |
| 原材料     | 8015.11  | 2.55   | 9693.65  | 3.00   | 1678.54   | 0.45     |
| 娱乐文化    | 7454.39  | 2.37   | 8502.90  | 2.64   | 1048.51   | 0.27     |

3.3 生态系统服务价值的空间分布预测

按照许昌市 2006—2020 年土地利用规划中土地利用变化情况,其可能引起的生态服务价值的变化按照各行政县市分析的结果如表 5 所示。

表 5 2005—2020 年土地利用变化引起的生态服务的变化(万元)

Table 5 Ecosystem service value change resulted from land use change in Xuchang from 2005 to 2020

| 行政单位 | 2005 年   | 2020 年    | 变化率(%) |
|------|----------|-----------|--------|
| 魏都区  | 1825.16  | 377.64    | -79.31 |
| 许昌县  | 62681.08 | 61148.49  | -2.45  |
| 长葛市  | 40348.17 | 43719.13  | 8.35   |
| 禹州市  | 92868.92 | 101756.19 | 9.57   |
| 鄢陵县  | 64920.13 | 72572.59  | 11.79  |
| 襄县   | 57353.31 | 54759.45  | -4.52  |

从表 5 的分析结果可以看出,2005—2020 年间生态系统服务功能提高幅度大于 10% 的只有鄢陵县,生态服务功能达到 11.79%,这与该地区通过发展花卉旅游,提高林地、园地面积有关;其次,生态系统服务功能提高幅度在 0~10% 的地区是禹州市和长葛市,分别是 9.57% 和 8.35%;生态系统服务功能下降的有襄县、许昌县和魏都区,其中,魏都区的生态服务功能下降幅度最大,下降了 79.31%。魏都区作为许昌市的经济、文化核心区域,生态服务功能的下降与该区域经济的快速发展以及城市化进程迅速加快有关,许昌县作为魏都区经济发展的外延

区,生态服务功能的下降也与经济和城市化有关;而襄县生态服务功能的下降则可能与经济发展迅速和本身脆弱的生态环境有关。

通过对该规划方案实施前后生态价值的估算、比较和分析,得出该方案能在经济发展的同时兼顾生态效益,合理可行,但要更多地提高生态效益仍要加大对林地、园地、耕地的面积,严格控制建设用地,减少土地资源浪费及闲置,充分发挥生态服务功能,提高生态价值。

4 小结

(1)本文在前人的研究基础上,估算了许昌市各种土地利用生态系统单位面积的服务价值系数表,并在此基础上对 2006—2020 年土地利用规划方案实施后可能产生的生态系统服务功能及其原因进行了分析。分析结果表明,新一轮土地利用规划方案的实施将使许昌市生态环境趋向良性发展。

(2)建设用地在新一轮土地利用规划中增幅较大,但由于严格执行耕地占补平衡、保护农用地以及农业结构内部调整等措施,许昌市生态系统服务总价值仍为上升趋势。

(3)通过调整土地利用结构,许昌市生态系统服务功能增加了 20457.91 万元;从生态服务功能类型看,增加最快的服务类型是气体调节功能,增加了 0.49%;下降幅度最大的是水源涵养功能,下降了 1.02%;从行政县市的生态服务功能看,增加幅度最大的是鄢陵县,生态服务功能增加了 11.79%;下降

幅度最大的是魏都区,下降了79.31%。

(4) 尽管生态服务价值作为衡量区域生态环境质量的综合性指标,在目前的规划环评中被广泛使用,但由于缺乏统一的核算参数以及难于精确计算等原因,如居住矿工用地和交通用地的系数至今尚未有统一的被广泛认可的评价方法,所以本文所确定的单位面积的服务价值系数具有一定的局限性。因此使用该方法的重点应该是研究区域规划基准年和目标年生态服务功能的相对变化及其原因,并以此作为评估土地利用规划方案的重要参考。

### 参考文献

- 蔡玉梅, 谢俊奇, 杜官印, 等. 2005. 规划导向的土地利用规划环境影响评价方法[J]. *中国土地科学*, 19(2): 3-8.
- 蔡玉梅, 郑伟元, 张晓玲, 等. 2003. 土地利用规划环境影响评价[J]. *地理科学进展*, 22(6): 567-575.
- 段瑞娟, 郝晋珉, 王 静. 2005. 土地利用结构与生态系统服务功能价值变化研究——以山西省大同市为例[J]. *生态经济*, (3): 60-62 + 64.
- 马雪梅, 李希峰. 2009. 陕西省土地利用动态变化分析[J]. *聊城大学学报(自然科学版)*, 22(2): 55-58.
- 冉圣宏, 吕昌河, 贾克敬. 2006. 基于生态服务价值的全国土地利用变化环境影响评价[J]. *环境科学*, 27(10): 2139-2144.
- 唐 弢, 朱 坦, 徐 鹤, 等. 2007. 基于生态系统服务功能价值评估的土地利用总体规划环境影响评价研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 17(3): 45-49.
- 王 娟, 崔保山, 卢 远. 2007. 基于生态系统服务价值核算的土地利用规划战略环境影响评价[J]. *地理科学*, 27(4): 549-554.
- 吴克宁, 赵 珂, 赵举水, 等. 2008. 基于生态系统服务功能价值理论的土地利用规划环境影响评价——以安阳市为例[J]. *中国土地科学*, 22(2): 23-28.
- 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 2003. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. *自然资源学报*, 18(2): 189-195.
- 谢高地, 肖 玉, 甄 霖, 等. 2005. 我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. *中国生态农业学报*, 13(3): 10-13.
- 周永红, 钟 飞, 赵言文. 2010. 生态服务价值法在土地利用总体规划环评中的应用[J]. *江苏农业科学*, (1): 348-351.
- Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 387: 253-260.