

# 北京市平原造林生态系统服务价值评估

唐秀美<sup>1,2,3</sup> 潘瑜春<sup>1,2,3,†</sup> 高秉博<sup>1,2,3</sup> 郜允兵<sup>1,2,3</sup>

1. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097;  
3. 农业部农业信息技术重点实验室, 北京 100097; † 通信作者, E-mail: panyu@nercita.org.cn

**摘要** 结合北京市平原造林相关数据, 运用生态经济学原理和方法, 采用影子工程法、机会成本法和替代成本法等方法, 对北京市 100 万亩的平原造林生态系统服务价值进行评估。结果表明, 北京市平原造林生态系统服务的价值为 325.89 亿元, 各生态服务功能的重要性由大到小依次为调节气候功能、净化空气功能、固碳释氧功能、降低噪声功能、固土保肥功能、涵养水源功能。研究结果为进一步推动北京市平原造林工程建设、制定生态补偿政策及确定生态补偿标准提供了参考。

**关键词** 平原造林; 生态系统服务价值; 评估; 北京

**中图分类号** P964

## Evaluation of Ecosystem Service Value of Plain Afforestation in Beijing

TANG Xiumei<sup>1,2,3</sup>, PAN Yuchun<sup>1,2,3,†</sup>, GAO Bingbo<sup>1,2,3</sup>, GAO Yunbing<sup>1,2,3</sup>

1. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097; 2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097; 3. Key Laboratory of Agri-informatics, Ministry of Agriculture, Beijing 100097; † Corresponding author, E-mail: panyu@nercita.org.cn

**Abstract** Based on research progress on economic value of ecosystem services, taking the plain afforestation data in Beijing as the study area, this paper explores the ecosystem service value evaluation of the  $6.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$  plain afforestation area. Shadow engineering method, opportunity cost method and opportunity cost method are used. The results show that, the total plain afforestation ecosystem service value is about  $325.89 \times 10^8 \text{ Yuan}$ . The importance of each ecological service function, in descending order: climate regulation function, air purification function, function of fixing carbon and releasing oxygen, solid soil fertilizer function, reduce the noise function, the function of water conservation. The results provide reference for further promoting the Beijing plain afforestation project construction and the ecological compensation policy and determine the ecological compensation standard.

**Key words** plain afforestation; ecosystem service value; evaluation; Beijing

为推进首都生态文明建设, 加快转变经济发展方式, 推动经济与人口资源环境协调发展, 2012 年初, 北京市委市政府提出要在城市人口密集、污染相对突出的平原地区新增造林面积 100 万亩<sup>[1]</sup>, 这是对北京生态建设、城市发展的战略性思考后确定的战略性生态工程。推进平原地区造林工程是推动首都生态文明和中国特色世界城市建设的战略举

措, 是提升城市宜居环境和广大市民生活品质的现实需要, 是落实北京城市总体规划、土地利用总体规划 and “十二五”规划纲要的具体行动<sup>[2-3]</sup>。截止到 2014 年底, 北京市平原造林工程基本完成。

生态系统服务功能指自然生态系统及其物种所提供的、能满足和维持人类生活所需要的条件和过程<sup>[4]</sup>。森林生态系统服务价值研究是生态系统服务

价值评估的重要部分。国外森林生态系统服务价值评估工作开展较早,从 20 世纪 50 年代起,苏联、美国、德国、捷克等国家先后进行相关的研究,并在森林规划及经营中加以应用<sup>[5]</sup>。国内这方面研究开展较晚,20 世纪 80 年代末才开始起步。1990 年,中国林学会召开“森林综合效益计量评价学术研讨会”,后续有学者对不同尺度、不同区域的森林生态系统服务价值进行研究<sup>[6-10]</sup>。2010 年,《中国森林生态系统服务功能评估》项目组对中国的森林生态系统服务功能进行了评估,该研究是对我国森林生态系统服务功能的全面评估<sup>[11]</sup>。

北京市平原造林工程的实施已取得明显成效,譬如森林覆盖率提高、土壤侵蚀减少、外出打工人数增加以及农民收入增加等。平原造林效益是生态、经济和社会效益的综合,从平原造林工程的定义和实施目的出发,生态效益是国家平原造林工程的首要追求目标,所以生态效益评价是平原造林工程综合评价的基础和重要组成部分。目前,还未见对北京市平原造林后的生态效益评估的报道。生态造林是否达到预期效果,巨额投入是否得到回报,要回答这些问题,就需要对造林效益进行系统的评价。基于此,本研究以生态系统服务功能理论为指导,对北京市百万亩平原造林的生态服务价值进行评估,以期科学地评价造林工程的生态效益,合理评估北京平原造林的生态系统服务功能及价值,推动公益生态造林工程的可持续发展。

## 1 北京平原造林概况

北京市位于华北平原西北隅,北纬 39°38′—41°51′,东经 115°25′—117°30′,东西宽约 160 km,南北长约 170 km,东南距渤海约 150 km。北京平原造林工程始于 2012 年,按照北京城市总体规划、土地利用总体规划和绿地系统规划中确定的“两环、五水、九楔”平原地区生态空间结构要求,平原造林工程空间布局确定为“两环、三带、九楔、多廊”。

## 2 研究方法

本研究主要采用基于成本估价方法中的影子工程法、机会成本法和替代成本法等方法,对北京市平原造林的生态系统服务价值进行评价。选择的评价指标有调节气候、涵养水源、固土保肥、固碳释氧、净化空气、降低噪声 6 个方面。

### 2.1 调节气候价值

林地改善小气候效应最明显的是在降温和增湿两方面。国内外研究表明,绿化能使局地气温降低 3~5℃,最大可降低 12℃,相对湿度增加 3%~12%,最大可增加 33%<sup>[12]</sup>。调节气候价值采用替代成本法(即减少空调的耗电费用)来衡量。

$$E_{\text{气}} = A m n t s u, \quad (1)$$

$E_{\text{气}}$ 为林地气候调节价值(元), $A$ 为林地面积( $\text{hm}^2$ ), $m$ 为每公顷林地上树木株数(株/ $\text{hm}^2$ ), $n$ 为一棵树相当于空调的数量(台/株), $t$ 为一台空调一天的工作时间(h/d), $s$ 为一台空调每年的工作天数(d/a), $u$ 为空调每小时的耗电量(元/(h·台))。

### 2.2 涵养水源价值

森林涵养水源功能主要指森林对降水的截留、吸收和贮存,将地表水转换为地表径流或地下水的的作用。根据水量平衡评估林地、水域涵养水量。涵养水源价值为年涵养水量乘以水价,水价可用影子工程价格替代。

#### 2.2.1 涵养水源量

以森林区域水量平衡法计算森林涵养水源量。

$$W_{\text{水}} = (P - E) A = t A, \quad (2)$$

$W_{\text{水}}$ 为涵养水源量(t), $P$ 平均降水量(mm/a), $E$ 为平均蒸散量(mm/a), $A$ 为林地面积( $\text{hm}^2$ ), $t$ 为当地径流系数。

#### 2.2.2 涵养水源价值

森林涵养水源的价值根据水库工程的蓄水成本(替代工程法)确定。

$$E_{\text{涵}} = W_{\text{水}} C_{\text{库}}, \quad (3)$$

$E_{\text{涵}}$ 为林地涵养水源的价值(元), $W_{\text{水}}$ 为涵养水源量(t/a), $C_{\text{库}}$ 为水库造价(元/t)。

### 2.3 固土保肥价值

森林凭借庞大的树冠、深厚的枯枝落叶及强壮且成网络的根系截留大气降水,减少或降低降雨对土壤的冲击,可以有效地保护土体,降低土壤流失量。森林固土保肥价值主要体现在减少土壤侵蚀、保持土壤肥力和减少河流湖泊泥沙淤积三方面<sup>[13]</sup>。本研究采用替代市场法和影子工程法计算森林减少这三方面损失的价值。

#### 2.3.1 土壤侵蚀总量

根据有林地与无林地侵蚀模数量之差,计算森林减少土壤侵蚀总量,计算公式为

$$W_{\pm} = A (P - Q) D, \quad (4)$$

$W_{\pm}$ 为林地减少土壤侵蚀总量(t), $A$ 为林地面积

( $\text{hm}^2$ ),  $P$  为无林地侵蚀模数( $\text{m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$ ),  $Q$  为有林地侵蚀模数( $\text{m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$ ),  $D$  为土壤容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

将由式(2)计算出的林地减少土壤侵蚀总量与土壤容重的乘积除以土地耕作层的平均厚度, 即得林地减少土地资源损失面积  $WA$ :

$$WA = W_{\pm} / L, \quad (5)$$

$WA$  为减少土地资源损失面积( $\text{hm}^2$ ),  $W_{\pm}$  为林地减少土壤侵蚀总量( $\text{t}$ ),  $L$  为土地耕作层的平均厚度( $\text{m}$ )。以林业生产用地年平均收益作为林地减少废弃土地的机会成本, 计算林地减少土壤侵蚀总量的价值。

### 2.3.2 固土保肥价值

森林保持土壤肥力价值可以用具有同等肥力的化肥市场价值表示, 即减少土壤肥力流失的价值等于同等肥力化肥的价格, 计算公式为

$$E_{\text{肥}} = \sum (R_j / A_j) C_j W_{\pm}, \quad (6)$$

$E_{\text{肥}}$  为林地保持土壤肥力的价值(元),  $R_j$  为单位侵蚀物中第  $j$  种养分元素的含量( $\text{g}/\text{kg}$ ),  $A_j$  为第  $j$  种养分元素在标准化肥中的含量( $\text{g}/\text{kg}$ ),  $C_j$  为第  $j$  种标准化肥的价格(元/ $\text{t}$ ),  $W_{\pm}$  为林地减少的土壤侵蚀总量( $\text{t}$ )。

### 2.3.3 减少河流湖泊泥沙淤积价值

得到林地减少土壤侵蚀总量后, 采用影子工程法计算减少河流湖泊泥沙淤积的价值<sup>[14]</sup>。

## 2.4 固碳释氧价值

森林与大气的物质交换主要是  $\text{CO}_2$  与  $\text{O}_2$  的交互, 即森林固定并减少大气中的  $\text{CO}_2$  并增加大气中的  $\text{O}_2$ , 这对于减少温室效应以及为人类提供生产的基础都有巨大和不可替代的作用。本研究运用造林成本法计算林地的固碳释氧价值。

$$E_{\text{固}} = Q_{\text{碳}} C + Q_{\text{氧}} C, \quad (7)$$

$E_{\text{固}}$  为林地固定  $\text{CO}_2$  和释放  $\text{O}_2$  的价值(元),  $Q$  为林地固定  $\text{CO}_2$  或释放  $\text{O}_2$  的量( $\text{kg}$ ),  $C$  为造林成本(元/ $\text{hm}^2$ )。

## 2.5 净化空气价值

森林净化的主要空气污染物是  $\text{SO}_2$ 、粉尘、病菌和噪声等, 这些有害气体在空气中的过量积聚会导致人体呼吸系统疾病, 森林能有效地吸收这些有害气体并阻滞粉尘, 还能释放  $\text{O}_2$ , 起到净化大气的作用, 采用影子价格法计算森林净化空气价值:

$$E_{\text{净}} = \sum_{i=1}^n V_i (Q_1 A_1 + Q_2 A_2), \quad (8)$$

$E_{\text{净}}$  为林地净化空气的价值(元),  $i$  为各种环境污染的治理费用(元/ $\text{t}$ ),  $V_i$  为净化空气的影子价格(元/ $\text{t}$ ),  $Q_1$

为阔叶林对环境污染物的吸收能力( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ),  $Q_2$  为针叶林对环境污染物的吸收能力( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ),  $A_1$  和  $A_2$  分别为阔叶林和针叶林的面积( $\text{hm}^2$ )。

## 2.6 降低噪声价值

树木和草坪有很大的隔声和吸声作用, 公园绿地能将噪声发源地间隔开来。研究证明, 一般林带可减少噪声 7 dB; 高大稠密的宽林带可降低噪音 5~8 dB, 甚至 10 dB; 乔木、灌木、草地相结合的绿地, 平均可以降低噪音 5 dB, 高者可降低 2~8 dB; 密植的灌木和乔木, 可以降低噪声响度的 1/3。目前对森林生态系统降低噪声价值的估算方法是以造林成本的 15% 计<sup>[15]</sup>。

$$E_{\text{噪}} = 15\% CA, \quad (9)$$

$E_{\text{噪}}$  为林地降低噪声价值(元),  $C$  为造林成本(元/ $\text{hm}^2$ ),  $A$  为林地面积( $\text{hm}^2$ )。

## 2.7 总价值计算

林地生态系统服务的总价值为

$$E = \sum_{i=1}^n V_i, \quad (10)$$

$E$  为林地总生态系统服务价值(元),  $V_i$  为林地生态系统第  $i$  项生态系统服务功能的价值。

# 3 北京平原造林生态服务价值计算

## 3.1 调节气候价值

北京市平原造林工程总面积为 100 万亩( $6.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ); 每公顷林地平均株数取值为  $100^{[15]}$ ; 一株大树蒸发一昼夜的调温效果为 1046 kJ, 相当于 10 台空调工作 20 小时<sup>[15]</sup>, 由于北京平原造林区域多为新栽培树木, 结合以往研究结论<sup>[13]</sup>, 本研究将  $n$  取值为 5 台,  $t$  取值为 20 小时; 一台空调每年工作 60 天, 空调每小时耗电取值为 0.3 元/(h·台)。

据式(1)计算调节气候价值:

$$E_{\text{气}} = 6.67 \times 10^4 \text{ hm}^2 \times 100 \text{ 株}/\text{hm}^2 \times 5 \text{ 台}/\text{株} \times 20 \text{ h}/\text{d} \times 60 \text{ h}/\text{d} \times 0.3 \text{ 元}/(\text{h} \cdot \text{台}) = 120.06 \times 10^8 \text{ 元}/\text{a}。$$

## 3.2 涵养水源价值

北京市年平均降水量为 626 mm, 径流系数取值为 0.5<sup>[16]</sup>, 据式(2)计算涵养水源量:

$$W_{\text{水}} = 0.50 \times 6.67 \times 10^4 \text{ hm}^2 \times 626 \text{ mm} = 0.21 \times 10^8 \text{ t}/\text{a}。$$

水库工程的造价采用替代工程法确定。根据中国水利年鉴的水库库容造价数据, 结合历年价格指数<sup>[11]</sup>, 确定 2012 年的北京市水库库容造价为 6.15 元/ $\text{m}^3$ , 采用式(3)计算涵养水源价值:

$$E_{\text{水}} = 0.21 \times 10^8 \text{ t} \times 6.15 \text{ 元}/\text{m}^3 = 1.29 \times 10^8 \text{ 元}/\text{a}。$$

### 3.3 固土保肥价值

根据我国土壤侵蚀的研究成果,无林地土壤中程度的侵蚀深度为 15~35 mm/年,侵蚀模数的下限为  $150 \text{ m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$ 、高限为  $350 \text{ m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$ ,取其平均值  $250 \text{ m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$ ,估算无林地土壤的侵蚀总量,北京土地耕作层的平均厚度取值 0.5 m,土壤容重取值为  $1.32 \text{ g/cm}^3$  [16],据式(4)计算减少土壤侵蚀的总量:

$$W_{\pm} = 6.67 \times 10^4 \text{ hm}^2 \times 250 \text{ m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{a}) \times 13.2 \text{ g/cm}^3 = 2.20 \times 10^8 \text{ t/a}。$$

据式(5)计算减少土地资源损失的面积:

$$WA = W_{\pm} / 0.50 \text{ m} = 4.4 \times 10^4 \text{ hm}^2/\text{a}。$$

结合已有研究,林业生产用地的年平均收益取值为  $1000 \text{ 元/hm}^2$  [17],据此计算林地减少土壤侵蚀总量的价值:

$$E_{\text{林}} = 4.4 \times 10^4 \text{ hm}^2/\text{a} \times 1000 \text{ 元/hm}^2 = 0.44 \times 10^8 \text{ 元/a}。$$

结合以往研究,确定土壤中有有机质、氮、磷、钾含量为有机质  $7.32 \text{ g/kg}$ ,全氮  $0.72 \text{ g/kg}$ ,全磷  $0.86 \text{ g/kg}$ ,全钾  $0.6 \text{ g/kg}$  [13],则可计算减少有机质、氮、磷和钾的量分别为  $1.61 \times 10^6$ ,  $0.16 \times 10^6$ ,  $0.19 \times 10^6$  和  $0.13 \times 10^6 \text{ t/a}$ 。2012 年全国化肥的平均价格取值为  $2412 \text{ 元/t}$ ,据此计算林地保持肥力的价值:

$$E_{\text{肥}} = 2.41 \times 10^3 \text{ 元/t} \times (0.16 \times 10^6 \text{ t/a} + 0.19 \times 10^6 \text{ t/a} + 0.13 \times 10^6 \text{ t/a}) = 11.6 \times 10^8 \text{ 元/a}。$$

减少有机质损失的价值采用林地可增加的薪柴的费用确定,根据薪柴转化成有机质的比例为 2:1,薪柴的评价价格取值为  $211 \text{ 元/t}$ ,确定土壤有机质保肥价值:

$$E_{\text{有}} = 1.61 \times 10^6 \text{ t/a} \times 0.5 \times 211 \text{ 元/t} = 1.7 \times 10^8 \text{ 元/a}。$$

按照我国主要流域的泥沙运动规律,一般土壤侵蚀流失的泥沙有 24% 淤积于水库、江河、湖泊,这部分泥沙直接造成水库、江河、湖泊蓄水量的下降,在一定程度上增加了干旱、洪涝灾害发生的机会,另有 33% 滞留,37% 入海 [15]。本文仅考虑淤积于水库、江河湖泊的 24%,即每年减少泥沙淤积的经济价值。按照采用影子工程法计算减少河流湖泊泥沙淤积的价值,水库库容造价为  $6.15 \text{ 元/t}$ ,计算林地减少河流湖泊泥沙淤积的价值:

$$E_{\text{淤}} = 2.20 \times 10^8 \text{ t/a} \times 24\% \times 6.15 \text{ 元} = 3.24 \times 10^8 \text{ 元/a}。$$

林地固土保肥的总价值为  $16.98 \times 10^8 \text{ 元/a}。$

### 3.4 固碳释氧价值

每公顷阔叶林每天吸收  $1000 \text{ kg CO}_2$ ,释放  $730 \text{ kg O}_2$ 。采用我国平均造林成本价格进行评价,即

碳  $273.3 \text{ 元/t}$ ,氧  $369.7 \text{ 元/t}$  [18],考虑到北京平原造林区域的树种有常绿乔木、落叶乔木、亚乔木等类型,生长期不同,故乘以 0.5 的系数。根据式(7)计算固碳释氧价值:

$$\begin{aligned} E_{\text{固}} &= 6.67 \times 10^4 \text{ hm}^2 \times 1 \text{ t} \times 273.3 \text{ 元/t} \times 365 \times 0.5 + \\ &\quad 6.67 \times 10^4 \text{ hm}^2 \times 0.73 \text{ t} \times 369.7 \text{ 元/t} \times 365 \times 0.5 \\ &= 66.10 \times 10^8 \text{ 元/a}。 \end{aligned}$$

### 3.5 净化空气价值

根据相关研究,针叶林对  $\text{SO}_2$  的吸收能力为  $215.6 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ,阔叶林为  $144 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ,林地的平均吸纳能力为  $179.8 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$  [19],以此计算北京平原造林生态系统可削减  $\text{SO}_2$  的量为  $1199.27 \times 10^4 \text{ t/a}$ ,每削减  $100 \text{ t SO}_2$  的投资为 5 万元,运行费用为  $1 \text{ 万元}/(\text{t} \cdot \text{年})$ ,据式(8)可计算得到林地生态系统吸收  $\text{SO}_2$  的价值为  $71.96 \times 10^8 \text{ 元/a}。$

汽车尾气脱氮治理的代价是每吨约 1.76 万元,一公顷林地一年可以吸收氮氧化物  $380 \text{ kg}$ ,据此计算现有林地吸收氮氧化物的功能价值为  $4.5 \times 10^8 \text{ 元/a}。$

据测定,一般针叶林的滞尘能力为  $10.11 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ,阔叶林为  $21.66 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ,平均为  $15.86 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$  [20],我国削减粉尘的平均单位治理成本为  $560 \text{ 元/t}$  [13],则林地生态系统阻滞降尘的价值为  $5.92 \times 10^4 \text{ 元/a}。$

林地净化空气的总价值为  $76.46 \times 10^8 \text{ 元/a}。$

### 3.6 降低噪声价值

根据北京市政府公布的数据,北京市平原造林的平均造林成本为  $45 \times 10^4 \text{ 元/hm}^2$ ,由式(9)计算生态系统服务降低噪声的价值:

$$\begin{aligned} E_{\text{噪}} &= 45 \times 10^4 \text{ 元/hm}^2 \times 6.67 \times 10^4 \text{ hm}^2 \times 15\% \\ &= 45 \times 10^8 \text{ 元/a}。 \end{aligned}$$

### 3.7 生态系统生态服务功能总价值

在对生态功能的类型分别进行计算的基础上,根据式(10),统计北京市平原造林的生态系统服务总价值,如表 1 所示,北京市平原造林的生态系统服务功能总的经济价值为 325.89 亿元,说明北京市平原造林的生态系统的生态服务功能具有巨大的生态经济效益。

在北京市 2012 年平原造林生态系统服务功能总价值构成中,调节气候功能的经济价值为 120.06 亿元,占平原造林生态系统服务功能总价值的 36.84%;净化空气价值为 76.46 亿元,占总价值的

表 1 北京市平原造林生态系统生态服务功能总价值  
Table 1 Ecological ecosystem services value of plain afforestation in Beijing

功能类型	价值量/10 <sup>8</sup> 元	比例/%
调节气候	120.06	36.84
涵养水源	1.29	0.40
固土保肥	16.98	5.21
固碳释氧	66.10	20.28
净化空气	76.46	23.46
降低噪声	45.00	13.81
合计	325.89	100

23.46%; 固碳释氧价值为 66.10 亿元, 占总价值的 20.03%; 降低噪声价值为 45 亿元, 占总价值的 13.81%; 固土保肥价值为 16.98 亿元, 占总价值的 5.21%; 涵养水源价值为 1.29 亿元, 占总价值的 0.40%。以生态系统服务各项功能的价值大小为依据, 平原造林生态系统的各生态服务功能的重要性由大到小依次为: 调节气候功能、净化空气功能、固碳释氧功能、降低噪声功能、固土保肥功能、涵养水源功能。

#### 4 结论与讨论

北京平原造林增绿工程是一项对北京市未来发展影响深远的战略性生态工程, 其建设和维护成本巨大, 合理评估其生态效益对于进一步推动北京平原造林工程的推进有重要参考价值。本文采用自然生态系统服务功能的评价方法, 对北京市平原造林生态系统服务功能的价值进行评估。结果表明, 北京市平原造林生态系统服务的价值为 325.89 亿元; 在北京市平原造林生态系统服务价值组成中, 调节气候功能、净化空气功能, 固碳释氧功能、降低噪声功能的价值及比例较大, 说明北京市平原造林工程对于改善和维持区域生态环境、提高生态水平以及维持当地可持续发展具有重要意义。同时, 研究结果可以为将来生态补偿政策的制定及确定生态补偿标准提供参考。

本研究仅对北京市平原造林生态系统服务的价值进行了初步评价, 受数据及研究方法的限制, 尚有其他价值(如休闲游憩、提供就业等价值)未进行计算。将来需要对林地生态系统服务功能进行进一步细分及计算, 同时, 生态系统整体功能价值的组合计算也是将来研究的重点。

#### 参考文献

- [1] 董瑞龙. 北京园林绿化发展战略. 北京: 中国林业出版社, 2011
- [2] 王成. 城市森林与居民的健康福祉//关注森林活动组委会. 中国城市森林论坛会刊. 长沙, 2006: 70-79
- [3] 彭镇华, 王成. 北京林业发展战略研究与规划. 中国城市林业, 2006, 4(1): 22-25
- [4] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613
- [5] 米锋, 李吉跃, 杨家伟. 森林生态效益评价的研究进展. 北京林业大学学报, 2003, 25(6): 77-83
- [6] 蒋延玲, 周广胜. 中国主要森林生态系统公益的评估. 植物生态学报, 1999, 23(5): 426-432
- [7] 周冰冰, 李忠魁. 北京市森林资源价值. 北京: 中国林业出版社, 2000
- [8] 米峰, 李吉跃, 杨家伟. 森林生态效益评价的研究进展. 北京林业大学学报, 2003, 25(6): 77-83
- [9] 陈江生, 王斌, 王彩荣, 等. 天津市森林资源生态服务价值评估. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(10): 123-127
- [10] 余新晓, 秦永胜, 陈丽华, 等. 北京山地森林生态系统服务功能及其价值初步研究. 生态学报, 2002, 22(5): 783-786
- [11] 中国森林生态系统服务评估项目组. 中国森林生态系统服务评估. 北京: 中国林业出版社, 2010
- [12] 杨士弘. 城市生态环境学. 北京: 科学出版社, 2003
- [13] 田石磊, 廖超英, 王小翠. 蓝田县森林生态系统服务价值的评价. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009, 37(5): 133-138
- [14] 康文星. 森林生态系统服务功能价值评估方法研究综述. 中南林学院学报, 2005, 25(6): 128-145
- [15] 彭建, 王仰麟, 陈燕飞. 城市生态系统服务功能价值评估初探: 以深圳市为例. 北京大学学报: 自然科学版, 2005, 41(4): 594-604
- [16] 邹明珠, 王艳春, 刘燕. 北京城市绿地土壤研究现状及问题. 中国土壤与肥料, 2012(3): 1-6
- [17] 郑云玉. 北京市林农林改模式选择及林业收入影响因素分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2011: 24-25
- [18] 王景升, 李文华, 任青山, 等. 西藏森林生态系统服务价值. 自然资源学报, 2007, 95(22): 821-841
- [19] 中国生物多样性国情研究报告编写组. 中国生物多样性国情研究报告. 北京: 中国环境科学出版社, 1998
- [20] 李金昌. 生态价值论. 重庆: 重庆大学出版社, 1999