

# 乌鲁木齐市森林生态系统生态资产定量研究

于谦龙 (石河子大学商学院, 新疆五家渠 831300)

**摘要** 通过评估与核算乌鲁木齐市森林生态系统的生态资产, 构建城市森林生态系统的生态资产评估体系。结果表明, 乌鲁木齐市森林生态系统生态资产为  $24.6889 \times 10^8$  元(不包括森林的游憩类价值), 乌鲁木齐市生态系统的综合游憩类生态资产总价值为  $58.7 \times 10^8$  元。

**关键词** 乌鲁木齐; 城市森林生态系统; 生态资产

中图分类号 S11 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)22-06710-03

## Quantitative Study of Ecological Assets of Urban Forest Ecosystem in Urumqi

YU Qianlong (Business School, Shihezi University, Wujiaqu, Xinjiang 831300)

**Abstract** The appraisal system of the urban forest ecosystem ecology assets was constructed by evaluation and accounting of the urban forest ecosystem ecology assets in Urumqi. The results showed that the urban forest ecosystem ecology assets was  $24.6889 \times 10^8$  RMB in Urumqi (not including forest amusement and rest value). Moreover, the total value of comprehensive amusement and rest ecology assets of urban ecosystem was  $58.7 \times 10^8$  RMB in Urumqi.

**Key words** Urumqi; Urban forest ecosystem; Ecological assets

### 1 城市森林生态系统生态资产的内涵及其定量研究意义

城市森林生态系统对城市居民生活有多种直接贡献和间接贡献。这种直接贡献可以通过正常的市场交易来直接衡量, 所以该直接贡献不记入生态资产; 这种间接贡献一般称为间接生态服务价值, 将间接生态服务价值计入国民经济体系的账户就转化为生态资产。生态系统提供的间接贡献主要表现为涵养水源、生物多样性维持、环境净化、保护土壤、大气调节、游憩等价值。随着城市的快速发展, 大量的城市森林生态用地不断转换为城镇建设用地, 森林生态资产不断流失。为更好地促进城市的可持续发展, 迫切需要探索城市森林生态资产的评估与核算体系, 建立一套城市森林生态资产的系统化、科学化的定量指标体系, 实现城市森林生态资产的保值和增值。

### 2 乌鲁木齐市森林生态系统生态资产的指标构建及核算

#### 2.1 乌鲁木齐市森林生态系统生态资产核算指标的确定

在过去几十年中, 国内外城市森林生态资产的估算研究工作已经取得了一定的进展, 但是总的说来, 对城市森林生态资产评估与核算还存在许多科学难题。一是对城市森林生态资产的研究较少, 具有特殊意义的生态过程和功能研究不够深入; 二是过多依赖于经济学评估理论和方法, 缺乏对生态系统自身规律的分析; 三是对城市森林生态资产核算的具体标准、范围不统一, 统计数据基础尚不具备等。这也是城市森林生态资产从理论走向实践面临的最大挑战。

在对国内外有关城市森林生态资产理论总结的基础上, 基于乌鲁木齐市现有的统计资料, 笔者提出了乌鲁木齐市森林生态资产的核算模式。乌鲁木齐市森林生态资产的评估指标体系包括涵养水源类资产、生物多样性维持类资产、净化空气类资产、保护土壤类资产、大气调节类资产; 另外, 城市森林生态系统还有游憩类资产。由于城市生态系统的游憩类生态资产是由城市湿地、森林、草地、农作物等共同或相互作用带来的, 而且它们所产生的游憩类资产没有明确的界线。所以, 把城市湿地、森林、草地、郊区农作物所产生

的游憩类资产等合并为城市生态系统的综合游憩类生态资产研究。

城市生态系统的综合游憩类生态资产 = 游憩的交通费 + 游憩的住宿费 + 游憩的饮食费 + 门票费 + 其他费用 (1)

在现有的统计资料 and 人力、物力、财力条件下, 要想精确的计算出城市每一处收费或是不收费景观的游憩价值是不现实的, 所以在里以城市生态系统的综合游憩类生态资产近似等于该城市旅游业收入。实际上, 由于不是每一处景观都收费和景观的最大游憩潜力没有完全发挥等原因, 城市生态系统的综合游憩类生态资产要大于该城市旅游业收入。据《2005 乌鲁木齐市统计年鉴》<sup>[1]</sup>, 2004 年乌鲁木齐市旅游业总收入  $58.7 \times 10^8$  元, 乌鲁木齐市生态系统的综合游憩类生态资产 ( $V_Q$ ) 为  $58.7 \times 10^8$  元。

**2.2 乌鲁木齐市森林生态系统生态资产核算** 2004 年, 乌鲁木齐市现有林地面积  $3.56 \times 10^4 \text{ hm}^2$ <sup>[1-2]</sup>。乌鲁木齐市森林生态系统, 主要包括针叶林、阔叶林、针阔混交林、灌木林、疏林如小面积树林、狭长林带、独立树丛、行道树、灌木林、竹林等)、经济林(包括果园)。

**2.2.1 涵养水源类生态资产。**由于乌鲁木齐市对森林的蒸散量缺乏系统、全面的观测, 故可借鉴国内外研究成果予以弥补。根据侯元兆总结国内外的研究成果<sup>[3]</sup>, 确定中国森林区域的年蒸散量约占年总降水量的 70%, 森林区域年总降水量减去 70% 的年蒸散量后剩下的即是森林年涵养水源总量(不考虑超渗径流)<sup>[4]</sup>。森林涵养水源的价值的核算方法见公式(2):

$$V_F = P \times S \times C \times 30\% \quad (2)$$

式中,  $V_F$  为森林涵养水源的价值;  $P$  为森林区域的年降水量;  $S$  为森林面积;  $C$  为水库蓄水成本, 为 0.67 元/ $\text{m}^3$ 。

据 1988~1991 年全国水库建设投资测算, 以每年新增投资量除以每年新增库容量, 计算出每建设  $1 \text{ m}^3$  库容所需年投入成本费 0.67 元<sup>[5]</sup>(1990 年不变价)。根据《2005 乌鲁木齐市统计年鉴》<sup>[1]</sup>, 2004 年乌鲁木齐市年平均降水量为 314.2 mm, 林地面积为  $3.56 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 得  $V_F$  为  $2.248 \times 10^7$  元。

**2.2.2 生物多样性维持类生态资产。**北京林业大学张颖采用直接市场评价法, 把西北地区的森林生物多样性价值评估为 2.98 万元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )<sup>[6]</sup>, 乌鲁木齐市森林生物多样性价值

确定为2.98 万元/(hm<sup>2</sup>·a)。乌鲁木齐市生物多样性维持类生态资产的核算方法见公式(3)：

$$V_B = 2.98 S \quad (3)$$

式中,  $V_B$  为生物多样性维持类生态资产;  $S$  为森林面积。

根据《2005 年乌鲁木齐市统计年鉴》<sup>[1]</sup>, 2004 年乌鲁木齐市林地面积  $3.56 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>, 得  $V_B$  为  $1.061 \times 10^9$  元。

### 2.2.3 净化空气类生态资产。

**2.2.3.1 吸收 SO<sub>2</sub>。**根据《中国生物多样性国情研究报告》<sup>[7]</sup>, 阔叶林对 SO<sub>2</sub> 的吸收能力值为 88.65 kg/(hm<sup>2</sup>·a)。针叶林平均吸收能力值为 215.60 kg/(hm<sup>2</sup>·a), 每削减 1 t SO<sub>2</sub> 的投资成本为 600 元。利用影子工程法, 用工业消减 SO<sub>2</sub> 的单位成本乘以 SO<sub>2</sub> 的吸收量即可得森林吸收 SO<sub>2</sub> 的价值。

森林吸收 SO<sub>2</sub> 的价值的核算方法见公式(4)：

$$V_S = P \times A \times C_S \quad (4)$$

式中,  $V_S$  为森林吸收 SO<sub>2</sub> 的价值;  $P$  为森林对 SO<sub>2</sub> 的吸收能力;  $A$  为森林的面积;  $C_S$  为削减单位 SO<sub>2</sub> 的工程费用(600 元/t)。

由于乌鲁木齐市无有关阔叶林面积和针叶林面积的确切统计数据, 所以乌鲁木齐森林对 SO<sub>2</sub> 的吸收能力取阔叶林对 SO<sub>2</sub> 的吸收能力值 88.65 kg/(hm<sup>2</sup>·a)。根据《2005 年乌鲁木齐市统计年鉴》<sup>[1]</sup>, 2004 年乌鲁木齐市林地面积  $3.56 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>, 则  $V_S$  为  $1.89 \times 10^6$  元。

**2.2.3.2 阻滞粉尘。**根据《中国生物多样性国情研究报告》, 我国森林的滞尘能力阔叶林为 10.11 t/(hm<sup>2</sup>·a), 针叶林为 33.2 t/(hm<sup>2</sup>·a)<sup>[7]</sup>。采用替代花费法, 以消减粉尘的成本来估算森林的滞尘功能价值。森林滞尘功能价值的核算方法见公式(5)：

$$V_D = Q_D \times S \times C_D \quad (5)$$

式中,  $V_D$  为滞尘价值(元·hm<sup>2</sup>) ;  $Q_D$  为滞尘能力(t/hm<sup>2</sup>) ;  $S$  为森林面积(hm<sup>2</sup>) ;  $C_D$  为削减粉尘成本(170 元/t<sup>[8]</sup>)。

由于乌鲁木齐市无有关阔叶林面积和针叶林面积的确切统计数据, 所以乌鲁木齐森林滞尘能力取阔叶林滞尘能力 10.11 t/(hm<sup>2</sup>·a)。根据《2005 年乌鲁木齐市统计年鉴》<sup>[1]</sup>, 2004 年乌鲁木齐市林地面积  $3.56 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>, 则  $V_D$  为  $6.119 \times 10^7$  元。

**2.2.3.3 森林净化空气类生态资产。**森林净化空气类生态资产等于森林吸收 SO<sub>2</sub> 与阻滞大气中的粉尘的价值之和, 见公式(6)：

$$V_P = V_S + V_D \quad (6)$$

根据式(6), 得  $V_P$  为  $6.308 \times 10^7$  元。

### 2.2.4 保护土壤类生态资产。

**2.2.4.1 减少土壤侵蚀价值。**根据中国土壤侵蚀的研究成果<sup>[7]</sup>, 无林地土壤中等程度的侵蚀深度为 15 ~ 35 mm/a, 侵蚀模数为 150 ~ 350 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>·a), 该研究采用无林地土壤侵蚀模数的平均值 250 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>·a); 有林地的土壤侵蚀模数分别为阔叶林 0.5 t/(hm<sup>2</sup>·a), 针叶林 7.8 t/(hm<sup>2</sup>·a)。森林的单位面积年保土量等于有林地的土壤侵蚀模数、无林地的土壤侵蚀模数之差。由于乌鲁木齐市无阔叶林面积和针叶林面积的确切统计数据, 而且有林地的土壤侵蚀模数、无林地土壤侵蚀模数相差极小, 所以将乌鲁木齐森林的单位面积年保土量确定为 250 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>·a)。

2004 年乌鲁木齐市林地面积  $3.56 \times 10^4$  hm<sup>2</sup><sup>[2]</sup>, 森林的保土总量( $Q$ ) 等于森林的单位面积年保土量乘以林地面积, 则  $Q$  为  $8.90 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/a。

森林生态系统因控制土壤侵蚀而减少土地废弃所产生的价值评价采用机会成本法。用森林年保土总量除以土壤表土平均厚度再乘以林地的单位面积收益, 即可求得森林减少土壤侵蚀价值。以土壤表土平均厚度 0.5 m<sup>[9]</sup> 作为森林土层厚度来估算废弃土地面积, 2004 年乌鲁木齐市林业的单位面积收益 300 元/hm<sup>2</sup><sup>[2]</sup>。

乌鲁木齐市森林减少土壤侵蚀价值的核算方法见公式(7)：

$$V_E = \frac{M \times A}{H} \quad (7)$$

式中,  $V_E$  为减少土壤侵蚀价值;  $M$  为森林的保土总量;  $H$  为土壤表土平均厚度;  $A$  为林地的单位面积价值。

根据式(7), 得  $V_E$  为  $5.3 \times 10^5$  元。

**2.2.4.2 减少土壤养分损失的价值。**土壤侵蚀会带走大量土壤营养物质, 主要是有机质及 N、P、K 养分等。森林的水土保持作用大大降低了林地的土壤侵蚀, 使土壤中的各种养分得以保留。乌鲁木齐土壤碱解氮平均含量为 93.4 ng/kg, 速效磷平均含量为 37.6 ng/kg, 速效钾平均含量为 229 ng/kg, 有机质平均含量为 25.78 g/kg<sup>[10]</sup>。由上文计算出的乌鲁木齐市森林的保土总量为  $1.1385 \times 10^7$  t/a。

(1) 森林降低氮素流失的价值的核算方法。

$$M_1 = E_1 \times D \times Q_1 \times S_1 \quad (8)$$

式中,  $M_1$  为降低氮素流失的价值;  $E_1$  为硫酸铵市场价格(500 元/t)<sup>[6]</sup>;  $D$  为土壤保持总量;  $Q_1$  为碱解氮折算硫酸铵系数(4.81);  $S_1$  为土壤碱解氮平均含量。

根据式(8), 得  $M_1$  为  $2.56 \times 10^6$  元。

(2) 森林降低磷素流失的价值的核算方法。

$$M_2 = E_2 \times D \times Q_2 \times S_2 \quad (9)$$

式中,  $M_2$  为降低磷素流失的价值;  $E_2$  为过磷酸钙市场价格(500 元/t)<sup>[6]</sup>;  $D$  为土壤保持总量;  $Q_2$  为速效磷折算成过磷酸钙的系数(5.13);  $S_2$  为土壤速效磷平均含量。

根据式(9), 得  $M_2$  为  $1.098 \times 10^6$  元。

(3) 森林降低钾素流失的价值核算方法。

$$M_3 = E_3 \times D \times Q_3 \times S_3 \quad (10)$$

式中,  $M_3$  为降低钾素流失的效益(元·hm<sup>2</sup>) ;  $E_3$  为氯化钾市场价格(1 300 元/t)<sup>[6]</sup>;  $D$  为土壤保持总量;  $Q_3$  为速效钾折算成氯化钾的系数(1.82);  $S_3$  为土壤速效钾平均含量。

根据式(10), 得  $M_3$  为  $6.169 \times 10^6$  元。

(4) 森林降低有机质流失价值核算方法。

$$M_4 = E_4 \times D \times S_4 \quad (11)$$

式中,  $M_4$  为降低有机质流失价值;  $E_4$  为有机质的价格(53.1 元/t)<sup>[6]</sup>;  $D$  为土壤保持总量;  $S_4$  为土壤有机质平均含量。

根据式(11), 得  $M_4$  为  $1.556 \times 10^7$  元。

**2.2.4.3 森林保护土壤类生态资产总价值。**森林保护土壤类生态资产等于减少土壤侵蚀价值与减少土壤养分损失的价值之和。

$$V_S = V_E + M_1 + M_2 + M_3 + M_4 \quad (12)$$

根据式(12), 得  $V_S$  为  $2.592 \times 10^7$  元。

**2.2.5 大气调节类生态资产。** 根据李静江等的研究, 林木干物质密度平均为  $0.45 \text{ t/m}^3$ <sup>[11]</sup>。用城市森林总蓄积量乘以林木干物质密度, 可以求出城市森林的林木干物质总重量; 再根据光合作用方程式, 生产  $1 \text{ kg}$  植物干物质能固定  $1.63 \text{ kg CO}_2$ , 释放  $1.20 \text{ kg O}_2$ , 从而求得城市森林固定  $\text{CO}_2$  和释放  $\text{O}_2$  的总量; 由于  $\text{C}$  和  $\text{CO}_2$  的分子量比值为  $0.27$ , 可以换算出城市森林固定的  $\text{C}$  总量; 用工业制氧的销售价格  $0.40 \text{ 元/kg}$ <sup>[6]</sup> 乘以城市森林释放  $\text{O}_2$  的总量, 可得出森林释放  $\text{O}_2$  的价值; 用中国造林成本  $260.90 \text{ 元/t}$  作为森林吸收  $\text{C}$  的单价<sup>[6]</sup>, 乘以城市森林固定  $\text{C}$  的总量, 可以求得城市固定  $\text{C}$  的价值。城市森林大气调节类生态资产核算方法见公式(13):

$$V_T = 260.9 \times W \times 1.63 \times 0.27 + 1.2 \times W \times 400 \quad (13)$$

式中,  $V_T$  为城市森林大气调节类生态资产;  $W$  为城市森林的林木干物质总重量。

根据《2005 年乌鲁木齐市统计年鉴》<sup>[1]</sup>, 2004 年乌鲁木齐市森林蓄积量  $4.8437 \times 10^6 \text{ m}^3$ , 林木干物质密度为  $0.45 \text{ t/m}^3$ <sup>[11]</sup>, 用城市森林总蓄积量乘以林木干物质密度可以求出城市森林的林木干物质总重量  $2.1797 \times 10^6 \text{ t}$ 。

根据式(13), 得  $V_T$  为  $1.297 \times 10^9$  元。

**2.2.6 森林生态系统的生态资产总价值。** 乌鲁木齐市森林生态系统的生态资产等于上述涵养水源类生态资产、生物多样性维持类生态资产、净化空气类生态资产、保护土壤类生态资产、大气调节类生态资产的价值总和。

$$V_A = V_F + V_B + V_P + V_E + V_T \quad (14)$$

根据式(14), 得  $V_A$  为  $2.469 \times 10^9$  元。

由图1可见, 生物多样性维持和大气调节类生态资产占森林总生态资产的  $95.48\%$ 。所以, 提高森林覆盖率对于提高乌鲁木齐市的生物多样性和固碳释氧的调节大气的效果明显。

### 3 讨论

综合运用生态学和经济学方法, 基于现有的科学技术水平、统计数据, 构建了城市森林生态系统生态资产的评估体系, 评价了乌鲁木齐市森林生态系统的生态资产价值。受

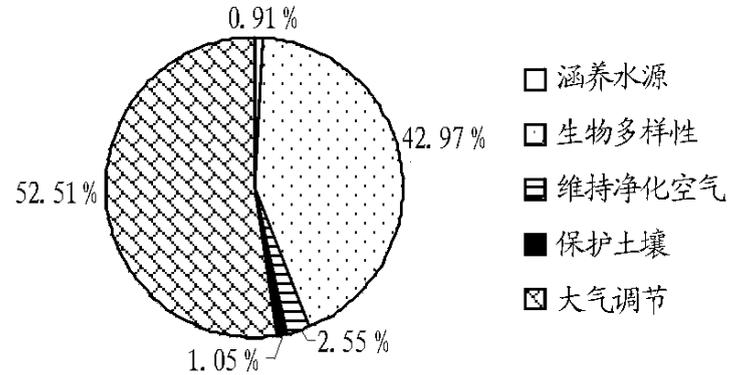


图1 森林的各项生态资产占森林总生态资产的比例

目前科学技术水平、计算方法和研究手段的限制, 基础统计数据的不完整致使该研究所得结果的准确性受到一定的影响。因此, 虽然该研究反映的仅是乌鲁木齐市森林生态系统生态资产的接近价值, 但是这一数值依然清楚地说明乌鲁木齐市森林生态系统生态资产在促进社会经济持续发展中的巨大作用。量化乌鲁木齐市森林生态系统生态资产, 将为乌鲁木齐市生态建设、生态补偿和绿色 GDP 核算等提供参考, 并为其他城市森林生态系统生态资产的核算提供可行的分析方法。

### 参考文献

- [1] 乌鲁木齐市统计局. 2005 乌鲁木齐统计年鉴 [Z]. 北京: 中国统计出版社, 2005.
- [2] 乌鲁木齐市国土资源局. 乌鲁木齐市国土资源十一五规划 [Z]. 内部资料, 2005.
- [3] 侯元兆. 中国森林资源核算研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1995: 23-150.
- [4] 陈百明. 中国土地利用与生态特征区划 [M]. 北京: 气象出版社, 2003: 137-186.
- [5] 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 [J]. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
- [6] 张颖. 中国森林生物多样性价值核算研究 [J]. 林业经济, 2001(1): 37-42.
- [7] 中国生物多样性国情研究报告编委会. 中国生物多样性国情研究报告 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997: 45-123.
- [8] 徐俏, 何孟常, 杨志峰. 广州市生态系统服务功能价值评估 [J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2003, 39(2): 268-272.
- [9] 王让会, 尹林克, 严成, 等. 乌鲁木齐市绿地系统内的重点荒山造林绿化工程可行性研究报告 [Z]. 内部资料, 2004.
- [10] 陈署晃, 马兴旺, 许咏梅. 乌鲁木齐市农田土壤养分含量现状 [J]. 新疆农业科技, 2005(5): 38-39.
- [11] 李静江, 刘治兰. 北京市森林资源核算及对国民经济账户的调整 [J]. 林业经济, 2001, 9: 35-39.