

引用格式:张呈祥,孙金华,王维,等.不同管理模式城镇道路绿地的生态系统服务价值和生态成本研究——以浙江省永嘉县为例[J].资源科学,2017,39(3):522-532. [Zhang C X, Sun J H, Wang W, et al. Ecosystem service values and ecological costs of urban road green space in Yongjia County under different management modes[J]. Resources Science, 2017, 39(3): 522-532]. DOI: 10.18402/resci.2017.03.14

# 不同管理模式城镇道路绿地的生态系统 服务价值和生态成本研究 ——以浙江省永嘉县为例

张呈祥,孙金华,王 维,张 哲

(中国环境科学研究院,北京100012)

**摘 要:**城镇道路绿地是城镇绿地的重要组成部分,本文以浙江省永嘉县城镇道路绿化工程为案例,比较研究不同管理模式城镇道路绿地的生态系统服务价值和生态成本。结果表明:生态化管理模式可以有效降低永嘉县城镇道路绿地的生态成本,该管理模式永嘉县城镇道路绿地的生态系统服务净价值较常规管理模式高近50%。常规农业化管理模式下,永嘉县城镇道路绿地具有提供产品价值,其生态系统服务净价值较常规管理模式高16.6%。生态农业化管理模式下永嘉县城镇道路绿地的生态系统服务价值率达到常规管理模式的4.5倍以上。常规管理模式永嘉县城镇道路绿地的生态成本十分巨大,其中超过60%来源于化肥污染环境。建议政府部门在城镇绿地管理中逐步实行生态农业化管理模式,提高城镇绿地的生态系统服务净价值和价值率。

**关键词:**城镇道路绿地;管理模式;生态系统服务价值;生态成本;浙江永嘉

DOI: 10.18402/resci.2017.03.14

## 1 引言

自1997年Costanza等对全球生态系统服务价值进行定量评价和Daily主编的《生态系统服务:人类对自然生态系统的依赖性》出版以来,生态系统服务价值已经成为生态学、生态经济学等学科研究的热点和前沿<sup>[1,2]</sup>。目前,国外生态系统服务价值研究已经提出了一系列的评价方法和计量评价模型<sup>[3]</sup>,研究对象涵盖从区域到全球不同尺度、从单一到复合不同类型的生态系统<sup>[4,5]</sup>,并探讨将生态系统服务价值纳入国民经济核算<sup>[6,7]</sup>。国内生态系统服务价值研究已从简单的模型应用逐渐转向对模型参数的修正、对技术方法的适应性集成,研究对象从大尺度和单一生态系统逐渐转向中尺度复合生态系统,并开始关注生态系统服务价值的动态变

化及其驱动机制<sup>[8]</sup>。随着近年来全球生态问题的日益突出,国内外对农田、人工林等人工生态系统管理过程中的生态成本研究十分活跃,研究方法多参照生态系统服务价值评价模型,相关研究结果表明人工生态系统的生态成本十分巨大<sup>[9,10]</sup>。

城镇绿地作为与城镇居民生活空间上最为接近的人工生态系统,在改善城镇人居环境和维护生态安全等方面发挥着不可替代的作用,其生态系统服务价值和生态成本直接关系到城镇居民的生存质量<sup>[11]</sup>,目前对城镇绿地生态系统服务价值的研究主要集中在不同服务功能价值量的评估和对比<sup>[12,13]</sup>、生态系统服务价值与景观格局<sup>[14,15]</sup>和生物多样性<sup>[16,17]</sup>的相互影响等方面,对城镇绿地生态系统的生态成本关注较少,对城镇绿地生态系统服务价值和生态

收稿日期:2016-05-10;修订日期:2017-01-03

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2015ZX07201-008)。

作者简介:张呈祥,男,山东枣庄人,硕士,助理研究员,研究方向为生态系统服务评估。E-mail:chengxiang116@163.com

通讯作者:孙金华,E-mail:sunjinhua2004@126.com

2017年3月

成本的系统研究基本属于空白<sup>[18]</sup>。在城镇绿地管理实践中,人们主要关注城镇绿地的景观效果,如何从城镇绿地中获取最大的生态效益往往被忽视<sup>[19]</sup>。

道路绿地是城镇绿地的重要组成部分,因此本文针对目前国内外生态系统服务价值和生态成本研究、城镇绿地管理实践等方面的不足,以城镇道路绿化工程为案例,评估并对比不同管理模式永嘉县城镇道路绿地的生态系统服务价值和生态成本,旨在完善生态系统服务价值和生态成本研究的理论体系,同时探讨新型城镇绿地管理模式,推动城镇绿地管理由景观主导型向生态主导型转变。

## 2 研究方法

### 2.1 管理模式设置与生态系统服务价值和生态成本界定

本文以目前城镇道路绿地管理的常规模式作为对照,设置生态化管理、常规农业化管理、生态农业化管理模式三种虚拟管理模式,对比分析不同管理模式永嘉县城镇道路绿地的生态系统服务价值和生态成本,各管理模式的主要特征、生态系统服务价值和生态成本见表1。

De Groot 等提出生态系统具有调节功能、生境功能、生产功能、信息功能四大类共计23个子功能<sup>[21]</sup>,根据城镇生态环境特征,常规管理模式和生态化管理模式下城镇道路绿地的主导生态系统服务功能包括景观功能、调节气候、净化环境、涵养水源、削减噪声。常规农业化管理模式和生态农业化管理模式下,城镇道路绿地额外具有提供产品功能。其

中景观功能的价值难以进行精确量化,且通过合理的管理手段可以保证不同管理模式城镇道路绿地的景观功能基本不变,因此本文城镇道路绿地生态系统服务价值未包括其景观价值。

城镇道路绿地养护管理成本包括人工费、材料费、机械使用费、安全作业费、办公费、差旅交通费等<sup>[22]</sup>,本文生态成本指对生态环境造成直接负面影响的成本,包括施用化肥和农药污染环境的成本、草坪和灌木片机械化修剪的生态成本、灌溉消耗水资源的成本,养护管理成本不包括在内。草坪和灌木片机械化修剪的生态成本主要包括修剪导致气候恶化和大气污染、生物量损失、影响其他生态系统服务功能等方面,由于生物量损失不会对生态环境造成直接的负面影响,因此本文不计算生物量损失成本,大量研究结果表明合理的修剪不会对城镇道路绿地的雨水调蓄、净化环境等生态系统服务功能造成明显影响<sup>[23]</sup>,因此本文不计算修剪影响其他生态系统服务功能的成本。

参照前人研究成果<sup>[24]</sup>,本文将城镇道路绿地在同一时间段内的生态系统服务价值与生态成本的差值定义为生态系统服务净价值,将生态系统服务净价值与生态成本的比值定义为生态系统服务价值率。

### 2.2 调节气候价值和成本的计算

#### 2.2.1 固碳价值和成本

计算固碳价值和成本的方法有碳税法(属于市场价值法)和造林成本法(属于生产成本法)。本文

表1 城镇道路绿地管理模式

Table 1 Management modes of urban road green space

管理模式	生态化管理	农业化管理	主要特征	生态系统服务价值和生态成本
常规管理模式	-	-	施用化肥农药、机械修剪,无直接提供产品价值。	生态系统服务价值包括调节气候、净化环境、涵养水源、削减噪声。生态成本包括机械修剪导致气候恶化和大气污染、施用化肥和农药污染环境、灌溉消耗水资源。
生态化管理模式	+	-	以有机肥代替化肥、减少农药用量、机械修剪,无直接提供产品价值。	生态系统服务价值与常规管理模式相同,施用化肥的生态成本忽略、施用农药的生态成本按照常规管理模式的50%计 <sup>[20]</sup>
常规农业化管理模式	-	+	施用化肥农药、以果树代替部分乔灌木、饲喂牲畜代替修剪,有直接提供产品价值。	施用化肥和农药的生态成本与常规管理模式相同,机械修剪的生态成本忽略,计算提供产品价值。
生态农业化管理模式	+	+	以有机肥代替化肥、减少农药用量、以果树代替部分乔灌木、饲喂牲畜代替修剪,有直接提供产品价值。	施用化肥和机械修剪的生态成本忽略、施用农药的生态成本按照常规管理模式的50%计,计算提供产品价值。

注:“+”表示采用某种管理手段、“-”表示不采用某种管理手段。

采用碳税法 and 得到较多国家和环境经济学家认可的瑞典碳税率计算城镇道路绿地的固碳价值和成本。

(1) 固碳价值计算方法为:

$$V_c = S \times Q_c \times T_c \quad (1)$$

式中  $V_c$  为城镇道路绿地的固碳价值(元/a);  $S$  为城镇道路绿地面积( $\text{m}^2$ );  $Q_c$  为单位面积城镇道路绿地的年固碳量( $\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ );  $T_c$  为碳税率(150美元/t)<sup>[25]</sup>。

(2) 城镇道路绿地碳排放的生态成本来自草坪和灌木片机械修剪,同时化肥散失进入大气的  $\text{N}_2\text{O}$  根据温室效应换算成  $\text{CO}_2$  也会造成碳排放成本,碳排放成本计算方法为:

$$V_{c1} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i \times S_i}{V_i} \times W_i \times Q_{ci} \right) \times T_c + \sum_{i=1}^n (N_i \times S_i) \times Q_{N_2O} \times K \times T_c \quad (2)$$

式中  $V_{c1}$  为城镇道路绿地的碳排放成本(元/a);  $M_i$  为第  $i$  种绿地植被的年修剪次数(次/a);  $S_i$  为第  $i$  种绿地植被的面积( $\text{m}^2$ )或植株数(株);  $V_i$  为第  $i$  种绿地植被的修剪速度( $\text{m}^2/\text{h}$ );  $W_i$  为第  $i$  种绿地植被修剪机的发动机功率(kW);  $Q_{ci}$  为第  $i$  种绿地植被修剪机的发动机碳排放强度( $\text{t}/(\text{kWh})$ );  $N_i$  为第  $i$  种绿地植被年施氮肥强度( $\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ )或( $\text{t}/(\text{株} \cdot \text{a})$ );  $S_i$  为第  $i$  种绿地植被的面积( $\text{m}^2$ );  $Q_{N_2O}$  为氮肥的  $\text{N}_2\text{O}$  形式散失率(0.67%)<sup>[26]</sup>;  $K$  为根据温室效应  $\text{N}_2\text{O}$  到  $\text{CO}_2$  的转换系数;  $T_c$  为碳税率(150美元/t)。

### 2.2.2 释氧价值和成本

释氧价值和成本采用工业制氧影子价格法计算。

(1) 释氧价值计算方法为:

$$V_{o_2} = S \times Q_{o_2} \times P_{o_2} \quad (3)$$

式中  $V_{o_2}$  为城镇道路绿地的释氧价值(元/a);  $S$  为城镇道路绿地面积( $\text{m}^2$ );  $Q_{o_2}$  为单位面积城镇道路绿地的  $\text{O}_2$  年释放量( $\text{t}/\text{m}^2/\text{a}$ );  $P_{o_2}$  为工业氧气价格(700元/t)<sup>[27]</sup>。

(2) 城镇道路绿地氧气消耗的生态成本来自草坪和灌木片机械修剪,计算方法为:

$$V_{o_{2i}} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{N_i \times S_i}{V_i} \times W_i \times Q_{o_{2i}} \right) \times P_{o_2} \quad (4)$$

式中  $V_{o_{2i}}$  为城镇道路绿地氧气消耗的生态成本(元/a);  $N_i$  为第  $i$  种绿地植被的年修剪次数(次/a);  $S_i$  为第  $i$  种绿地植被的面积( $\text{m}^2$ );  $V_i$  为第  $i$  种绿地植被修剪机的修剪速度( $\text{m}^2/\text{h}$ );  $W_i$  为第  $i$  种绿地植被修剪机的发动机功率(kW);  $Q_{o_{2i}}$  为第  $i$  种绿地植被修剪机的发动机氧气消耗强度( $\text{t}/(\text{kWh})$ );  $P_{o_2}$  为工业氧气价格。

### 2.2.3 增湿价值和成本

植物通过蒸腾作用释放水蒸气,可以增加空气湿度,植物蒸腾作用不会导致环境污染和生态破坏,因此增湿的生态成本忽略。增湿价值计算方法为:

$$V_{tr} = S \times P_{tr} \quad (5)$$

式中  $V_{tr}$  为城镇道路绿地的增湿价值(元/a);  $S$  为城镇道路绿地面积( $\text{m}^2$ );  $P_{tr}$  为单位面积城镇道路绿地的增湿价值(元/ $(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ )<sup>[28]</sup>。

### 2.2.4 降温价值和成本

城镇道路绿地降低环境温度是通过绿地植被遮挡反射太阳辐射和吸收太阳辐射两个途径实现的。其中绿地植被遮挡反射太阳辐射的价值难以进行精确量化,且通过合理的管理手段可以保证不同管理模式城镇道路绿地均完全覆盖地面,因此本文只考虑绿地植被吸收太阳辐射的降温价值。绿地植被吸收的太阳辐射一部分通过光合作用储存在有机质中、一部分通过蒸腾作用储存在水蒸气中并散失掉。绿地植被光合作用和蒸腾作用不会导致环境污染和生态破坏,因此降温的生态成本忽略。降温价值计算方法为:

$$V_T = S \times (Q_c \times W_p + E_{tr}) + P_T \quad (6)$$

式中  $V_T$  为城镇道路绿地的降温价值(元/a);  $S$  为城镇道路绿地面积( $\text{m}^2$ );  $Q_c$  为单位面积城镇道路绿地的年夏季光合固碳量( $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ );  $W_p$  为光合固碳的太阳辐射吸收强度( $39.1\text{kJ}/\text{g}$ );  $E_{tr}$  为单位面积城镇道路绿地的年夏季蒸腾吸热量( $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ );  $P_T$  为空调降温成本(根据相关资料1台空调机每小时可吸收热量 5225kJ、耗电 0.82 度,每度电按 0.5 元计算)<sup>[29]</sup>。

### 2.3 净化环境价值和成本的计算

采用替代费用法,即用人工治理环境污染的费



2017年3月

用替代生态系统净化环境价值。在施用化肥和农药的情况下,只有未被绿地植被吸收利用的化肥和农药才会进入土壤和水体造成生态成本,因此忽略绿地植被净化土壤和水体的价值。

### 2.3.1 净化环境价值

(1)吸收SO<sub>2</sub>价值。城镇道路绿地吸收SO<sub>2</sub>价值的计算方法为:

$$V_{SO_2} = S \times Q_{SO_2} \times F_{ISO_2} \quad (7)$$

式中  $V_{SO_2}$  为城镇道路绿地的吸收SO<sub>2</sub>价值(元/a);  $S$  为城镇道路绿地面积(m<sup>2</sup>);  $Q_{SO_2}$  为单位面积城镇道路绿地年吸收SO<sub>2</sub>量(t/(m<sup>2</sup>·a));  $F_{ISO_2}$  为工业治理SO<sub>2</sub>费用(3000元/t)<sup>[27]</sup>。

(2)吸收NO<sub>x</sub>价值。城镇道路绿地吸收NO<sub>x</sub>价值的计算方法为:

$$V_{NO_x} = S \times Q_{NO_x} \times F_{INO_x} \quad (8)$$

式中  $V_{NO_x}$  为城镇道路绿地的吸收NO<sub>x</sub>价值(元/a);  $S$  为城镇道路绿地面积(m<sup>2</sup>);  $Q_{NO_x}$  为单位面积城镇道路绿地年吸收NO<sub>x</sub>量(t/(m<sup>2</sup>·a));  $F_{INO_x}$  为汽车尾气脱氮治理费用(16 000元/t)<sup>[27]</sup>。

(3)滞尘价值。城镇道路绿地滞尘价值的计算方法为:

$$V_D = S \times Q_D \times F_I \quad (9)$$

式中  $V_D$  为城镇道路绿地的滞尘价值(元/a);  $S$  为城镇道路绿地面积(m<sup>2</sup>);  $Q_D$  为单位面积城镇道路绿地年滞尘量(t/(m<sup>2</sup>·a));  $F_I$  为工业削减粉尘的费用(170元/t)<sup>[27]</sup>。

### 2.3.2 污染环境的生态成本

城镇道路绿地养护过程污染环境的生态成本主要来自于草坪和灌木片机械修剪污染大气、化肥污染环境、农药污染环境。

(1)城镇道路绿地修剪污染大气的生态成本。城镇道路绿地修剪污染大气的生态成本来源于修剪过程中排放NO<sub>x</sub>,计算方法为:

$$V_{NO_{xi}} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{N_i \times S_i}{V_i} \times W_i \times Q_{NO_{xi}} \right) \times F_{INO_x} \quad (10)$$

式中  $V_{NO_{xi}}$  为城镇道路绿地修剪过程中排放NO<sub>x</sub>的生态成本(元/a);  $N_i$  为第*i*种绿地植被的年修剪次数(次/a);  $S_i$  为第*i*种绿地植被的面积(m<sup>2</sup>);  $V_i$  为第

*i*种绿地植被修剪机的修剪速度(m<sup>2</sup>/h);  $W_i$  为第*i*种绿地植被修剪机的发动机功率(kW);  $Q_{NO_{xi}}$  为第*i*种绿地植被修剪机的发动机NO<sub>x</sub>排放强度(t/kWh);  $F_{INO_x}$  为汽车尾气脱氮治理费用。

(2)化肥污染大气的生态成本。氮肥以NH<sub>3</sub>和NO<sub>x</sub>的形式散失到大气中会导致大气污染,化肥污染大气的生态成本计算方法为:

$$V_N = \sum_{i=1}^n (N_i \times S_i) \times Q_{NH_3} \times T_{NH_3} + \sum_{i=1}^n (N_i \times S_i) \times Q_{NO_x} \times F_{INO_x} \quad (11)$$

式中  $V_N$  为城镇道路绿地化肥污染大气的生态成本(元/a);  $N_i$  为第*i*种绿地植被的年施氮肥强度(t/(m<sup>2</sup>·a)或t/(株·a));  $S_i$  为第*i*种绿地植被的面积(m<sup>2</sup>)或植株数(株);  $Q_{NH_3}$  为氮肥的NH<sub>3</sub>形式散失率(5%)<sup>[26]</sup>;  $T_{NH_3}$  为使用空气净化器吸收氨气的成本;  $Q_{NO_x}$  为氮肥的NO<sub>x</sub>形式散失率(0.5%)<sup>[26]</sup>;  $F_{INO_x}$  指目前汽车尾气脱氮治理费用。

(3)化肥污染水体的生态成本。化肥中的氮、磷等营养元素流失进入水体会严重污染水环境,化肥污染水体的生态成本计算方法为:

$$V_{FW} = \sum_{i=1}^n (N_i \times S_i) \times Q_{NW} \times T_{NW} + \sum_{i=1}^n (P_i \times S_i) \times Q_{PW} \times T_{PW} \quad (12)$$

式中  $V_{FW}$  为化肥污染水体的生态成本(元/a);  $N_i$  为第*i*种绿地植被的年施氮肥强度(t/(m<sup>2</sup>·a)或t/(株·a));  $S_i$  为第*i*种绿地植被的面积(m<sup>2</sup>)或植株数(株);  $Q_{NW}$  为氮肥流失进入水体的比例(10%);  $T_{NW}$  为污水处理厂处理总氮的平均成本(5000元/t)<sup>[30]</sup>;  $P_i$  为第*i*种绿地植被的年施磷肥强度(t/(m<sup>2</sup>·a)或t/(株·a));  $Q_{PW}$  为磷肥流失进入水体的比例(10%);  $T_{PW}$  为污水处理厂处理总磷的平均成本(5000元/t)<sup>[30]</sup>。

(4)化肥污染土壤的生态成本。计算方法为:

$$V_{CF} = \sum_{i=1}^n (N_i \times S_i) \times P_{CF} \quad (13)$$

式中  $V_{CF}$  为城镇道路绿地化肥污染土壤的生态成本(元/a);  $N_i$  为第*i*种绿地植被的年施化肥强度(t/(m<sup>2</sup>·a)或t/(株·a));  $S_i$  为第*i*种绿地植被的面积(m<sup>2</sup>)或植株数(株);  $P_{CF}$  为施用单位数量化肥导致土壤污

染的生态成本(300元/t)<sup>[31]</sup>。

(5)农药污染环境的生态成本。农药污染环境的生态成本按照损失粮食产值的1%计算<sup>[32]</sup>,计算方法为:

$$V_p = V_G \times 0.01 \times \frac{S_U}{S_A + S_U} \quad (14)$$

式中  $V_p$  为城镇道路绿地农药污染环境的生态成本(元/a);  $V_G$  为研究区当年粮食总产值(元/a);  $S_U$  为研究区城镇道路绿地面积( $\text{m}^2$ );  $S_A$  为研究区农作物播种总面积( $\text{m}^2$ )。

## 2.4 涵养水源价值和成本的计算

(1)采用影子工程法,城镇道路绿地涵养水源类似于水库蓄水,其涵养水源价值的计算方法为:

$$V_{H_2O} = S \times Q_{H_2O} / 1000 \times K \times P_{H_2O} \quad (15)$$

式中  $V_{H_2O}$  为城镇道路绿地的涵养水源价值(元/a);  $S$  为城镇道路绿地面积( $\text{m}^2$ );  $Q_{H_2O}$  为研究区多年平均降水量(mm);  $K$  为植被截流的水量占年降水量的比例;  $P_{H_2O}$  为中国建设水库的成本花费(0.67元/ $\text{m}^3$ )<sup>[33]</sup>。

(2)城镇道路绿地灌溉消耗水资源的生态成本计算方法为:

$$V_{H_2O_1} = \sum_{i=1}^n (N_i \times S_i \times Q_{H_2O_i}) \times P_{H_2O} \quad (16)$$

式中  $V_{H_2O_1}$  为城镇道路绿地灌溉消耗水资源的生态成本(元/a);  $N_i$  为第  $i$  种绿地植被的年灌溉次数;  $S_i$  为第  $i$  种绿地植被的面积( $\text{m}^2$ )或植株数(株);  $Q_{H_2O_i}$  为单位面积或每株绿地植被每次的灌溉量( $\text{m}^3/\text{m}^2$ 或 $\text{m}^3/\text{株}$ );  $P_{H_2O}$  为中国建设水库的成本花费(0.67元/ $\text{m}^3$ )。

## 2.5 削减噪声价值和成本的计算

削减噪声价值采用造林成本法计算,以造林成本的15%计,计算方法为:

$$V_s = S \times F \times C \times 0.15 \quad (17)$$

式中  $V_s$  为城镇道路绿地的削减噪声价值(元/a);  $S$  为城镇道路绿地面积( $\text{m}^2$ );  $F$  为造林平均成本(元/ $\text{m}^3$ );  $C$  为单位面积成熟林年木材蓄积量( $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ )。

城镇道路绿地增加噪声的生态成本主要来自草坪和灌木片机械修剪,由于修剪时间相对较短且不连续,因此城镇道路绿地增加噪声的生态成本

忽略。

## 2.6 提供产品价值和成本的计算

城镇道路绿地的提供产品价值主要针对常规农业化管理模式和生态农业化管理模式。农业化管理需要很大的人工成本,但人工成本不会对生态环境造成直接的负面影响,因此不计入生态成本。与常规管理相比,农业化管理不会造成更多的环境污染和生态破坏,因此提供产品的生态成本不计。生态系统提供产品价值的计算使用直接市场价值法<sup>[34]</sup>,计算方法为:

$$V_A = N_F \times C_F \times P_F + N_L \times S \times C_L \times P_L \quad (18)$$

式中  $V_A$  为城镇道路绿地的提供产品价值(元/a);  $N_F$  为一般灌木替换为当地主要果树的株数(株);  $C_F$  为当地主要果树的株产量( $\text{kg}/(\text{株} \cdot \text{a})$ );  $P_F$  为当地主要果树的平均市场价格(元/kg);  $N_L$  为城镇道路绿地用于饲喂牲畜管理的面积比例;  $S$  为城镇道路绿地面积( $\text{m}^2$ );  $C_L$  为单位面积的载畜量(头/ $\text{m}^2 \cdot \text{a}$ );  $P_L$  为饲养牲畜的平均年收益(元/头)。

## 3 案例分析

研究案例为浙江省永嘉县2013年的城镇道路绿化工程(见表2),分析常规管理、生态化管理、常规农业化管理、生态农业化管理四种管理模式城镇道路绿地的生态系统服务价值、生态成本及生态系统服务净价值。永嘉县(E27°58'-E28°0'E, N120°19'-N120°59'N)位于中国浙江省东南部,瓯江下游北岸,与温州市区隔江相望,濒临东海,具体位置见图1。

永嘉县气候类型为亚热带季风气候,年平均气温18.3℃,年平均降水量1718.3mm,年平均蒸发量1432mm。2013年永嘉县建成区绿化覆盖率35.66%、建成区绿地率34.64%,略低于全国平均水平。永嘉县城镇绿化状况在全国处于中等水平,因此其城镇道路绿地管理状况对全国城镇绿地管理现状的代表性强。

表2 永嘉县城镇道路绿化工程植被统计

Table 2 Vegetation statistics of urban road afforest engineering in

Yongjia County				
植被类型	特大乔灌木 /株	一般乔灌木 /株	灌木片 /m <sup>2</sup>	草坪 /m <sup>2</sup>
数量	4 204	18 081	62 775	17 363

2017年3月



图1 永嘉县地理位置

Figure 1 Geographical position of Yongjia County

### 3.1 案例分析的参数选择

根据永嘉县住房和城乡建设局资料<sup>[35]</sup>, 2013年城镇道路绿化工程共施用氮肥(折纯)9767.52kg、磷肥(折纯)5108.05kg,灌木片修剪12次、草坪修剪20次,灌溉耗水6.65万t。根据永嘉县农业局资料<sup>[35]</sup>,2013年全县农作物播种总面积3.1万hm<sup>2</sup>、粮食总产量11.42万t。由于城镇绿化中树木一般与草坪和灌木片混合栽种,因此本文认为草坪和灌木片的面积之和即为城镇道路绿地面积。参照类似气候条件下的已有研究成果,永嘉县城镇道路绿地生态系统服务价值和生态成本计算的参数取值见表3。

### 3.2 不同管理模式永嘉县城镇道路绿地的生态系统服务净价值

不同管理模式永嘉县城镇道路绿地的生态

表3 永嘉县城镇道路绿地生态系统服务价值和生态成本计算的参数取值

Table 3 Parameters for the ecosystem service values and ecological costs calculation of urban road green space in Yongjia County

参数	取值
固碳能力	$4.36\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})^{[36]}$
吸收 $\text{SO}_2$ 能力	$88.65\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})^{[27]}$
吸收 $\text{NO}_x$ 能力	$0.38\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})^{[37]}$
滞尘能力	$10.11\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})^{[37]}$
木材积蓄量	$80\text{ m}^3/\text{hm}^2^{[37]}$
农业化管理参照的水果	杨梅(假设代替30%的一般乔灌木)
农业化管理参照的畜禽	牛当量(假设城镇道路绿地全部饲喂牲畜管理)

系统服务净价值由大到小依次为生态农业化管理>生态化管理>常规农业化管理>常规管理(图2)。生态化管理模式下永嘉县城镇道路绿地的生态系统服务价值与常规管理模式相同,但由于不施用化肥和减少农药用量降低了生态成本,因此生态系统服务净价值较常规管理模式高近50%。常规农业化管理模式下永嘉县城镇道路绿地的生态系统服务净价值较常规管理模式高16.6%,可见利用城镇道路绿地进行农业生产提供农产品的潜力十分巨大。生态农业化管理模式下永嘉县城镇道路绿地的生态系统服务净价值最大,其生态系统服务价值率达到常规管理模式的4.5倍以上。

不同管理模式永嘉县城镇道路绿地的各项生态系统服务价值和生态成本见表4,表4显示,常规管理模式和常规农业化管理模式下永嘉县城镇道路绿地的净化环境净价值均为负值,可见永嘉县

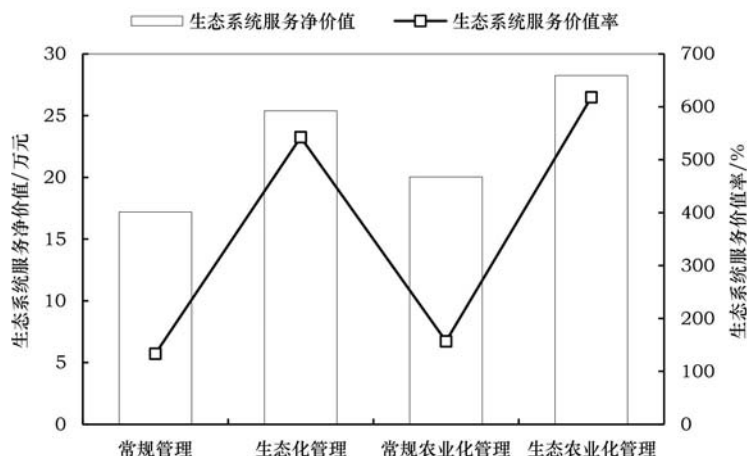


图2 不同管理模式永嘉县城镇道路绿地的生态系统服务净价值对比

Figure 2 Net ecosystem service values of urban road green space in Yongjia County in different management modes



表4 永嘉县城镇道路绿地的生态系统服务价值和生态成本分析

Table 4 Ecosystem service values and ecological costs analysis of urban road green space in Yongjia County (元/a)																		
管理模式	调节气候			净化环境			涵养水源			降低噪声			提供产品			合计		
	成本	价值	净价值	成本	价值	净价值	成本	价值	净价值	成本	价值	净价值	成本	价值	净价值	成本	价值	净价值
常规	4 907	189 899	184 992	79 396	64 703	-14 693	44 541	23 065	-21 476	0	23 038	23 038	0	0	0	128 844	300 705	171 861
生态化	671	189 899	189 228	1 582	64 703	63 121	44 541	23 065	-21 476	0	23 038	23 038	0	0	0	46 794	300 705	253 911
常规农业化	4 236	189 899	185 663	78 973	64 703	-14 270	44 541	23 065	-21 476	0	23 038	23 038	0	27 448	27 448	127 750	328 153	200 403
生态农业化	0	189 899	189 899	1 159	64 703	63 544	44 541	23 065	-21 476	0	23 038	23 038	0	27 448	27 448	45 700	328 153	282 453

城镇道路绿地管理导致环境污染的生态成本抵消了绿地本身的净化环境价值。永嘉县城镇道路绿地管理过程中消耗的水资源量接近绿地本身涵养水源量的2倍,导致永嘉县城镇道路绿地的涵养水源净价值为负值。常规农业化管理模式下永嘉县城镇道路绿地具有提供产品价值,且以饲喂牲畜代替机械修剪减少了调节气候和净化环境的生态成本。生态化管理和生态农业化管理模式下永嘉县城镇道路绿地的生态成本均不足常规管理模式下的50%,原因是不施用化肥、减少施用农药导致净化环境的生态成本明显降低。

3.3 不同管理模式永嘉县城镇道路绿地的生态成本分析

不同管理模式永嘉县城镇道路绿地的生态成本构成见图3。图3a显示,常规管理模式永嘉县城镇道路绿地的生态成本中,化肥污染环境的生态成本占比超过60%,包括化肥污染大气的成本占比58.21%、化肥污染土壤和水体的成本占比4.57%、化肥污染土壤和水体的成本占比1.80%、修剪导致气候恶化和大气污染的成本占比0.85%、灌溉消耗水资源的成本占比4.57%。

图3b生态化管理模式下,灌溉消耗水资源是永嘉县城镇道路绿地最主要的生态成本,占生态成本

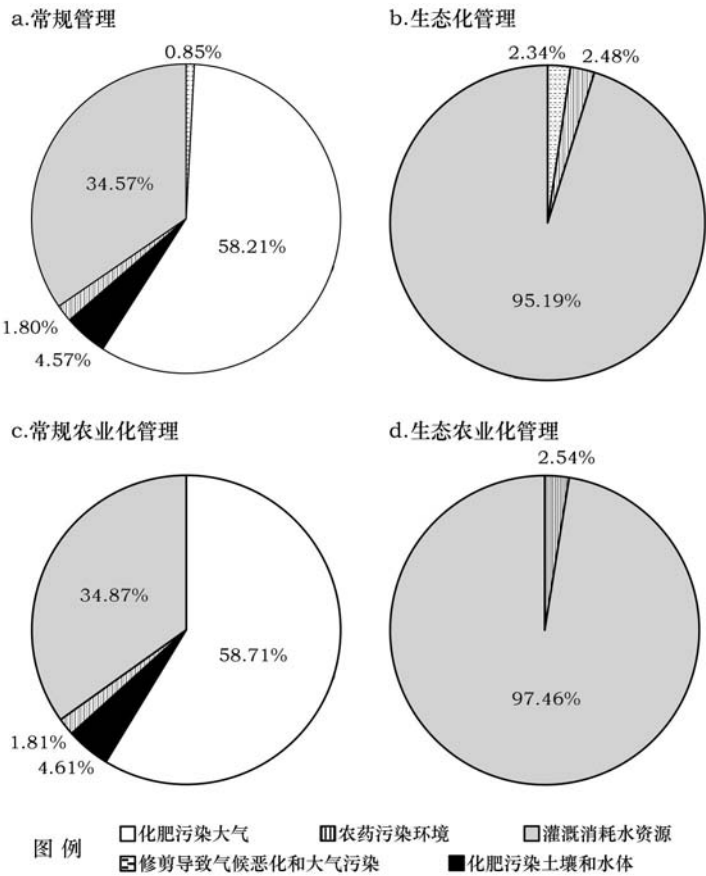


图3 不同管理模式永嘉县城镇道路绿地的生态成本

Figure 3 Ecological costs analysis of urban road green space in Yongjia County in different modes

2017年3月

总和的95%以上,修剪导致气候恶化和大气污染、农药污染环境的生态成本占比均为接近2.5%。图3c常规农业化管理模式下,永嘉县城镇道路绿地的生态成本组成结构与常规管理模式相近,但由于采用饲喂牲畜代替机械修剪,无修剪导致气候恶化和大气污染的生态成本。图3d生态农业化管理模式下永嘉县城镇道路绿地的生态成本几乎全部来源于灌溉消耗水资源,占比超过97%,此外有少量农药污染环境的生态成本。

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

城镇道路绿地管理过程中化肥农药的大量施用会带来对环境的负面影响,导致城镇道路绿地不能有效发挥净化环境功能,而施用化肥农药的生态成本在实际管理中往往被忽视。植物对化肥的吸收利用是一个缓慢的过程,受植物种类和生长阶段、化肥种类和施肥方式、土壤理化性质等多种因素的影响,每次施入土壤的化肥大部分不能够及时被植物体吸收。未被吸收利用的化肥留存在土壤中会对土壤微生物、土壤酶活性等造成极大影响<sup>[38]</sup>,部分化肥进入大气或水体会造成大范围的环境污染。受基础研究缺乏的限制,农药污染环境的生态成本被严重低估,实际上农药进入环境会通过食物链对生态系统内的所有生物造成直接或间接的毒害并最终威胁人体健康,大部分农药是难降解的高分子化合物,其对生态环境的破坏是长期的。此外,如果考虑到化肥农药生产、运输过程中造成的环境污染和生态破坏,城镇道路绿地管理的生态成本将更高<sup>[39]</sup>,由于化肥厂、农药厂大多位于农村等偏远地区,因此在常规管理模式下,城镇道路绿地生态系统服务的实质是将环境污染和生态破坏转移到了农村等偏远地区。因此,建议城镇绿地管理中要充分重视化肥农药污染环境的生态成本问题。

采用生态化手段进行城镇绿地管理,如以有机肥代替化肥、减少农药施用量等,可以有效改善土壤理化性质,进而在基本保障城镇绿地景观效果的同时提高生态效益<sup>[40]</sup>。建议在今后的城镇绿地管理中推广生态化管理模式,推动城镇绿地管理由景观主导型向生态主导型转变,重点是根据城镇绿地的类型和主导功能平衡其景观效果和生态效益,如对

公园绿地主要侧重景观效果、对防护绿地主要考虑生态效益。对城镇绿地进行农业化管理可以使城镇绿地管理由单纯的政府投资行为转变为生产经营行为,但具体实施的可操作性差,主要表现为饲喂牲畜会严重影响城镇绿地的景观效果,同时在城镇绿地上栽种的果树受传粉限制、人类干扰等因素影响可能无法正常结果。针对饲喂牲畜影响景观效果问题,建议按照常规管理模式对草坪和灌木片进行修剪,将修剪下来的草坪草和灌木枝叶作为青饲料统一饲喂牲畜,不建议直接放牧。针对城镇绿地果树结果存在的困难,建议选用适宜的果树品种并合理规划果树栽种区域,同时加强对果树栽种区人类活动的管理。

### 4.2 结论与展望

本文以永嘉县城镇道路绿化工程为例,系统研究了不同管理模式城镇道路绿地的生态系统服务价值和生态成本,主要研究结论如下:常规管理模式下,永嘉县城镇道路绿地化肥污染环境的生态成本十分巨大,抑制了城镇道路绿地生态系统服务功能的发挥;生态化管理和常规农业化管理可以有效提高永嘉县城镇道路绿地的生态系统服务净价值,其中生态化管理通过减少生态成本可以提高生态系统服务净价值近50%,常规农业化管理通过提供产品可以提高生态系统服务净价值16.6%,采用生态农业化管理模式时,永嘉县城镇道路绿地的生态系统服务价值率可达常规管理模式下的4.5倍以上。建议政府部门在城镇绿地管理中,首先推广使用生态化管理模式,试点农业化管理模式,逐步实行生态农业化管理模式。

本文具体指标的量化以参照国内外现有成果为主,对于指标的地区性差异考虑不足,下一步将基于研究区的实际观测数据开展城镇绿地生态系统服务价值和生态成本计算。目前国内外对于城镇绿地生态系统服务价值和生态成本的研究基础较为薄弱,因此城镇绿地对生态环境的某些影响无法通过指标进行量化,如生态化管理模式可能存在的生态和管理风险、化肥挥发进入大气后的自然沉降、农药对生态系统的持续危害等,这些是今后亟待加强的重点研究领域。

本文设置了虚拟的城镇绿地管理模式,通过理



论上的计算分析不同管理模式城镇道路绿地的生态系统服务价值和生态成本,为推进城镇绿地管理由景观主导型向生态主导型转变提供了理论依据。但受基础研究缺乏的影响,所得到生态化和农业化管理模式下城镇绿地的生态系统服务价值为理想状态下的最大值,对虚拟管理模式的可行性和实际效果考虑不足,研究结果与实际情况存在一定偏差。下一步将在理论分析的基础上,结合城镇绿地管理现状和需求,提出更加符合实践的新型城镇绿地管理方案。

### 参考文献(References):

- [1] Costanza R, d'Agre R, de Groot R, *et al.* The value of ecosystem service and natural capital in the world[J]. *Nature*, 1997, 387(15):253-260.
- [2] Daily G C. *Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystems*[M]. Washington D C: Island Press, 1997.
- [3] 胡喜生,洪伟,吴承祯. 土地生态系统服务功能价值动态估算模型的改进与应用-以福州市为例[J]. 资源科学, 2013, (1):30-41. [Hu X S, Hong W, Wu C Z. An improved dynamic evaluation model and land ecosystem service values for Fuzhou City[J]. *Resources Science*, 2013, (1):30-41.]
- [4] Haase D, Larondelle N, Andersson E, *et al.* A quantitative review of urban ecosystem service assessments: Concept, models, and implementation[J]. *Ambio*, 2014, 43(4):413-433.
- [5] De Groot R, Brander L, van der Ploeg S, *et al.* Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units[J]. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1):50-61.
- [6] Di Sabatino A, Coscieme L, Vignini P, *et al.* Scale and ecological dependence of ecosystem services evaluation: Spatial extension and economic value of freshwater ecosystems in Italy[J]. *Ecological Indicators*, 2013, 32(9):259-263.
- [7] UN, EU, FAO, *et al.* System of Environmental- Economic Accounting 2012: Central Framework[M]. New York: United Nations, 2014.
- [8] 陈能汪,李焕承,王莉红. 生态系统服务内涵、价值评估与GIS表达[J]. 生态环境学报, 2009, 18(5):1987-1994. [Chen N W, Li H C, Wang L H. Reviews on ecosystem services: Connotation, valuation and GIS-based mapping[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2009, 18(5):1987-1994.]
- [9] 李晓,谢永生,张应龙,等. 红壤丘陵区粮食生产的生态成本[J]. 生态学报, 2011, 31(4):1101-1110. [Li X, Xie Y S, Zhang Y L, *et al.* Initial exploration of the ecological costs of food production in the hilly red soil region of Southern China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(4):1101-1110.]
- [10] 鲁晨曦,张军泽,赵廷阳,等. 我国人工林生态系统的水成本核算[J]. 自然资源学报, 2016, 31(5):743-754. [Lu C X, Zhang J Z, Zhao T Y, *et al.* Water costs of afforestation and natural-restoration in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(5):743-754.]
- [11] 杨丽韞,李文华,彭奎,等. 太湖流域城镇绿地系统水生态服务功能研究[J]. 资源科学, 2011, 33(2):217-222. [Yang L Y, Li W H, Peng K, *et al.* Water ecological functions of the green space in the Taihu lake basin[J]. *Resources Science*, 2011, 33(2):217-222.]
- [12] Tyrvaenen L. Economic valuation of urban forest benefits in Finland[J]. *Journal of Environmental Management*, 2001, 62(1):75-92.
- [13] 李想,李闯,王凤友,等. 大连中心城区绿地系统生态服务价值时空分异特征研究[J]. 地理科学, 2014, 34(3):302-308. [Li X, Li C, Wang F Y, *et al.* Spatial and temporal variation of ecological service value characteristic of green space system in the downtown of Dalian[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(3):302-308.]
- [14] 陈克龙,李双成,周巧富,等. 近25年来青海湖流域景观结构动态变化及其对生态系统服务功能的影响[J]. 资源科学, 2008, 30(2):274-280. [Chen K L, Li S C, Zhou Q F, *et al.* Analyzing dynamics of ecosystem service values based on variations of landscape patterns in Qinghai lake area in recent 25 years[J]. *Resources Science*, 2008, 30(2):274-280.]
- [15] 巫涛. 长沙城市绿地景观格局及其生态服务功能价值研究[D]. 长沙:中南林业科技大学, 2012. [Wu T. The Research on Landscape Pattern and Ecosystem Service in Changsha[D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2012.]
- [16] Johan C. Ecological land-use complementation for building resilience in urban ecosystems[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 81(1):46-55.
- [17] Jari L, Maija S. Hopping on one leg-the challenge of ecosystem disservices for urban green management[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2009, 8(4):309-315.
- [18] 王伟武,戴企成,朱敏莹. 城市住区绿化生态效益及其可控影响因素的量化分析[J]. 应用生态学报, 2011, 22(9):2383-2390. [Wang W W, Dai Q C, Zhu M Y. Ecological benefits of greening and related controlling factors in urban residential areas of Hangzhou: A quantitative analysis[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(9):2383-2390.]
- [19] 张帆. 基于地域特色的城镇街头绿地园林景观设计[J]. 现代园艺, 2016, (14):83-83. [Zhang F. Landscape design on the streets of towns based on region characteristic[J]. *Xiandai Horticulture*, 2016, (14):83-83.]

2017年3月

- [20] 赵倩倩. 中国主要粮食作物农药使用现状及问题研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2015. [Zhang Q Q. Research on Present Status and Problems of Pesticide Application of Main Crops in China[D]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2015.]
- [21] De Groot R S. Services of nature, evaluation of nature in environmental planning, management and decision making[M]. Groningen: Wolters-Noordhoff, 1992.
- [22] 邵燕, 刘瑞芬, 刘汉栋, 等. 绿地养护成本分析与控制措施[J]. 现代农业科技, 2010, (13): 252-253. [Shao Y, Liu R F, Liu H D, et al. Conservation cost analysis and control measures of Greenland[J]. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2010, (13): 252-253.]
- [23] 李淑芹, 雷廷武, 詹卫华, 等. 修剪留茬高度对几种典型草坪草生长量与耗水量的影响[J]. 中国农业大学学报, 2007, 12(4): 41-44. [Li S Q, Lei T W, Zhan W H, et al. Experiments on visual quality of turf grass under different mowed heights[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2007, 12(4): 41-44.]
- [24] 曹世雄, 李宇腾, 鲁晨曦. 生态系统服务净价值核算方法及其对北京市人工林项目的评估[J]. 科学通报, 2016, (24): 2724-2729. [Cao S X, Li Y T, Lu C X. A measure of the net value of ecosystem services and the evaluation of Beijing Plain afforestation project[J]. *Science China Press*, 2016, (24): 2724-2729.]
- [25] Anderson D. Carbon fixing from and economic perspective[A]. Forestry Commission's First Economics Research Conference [C]. Toronto: York University, 1990.
- [26] 赖力, 黄贤金, 王辉, 等. 中国化肥施用的环境成本估算[J]. 土壤学报, 2009, 46(1): 63-69. [Lai L, Huang X J, Wang H, et al. Estimation of environmental costs of chemical fertilizer utilization in China[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2009, 46(1): 63-69.]
- [27] 张绪良, 徐宗军, 张朝晖, 等. 青岛市城市绿地生态系统的环境净化服务价值[J]. 生态学报, 2011, 31(9): 2576-2584. [Zhang X L, Xu Z J, Zhang Z H, et al. Environment purification service value of urban green space ecosystem in Qingdao City[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(9): 2576-2584.]
- [28] 唐小华. 苏北农田防护林生态服务功能价值评估-以新沂市为例[D]. 南京: 南京林业大学, 2011. [Tang X H. Evaluation of Farmland Shelterbelt Ecological Service Function in Northern Jiangsu- the Case of Xinyi City[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2011.]
- [29] 王翠娟. 成都市中心城区绿地系统生态服务功能价值评估研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2008. [Wang C J. Research on Estimating the Ecological Service Value of the Chengdu Central Urban Green Space System[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2008]
- [30] 中国环境科学研究院. 湖泊生态安全调查与评估[M]. 北京: 科学出版社, 2012. [Chinese Research Academy of Environmental Sciences. Investigation and Evaluation about Lake Ecological Security[M]. Beijing: Science Press, 2012.]
- [31] 向平安, 周燕, 郑华, 等. 符合经济生态效益的农田化肥施用量[J]. 应用生态学报, 2006, 17(11): 2059-2063. [Xiang P A, Zhou Y, Zheng H, et al. Optimal chemical fertilizer application rate accorded with local economic and ecological benefits[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(11): 2059-2063.]
- [32] 陈冬冬, 高旺盛, 隋鹏, 等. 现代种植业系统及粮食生产能量转化效率的动态分析-以山前平原河北栾城县为例[J]. 地理科学进展, 2008, 27(1): 99-104. [Chen D D, Gao W S, Sui P, et al. Dynamic analysis on energy efficiency of modern planting system and grain production-a case study of Luancheng, Hebei[J]. *Progress in Geography*, 2008, 27(1): 99-104.]
- [33] 胡海胜. 庐山自然保护区森林生态系统服务价值评估[J]. 资源科学, 2007, 29(5): 28-36. [Hu H S. Evaluation of the service value of the forest ecosystem in Lushan Mountain Nature Reserve[J]. *Resources Science*, 2007, 29(5): 28-36.]
- [34] Primmer E, Furman E. Operationalising ecosystem service approaches for governance: Do measuring, mapping and valuing integrate sector- specific knowledge system[J]. *Ecosystem Service*, 2012, 1(1): 85-92.
- [35] 永嘉县地方志编纂委员会. 永嘉年鉴2014[M]. 北京: 中国方志出版社, 2014. [Yongjia County Local Records Compilation Committee. Yongjia Year Book 2014[M]. Beijing: China Local Records Publishing, 2014.]
- [36] 周冰冰, 李忠魁. 北京市森林资源价值[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000. [Zhou B B, Li Z K. Valuation of Forest Resources in Beijing City[M]. Beijing: China Forestry Publishing, 2000.]
- [37] 彭建, 王仰麟, 陈燕飞, 等. 城市生态系统服务功能价值评估初探-以深圳为例[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2005, 41(4): 594-604. [Peng J, Wang Y L, Chen Y F, et al. Economic value of urban ecosystem services: A case study in Shenzhen[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2005, 41(4): 594-604.]
- [38] 朱新玉, 董志新, 况福虹, 等. 长期施肥对紫色土农田土壤动物群落的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(2): 464-474. [Zhu X Y, Dong Z X, Kuang F H, et al. Effects of fertilization regimes on soil faunal communities in cropland of purple soil, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(2): 464-474.]
- [39] Fare R, Grosskop S L, Weber W. Shadow price and pollution costs in U.S agriculture[J]. *Ecological Economics*, 2006, 56(1): 89-103.
- [40] 徐阳春, 沈其荣, 冉炜. 长期免耕与施用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响[J]. 土壤学报, 2002, 39(1): 89-96. [Xu Y C, Shen Q R, Ran W. Effects of zero-tillage and application of manure on soil microbial biomass C, N, and P after sixteen years of cropping[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2002, 39(1): 89-96.]

## Ecosystem service values and ecological costs of urban road green space in Yongjia County under different management modes

ZHANG Chengxiang, SUN Jinhua, WANG Wei, ZHANG Zhe

(Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

**Abstract:** Urban road green space is an important component of urban green space. With the rapid development of traffic, urban road green space is receiving increasing attention due to its ecological function. However, studies into the ecological costs of urban road green space such as resource consumption and environmental pollution are rare. Here, we established urban road green space ecosystem service values, ecological costs and net ecosystem service values evaluation models using prior work on ecosystem service value. We used urban road afforestation engineering in Yongjia county as a case study to evaluate ecosystem service values and ecological costs of urban road green space under different management modes. The results showed that the ecological costs of urban road green space in Yongjia County declined in the eco-management mode, so net ecosystem service values of urban road green space were nearly 50% higher than those under the general management mode. Under the general agricultural management mode, urban road green space in Yongjia provides product value and net ecosystem service values were 16.6% higher than in the general management mode. The rate of ecosystem service value of urban road green space in Yongjia under an eco-agricultural management mode were more than 4.5 times that in the general management mode. In the general management mode, ecological costs of urban road green space were enormous, among those costs, environment pollution caused by chemical fertilizer accounted for more than 60%. We suggest that urban green space should be managed using an eco-agricultural management mode so that people can maximize its ecological benefit.

**Key words:** urban road green space; management mode; ecosystem service value; ecological cost; Yongjia County in Zhejiang Province