

# Aboveground Biomass of Greening Tree Species and Carbon Storage for Different Types of Green Space in Chengyang Street

Shuyu Chen, Lixia Jiang, Zaiyuan Jiang, Xiuqing Liu, Yanhua Li\*, Jinming Yang

School of Landscape Architecture and Forestry, Qingdao Agricultural University, Qingdao Shandong  
Email: 2107648299@qq.com, 2249499579@qq.com, 820174167@qq.com, 994872959@qq.com,  
1525848824@qq.com, 272180732@qq.com

Received: Apr. 29<sup>th</sup>, 2018; accepted: May 22<sup>nd</sup>, 2018; published: May 29<sup>th</sup>, 2018

## Abstract

Based on the biomass model and the field survey, this study analyzed the biomass of the main afforestation species in Chengyang Street, Qingdao City, and calculated the spatial distribution of carbon density and carbon storage in different types of green space by using remote sensing inversion method. The results showed that the average aboveground biomass difference of the urban tree species in Chengyang Street was relatively large, the value for the largest biomass tree species Plane tree was 1205.67 kg, which was nearly 80 times as large as Acer palmatum which has the lowest biomass. The biomass of different organs of the same tree species was different, presented as the biomass of branches of 11 tree species such as Jack pine and Metasequoia was greater than the biomass of the leaves, while the remaining 11 tree species were opposite. Carbon storages in the green space for environmental protection, attached green space, park green space and productive green space were 1.1314 Tg, 0.6003 Tg, 0.0748 Tg and 0.0369 Tg respectively. This study made contributions to the comprehensive estimation of biomass and carbon storage of green space in Qingdao City.

## Keywords

Biomass, Carbon Storage, Greening Tree Species, Type of Green Space

# 城阳街道绿化树种地上生物量及不同绿地类型的碳储量

陈淑玉, 姜丽霞, 姜在渊, 刘秀青, 李彦华\*, 杨金明

\*通讯作者。

文章引用: 陈淑玉, 姜丽霞, 姜在渊, 刘秀青, 李彦华, 杨金明. 城阳街道绿化树种地上生物量及不同绿地类型的碳储量[J]. 地理科学研究, 2018, 7(2): 141-147. DOI: 10.12677/gser.2018.72019

青岛农业大学园林与林学院, 山东 青岛

Email: 2107648299@qq.com, 2249499579@qq.com, 820174167@qq.com, 994872959@qq.com, 525848824@qq.com, 272180732@qq.com

收稿日期: 2018年4月29日; 录用日期: 2018年5月22日; 发布日期: 2018年5月29日

## 摘要

本文利用生物量模型, 结合外业调查, 分析了青岛市城阳街道主要绿化树种生物量, 并利用遥感反演的方法计算了绿地生态系统的碳密度空间分布和不同绿地类型的碳储量。结果表明: 城阳街道绿化树种的平均地上生物量差距较大, 最大的悬铃木(Plane tree)为1205.67 kg, 是最低的鸡爪槭(Acer palmatum)的近80倍; 同一树种不同器官之间的生物量存在差异, 表现为黑松(Jack pine)、水杉(Metasequoia)等11个树种的树枝生物量大于树叶生物量, 剩余11个树种则相反; 防护绿地、附属绿地、公园绿地和生产绿地的碳储量分别为1.1314 Tg、0.6003 Tg、0.0748 Tg和0.0369 Tg。本研究为全面估算青岛市绿地生物量及碳储量奠定了基础。

## 关键词

生物量, 碳储量, 绿化树种, 绿地类型

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着大气 CO<sub>2</sub> 含量升高, 碳汇作为缓解全球气候变化的有效途径之一, 成为逐年研究的热点[1]。森林是陆地生态系统的重要组成部分, 寄托着人类降低大气 CO<sub>2</sub> 含量和减缓全球变暖趋势的希望[2]。作为森林生态系统的一部分, 城市森林的碳汇功能在打造低碳城市过程中起着很大的作用[3]。在城市绿地景观中, 以城市片林与草坪为主的城市绿地已成为城市土地利用变化后出现的主要城市景观, 在改善城市生态环境的同时具有显著的碳汇效益[4]。

目前, 针对自然林业的碳储量及碳汇效益等的研究较多, 但是对于城市绿地的固碳能力研究相对较少[5] [6] [7] [8] [9]。David 等对美国较大城市的树木碳贮量与固定进行了相应研究, 结果显示城市树木的平均碳贮量密度为 25.1 t(C)/hm<sup>2</sup>, 约为森林树木平均碳贮量密度的 1/2 [10]。在我国, 管东生等对广州城市绿地系统 C 的贮存量、分布及其在碳氧平衡中的作用进行了分析, 其结果显示城市园林树木平均碳贮量密度为 16.4 t(C)/hm<sup>2</sup> [11]。谢军飞等利用 1995 年和 2000 年北京城市园林绿化普查资料和遥感影像, 研究了北京城市园林树木碳储量, 结果表明, 2002 年北京城市园林树木总碳储量约为 58.88 万 t, 单位建成区面积碳储量为 7.70 t(C)/hm<sup>2</sup>, 2002 年新增碳储量达 0.46 万 t [12]。王紫君等根据上海城市森林的种植分布和经营状况利用 2011 年 6 月~2012 年 6 月样地实测森林生物量数据和同期 Landsat ETM+ 遥感图像, 在基于逐步回归分析建立森林生物量反演模型的基础上, 研究了上海市城市森林及其主要优势树种樟(Cinnamomum camphora)林分的生物量分布特征, 得出上海城市森林及樟林分的生物量总量分别为 3.57 Tg 和 1.33 Tg 的结论[13]。杨同辉研究表明, 城市绿地中相同乔木树种, 其不同器官的生物量也存在差异。

其中, 主要组成树种 66.57%的生物量分配于主干, 29.97%的生物量分配于树枝, 仅有 3.46%的生物量分配于树叶, 明显的生物量大小分配顺序为: 树干 > 树枝 > 树叶[14]。城市不同绿地类型的乔木树种的固碳效益的对比分析研究不足, 因此还需加强对城市不同绿地类型的景观的固碳效益研究。

本研究以青岛市城阳街道绿地景观为研究对象, 确定不同绿地类型对城阳街道固碳能力的贡献, 为准确估算城阳区绿地景观的固碳效益提供基础数据, 也为城市林业经营管理与规划提供科学的建议。

## 2. 研究区概况

城阳街道位于青岛市城阳区中部, 中心位置东经 120°12', 北纬 36°20', 东靠棘洪滩街道, 西邻棘洪滩, 南连流亭街道和夏庄街道, 北与即墨市接壤, 最大横距 11.9 公里、纵距 9.5 公里, 总面积 52.5 平方公里。城阳街道地势呈现东高西低, 形成了低山丘陵与平原、洼地的组合。城阳街道属暖温带季风气候, 四季变化和季风进退均较明显。因濒临黄海和胶州湾, 又具有明显的海洋性气候特点, 表现为: 春季较冷回暖晚, 夏无酷暑雨水多, 秋季偏热降温迟, 冬无严寒雨雪少, 无霜期长湿度大, 白天黑夜温差小。年平均降水量在 525.6~672.5 毫米之间。年平均总日照时数为 2622.3 小时。绿化树种主要有悬铃木(*Platanus acerifolia*)、洋白蜡(*Fraxinus pennsylvanica*)、雪松(*Cedrus deodara*)、黑松(*Pinus thunbergii* Parl.)、国槐(*Sophora japonica*)、绦柳(*Salix matsudana* Pendula)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)等。

## 3. 研究方法

本文首先利用样地调查法和树种地上生物量计算公式分析城阳街道主要绿化树种构成及生物量情况, 然后利用树木平均碳含量计算调查树木的碳储量, 并汇总得到样地范围的碳储量, 根据样地的面积计算样地的碳密度, 并建立其与 Google 高分影像之间的简单线性模型, 最后利用模型反演得到城阳街道的碳密度空间分布, 并在 ArcGIS 矢量化城阳绿地基础上, 分析公园绿地、生产绿地、防护绿地和附属绿地的碳储量。

### 3.1. 样地设置与调查

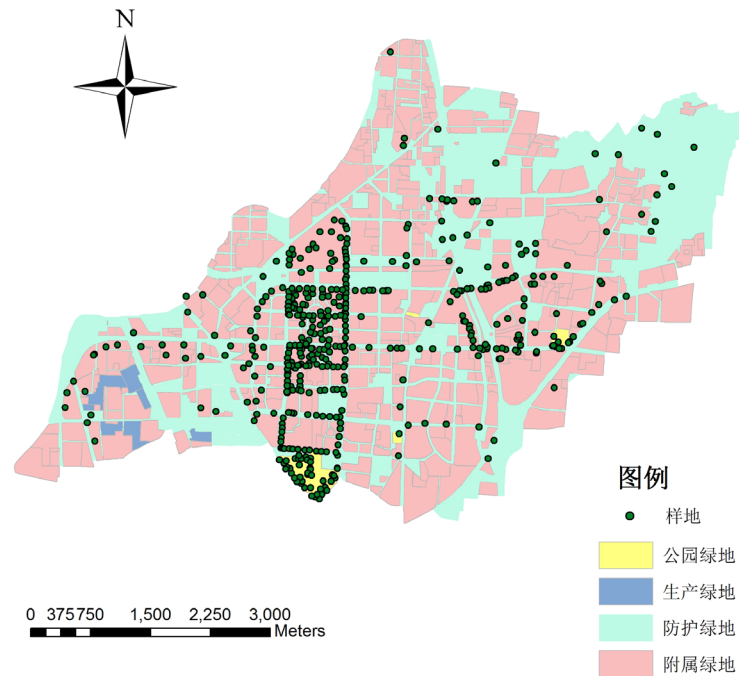
按照《城市绿地分类标准》(CJJ/T85-2002), 将城阳绿地景观划分为公园绿地、生产绿地、防护绿地和附属绿地 4 种绿地类型。其中, 生产绿地由苗圃绿地组成; 防护绿地包含道路绿地、商业绿地、农田、山地; 附属绿地包括公共绿地、工业用地、居住区绿地、单位附属绿地。在比较开阔, 乔木树分布比较均匀的地方设置  $5 \times 5 \text{ m}^2$  的样方, 带状公园、街旁绿地等设置  $2 \times 10 \text{ m}^2$  的样方, 实测样方内乔木树种的胸径和树高, 并记录中心点坐标。外业调查点的分布见图 1。

### 3.2. 单株树木生物量估算

乔木树种的地上生物量采用《造林项目碳汇计量监测指南》[15]给出的公式进行计算。具体公式见表 1。其中部分未明确计算公式的乔木归为软阔类, 分类统计各乔木树种的生物量。

### 3.3. 碳密度空间分布

阔叶树种和针叶树种分别按照平均碳含量 0.48 和 0.51 [15]计算调查树木的碳储量, 将样方内的乔木树地上碳储量求和, 然后除以样方面积, 计算得到样方碳密度。利用 ArcGIS10.3 提取调查点在 Google Earth 0.5 m 分辨率影像上相应位置的 3 个通道(分别是红光通道 Br, 绿光通道 Bg, 蓝光通道 Bb)的像元值。以碳密度值为因变量, 相应像元值为自变量, 进行 SPSS 线性逐步回归建模。利用回归模型和 Google 影像反演得到城阳街道的碳密度空间变化。



**Figure 1.** Distribution of sample plots  
**图 1.** 外业调查点分布

**Table 1.** Equations of organ biomass (W) with diameter at breast height (D) and height (H) of arbor  
**表 1.** 乔木各器官生物量(W)与胸径(D)、树高(H)的关系

树种	树干生物量 $W_S$	树枝生物量 $W_B$	树叶生物量 $W_L$	花果生物量 $W_P$	地上部分总生物量 $W_T$
黑松	$W_S = -25.244 + 4.7759D$	$W_B = 1.0395 + 0.0140D^2H$	$W_L = 0.4234 + 0.0122D^2H$	-	$W_T = W_S + W_B + W_L$
柏木	$W_S = 1.034885 + 0.0223(D^2H)$	$W_B = 0.095(D^2H)^{0.571}$	$W_L = 0.714(D^2H)^{0.583}$	-	$W_T = W_S + W_B + W_L$
水杉	$W_S = -0.656 + 0.028D^2H$	$W_B = -1.258 + 0.007D^2H$	$W_L = 0.004 + 0.001D^2H$	$W_P = 0.135 + 0.003D^2H$	$W_T = W_S + W_B + W_L + W_P$
马褂木	$W_S = 0.02426(D^2H)^{0.9423}$	$W_B = 0.000349(D^2H)^{1.268207}$	$W_L = 0.000419(D^2H)^{1.048786}$	$W_P = 0.004283(D^2H)^{0.88245}$	$W_T = W_S + W_B + W_L + W_P$
青桐	$W_S = 0.086217D^{2.00297}$	$W_B = 0.072497D^{2.011502}$	$W_L = 0.035183D^{1.63929}$	-	$W_T = W_S + W_B + W_L$
榆树	$W_S = 0.0709D^{2.42}$	$W_B = 4.924D^{0.976}$	$W_L = 1.163D^{0.64}$	-	$W_T = W_S + W_B + W_L$
杜仲	$W_S = 0.118194D^{2.047788}$	$W_B = 0.013137D^{2.919738}$	$W_L = 0.033970D^{0.001548}$	-	$W_T = W_S + W_B + W_L$
软阔类	$W_S = 0.012541(D^2H)^{1.144}$	$W_B = 0.004786(D^2H)^{1.006}$	$W_L = 0.047180(D^2H)^{0.769}$	-	$W_T = W_S + W_B + W_L$
毛白杨	地下生物量 $W_R$ $W_R = 0.0190(D^2H)^{0.8566}$		全树生物量 $W$ $W = 0.07688(D^2H)^{0.8964}$		$W_T = W - W_R$

## 4. 结果与分析

### 4.1. 树种生物量

外业调查各树种生物量计算结果见表2。表中可见,城阳街道主要绿化树种23个,其中,悬铃木、洋白蜡和雪松是应用最多的三个树种,出现频率分别为0.223、0.120和0.107,其余树种的应用频率均小于0.1,出现频率小于0.01的树种有柏木、马褂木、榆树、杜仲、赤松和鸡爪槭。23个树种中,平均胸径最大是绦柳30.2 cm,最小的为柏木3.5 cm,平均树高最高的为毛白杨29.3 m,最矮的是鸡爪槭2.8 m。

不同树种的地上部分总生物量差距较大。其中,生物量最高的树种为悬铃木1205.67 kg,是生物量最低的树种鸡爪槭的近80倍。包括悬铃木在内的7个树种生物量处于405.35~1205.67 kg之间,变化范围较大,7个树种的生物量小于100 kg。不同树种生物量之间的差异是由平均树高、平均胸径和计算公式直接决定的,悬铃木、绦柳等生物较大的树种,其在平均树高或平均胸径上要占一定优势,而鸡爪槭等生物量较小的树种,其平均树高或平均胸径往往较小。

同一树种不同器官之间的生物量存在差异。除毛白杨之外的22个树种中,所有树种的树干生物量均大于树枝和树叶的生物量,除黑松、柏木、雪松、旱柳、赤松外的其他树种的树干生物量要大于树枝和树叶生物量之和;黑松、水杉、马褂木、青桐、榆树、杜仲、樱花、洋白蜡、雪松、国槐、刺槐的树枝生物量大于树叶生物量,其余11个树种的树叶生物量要大于树枝生物量;树枝生物量占总生物量比重超过50%的树种为雪松,柏木的树叶生物量占总生物量比重的59.1%。

**Table 2.** Biomass of main greening trees in Chengyang Street

**表 2.** 城阳街道主要绿化树种生物量

树种	平均胸径	平均树高	出现频率	平均树干生物量	平均树枝生物量	平均树叶生物量	总生物量
黑松	16.1	9.41	0.017	51.74	29.51	25.24	106.50
柏木	3.5	5.80	0.004	22.10	4.75	38.73	65.58
水杉	15.0	20.48	0.015	184.16	44.95	6.60	235.72
马褂木	12.2	19.54	0.006	72.04	16.96	3.10	92.11
青桐	14.7	29.27	0.030	44.29	38.25	5.79	88.32
榆树	18.0	13.80	0.004	130.00	87.12	7.89	225.01
杜仲	12.3	21.60	0.002	172.26	53.62	6.68	232.56
紫叶李	8.0	6.88	0.075	25.25	3.57	9.00	37.82
樱花	10.0	7.50	0.028	44.87	14.02	7.06	65.94
银杏	14.0	9.32	0.064	96.42	11.70	16.99	125.11
洋白蜡	24.4	12.17	0.120	407.66	43.45	7.48	458.60
雪松	27.1	13.51	0.107	194.04	543.63	30.29	767.96
悬铃木	27.9	14.68	0.223	706.69	56.80	442.18	1205.67
乌桕	13.1	13.10	0.021	95.75	12.53	19.70	127.98
绦柳	30.2	10.75	0.038	898.79	53.94	56.20	1008.93
女贞	12.5	6.63	0.024	33.25	10.76	14.36	58.37
栾树	17.3	11.89	0.021	148.24	18.12	25.40	191.77
旱柳	23.7	9.23	0.013	42.84	28.74	36.38	107.95
国槐	22.2	11.40	0.073	338.71	49.47	43.29	431.48
刺槐	18.2	8.67	0.024	320.33	44.62	40.41	405.35
赤松	12.7	4.90	0.006	25.93	3.94	87.98	117.85
鸡爪槭	6.3	2.80	0.004	8.75	1.88	4.52	15.15
毛白杨	22.8	29.30	0.081	-	-	-	573.89



## 4.2. 碳密度空间变化

利用 SPSS 统计软件回归得到的碳密度反演公式为:

$$D\text{Carbon} = 1.187B_g - 2.045B_b + 23.417 \quad (1)$$

式中: DCarbon 为碳密度值;  $B_g$  为 Google 影像中绿光波段像元值;  $B_b$  为 Google 影像中蓝光波段像元值。利用式(1)进行遥感反演, 去掉小于 0 的像元值, 得到城阳街道的碳密度空间变化图(图 2)。

从图 2 可以看出, 城阳街道绿化覆盖较均匀, 乔木的碳密度变化范围为  $0.012 \sim 89.889 \text{ kg/m}^2$ , 较大的值主要分布在中轴区域, 包括青岛农业大学、区政府、民生广场、世纪公园等地方, 较小的值主要是在东北部丘陵地带。统计不同绿地类型的碳储量和平均碳密度见表 3。

由表 3 可知, 城阳街道 4 种绿地类型的占地面积差距很大, 防护绿地的面积最大, 为  $5.09 \text{ km}^2$ , 其次为附属绿地, 公园绿地和生产绿地的面积均小于  $0.3 \text{ km}^2$ , 远小于前两者。碳储量表现出与绿地面积相同的特点, 防护绿地的碳储量最大, 为  $1.1314 \text{ Tg}$ , 接下来依次为附属绿地、公园绿地和生产绿地, 碳储量分别为  $0.6003 \text{ Tg}$ 、 $0.0748 \text{ Tg}$  和  $0.0369 \text{ Tg}$ 。平均碳密度则与前两项截然不同, 最大的是公园绿地, 为  $28.96 \text{ kg/m}^2$ , 附属绿地、防护绿地、生产绿地的平均碳密度分别为  $21.88 \text{ kg/m}^2$ 、 $19.81 \text{ kg/m}^2$  和  $18.47 \text{ kg/m}^2$ 。

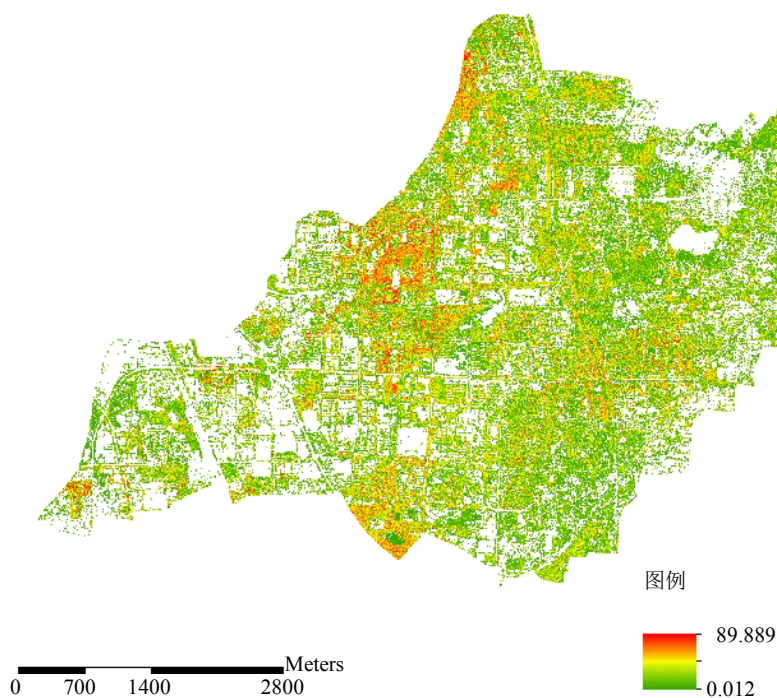


Figure 2. Spatial variation of carbon density in Chengyang Street  
图 2. 城阳街道碳密度空间变化图

Table 3. Carbon storage and average carbon density of different green spaces

表 3. 不同绿地类型碳储量和平均碳密度

绿地类型	面积/ $\text{km}^2$	碳储量/ $\text{Tg}$	平均碳密度/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$
公园绿地	0.23	0.0748	28.96
生产绿地	0.18	0.0369	18.47
防护绿地	5.09	1.1314	19.81
附属绿地	2.45	0.6003	21.88

## 5. 结论与讨论

本文利用生物量模型, 结合外业调查, 分析了青岛市城阳街道主要绿化树种生物量, 并利用遥感反演的方法计算了绿地生态系统的碳密度空间分布和不同绿地类型的碳储量, 得出以下结论:

1) 城阳街道主要绿化树种有 23 个, 其中, 悬铃木、洋白蜡和雪松是应用最多的三个树种; 不同树种的地上生物量差距较大, 最大的悬铃木为 1205.67 kg, 是生物量最低的树种鸡爪槭的近 80 倍; 同一树种不同器官之间的生物量存在差异, 所有树种的树干生物量最大, 黑松、水杉等 11 个树种的树枝生物量大于树叶生物量, 剩余 11 个树种则相反。

2) 城阳街道绿化覆盖较均匀, 乔木的碳密度变化范围为 0.012~89.889 kg/m<sup>2</sup>, 较大的值主要分布在中轴区域, 包括青岛农业大学、区政府、民生广场、世纪公园等地方, 较小的值主要是在东北部丘陵地带; 防护绿地的碳储量最大, 为 1.1314 Tg, 接下来依次为附属绿地、公园绿地和生产绿地, 碳储量分别为 0.6003 Tg、0.0748 Tg 和 0.0369 Tg。平均碳密度表现为公园绿地 > 附属绿地 > 防护绿地 > 生产绿地。

本文的研究对象是城市绿地, 其树木结构分布等相对复杂, 对定位要求较高, 常规手持 GPS 已不能满足要求, 因为, 若坐标偏差较大, 则其在高分辨率遥感影像上会多个像元的误差, 由此提取的像元值也会有较大误差, 进而会对线性模型的建立造成很大影响, 因此, 影响本文结果的关键因素在于精确定位样地点坐标。

## 基金项目

青岛农业大学高层次人才科研基金“青岛城阳区绿地景观固碳效益研究”; 青岛农业大学大学生科技创新项目“城阳区绿地景观固碳效益研究”。

## 参考文献

- [1] 李彦华, 张文辉, 申家朋, 周建云, 郭有燕. 甘肃黄土丘陵区侧柏人工幼林的碳密度及分配特征[J]. 林业科学, 2015, 51(6): 1-8.
- [2] 杨洪晓, 吴波, 张金屯, 林德荣, 常顺利. 森林生态系统的固碳功能和碳储量研究进展[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 41(2): 172-177.
- [3] 朱建军, 李秀芬, 张智奇, 叶正文. 城市森林碳汇功能与低碳经济探讨[J]. 上海农业学报, 2010, 26(4): 57-59.
- [4] 李熙波. 福州城市片林与草坪碳吸存比较研究[D]: [博士学位论文]. 福州: 福建师范大学, 2012.
- [5] 陈硕, 王琪, 任志刚, 刘路阳, 李德生. 城市绿地碳汇能力研究[J]. 山东林业科技, 2011, 41(6): 21-23.
- [6] 徐飞. 上海城市森林群落结构特征与固碳能力研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2010.
- [7] 王晓杰. 重庆主城区不同林地类型碳汇效益研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [8] 李珊. 吉林省国有森工林区森林碳汇能力研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2012.
- [9] 龙虎. 深圳市城市碳汇资源评估[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2017.
- [10] Nowak, D.J. and Crane, D.E. (2002) Carbon Storage and Sequestration by Urban Trees in the USA. *Environment Pollution*, 116, 381-389. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00214-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00214-7)
- [11] 管东生, 陈玉娟, 黄芬芳. 广州城市绿地系统碳的贮存、分布及其在碳氧平衡中的作用[J]. 中国环境科学, 1998, 18(5): 437-441.
- [12] 谢军飞, 李玉娥, 李延明, 高清竹. 北京城市园林树木碳贮量与固碳量研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(3): 5-6.
- [13] 王紫君, 申广荣, 朱赞, 韩玉洁, 刘春江, 王哲, 薛春燕. 基于遥感和空间分析的上海城市森林生物量分布特征[J]. 植物生态学报, 2016, 40(3): 1-9.
- [14] 杨同辉. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林生物量研究 D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2005.
- [15] 国家林业局造林绿化管理司. 造林项目碳汇计量监测指南[S]. 北京: 中国林业出版社, 2014.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2168-5762，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[gser@hanspub.org](mailto:gser@hanspub.org)