

## 基于二类调查数据的县级森林碳储量及碳密度测算

—以山东省泗水县为例

崔传洋<sup>1</sup>,李建华<sup>1\*</sup>,冯燕<sup>2</sup>,石宝冬<sup>1</sup>,李雪静<sup>1</sup>,边存宝<sup>1</sup>

1. 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 271018

2. 泗水县林业局, 山东 泗水 273200

**摘要:** 依据山东省泗水县 2015 年森林资源二类调查资料, 在充分利用现有数据的基础上, 运用本课题前期研究得到的 7 组碳含量方程, 并辅以常用碳汇参数综合测算了泗水县境内的森林碳储量和碳密度。结果表明: 泗水县森林总碳储量为  $3.3139 \times 10^6$  t, 碳密度为  $73.93 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。泗水县总碳储量主要集中在有林地 (71.85%) 和疏林地 (14.81%) 中, 二者占据了泗水县总碳储量的 86.66%。不同植被类型碳储量依次为: 有林地 ( $2.3810 \times 10^6$  t) > 疏林地 ( $4.9081 \times 10^5$  t) > 经济林 ( $2.6949 \times 10^5$  t) > 未成林造林地 ( $9.2892 \times 10^4$  t) > 村镇树 ( $4.6149 \times 10^4$  t) > 苗圃 ( $1.6923 \times 10^4$  t) > 灌木林 ( $1.6522 \times 10^4$  t)。该研究不仅为泗水县的森林碳汇生产提供了基础数据, 同时也为下一步的县级碳汇计量研究和评价提供了可供借鉴的技术方法。

**关键词:** 二类调查; 森林; 碳储量; 碳密度

**中图分类号:** S758.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2324(2017)02-0279-05

## Estimations on Carbon Storage and Carbon Density of Forest Resources Based on the County Forest Management Inventory

—The case of Sishui County

CUI Chuan-yang<sup>1</sup>, LI Jian-hua<sup>1\*</sup>, FENG Yan<sup>2</sup>, SHI Bao-dong<sup>1</sup>, LI Xue-jing<sup>1</sup>, BIAN Cun-bao<sup>1</sup>

1. College of Forestry/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

2. Sishui Forestry Bureau, Sishui 273200, China

**Abstract:** In this study, referring to the forest management inventory in Sishui County, Shandong Province, and seven equation sets of carbon storage as well as common carbon parameters were used to calculate the carbon storage and carbon density in Sishui County. The results showed that the total carbon storage in Sishui County was  $3.3139 \times 10^6$  t; the carbon density was  $73.93 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ . The carbon storage in Sishui County was mainly distributed in the forested land (71.85%) and the sparse forestland (14.81%), two of which accounted for almost 86.66% of total carbon storage. Carbon density of different vegetation types followed the order as below: forested land ( $2.3810 \times 10^6$  t) > sparse forestland ( $4.9081 \times 10^5$  t) > economic forest ( $2.6949 \times 10^5$  t) > unwood land ( $9.2892 \times 10^4$  t) > village trees ( $4.6149 \times 10^4$  t) > nursery land ( $1.6923 \times 10^4$  t) > shrub forest ( $1.6522 \times 10^4$  t). The research results not only provided an essential data to the production of forest carbon sink, but gave a technical method for further research on carbon sink calculation of the counties as well.

**Keywords:** Forest management inventory; forest; carbon storage; carbon density

森林是陆地生态系统的主体, 它不仅在维护区域生态平衡中具有不可替代性, 而且在吸收固定大气 CO<sub>2</sub>、维持全球碳平衡、防止气候变暖方面也发挥着举足轻重的作用<sup>[1]</sup>。《京都议定书》的签署使碳贸易逐渐成为了全世界的热点问题<sup>[2]</sup>, 进而也触发了人们对森林固碳问题的持续关注。本文基于中小尺度区域, 以山东省泗水县森林为对象, 利用森林二类调查获得的资源数据研究了县级区域森林的碳储量和碳密度问题。通过对整个县域森林碳储量特征及碳密度特征的研究, 可为地方森林今后的经营管理和林业可持续发展提供科学依据。本研究结合山东省森林资源二类调查资料测算县级区域碳汇, 文中的有林地乔木层碳储量运用专门建立的碳含量方程直接得出, 这不仅体现了计测方法的创新, 而且其碳储量和碳密度的测定值也更具有可靠性和权威性, 因而对指导县级森林的碳汇生产及碳汇交易具有积极意义。

**收稿日期:** 2016-04-08

**修回日期:** 2016-04-17

**基金项目:** 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05050203-02)

**作者简介:** 崔传洋(1991-),男,在读研究生.研究方向:森林可持续经营理论与技术. E-mail:woaicuicy@163.com

**\*通讯作者:** Author for correspondence. E-mail:ljhk@163.com

## 1 研究区概况

泗水县坐落于山东省中南部,泰沂山区南麓,泗河上游,是济宁市辖县。北纬 35°28'~35°48',东经 117°5'~117°35'之间。泗水县总面积 1118.11 km<sup>2</sup>。本次根据泗水县森林资源普查得到泗水县 12537 个小班,其总面积为 4.4827×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>,占泗水县总面积的 40.09%。主要乔木树种有油松 (*Pinus tabuliformis*)、赤松 (*Pinus densiflora*)、黑松 (*Pinus thunbergii*)、侧柏 (*Platycladus orientalis*)、麻栎 (*Quercus acutissima*)、刺槐 (*Robinia pseudoacacia*);主要经济树种有板栗 (*Castanea mollissima*)、核桃 (*Juglans regia*)、桃 (*Amygdalus persica* Linn)、苹果 (*Malus pumila* Mill) 等;主要灌木有金银花 (*Lonicera japonica* Thunb)、荆条 (*Hibiscus syriacus* Linn), 葡萄 (*Vitisvinifera* Linn) 等。土壤类型主要为褐土、棕壤与潮土。

## 2 研究方法

根据第九次全国森林资源清查山东省森林资源清查数据得出基础数据<sup>[3]</sup>。在山东省林地“一张图”的基础上,将泗水县植被类型分为有林地、疏林地、经济林、灌木林、苗圃、未成林造林地、村镇树七种类型分类研究。

### 2.1 有林地

根据清查结果将有林地分为侧柏林、松林、刺槐林、杨树林、栎类、混交林、其他乔林共七种植被类型。其中,其他乔林主要包括泡桐、柳树、五角枫等软叶树以及女贞、广玉兰等硬叶树。

小班碳储量包括乔木层碳储量、土壤层碳储量、灌木层碳储量、草本层碳储量和枯落物碳储量。乔木层碳储量根据清查数据、小班调查数据和山东省主要树种含碳量方程计算得出<sup>[4]</sup>,土壤层碳储量则根据各有林地类型中各土层的土壤容重和碳含量,与土层厚度、小班面积计算得出<sup>[5,6]</sup>。

本文中混交林碳储量是根据混交树种的比例按纯林方式计算得出的。关于其他乔林的碳储量问题,因其树种杂乱,面积较小,野外实地调查样地难以选取,因此本文采用树种替代法进行计算得出,具体方法是其他乔林中的软叶树采用了泡桐与杨树的平均数据,其他硬叶树采用了栎类和刺槐的平均数据。本文中的灌木层碳储量、草本层碳储量以及枯落物层碳储量因占总碳储量的比例较小,因此采用了简易方法,即直接根据课题前期所测得的山东省平均比例进行计算得出。

表 1 山东省主要树种含碳量方程<sup>[4]</sup> (单位: C/kg, D/cm, H/m)

Table 1 The binary carbon content equations of different species in Shandong Province (Unit: C/kg, D/cm, H/m)

树种 Tree species	含碳量方程 Carbon content equations	R <sup>2</sup>	P
赤松	$C = 0.1221 D^{1.9454} H^{0.3687}$	0.9670	<0.0001
侧柏	$C = 0.0478 D^{2.3201} H^{0.2376}$	0.9949	<0.0001
黑松	$C = -21.1608 + 0.0275 (D^2 H) + 3.4233 \ln(D^2 H)$	0.9924	<0.0001
油松	$C = 0.0323 D^{1.9844} H^{0.7092}$	0.9983	<0.0001
杨树	$C = 0.0180 D^{1.9934} H^{0.8472}$	0.9991	<0.0001
刺槐	$C = 0.1328 (D^2 H)^{0.7344} e^{-0.0003(D^2 H)}$	0.9592	<0.0001
栎类	$C = 0.0429 D^{2.0070} H^{0.6452}$	0.9994	<0.0001
山东省	$C = 0.0476 D^{1.9543} H^{0.6397}$	0.9998	<0.0001

### 2.2 疏林地

根据清查数据将疏林地划分为侧柏、刺槐、松类、杨树、其他等五种植被类型。其碳储量和碳密度调查研究方法与有林地相同。

### 2.3 经济林

本次调查中,经济林仅指果树林,主要包括苹果、梨、桃、杏、板栗等。因森林二类调查中对经济林不要求调查胸径及树高,仅调查面积,因此其碳储量是按照课题前期研究成果,即山东省经济林平均碳密度<sup>[7]</sup>计算得出的。

## 2.4 灌木林

灌木林碳储量根据单位面积生物量计算得出,灌木林的生物量依据《省级温室气体清单编制指南》<sup>[8]</sup>中给出的指标  $17.99 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$  计算得出,含碳率依据《全国林业碳汇计量监测技术指南》中给出的指标  $0.467$  计算得出<sup>[9]</sup>。灌木林土壤碳储量根据山东省土壤有机碳密度平均值<sup>[11]</sup>计算得出。

## 2.5 苗圃和未成林造林地

对泗水县的苗圃碳储量和未成林造林地的碳储量测算方法如下:以胸径大小划分,胸径大于  $5 \text{ cm}$  的按有林地测算,胸径小于  $5 \text{ cm}$  的或没有明显胸径的按灌木林进行测算。土壤碳储量根据山东省土壤有机碳密度平均值<sup>[11]</sup>计算得出。

## 2.6 村镇树

泗水县森林资源二类清查资料中村镇树有相应的树高及胸径,其碳储量测算方法为:树体部分由碳含量方程直接计算得出,土壤部分根据村镇树所占土地面积按山东省土壤平均碳密度<sup>[9]</sup>计算得出,其中,村镇树覆盖面积是按用材树木按每公顷  $1650$  株,经济树木按  $750$  株/ $\text{hm}^2$  核算得出的(该标准来自于《山东省森林资源动态监测信息系统建设森林资源调查操作细则》<sup>[10]</sup>)。

# 3 结果与分析

## 3.1 有林地碳储量和碳密度

3.1.1 乔木层碳储量和碳密度 乔木层碳储量为  $6.5487 \times 10^5 \text{ t}$ 。其平均碳密度为  $23.2151 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,由表2可知不同类型乔木层碳密度依次表现为:栎类( $82.84 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>侧柏( $30.81 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>混交林( $23.15 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>杨树( $22.23 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>松类( $20.52 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>其他乔林( $19.87 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>刺槐( $16.39 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )。(表2)

3.1.2 土壤层碳储量和碳密度 土壤层平均碳密度为  $60.0545 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,土壤层总碳储量为  $1.6937 \times 10^6 \text{ t}$ 。不同类型土壤层碳密度依次表现为:混交林( $117.3380 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>侧柏( $100.33 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>栎类( $74.77 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>其他乔林( $68.09 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>刺槐( $67.76 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>杨树( $48.82 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>松类( $39.69 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )。(表2)

表2 不同有林地乔木层与土壤层碳储量和碳密度

Table 2 Carbon storage and density of trees, soil in different forest lands

森林类型 Forest types	面积( $\text{hm}^2$ ) Area	乔木碳储量(t) Carbon storage of trees	乔木碳密度( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ) Carbon density of trees	土壤碳储量(t) Carbon storage of soil	土壤碳密度( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ) Carbon density of soil	总碳储量(t) Total carbon storage	平均碳密度( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ) Average carbon density
侧柏	4527.05	$1.3947 \times 10^5$	30.81	$4.5420 \times 10^5$	100.33	$5.9367 \times 10^5$	131.14
松类	774.69	$1.5898 \times 10^4$	20.52	$3.0749 \times 10^4$	39.69	$4.6647 \times 10^4$	60.21
刺槐	2181.34	$3.5754 \times 10^4$	16.39	$1.4781 \times 10^5$	67.76	$1.8356 \times 10^5$	84.15
杨树	$1.8698 \times 10^4$	$4.1574 \times 10^5$	22.23	$9.0793 \times 10^5$	48.82	$1.3237 \times 10^6$	70.79
栎类	107.49	$8.9046 \times 10^3$	82.84	$8.0371 \times 10^3$	74.77	$1.6942 \times 10^4$	157.61
混交林	288.24	$6.6740 \times 10^3$	23.15	$3.3822 \times 10^4$	117.34	$4.0496 \times 10^4$	140.49
其他乔林	1632.18	$3.2427 \times 10^4$	19.87	$1.1113 \times 10^5$	68.09	$1.4356 \times 10^5$	87.96
合计	$2.8209 \times 10^4$	$6.5487 \times 10^5$	23.22	$1.6937 \times 10^6$	60.04	$2.3486 \times 10^6$	83.26

3.1.3 灌木层、草本层、枯落物层碳储量和碳密度 灌木层碳储量、草本层碳储量以及枯落物层碳储量因其占有总碳储量比例极小,根据课题前期计算山东省森林生态系统灌木层、草本层及枯落物层

占总碳储量的 1.13%进行计算<sup>[7,12]</sup>。得出其碳储量为  $3.2158 \times 10^4$  t, 其碳密度为  $1.14 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

3.1.4 有林地碳储量及碳密度总况 泗水县有林地总碳储量为  $2.3810 \times 10^6$  t, 碳密度为  $84.40 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。不同有林地碳储量依次表现为: 杨树 ( $1.3451 \times 10^6$  t) > 侧柏 ( $5.9883 \times 10^5$  t) > 刺槐 ( $1.8605 \times 10^5$  t) > 其他乔林 ( $1.4542 \times 10^5$  t) > 松类 ( $4.7531 \times 10^4$  t) > 混交林 ( $4.0824 \times 10^4$  t) > 栎类 ( $1.7064 \times 10^4$  t)。空间层次分布上, 不同空间层次碳储量占总碳储量的比例分别为: 土壤层 (71.14%)、乔木层 (27.51%)、枯落物层、草本层、灌木层共为 (1.35%), 土壤层碳储量占有比例明显高于乔木层碳储量, 这与周玉荣研究土壤是森林生态系统中最大的碳库一致<sup>[13]</sup>。

### 3.2 疏林地碳储量及碳密度

表 3 疏林地碳储量及碳密度  
Table 3 Carbon storage and density in different sparse forest land

疏林类型	面积(hm <sup>2</sup> )	乔木碳储量 (t)	土壤碳储量 (t)	总碳储量 (t)	平均碳密度 (t·hm <sup>-2</sup> )
Sparse forest lands	Area	Carbon storage of trees	Carbon storage of soil	Total carbon storage	Average carbon density
侧柏	361.55	3200.8950	$3.5297 \times 10^4$	$3.8498 \times 10^4$	106.48
刺槐	86.62	1094.1958	6901.1648	7995.3606	92.30
松类	22.02	238.2630	401.9740	640.2370	29.08
杨树	6.02	73.2004	155.5271	228.7275	37.99
其它	7613.52	$7.2741 \times 10^4$	$3.7071 \times 10^5$	$4.4345 \times 10^5$	58.25
合计	8089.73	$7.7348 \times 10^4$	$4.1347 \times 10^5$	$4.9081 \times 10^5$	60.67

疏林地总碳储量为  $4.9081 \times 10^5$  t。不同类型碳储量由高到低依次为其它 ( $4.4345 \times 10^5$  t) > 侧柏 ( $3.8498 \times 10^4$  t) > 刺槐 (7995.3606 t) > 松类 (640.2370 t) > 杨树 (228.7275 t), 不同类型碳密度由高到低依次为侧柏 ( $106.48 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 刺槐 ( $92.30 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 其它 ( $58.25 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 杨树 ( $37.99 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 松类 ( $29.08 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )。(表 3)

### 3.3 泗水县总碳储量及碳密度

表 4 泗水县总碳储量及碳密度  
Table 4 Carbon storage and density in Sishui County

植被类型 Vegetation types	面积(hm <sup>2</sup> ) Area	面积比例(%) Area proportion	植被碳储量(t) Carbon storage of trees	植被碳密度	土壤碳储量(t) Carbon storage of soil	总碳储量(t) Total carbon storage	碳储量比例(%) Carbon storage proportion	碳密度(t·hm <sup>-2</sup> ) The average Carbon density
				(t·hm <sup>-2</sup> ) Carbon density of trees				
有林地	$2.8209 \times 10^4$	62.93	$6.8703 \times 10^5$	24.36	$1.6937 \times 10^6$	$2.3810 \times 10^6$	71.85	84.40
疏林地	8089.73	18.05	$7.7348 \times 10^4$	9.56	$3.7071 \times 10^5$	$4.9081 \times 10^5$	14.81	60.67
经济林	4175.58	9.31	$3.6536 \times 10^4$	8.75	$2.3296 \times 10^5$	$2.6949 \times 10^5$	8.13	64.54
灌木林	388.74	0.87	$1.6751 \times 10^3$	4.31	$1.4850 \times 10^4$	$1.6522 \times 10^4$	0.50	42.51
苗圃	420.91	0.94	$0.8441 \times 10^3$	2.01	$1.6079 \times 10^4$	$1.6923 \times 10^4$	0.51	40.21
未成林造林地	2339.85	5.22	$3.5098 \times 10^3$	1.50	$8.9382 \times 10^4$	$9.2892 \times 10^4$	2.80	39.70
村镇树	1203.27	2.68	$0.1841 \times 10^3$	0.15	$4.5965 \times 10^4$	$4.6149 \times 10^4$	1.39	38.35
合计	$4.4827 \times 10^4$		$8.0713 \times 10^5$	18.45	$2.5068 \times 10^6$	$3.3139 \times 10^6$		73.93

泗水县森林总碳储量为  $3.3139 \times 10^6$  t, 不同植被类型碳储量依次为: 有林地 ( $2.3810 \times 10^6$  t) > 疏林地 ( $4.9081 \times 10^5$  t) > 经济林 ( $2.6949 \times 10^5$  t) > 未成林造林地 ( $9.2892 \times 10^4$  t) > 村镇树 ( $4.6149 \times 10^4$  t) >

苗圃 ( $1.6923 \times 10^4 \text{ t}$ ) > 灌木林 ( $1.6522 \times 10^4 \text{ t}$ )。泗水县碳密度为  $73.93 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ; 不同植被类型碳密度由高到低依次为有林地 ( $84.40 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 经济林 ( $64.54 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 疏林地 ( $60.67 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 灌木林 ( $42.51 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 苗圃 ( $40.21 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 未成林造林地 ( $39.70 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 村镇树 ( $38.35 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )。(表4)

## 4 讨论

随着全球气候变暖和碳贸易时代的逐步到来,森林碳汇的经济价值、社会价值以及科学计量的重要性已在林学界有了共同的认识,然而如何计量区域碳汇的储量和产量问题目前依然未有良好的解决方法,这无疑给碳贸易实践带来了困难。森林资源二类调查是由国家统一组织、基层林业单位逐个小班落实的森林资源数据,其具有良好的准确性和可靠性,本论文以二类调查资料为基础推算区域森林碳储量显然具有可信的数据基础,加之应用本项目前期研究的碳含量方程直接计算碳汇,这使得最终的碳汇计量结果除了基础数据可靠外,又增加了方法上的科学性,因此,对区域碳汇计量方法是一种新的有益尝试,因此,作者希望本文的计测过程及计测结果能对下一步的县级区域森林碳汇计测问题起到一定的借鉴作用。

## 5 结论

依据泗水县2015年森林资源二类调查资料,在充分利用现有数据的基础上,运用本课题前期研究得到的7组碳含量方程,并辅以常用碳汇参数综合测算了泗水县境内的森林碳储量和碳密度。结果表明:泗水县森林总碳储量为  $3.3139 \times 10^6 \text{ t}$ ,泗水县总碳储量主要集中在有林地 (71.85%) 和疏林地 (14.81%) 中,二者占据了泗水县总碳储量的 86.66%。不同植被类型碳储量依次为:有林地 ( $2.3810 \times 10^6 \text{ t}$ ) > 疏林地 ( $4.9081 \times 10^5 \text{ t}$ ) > 经济林 ( $2.6949 \times 10^5 \text{ t}$ ) > 未成林造林地 ( $9.2892 \times 10^4 \text{ t}$ ) > 村镇树 ( $4.6149 \times 10^4 \text{ t}$ ) > 苗圃 ( $1.6923 \times 10^4 \text{ t}$ ) > 灌木林 ( $1.6522 \times 10^4 \text{ t}$ )。泗水县碳密度为  $73.93 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ; 不同植被类型碳密度由高到低依次为有林地 ( $84.40 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 经济林 ( $64.54 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 疏林地 ( $60.67 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 灌木林 ( $42.51 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 苗圃 ( $40.21 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 未成林造林地 ( $39.70 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) > 村镇树 ( $38.35 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )。该研究不仅为泗水县的森林碳汇生产提供了基础数据,同时也为下一步的县级碳汇计量研究和评价提供了可供借鉴的技术方法。

## 参考文献

- [1] Canadell JG, Mooney HA, Baldocchi DD, *et al.* Carbon Metabolism of the Terrestrial biosphere: A multi technique approach for improved understanding[J]. *Ecosystems*, 2000(3):115-130
- [2] 李挚萍.《京都议定书》与温室气体国际减排交易制度[J].*环境保护*,2004(2):58-60
- [3] 孙天旭,杨传强,王永华,等.山东省森林资源动态监测调查系统 V1.0 在森林资源普查中的应用[J].*山东林业科技*,2014(6):73-74
- [4] 曹宁.山东省主要树种的含碳量方程构建[D].泰安:山东农业大学,2015
- [5] 陈景和,谭绪泉.山东省森林碳储量调查研究[J].*山东林业科技*,2014(2):11-14
- [6] 王绍强,周成虎.中国陆地土壤有机碳库的估算[J].*地理研究*,1999,18(4):349-355
- [7] 刘成杰.基于典型样地的山东省森林碳储量及碳密度研究[D].泰安:山东农业大学,2014
- [8] 国家发展改革委应对气候变化司.省级温室气体清单编制指南(试行)[R].北京:国家发展改革委,2011
- [9] 国家林业局林业碳汇计量监测中心.全国林业碳汇计量监测技术指南(试行)[R].北京:国家林业局,2010
- [10] 山东省林业监测规划院.山东省森林资源动态监测信息系统建设森林资源调查操作细则[R].山东:山东省林业厅,2014
- [11] 代杰瑞,庞绪贵,曾宪东,等.山东省土壤有机碳密度的空间分布特征及其影响因素[J].*环境科学研究*,2015(9):1449-1458
- [12] 吴丹,邵全琴,刘纪远,等.1985-2030年江西泰和县森林植被碳储量的时空动态[J].*应用生态学报*,2011,22(1):41-46
- [13] 周玉荣,于振良,赵士洞.我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡[J].*植物生态学报*,2000,24(5):518-522