

基于绿色溢价的碳价格对森林碳汇价值评估

蒋文国¹, 郝琪²

¹北京农学院基础教学部, 北京

²北京金风慧能技术有限公司, 北京

收稿日期: 2021年9月27日; 录用日期: 2021年10月12日; 发布日期: 2021年10月27日

摘要

实现“30·60”碳目标,是党和国家对全球改善生态环境做出的庄重承诺。健康完善的碳交易市场中,利用市场机制实现节能减排是实现碳中和目标的重要措施。其中考虑森林碳汇量和碳价格的森林碳汇市场是碳交易市场的一个重要组成部分。本文正是聚焦于森林碳汇市场,受益于绿色溢价的理念,从各行业平均绿色溢价和碳排放占比两个维度去构建碳定价机制,建立绿色溢价概念下的森林碳汇经济价值模型。相较于传统的碳定价方法,绿色溢价对于碳定价意义,不只是支撑符合社会净成本理论下的差别碳价含义,更重要的价值是可以衡量各地区碳中和技术的成熟程度,为当地政府做出节能减排的合理决策提供有益的参考。最后,以北京市2019年森林统计数据为实例,参考相关文献资料量化加权平均行业绿色溢价为52.4%,计算得到绿色溢价视角下北京市森林碳汇价格和森林碳汇经济价值分别为68.58元和178,510万元。

关键词

森林碳汇经济价值, 绿色溢价, 碳中和

Evaluation of the Value of Forest Carbon Sinks Based on the Carbon Price of Green Premium

Wenguo Jiang¹, Qi Hao²

¹Basic Teaching Department, Beijing University of Agriculture, Beijing

²Golden Wind HuiNeng Technology Co., Ltd., Beijing

Received: Sep. 27th, 2021; accepted: Oct. 12th, 2021; published: Oct. 27th, 2021

文章引用: 蒋文国, 郝琪. 基于绿色溢价的碳价格对森林碳汇价值评估[J]. 统计学与应用, 2021, 10(5): 908-915.
DOI: 10.12677/sa.2021.105095

Abstract

Achieving the “30·60” carbon target is a solemn commitment made by the party and the country to improve the global ecological environment. In a healthy and complete carbon trading market, the use of market mechanisms to achieve energy conservation and emission reduction is an important measure to achieve the goal of carbon neutrality. Among them, the forest carbon sink market, which considers the amount of forest carbon sinks and carbon prices, is an important part of the carbon trading market. This article focuses on the forest carbon sink market, benefiting from the concept of green premium, constructing a carbon pricing mechanism from the two dimensions of the average green premium of each industry and the proportion of carbon emissions, and establishing the economic value model of forest carbon sinks under the concept of green premium. Compared with traditional carbon pricing methods, the significance of green premium for carbon pricing is not only to support the meaning of differential carbon prices under the social net cost theory, but also to measure the maturity of carbon neutral technologies in various regions. The government makes reasonable decisions on energy conservation and emission reduction to provide useful references. Finally, taking Beijing's forest statistics in 2019 as an example, referring to relevant literature data to quantify the weighted average industry green premium of 52.4%, calculated from the perspective of green premium, the price of forest carbon sinks in Beijing and the economic value of forest carbon sinks are 68.58 yuan and 1785.1 million yuan respectively.

Keywords

Economic Value of Forest Carbon Sinks, Green Premium, Carbon Neutral

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial International License (CC BY-NC 4.0).

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



Open Access

1. 引言

习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布, 中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, 二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值, 努力争取 2060 年前实现碳中和。实现“30·60”碳目标, 是党中央立足国际国内大局做出的重大战略决策, 对我国生态文明建设、引领全球气候治理, 实现“两个一百年”奋斗目标具有重要意义。加快推进构建碳交易市场, 稳步推进碳排放权交易, 充分发挥市场机制对碳减排的引导作用, 是实现碳达峰碳中和目标的重要举措。其中, 森林碳汇市场是碳市场的一个重要组成部分。相较于其它减排方式, 森林碳汇拥有更显著的优势, 不仅可以达到固碳减排的目的, 而且会带来一系列综合效益, 诸如保护生物多样性、扶贫增收、提升生活宜居性等。但是, 森林碳汇进入碳市场的前提是必须能以经济价值量化表示, 本文拟从碳市场各行业平均绿色溢价视角对森林碳汇经济价值量化建模进行探讨。

2. 森林碳汇相关

二氧化碳作为一种常见的气体, 本身不具有价值, 但是当人们赋予它一种稀缺性, 就使得二氧化碳具有了价值。“碳汇”一般是指通过生物固碳或物理固碳等方式将空气中二氧化碳以及其它温室气体从大气中固化的过程、活动和机制[1]。森林碳汇是指森林生态系统吸收大气中二氧化碳并将其固定在植被

和土壤中,从而降低大气中二氧化碳浓度的过程[2][3]。森林碳汇归属于碳汇的一种,是一种可在碳市场上流通、交易的正式商品,显然,这就赋予了森林碳汇金融属性和经济价值。

目前国内森林碳汇市场主要有两类:一类是清洁发展机制(CDM)下的森林碳汇项目交易,即京都市场;另一类是自愿市场的森林碳汇交易,主要包括林业碳汇 CCER 项目和其它类型项目。

3. 森林碳汇经济价值的评估方法

3.1. 森林碳汇量

量化森林碳汇经济价值的思想主要是将其产生的经济效益转化成价值。需要知道森林的总碳汇量和对应的碳价格。目前对森林总碳汇量计量研究较多,典型的有生物量法、蓄积量法、生物量清单法和涡度相关法等。本文拟基于杨美丽[1]等提出的森林活立木积蓄量法,建模计量森林碳汇量。森林碳汇量的估算方法采用森林蓄积量转换因子法。通过计算树木生物固碳量、林下植物固碳量和林地固碳量,对三者求和得到森林全部碳汇量。

$$\begin{aligned} CF &= \text{树木生物量固碳量} + \text{林下植物固碳量} + \text{林地固碳量} \\ &= \sum_i \sum_j S_{s-ij} \cdot C_{ij} + \sum_i \sum_j S_{x-ij} \cdot C_{ij} + \sum_i \sum_j S_{d-ij} \cdot C_{ij} \\ C_{ij} &= V_{ij} \cdot \delta \cdot \rho \cdot \gamma \end{aligned}$$

CF : 森林全部固碳量;
 S_{s-ij} : 第 i 类地区第 j 类森林类型的面积;
 S_{x-ij} : 第 i 类地区第 j 类林下类型的面积;
 S_{d-ij} : 第 i 类地区第 j 类林地类型的面积;
 C_{ij} : 第 i 类地区第 j 类森林类型生物量的碳密度;
 V_{ij} : 第 i 类地区第 j 类森林类型单位面积的立木蓄积量;
 δ : 森林资源蓄积扩大系数;
 ρ : 容积密度;
 γ : 含碳率;
 α : 林下植物碳转换系数;
 β : 林地碳转换系数。

这里各换算系数的取值根据联合国政府间气候变化专门委员会规定的默认取值。森林资源蓄积扩大系数 δ 默认为 1.90, 容积密度即干重系数 ρ 默认为 0.5, 含碳率 γ 默认为 0.5, 林下植物碳转换系数 α 默认为 0.195, 林地碳转换系数 β 默认为 1.244。

3.2. 森林碳汇价格

现阶段,碳价在执行层面有两种形式:碳税和碳交易价格,前者是政府通过税收直接设定一个碳价格,以弥补碳的市场价格的缺失。后者是创造一个交易市场,在政策设定的排放总量限制下由交易双方形成价格(cap and trade)。

碳税的优势是透明、价格可预期,有利于经济主体的长期规划,但缺点是与减排目标的关系不直接、不稳定,也就是减排量的可预期性差[4][5]。碳交易价格是在市场交易中自发形成的,衡量的是碳排放的社会成本,其作用机制是通过收费将碳排放的社会成本转化为排放者成本,促使经济主体降低化石能源消耗,同时提升从化石能源向清洁能源转换的动力。从碳减排目标看,碳汇的市场价格,最直接

的体现碳汇的经济价值。

至此, 审慎理解巴黎协议提出的目的: 改善全球温室效应, 降低二氧化碳浓度。具体而言就是大力推行低碳经济, 推进经济主体向清洁能源转换, 减少各行业向大气排放二氧化碳量。回归碳汇交易产生的根源, 工业革命以后, 人类的活动冲击了原有碳循环系统中的碳源和碳汇的平衡, 化石能源的使用导致大气中二氧化碳浓度上升, 温室效应带来地球气候变暖。为应对气候变暖问题, 全球各国提出采用市场机制新方法激活减排动力, 碳排放权做为交易商品登上碳交易市场。遗憾的是, 森林碳汇作为碳市场的重要组成部分。目前森林碳汇经济价值量化的两个因素: 碳汇总量和碳价格的构成中均没有考虑社会各行业在推行低碳经济, 减少二氧化碳排量的责任和价值。

更进一步讲, 现有的森林碳汇经济价值量化模型, 似乎都有意无意的忽略了这样一个事实和一个问题: 不同区域中各社会行业占比多数不同, 不同行业的经济主体向清洁能源转换成本是否一样? 由于经济主体主导行业向清洁能源转换的成本, 很大程度上影响了碳排放权的消耗。这样一个不考虑行业清洁能源转换成本的碳成本测算, 似乎已经对于现实碳定价逻辑产生了重要影响。因此, 有必要在原碳成本测算的理论方法之外, 换一个思路去思考更可行的测算差别化的碳定价问题。

在目前的碳定价机制中, 仅从碳排放占比这单一维度计量。然后在纯粹的碳市场中, 碳排放权的供给是缺乏弹性的, 需求的冲击吸纳将只能体现在碳价方面, 高度波动的碳价不利于相关行业的绿色可清洁能源投资与技术进步。

绿色溢价的测算可以给我们一些有益的启发。绿色溢价是使用零排放的燃料(或技术)的成本会比使用现在的化石能源(或技术)的成本高多少[6]。绿色溢价对于碳定价意义, 不只是支撑符合社会净成本理论下的差别碳价含义, 更重要的价值是可以衡量社会各行业碳中和技术的成熟程度。碳汇交易市场一项重要的意义就是为了减少二氧化碳的排放, 保护环境, 鼓励碳排放企业转型。绿色溢价越大, 说明清洁能源利用成本越大, 利用清洁能源替代化石能源的困难性越大。从而企业对碳排放权的消耗需求也会越强, 碳汇的经济价值增加。从绿色溢价和碳排放占比两个维度去构建碳定价机制, 以更好的利用两种定价机制的优点, 实现更有利的促进碳中和政策制订。

正如前边的逻辑关系, 如果行业的绿色溢价越高, 意味着这些行业在碳中和路上更加迫切的需要技术创新的激励。对于一个地区来讲, 各行业的平均绿色溢价越高, 意味着这个地区达到零碳排放的建设规划任务越繁重, 森林碳汇的经济价值相对也就越大, 例如碳汇造林等林业碳汇项目发展潜力也越大。因此, 森林碳汇价值的评估, 要考虑到经济活动中清洁能源替代化石能源转换的动力大小。森林碳汇价格应该在原有碳汇价格基础上赋予额外的绿色价值。进一步刺激企业、民众能参与到森林碳汇交易市场中, 早日实现国家“碳中和”战略目标。

基于此, 本文尝试对碳汇价格进行重新定义。对碳汇价值相关的碳价概念, 以据不同地区的经济主体向清洁能源转换成本进行区分, 作为进一步探讨的基础; 剖析统一碳价思路背后存在的逻辑问题, 基于社会净成本的概念提出差别碳价思路; 为兼顾统计学意义和可操作性, 选取各地区二氧化碳排放量前 N 位, 累加占比大于 85% 的经济主体行业, 计算绿色溢价系数 ρg 。

$$\rho g = \sum_{i=1}^N \omega_i \cdot \frac{C_{i, clean} - C_{i, fossil}}{C_{i, fossil}} \times 100\%$$

$C_{i, clean}$: 第 i 类行业经济活动采用清洁能源成本;

$C_{i, fossil}$: 第 i 类行业经济活动采用化石能源成本;

ω_i : 第 i 类行业经济活动碳排放量百分比。

由绿色溢价系数构建绿色溢价视角下的森林碳汇碳市场价格为：

$$P = P_0 \times (1 + \kappa)$$
$$\kappa = \begin{cases} \rho_g, \rho_g > 0 \\ 0, \rho_g \leq 0 \end{cases}$$

P_0 ：碳税价格。

3.3. 森林碳汇经济价值

基于绿色溢价的碳交易价格对森林碳汇经济价值量化建模：

$$\text{Value} = CF \cdot P = CF \cdot P_0 \times (1 + \kappa)$$

4. 北京市森林碳汇价值评估实证

4.1. 北京市森林碳汇量

北京作为中华人民共和国首都。为历史悠久的世界著名古城。位于华北平原西北边缘，东南距渤海约 150 千米。面积 16,410 平方千米。北有军都山，西有西山，山地占全市面积的 62%，森林资源丰富。今日的北京更已发展成为一座现代化的国际大都市：世界 500 强企业中共有 21 家总部位于北京，高居全球第五；金融街、北京商务中心区等商务区更是北京对外开放和经济实力的象征。在节能减排方面，2013 年北京成为全国八个开展碳排放交易试点之一，涵盖重点排放单位碳 943 家，涉及十多种企业所属行业。2021 年，北京市政府提出完善碳排放权交易制度，承建全国温室气体自愿减排管理和交易中心。可以说北京市在完善绿色生产制度和政策导向，督促企业带头落实，引导企业主体参与，推进源头减排方向上一直走在了全国的前列。因此有必要从企业所属行业的绿色溢价和碳排放占比两个维度去构建碳定价机制，重新建立北京市森林碳汇监测体系。

本文引用北京市政务数据资源网 2019 年 12 月公布的北京市森林资源情况统计数据整理全市各区森林面积、林地面积、林木面积量和活立木蓄积量，具体如表 1~4 所示。

Table 1. Forest area in various districts of Beijing
表 1. 北京市各区森林面积公顷量

	西城	东城	朝阳	丰台	石景山	海淀	门头沟	房山
森林面积 (公顷)	431.7	552.44	10,170.37	8441.16	2386.75	15,350.36	67,627.97	69,703.14
	通州	顺义	昌平	大兴	怀柔	平谷	密云	延庆
	27,485.5	31,343.5	63,566.98	30,571.44	122,918.29	63,849.01	145,012.52	118,192.3

Table 2. Area of forest land in various districts of Beijing
表 2. 北京市各区林地面积公顷量

	西城	东城	朝阳	丰台	石景山	海淀	门头沟	房山
林地面积 (公顷)	431.7	552.44	11,310.25	9702.03	3009.78	17,982.06	134,645.43	139,573.08
	通州	顺义	昌平	大兴	怀柔	平谷	密云	延庆
	31,479.1	40,707.83	89,878.72	33,777.46	184,238.85	70,574.96	169,203.07	162,215.83

Table 3. Forest area in various districts of Beijing
表 3. 北京市各区林木面积公顷量

	西城	东城	朝阳	丰台	石景山	海淀	门头沟	房山
林木面积 (公顷)	738.75	800.78	11,895.79	12,320.68	3428.45	17,457.49	101,578.01	124,465.62
	通州	顺义	昌平	大兴	怀柔	平谷	密云	延庆
	31,076.34	37,888.91	90,003.74	33,296.96	169,873.28	68,257.34	163,284.92	142,892.06

Table 4. Stock volume of standing timber per unit area in various districts of Beijing
表 4. 北京市各区单位面积活立木蓄积量

	西城	东城	朝阳	丰台	石景山	海淀	门头沟	房山
单位面积 活立木蓄积量 (立方米/公顷)	30.00	19.26	21.96	23.27	16.75	21.18	4.49	5.07
	通州	顺义	昌平	大兴	怀柔	平谷	密云	延庆
	20.34	24.83	7.12	19.56	4.65	5.90	5.40	5.83

由上述统计数据，利用文中森林碳汇量公式计算得(表 5):

Table 5. Forest carbon sink
表 5. 森林碳汇量

活立木蓄积量 (万立方米)	林木生物量碳汇量 (万吨)	林下植物碳汇量 (万吨)	林地碳汇量 (万吨)	森林碳汇汇总 (万吨)
2246.78	1067.2205	208.1080	1327.6223	2602.9508

4.2. 绿色溢价视角下北京市森林碳汇价格

统计北京市 2016 年至 2019 年各行业二氧化碳平均排放量占比，为计算方便，选取占比前 4 的行业作为分析对象(如图 1 所示)。

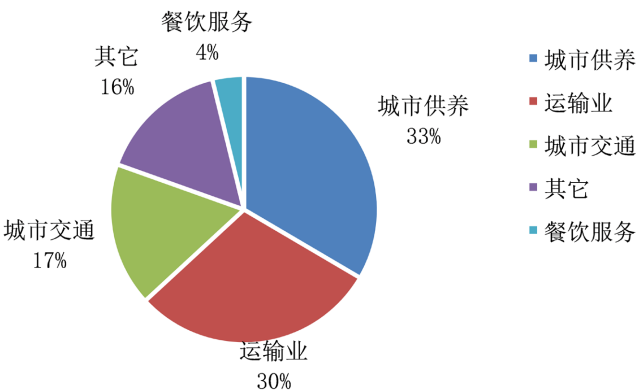


Figure 1. Percentage of average CO₂ emissions by industry in Beijing 2016~2019
图 1. 北京市 2016~2019 年行业二氧化碳平均排放量占比

根据绿色溢价的定义，即使用清洁能源燃料(或技术)的成本会与使用现在的化石能源(或技术)的成本高绝对正差值。参考碳中和相关研究报告和文献、百科[7]-[14]等资料估计市场价格、碳捕捉成本、碳中

和技术成本。以此为基础，同时假设全行业加权平均绿色溢价 $P_g = 35\%$ ，估算出北京市城市供养、运输等行业的绿色溢价。

Table 6. Clean technology cost
表 6. 清洁技术成本

清洁能源技术	单位成本 (元/千克标煤热当量)
标准碳	3.0
电能替代	1.9
氢能	15
生物质燃料乙醇	7.0
天然所 + 碳捕捉	5.9
柴油 + 碳捕捉	7.2

Table 7. Industry green premium
表 7. 行业绿色溢价

行业	二氧化碳排放占比	绿色溢价
城市供养	33.36%	60%
运输业	29.6%	68%
城市交通	17.3%	18%
餐饮服务	3.8%	96%
其它	15.7%	35%

从表 6、表 7 可以看出，餐饮服务有较高绿色溢价，这是因为油烟产生的二氧化碳排放量非技术可替代，更多的需要用碳捕捉技术来收集排放的碳元素。由此计算北京市加权平均绿色溢价

$$\rho_{bj_g} = \sum_{i=1}^N \omega_i \cdot \frac{C_{i, clean} - C_{i, fossil}}{C_{i, fossil}} \times 100\% = 52.4\%$$

查询碳排放交易网[15]报告，全国碳排放权交易市场上线交易有关情况。目前看，全国碳市场尚未启动，还不好说碳价是多少，但是从过去几年的运行情况看，全国七个试点省的加权平均碳价应该是 40-50 元人民币之间。在此，姑且取中值 45 元人民币。综合所上，绿色溢价视角下北京市森林碳汇价格和森林碳汇经济价值分别为：

$$P_{bj} = P_0 \times (1 + \rho_{bj_g}) = 45 \times (1 + 52.4\%) = 68.58(\text{元})$$
$$\text{Value}_{bj} = CF \times P_{bj} = 1.7851 \times 10^5 (\text{万元})$$

5. 结论和存在的问题

理论上，基于绿色溢价视角下森林碳汇经济价值评估的结果对于碳交易体制的完善补充了较为可行的操作方法，可以为市场经济主体在节能减排和清洁能源替代化石能源动机方面提供较有力的依据，还可以促使市场经济主体重视新技术的进一步开发和提升。但基于绿色溢价的森林碳汇价值还仅处于理论

提出阶段, 而且其中涉及的各行业绿色溢价还需要进一步的量化和论证。

另一方面, 我们可以采用更加审慎的态度评价本文的意义, 其连接了各行业绿色溢价视角的碳经济价值量化模型, 更加准确地刻画了社会净成本理论下的差别碳价含义, 进一步说明碳经济价值可以衡量社会各行业碳中和技术的成熟程度, 为各地区政府以实现节能减排为目标的创新技术提供一定的参考依据。

参考文献

- [1] 杨美丽, 褚宏洋, 庄皓明, 等. 森林碳汇经济价值评估研究——以山东省为例[J]. 山东农业大学学报(社会科学版), 2017, 25(2): 84-91.
- [2] 陈刚. 我国森林碳汇经济价值评估研究[J]. 价格理论与实践, 2015(5): 109-111.
- [3] 李婷, 刘梅娟, 周畅, 等. 森林碳汇会计信息披露: 研究述评与展望[J]. 财会月刊, 2021(4): 75-81.
- [4] 王文军, 谢鹏程, 胡际莲, 等. 碳税和碳交易机制的行业减排成本比较优势研究[J]. 气候变化研究进展, 2016, 12(1): 53-60.
- [5] 肖谦, 陈晖, 张宇宁, 等. 碳税对我国宏观经济及可再生能源发电技术的影响——基于电力部门细分的 CGE 模型[J]. 中国环境科学, 2020, 40(8): 3672-3682.
- [6] 比尔·盖茨. 如何避免气候灾难[M]. 北京: 中信出版社, 2021.
- [7] 碳捕捉[EB/OL]. <https://baike.baidu.com/item/%E7%A2%B3%E6%8D%95%E6%8D%89>
- [8] 姚姝宇, 胡明形. 我国原木价格指数编制及预测——基于特征价格模型方法[J]. 价格理论与实践, 2015(4): 71-73.
- [9] 王彦哲, 周胜, 周湘文, 等. 中国不同制氢方式的成本分析[J]. 中国能源, 2021, 43(5): 29-37.
- [10] 张杰, 郭伟, 张博, 等. 空气中直接捕集 CO₂ 技术研究进展[J]. 洁净煤技术, 2021, 27(2): 57-68.
- [11] 高华. 全球碳捕捉与封存(CCS)技术现状及应用前景[J]. 煤炭经济研究, 2020, 40(5): 33-38.
- [12] 王众, 张峭楠, 匡建超. 碳捕捉与封存技术国内外研究现状评述及发展趋势[J]. 能源技术经济, 2011, 23(5): 42-47.
- [13] 曾俣琳. 不同商业模式下的国有燃煤电厂碳捕集, 利用与封存(CCUS)项目投资决策研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆工商大学, 2020.
- [14] 赵昕, 白雨. 碳捕捉与封存技术(CCS)商业化运营的融资激励机制研究[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2021. <http://journal.bit.edu.cn/sk/cn/article/doi/10.15918/j.jbitss1009-3370.2021.0857>
- [15] 碳排放交易网[Z/OL]. <http://www.tanpaifang.com>