



经济学·管理学博士论著

中国森林碳汇问题研究

——以黑龙江省森工国有林区为例

Research on Forest Carbon Sequestration in
China: A Case Study of Forest Industrial State-
Owned Region in Heilongjiang Province

□ 续珊珊 / 著



经济科学出版社
Economic Science Press

经济学·管理学博士论著

中国森林碳汇问题研究

——以黑龙江省森工国有林区为例

□ 续珊珊 / 著



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

中国森林碳汇问题研究：以黑龙江省森工国有林区
为例 / 续珊珊著. —北京：经济科学出版社，2011.2
(经济学·管理学博士论著)
ISBN 978 - 7 - 5141 - 0400 - 4

I. ①中… II. ①续… III. ①森林—二氧化碳—资源—利用—
研究—黑龙江省 IV. ①S718.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 022388 号

责任编辑：沙超英 杨 梅
责任校对：徐领柱
版式设计：齐 杰
技术编辑：李 鹏

中国森林碳汇问题研究

——以黑龙江省森工国有林区为例

续珊珊/著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址：北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编：100142

总编辑部电话：88191217 发行部电话：88191540

网址：www. esp. com. cn

电子邮件：esp@esp. com. cn

北京中科印刷有限公司印装

880 × 1230 32 开 8.5 印张 210000 字

2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 0400 - 4 定价：17.00 元

(图书出现印装问题，本社负责调换)

(版权所有 翻印必究)

前 言

森林生态系统在减缓温室效应、维持全球碳平衡中发挥极其重要的作用。随着国际社会对全球气候变化问题的关注以及《京都议定书》、“马拉喀什协定”、“哥本哈根协议”等多次国际谈判所签署重要文件的出台，森林碳汇问题已成为相关领域学者们的研究热点，但是关于黑龙江省森工国有林区森林碳汇问题的研究尚未见报道。本书通过分析黑龙江省森工国有林区近 30 年来乔木层碳储量的动态变化特征，评价其碳汇功能，揭示森工国有林区木材产量、造林面积、森林病虫害面积、火灾面积、温度与降雨量等因子对森林碳汇的影响规律，分析碳汇与经济增长之间的环境库兹涅茨曲线特征，为我国区域尺度的森林碳汇研究以及森工国有林区今后可能开展的碳汇交易提供基础数据与参考依据。

基于经济学理论、生态学理论、资源与环境经济学理论、可持续发展理论以及科学发展观，本书对黑龙江省森工国有林区森林碳汇问题进行了较为系统的深入研究。从生态学角度论述了森林碳汇的可再生性、显著性与持续性、多样性、阶段性、区域性以及不稳定性，从经济学角度论述了森林碳汇的稀缺性、公共物品性和外部经济性。基于黑龙江省森工国有林区自然与社会经济状况的分析，从优势树种、龄组与

起源三个方面对国有林区森林碳储量与碳汇现状进行了分析,计算出黑龙江省森工国有林区第七次森林资源清查期间年均森林碳汇量为 4.46TgC/a (百万吨碳/年),进一步从保证森林碳汇资源的林地流失严峻、树种单一造成森林碳汇遭受病虫害风险、森林碳汇市场化体制与观念相对落后、森林碳汇研究基础薄弱、森林碳汇市场不确定、缺乏森林碳汇市场竞争优势六个方面分析了黑龙江省森工国有林区森林碳汇存在的问题。基于黑龙江省森工国有林区七次森林资源清查数据,本书实现了对国有林区森林碳储量与碳汇量的动态分析,七次森林资源清查期间森林碳储量呈现先下降后上升的趋势,总体上发挥着碳源作用,年均碳源为 3.3TgC/a 。通过以不同树种各龄组的平均年龄作为起始点计算森林碳储量,国有林区乔木层潜在碳储量为 3.17Pg (10 亿吨),目前的实际碳储量仅占潜在碳储量的 9.52%,黑龙江省森工国有林区森林资源具有巨大的固碳潜力。应用时间序列计量经济学理论,选取森林碳储量作为内生变量,以木材产量、人工更新造林面积、森林抚育面积、森林病虫害发生面积、森林过火面积、年均温度与年均降水量 7 个指标作为外生变量,建立森林碳汇影响因素向量自回归模型 (Vector Autoregression, 下文简记为 VAR),在对 VAR 模型稳定性检验的基础上,利用广义脉冲响应函数与方差分解方法,研究各变量对森林碳汇的动态冲击及影响权重。结果表明,森林碳储量增长的变化受自身扰动项的冲击影响呈逐步递减的趋势,而其他变量的扰动项对碳储量的影响都呈逐步递增的趋势,从长期来看,森林碳汇的变化 67.2% 由其自身决定,6.2% 受森林病虫害发生面积的影响,10% 受森林抚育面积的影响,6.8% 受森林过火面积的影响,4.7% 受年均降水量的影响,1.6% 受木材产量的影响,2.6% 受年均温度的影响,0.9% 受人工更新造林面积的影响。同时,选取森林碳储量指标,从森林碳储量时间序列本身的随机性质出发,建立森林碳汇 ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average, 简称 ARIMA) 预测模型,结果表明:黑龙江省森工国有林区森林碳储量到 2014

年将增长至 54 976.41 万吨，2004~2014 年，黑龙江省森工国有林区森林资源将发挥重要的碳汇功能，年均碳汇量为 0.178TgC/a。为了研究黑龙江省森工国有林区森林碳储量与经济增长之间的关系，选取森工总产值与森林碳储量指标，建立森林碳汇环境库兹涅茨曲线（EKC）模型，经过数据平稳性检验与协整检验，验证了二者之间存在长期稳定的协整关系，通过 EKC 曲线拟合，揭示了森工国有林区森林碳汇 EKC 曲线呈现倒“N”型特征，对照目前森工总产值数据，得出“该区域正处于协调森林资源保护与经济增长关系的关键时期”的结论。立足于森林碳汇市场化背景，结合黑龙江省省情和森工国有林区林情，本书分析了国有林区实现森林碳汇市场化所具备的内在优势，包括气候优势、资源优势、社会制度优势、交易成本优势、森林资源经营与管理优势，同时分析了政府对林业碳汇的高度重视、振兴东北老工业基地的大好形势以及大小兴安岭生态功能区的建设为黑龙江省森工国有林区发展森林碳汇提供了前所未有的大好机遇。通过对广西、内蒙古森林碳汇项目，尼罗河流域再造林计划和瓜拉奎卡巴保护区森林碳汇项目的比较分析，总结国内外森林碳汇项目的成功经验，为黑龙江省今后可能开展的森林碳汇项目提供经验借鉴。最后，提出黑龙江省森工国有林区森林碳汇发展对策，包括加强森林碳汇的研究及管理工作；加强森林碳汇风险管理；提高森林质量，增强森林碳汇能力；强化林地管理；加强森林碳汇知识的宣传；建设碳汇森林公园和建立黑龙江省绿色碳基金。

续珊珊

2010 年 9 月 8 日

目 录

Contents



第1章 导 论 / 1

- 1.1 研究背景 / 1
- 1.2 研究目的与意义 / 5
- 1.3 国内外研究综述 / 9
- 1.4 研究内容与研究方法 / 25



第2章 相关概念界定与理论基础 / 29

- 2.1 相关概念界定 / 29
- 2.2 森林碳汇的生态学特性 / 37
- 2.3 森林碳汇的经济学特性 / 47
- 2.4 理论基础 / 57
- 2.5 本章小结 / 75



第3章 黑龙江省森工国有林区森林碳汇现状 及问题分析 / 77

- 3.1 黑龙江省森工国有林区森林碳汇现状分析 / 77

3.2 黑龙江省森工国有林区森林碳汇问题分析 / 84

3.3 本章小结 / 88



第4章 黑龙江省森工国有林区森林碳汇动态分析 / 89

4.1 数据来源与方法选择 / 90

4.2 森林碳储量动态分析 / 94

4.3 森林碳储量潜力评价 / 105

4.4 森林碳汇动态分析 / 109

4.5 本章小结 / 110



第5章 黑龙江省森工国有林区森林碳汇 VAR 与 ARIMA 模型 / 112

5.1 森林碳汇 VAR 模型 / 113

5.2 森林碳汇 ARIMA 模型 / 127

5.3 本章小结 / 139



第6章 黑龙江省森工国有林区森林碳汇 EKC 分析 / 141

6.1 环境库兹涅茨曲线 (EKC) / 142

6.2 森林碳汇 EKC 模型 / 147

6.3 本章小结 / 162



第7章 黑龙江省森工国有林区森林碳汇市场化环境分析 / 164

7.1 森林碳汇市场化国际背景分析 / 164

- 7.2 黑龙江省森工国有林区森林碳汇市场化的
优势分析 / 169
- 7.3 黑龙江省森工国有林区森林碳汇市场化的
机遇分析 / 172
- 7.4 本章小结 / 174



第8章 森林碳汇项目国内外经验与启示 / 175

- 8.1 国内森林碳汇项目 / 175
- 8.2 国际森林碳汇项目 / 181
- 8.3 启示 / 185
- 8.4 本章小结 / 187



第9章 黑龙江省森工国有林区森林碳汇发展 对策 / 188

- 9.1 加强森林碳汇的研究及管理工作 / 188
- 9.2 加强森林碳汇风险管理 / 190
- 9.3 提高森林质量,增强森林碳汇能力 / 193
- 9.4 强化林地管理 / 194
- 9.5 加强森林碳汇知识的宣传 / 195
- 9.6 建设碳汇森林公园 / 196
- 9.7 建立黑龙江省绿色碳基金 / 197
- 9.8 本章小结 / 198

结 论 / 199

附录: 黑龙江省森工国有林区第一至第七次森林资源清查
数据 / 203

主要参考文献 / 221

后 记 / 257

第 1 章

导 论

1.1 研究背景

气候变化问题受到国际社会的特别关注，已经成为当前国际政治、经济、外交和国家安全领域的一个热点。作为陆地生态系统的主体，森林生态系统在调节全球碳平衡、减缓大气中二氧化碳（CO₂）等温室气体浓度上升以及维护全球气候等方面中具有不可替代的作用。森林碳汇的研究已经成为与气候变化相关的，同时会对生态、经济与社会产生影响的林业经济领域前沿研究问题，而且越来越得到国内外学者的广泛关注。

联合国政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）于 1988 年由世界气象组织与联合国环境署合作成立，是评估气候变化及人类影响的科学权威机构。该机构每六年发布一次评估报告，定期对气候变化的认知现状进行评估。然而，“曲棍球门”、“气候门”等事件使 IPCC 报告日益成为国际气候谈判的角逐对象，许多专家学者开始质疑评估报告的科学性，IPCC 遭遇前所未有的信任危机。事实上，IPCC 报告是由全球各国研究人员共同完成的，通过了严格的评议，经得起科学论证。无论是“曲棍球门”、“气候门”、“冰川门”还是“亚马逊门”，都无

法从根本上撼动 IPCC 的整体结论（《南方周末》，2010 年 2 月 3 日），对于“气候门”事件，仍有来自美国国家气候资料中心和戈达德空间研究所的数据证实“近百年全球地表温度具有升高趋势”的结论。IPCC 第四次评估报告（AR4, 2007）指出，在过去的 100 年中，全球平均温度升高了 $0.74^{\circ}\text{C} \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ 。20 世纪北半球温度的增幅可能是过去 1 000 年中最高的，降水分布也发生了变化，大陆地区尤其是中高纬地区降水增加，非洲等一些地区降水减少，有些地区极端天气气候事件（厄尔尼诺、干旱、洪涝、雷暴、冰雹、风暴、高温天气和沙尘暴等）出现的频率与强度增加。据报告预测，到本世纪末全球地表平均气温将上升 $1.1^{\circ}\text{C} \sim 6.4^{\circ}\text{C}$ ，海平面升高 18 ~ 59 厘米，全球气候变暖正在日益加剧。图 1 - 1 显示 1906 ~ 2005 年近百年来全球平均气温在波动中不断上升，海平面逐渐升高，北半球大部分积雪面积逐渐缩减。

中国气候变化的趋势与全球的总趋势基本一致。近百年来，中国年平均气温升高了 1.1°C ，近 50 年变暖尤其明显，大部分地区呈增温趋势，尤其以北方增温最为明显。从地域分布看，气候变暖最明显的地区在西北、华北和东北地区，其中西北变暖的强度高于全国平均值。根据 2006 年我国科技部等六部委联合发布的《气候变化国家评估报告》，人类活动排放的温室气体导致越来越严重的全球气候变化问题。预测到 2020 年，中国年平均气温可能增加 $1.3^{\circ}\text{C} \sim 2.1^{\circ}\text{C}$ ，年平均降水量可能增加 2% ~ 3%，降水日数在北方显著增加，降水区域差异更为明显。由于平均气温增加，蒸发增强，总体上北方水资源短缺状况将进一步加剧，未来极端天气气候事件呈增加趋势。全球气候变暖对地球上许多地区的自然生态系统已经产生了影响，如冰川融化、海平面升高、冻土消融、中高纬度地区生长季节延长、动植物分布范围向极区和高海拔地区延伸、某些动植物数量减少、一些植物开花期提前、极端天气气候事件（厄尔尼诺、干旱、洪涝、冰雹、雪灾等）出现的频率与强度增加。由于气候变暖所造成的淡水危机、农作物减产、疾病肆虐等问

题也将对人类的生存、健康与经济社会可持续发展产生巨大的影响并形成严重的威胁。

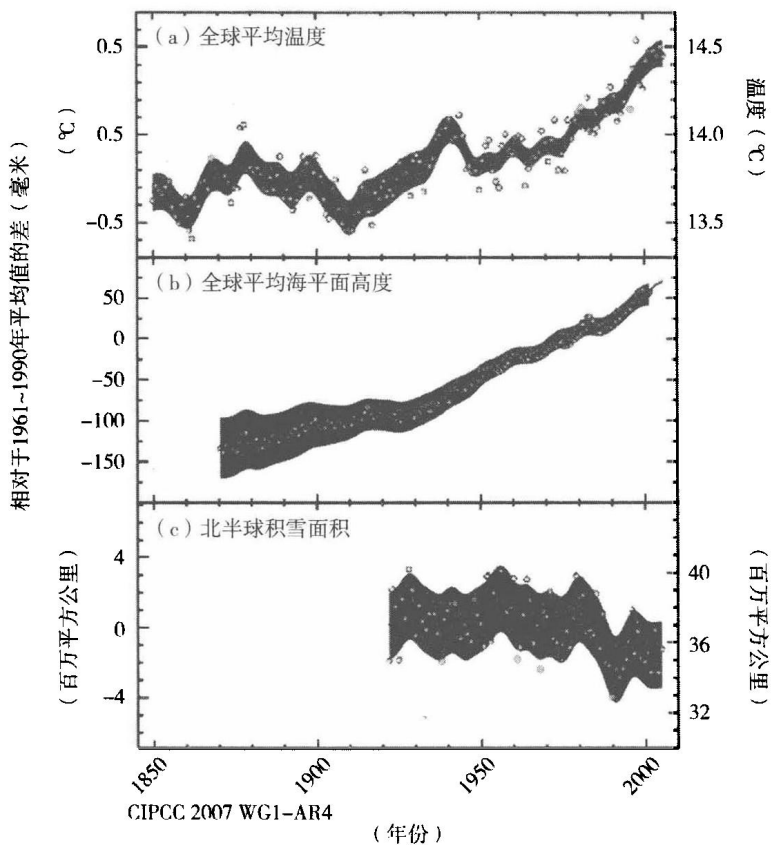


图 1-1 全球平均温度、海平面高度和北半球积雪变化

图片来源：《气候变化 2007 综合报告》决策者摘要：3。

科学研究表明：全球气候变暖是气候周期性波动和人类活动引起温室效应共同作用的结果。IPCC 第四次评估报告指出：过去 50 年全球平均气温上升“极可能”与人类使用石油等化石燃料产生的二氧化碳（CO₂）等温室气体增加有关，在 1970 ~ 2004 年期间，CO₂ 年排放量已经增加了大约 80%，到 2004 年 CO₂ 已占到人为温

室气体排放总量的 77%，成为最重要的人为温室气体。因此，如何控制 CO₂ 的排放量，降低大气中 CO₂ 的浓度越来越成为国际社会关注的焦点。1992 年 6 月在巴西里约热内卢举行的联合国环境与发展大会上，150 多个国家签署了《联合国气候变化框架公约》（简称《公约》），成为世界上第一个为全面控制二氧化碳等温室气体排放，以应对全球气候变暖给人类经济和社会带来不利影响的国际公约，也是国际社会在应对全球气候变化问题上进行合作的一个基本框架。《公约》于 1994 年 3 月 21 日正式生效。1995 年《公约》第一次缔约方会议（COP1）在德国柏林召开，会议通过了《柏林授权书》等文件，缔约方同意立即开始谈判，就 2000 年后应该采取何种适当的行动来保护气候进行磋商。自 1995 年以来，缔约方每年都召开一次会议，共同探讨应对气候变暖的国际行动。1997 年 12 月，在日本京都召开的《公约》缔约方第三次会议（COP3）上，本着共同但有区别的责任的原则，通过了旨在限制发达国家温室气体排放量以抑制全球气候变暖的《京都议定书》。2001 年 10 月 29 日 ~ 11 月 9 日，在摩洛哥马拉喀什召开《公约》第七次缔约方会议（COP7），为落实“波恩政治协议”达成了一揽子决定，即“马拉喀什协定”（简称“协定”）。“协定”同意将造林、再造林作为第一个承诺期合格的清洁发展机制项目，允许发达国家通过在发展中国家实施林业碳汇项目以抵消其温室气体排放量。2003 年《公约》第九次缔约方大会在意大利米兰举行，会议通过了《CDM 下的造林再造林碳汇项目模式和程序》，对清洁发展机制中森林碳汇的标准达成协议。有关森林碳汇计量及其效益评价等问题成为国内外学者们的研究热点。自 2005 年《京都议定书》生效以来，许多发达国家特别是日本和欧盟等都纷纷将碳循环研究的重点转向陆地生态系统。中国虽然不属于附件 I 国家，目前不承担《京都议定书》规定的减排义务，但是作为二氧化碳排放量仅次于美国的大国，发展低碳经济、减缓温室效应责无旁贷，利用森林固碳放氧的生态功能实现吸碳减排是有效之举。作为我国最大的

森林工业基地，黑龙江省森工国有林区应该走在前面，针对该区域开展森林碳汇的相关研究工作，实现精确定量评估减缓温室效应的森林碳汇是极其必要的，不仅有助于更好地理解中国对缓解全球气候变暖方面所作的贡献，同时也为其在国际公约谈判中提供有力的科学支持，在很大程度上促进谈判目标的实现。

1.2

研究目的与意义

1.2.1 研究目的

森林在生长的过程中，吸收大气中的二氧化碳并将其固定在生物体（树干、枝、叶、根、花、果）中，它在生物圈的生物地球化学过程中起着重要的“缓冲器”和“阀”的功能。根据联合国粮农组织林业文件 126 号（1995），世界森林保存地面以上陆地所有碳的 80% 及地面以下陆地所有碳的 40%。可见，森林生态系统在调节全球碳平衡、减缓全球气候变暖等方面具有不可替代的作用。国内外学者在森林生态系统的碳循环和碳储量方面做了大量的研究，取得了很多的成绩，这些成果加深了我们对森林生态系统碳汇功能的认识，但在研究内容、研究方法和综合研究上仍有很大的局限性，由于所选指标、统计方法的不一致，许多学者的研究成果还存在很大的差异，目前的研究仅限于对现存森林吸收二氧化碳的估算，进行动态对比研究的相对较少。精确估算森林生态系统的碳储量，充分认识其碳汇功能及其经济效益仍是目前森林生态系统碳循环研究中所要解决的首要问题。基于此，本书旨在通过分析黑龙江省森工国有林区近 30 年来乔木层碳储量的动态变化特征，评价其碳汇功能，揭示森工国有林区木材产量、造林面积、森林病虫害面积、火灾面积、温度与降雨量等因子对森林碳汇的影响规律，分析碳汇与经济增长之间的环境库兹涅茨曲线特征，为我国区域尺度

的森林碳汇研究以及森工国有林区今后可能开展的碳汇交易提供基础数据与参考依据。

1.2.2 研究意义

2001 年《公约》第七次缔约方会议通过的“马拉喀什协定”同意将造林、再造林作为 2008 ~ 2012 年第一个承诺期合格的清洁发展机制项目，允许发达国家通过在发展中国家实施林业碳汇项目，所获得的碳信用用于抵消其承诺的温室气体减排指标，人们逐渐意识到森林资源的碳汇潜力不仅发挥着重要的生态功能，同时还蕴藏着巨大的经济利益。黑龙江省森工国有林区地处欧亚大陆东岸，地理坐标为北纬 $43^{\circ}25'$ ~ $49^{\circ}12'$ ，东经 $126^{\circ}55'$ ~ $134^{\circ}5'$ ，包括伊春、合江、牡丹江、松花江四个林管局，共分 40 个林业局和 14 个省直属林场，属于寒温带大陆性季风气候，因受内陆、海洋气流及季风的交替影响，气候变化多端，差异显著，但太阳辐射、热量、水分等气候资源丰富，从而培育了植被类型的多样性。气候资源禀赋优势将为该区域今后参与森林碳汇项目提供优越条件。开展对黑龙江省森工国有林区森林碳汇问题的研究具有重要的理论和现实意义，一方面能够丰富森林碳汇的相关理论和实证分析方法，为区域尺度的森林碳汇研究提供参考依据；另一方面，对森林碳汇问题的研究能够为开展国内碳汇交易以及参与国际碳汇交易提供科学依据。从实践角度来说，将为黑龙江省林业乃至全省经济的发展提供新的契机。具体可归纳为以下五个方面：

1. 有利于促进黑龙江省经济的可持续发展

《马拉喀什协定》同意将造林、再造林作为 2008 ~ 2012 年第一个承诺期合格的清洁发展机制项目，发达国家可以通过在发展中国家实施林业碳汇项目以抵消其部分温室气体排放量。黑龙江省森工林区是我国最大的国有重点林区和森林工业基地，通过开展森林

碳汇交易能够吸引负减排义务的发达国家投资造林，为森林生态环境服务的提供者探索出一条以市场为基础的筹措资金的新渠道，有利于解决森林生态建设资金来源单一、机制缺乏活力、国家财政难以支撑的困难局面，同时在项目实施过程中会涉及整地、育苗、造林、施肥、除草、抚育、护林、采伐以及非本质林产品采集等一系列的工作，这就为当地居民甚至是项目区临近的居民提供宽广的就业空间，促进林农增收，改善居民生活条件。此外，项目的开展还有利于引进关于森林培育以及病虫害防治等国外先进技术，最终促进黑龙江省经济的可持续发展。

2. 有利于完善林业生态效益补偿机制

森林资源管理者通过造林、营林等活动促进了森林生态系统碳汇功能的发挥，这一活动具有明显的外部经济性，由于这种外部性难以得到合理的补偿，这在很大程度上严重削弱了管理者的积极性，导致森林资源未能得到及时有效的管理，产生供给不足、质量较差等一系列问题，影响了公益林的发展。开展森林碳汇问题的研究，能够实现对森林碳汇价值的科学评价，为生态服务补偿标准的确定提供参考依据，有利于完善林业生态效益补偿机制。

3. 有利于提高林业项目评估的全面性与准确性

众所周知，森林具有涵养水源、保持水土、防风固沙、维持生物多样性等多种生态功能，碳汇功能也是其生态功能之一，那么由于固碳功能的发挥所产生的效益也应是整个林业项目效益评估的重要组成部分。通过对森林碳汇问题的研究，有助于全面认识森林的生态价值，提高林业项目评估的全面性与准确性，从而提高林业项目投资决策的科学性和合理性。

4. 有利于优化区域能源消费结构

目前人类使用的能源主要有石油、天然气和煤炭三种。典型的

碳基能源经济对我国实现节能减排、发展低碳经济带来了很大的压力，此外，据国际能源机构的统计，地球上这三种能源可供人类开采的年限分别只有 40 年、50 年和 240 年。面对有限的资源，寻找替代能源就成为当务之急。生物质能是一种前景可观的清洁能源，它是太阳能以化学能形式贮存在生物质中的能量形式，它直接或间接地来源于绿色植物的光合作用，可转化为常规的固态、液态和气态燃料。对黑龙江省森工国有林区森林碳汇问题的研究，有利于为今后可能开展的碳汇项目做好前期准备工作，充分了解适合发展林木生物质能的树种资源，通过对使用不同森林类型植被提炼的酒精、生物柴油等生物质能源代替汽油和柴油等化石能源，能够优化目前的能源消费结构，在一定程度上缓解应对国际市场石油价格上涨的压力，同时还能达到保护大气环境、减缓温室效应的生态目的，实现可持续发展。

5. 有利于强化社会生态意识，促进森林经营观念的转变

森林碳汇交易第一次将森林环境服务作为一种商品在全球范围内进行交易，这表明随着社会经济的发展和人们认识水平的提高，森林资源价值的实现不仅仅依赖于木材生产，它的环境服务产品（本书仅限于讨论其碳汇功能）将成为森林经营的重要收入来源。开展黑龙江省森工国有林区森林碳汇问题的研究有利于强化社会的生态意识，并促进森林经营观念实现从经济优先向生态优先的转变。

此外，对森林碳汇问题的研究能够使有关人员进一步理清人类活动和温室气体浓度的变化与气候变化之间的关系，为中国政府在 UNFCCC 谈判中提供有力的科学支持，为参与清洁发展机制碳汇项目做好市场和制度上的准备，从而提升中国在项目谈判和实际交易中的国际地位。