



朱永杰 / 著

中国省域森林资源碳汇贡献 及其补偿问题研究

The Contribution of China's Forest land carrying capacity
to the Land occupation from Fossil Energy Consumption an provincial level
with related Ecological Composition Measures

中国林业出版社

S1/239

001448075

中国省域森林资源碳汇贡献 及其补偿问题研究

朱永杰 著

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国省域森林资源碳汇贡献及其补偿问题研究 / 朱永杰著. —北京: 中国林业出版社, 2012. 12

ISBN 978-7-5038-6896-2

I. ①中… II. ①朱… III. ①森林资源-二氧化碳-资源利用-研究-中国
②森林保护-补偿性财政政策-研究-中国 IV. ①S718.5②S76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 302898 号

责任编辑: 李 伟

封面设计: 赵 芳

版式设计: 骐 骥

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

E-mail forestbook@163.com 电话 010-83222880

网址 lych.forestry.gov.cn

发行 中国林业出版社

印刷 北京北林印刷厂

版次 2012年12月第1版

印次 2012年12月第1次

开本 787mm×960mm 1/16

印张 14

字数 254千字

印数 1~1000册

定价 42.00元

前 言

近年来,温室效应导致全球变暖被世界公认是21世纪人类社会生存和发展面临的巨大威胁。研究表明,社会经济发展大量开采和消耗以煤、石油、天然气为主体的化石能源,向大气中排放以CO₂为主的温室气体被认为是导致气候变暖的主要人为因素。尽管专家学者认识温室效应与化石能源消耗所产生的CO₂排放之间的关系还存在很多不同观点的争论,大量消耗化石能源对于社会经济可持续发展的负面影响是不容置疑的。应对气候变暖是一个涉及范围广泛,并十分复杂的问题。除了实行节能减排,降低碳排放等积极措施以外,有效增加森林资源,发挥森林具有的碳汇效益,在缓解以消耗化石能源为主要人为因素的气候变暖过程中具有十分重要的作用。

森林的碳汇效益是森林诸多生态效益之一,自然科学和社会科学领域的专家学者进行了多方面的研究。尽管在学术研究领域还有很多问题处于探讨之中,但国际社会已经通过建立碳市场,将森林纳入清洁发展机制,为增加和保护森林资源提供技术和资金支持。国际社会的努力、碳排放市场的运行以及清洁发展机制的理论和实践已经为通过发挥市场机制的积极作用,促进森林资源的增加和林业的发展提供了重要的参考和经验。

从目前国内在该领域的发展状况来看,主要是集中在如何利用国际碳市场机制的积极作用促进国内林业发展,在制定政策和管理方面还主要以利用国际碳市场的清洁发展机制为主,实施清洁发展机制的范围和规模还比较有限。当前,发挥森林生态效益还必须通过政府的公共投入进行补偿。如何利用市场机制,在国内建立包括碳汇市场、碳汇基金、森林碳补偿等各种机制,增加“人为汇”,使森林资源所具有的森林碳汇价值得到体现,产生激励林业生产活动、增加森林资源的积极作用,一直是学术界和社会十分关注,而尚未解决的重要问题。

在建立碳市场和将森林碳汇效益纳入市场机制范畴的努力和实践中,充分认识和了解碳市场中林碳资源汇效益的供给与需求状况,以及区域和产业间碳排放状况和森林碳汇效益的贡献差异性,是建立碳市场,形成碳交易的前提。也是对于国内森林碳汇效益的补偿进行管理的重要依据。

在这个项目立项和开展研究的过程中,研究者充分认识到这个问题研究的

重要性和复杂性,需要研究和解决的问题很多。中国不仅要参与国际碳交易市场的运行,同时也应积极努力探讨建立国内碳交易市场理论和实践。国内碳交易市场涉及节能减排的宏观管理和很多技术支持体系。在这个市场体系中,森林碳汇效益占有非常重要的地位。建立国内森林碳汇效益补偿市场,并与国际市场接轨需要对于化石能源消耗及碳排放(购买者)和森林资源及其碳库(供给者)的相互关系进行定性和定量研究,以便揭示森林碳补偿市场供给、需求的总量和变动关系,为进一步研究补偿方式提供理论依据。由于本研究涉及碳排放状况、社会经济发展和森林资源变动3个领域,属于跨领域研究,具有探索性和实证研究的性质,无论在研究理论、方法、手段各方面都存在很多不确定性。与本书相关的碳市场、森林碳汇管理与政策、履约等相关研究大多处于引进、消化和学习研究阶段,大量文献均与国外的相关研究有关,能够借鉴的文献和内容不多。

根据国家林业行业公益项目《中国森林对气候变化的响应与林业适应对策研究》的安排和第六专题第二子专题课题组提交的课题建议书与任务书的规定和要求,子专题课题组经过3年的时间完成了相应的课题研究工作。

作为中国森林对气候变化的响应与林业适应对策研究内容之一,研究的目的是在国内省域间建立基于生态足迹的能源消耗和森林碳汇价值的联系,为建立能源高消耗地区与森林资源丰富地区在合作共享基础上的林业协作,有利于促进林业再生产,增加森林资源供给,实现经济发达地区与森林资源丰富地区森林资源增长和社会经济发展双赢的补偿机制提供新理论依据。为通过建立森林碳市场实现补偿机制提供理论研究基础和政策依据。

碳市场建设的重要依据是碳排放和森林“人为汇”贡献的时空差异性,课题研究的主要内容包括:碳排放、林业生产、社会经济发展之间的关系,造成上述时空差异的内在关系及其原因;碳市场主体及其行为:资源生产、碳排放激励机制;森林碳汇效益补偿机制的合理性:相应的环境、条件、政策及其管理问题。

研究的主要方法是根据森林资源清查和相关统计资料、社会经济统计资料,及其实地调查数据,对于化石能源消耗和森林资源时空分布方面做统计分析工作,对于社会经济发展和化石能源及其碳排放、森林资源变化之间的关系和进行实证研究,运用生态足迹定量方法探讨森林资源、林业生产(包括森林保护和人工林培育与经营)与化石能源消耗之间的关系和差异性;运用森林碳计量方法对于生态足迹方法存在的计量数据与方法比较粗糙的问题进行必要的修正;探讨建立森林碳汇效益补偿机制的原理和途径。

在研究过程中,研究者首先对于所研究领域涉及的相关问题收集了约

10000 多篇论文、报告、书籍等文献资料,进行了比较全面、系统、深入的文献研究工作,通过研究工作对于所研究的问题进行进一步细化。通过文献研究充分了解了本研究所涉及问题的研究现状,深入了解了和认识了本研究的难点、可能的创新点和研究的切入点。在此基础上,根据课题研究规定的目标要求和研究内容详细设计了研究方案。

研究工作根据森林资源清查数据的时间跨度(1973~2008年),收集了七次森林资源清查数据和相应年度的社会经济统计数据,以及化石能源消耗和碳排放数据。对国内35年间的森林资源、GDP、人均GDP、化石能源消耗和碳排放全国和各省基础上的数据进行和整理和初步计算,做了初步的统计描述研究工作,得到了大量结构性和框架性的信息。

但同时由于数据缺乏延续性,特别是森林资源清查数据缺失太多,许多精确的碳库计量方法难以应用于实际计算。因此,本研究采用了生态足迹方法计算的结果作为分析化石能源消耗及其碳排放与森林资源碳汇贡献差异性比较研究作的主要依据。

通过对于化石能源消耗和碳排放数据的收集、整理和分析,我国各省域能源碳排放分布是不平衡的,社会经济发展水平较高和能源生产总量较高的省份处于排名的前列,主要包括了山西、辽宁、河北、山东等省。而社会经济发展水平比较低的省份,如宁夏、青海、海南则处于较低水平,但在这些地区随着其经济总量的扩张,能源消耗和碳排放量也呈现加速上涨的趋势。因此,社会经济发展水平与化石能源消耗具有很强的相关性。在社会经济发展到一定水平以后,相应区域的化石能源消耗和碳排放的人均和万元GDP消耗水平逐渐下降,这样的状况也验证了库茨涅茨曲线的有效性。七次森林资源清查结果显示,我国森林面积、森林蓄积、活立木蓄积、森林覆盖率呈现出持续上升趋势,而每公顷的森林蓄积波动较大。

关于森林碳库与CO₂排放之间的关系问题,森林资源和碳库的变化与CO₂排放的时间序列和空间分布方面都与社会经济发展的GDP和人均GDP之间有一定的关系。但这样的关系比较复杂,建立森林资源和碳库的变化与CO₂排放的时间序列和空间分布关系的模型和数量关系还比较困难。

碳课题通过大量的数据收集、整理和分析得出以下结论:

第一,中国的森林资源保护与林业发展取得了很大的成绩,但森林资源的质量还不高,在发挥森林资源的碳汇效益方面还有很大的潜力,需要在森林经营和管理方面继续做大量工作;在中国的森林碳库中,天然林占63%,人工林占37%。天然林面积蓄积的时间序列变化基本呈现线性上升趋势,呈现微弱的倒U形曲线,与库茨涅茨曲线吻合。人工林面积和蓄积时间序列变化呈现线性

上升趋势，这与中国多年始终如一地重视森林资源培育有密切关系。

第二，基于生态足迹理论和方法的基本原理，在对近年来方精云等人对于不同地域森林碳库和其他类型碳库研究的基础上对于中国不同省域的森林碳库和化石能源消耗进行了差异性研究。研究表明：按照森林光合作用吸收的 CO_2 计算的结果，中国天然林丰富的黑龙江、云南、吉林等地由于森林资源的大量存在，出现了生态盈余，四川省出现了基本生态占用和供给的平衡。南方集体林丰富的福建、浙江等地尽管还存在一定的生态赤字，但生态赤字并不大。按照森林固碳作用，用 NPP 计算，森林吸收 CO_2 的作用很小，几乎可以忽略不计。

第三，从全国各地自然地理、气候、降水量和社会经济发展状况来看，东部地区依然是林业发展的重点地区，中国林业实现绿色增长，兑现中国政府在哥本哈根会议上有关节能减排和增加森林资源的承诺，林业发展的潜力在中国的东部地区，南方集体林区和北方国有林区肩负重要的使命。

第四，大量社会经济比较发达的区域，例如，山东、江苏、广东、辽宁等省和上海、天津、北京等直辖市消耗了大量化石能源，并产生了大量的碳排放，石化、建材、冶炼、重工业行业等成为主要的碳排放源，这些是碳市场的主要碳排放权的购买者；而很多森林资源大省提供了一定的森林碳汇效益服务，在碳循环中的作用依旧很大，将成为主要的碳市场运行受益者。中国省域间碳排放和森林资源分布存在明显的差异性，中国的国内碳交易市场有大量的供需差异，碳排放权和森林资源碳汇效益供给之间有大量可交易商品，国内交易市场的建立有坚实的基础。

基于上述研究结论，研究提出以下建议：

首先，在国内碳市场建设过程中，应在省域层面建立和完善区域与产业间应对气候变暖、节能减排合作机制，通过这种合作机制促成碳交易市场在碳排放和森林资源之间建立有机联系。

其次，结合国内森林碳补偿市场市场的需要，重视理论和实际工作的相关研究，加快森林碳补偿市场的建设，并在实践中不断完善运行机制、政策和管理措施等各方面的工作。

第三，从中国森林资源的总体状况来看，面积和蓄积都在持续增长，但单位面积蓄积和森林碳密度存在波动，特别是平均单位面积蓄积与世界平均水平存在 10% 左右的差距。森林碳库的增长需要大量长期生长的森林资源。林业政策，特别是林业管理政策缺乏森林抚育管理的激励，在林业总体发展中还应重视森林培育、林业产业和森林管理关系之间的协调发展和相互促进。

因此，本书的主要内容必须建立新的研究思路和寻找新的研究方法。由于

探究条件的限制,当前的研究工作还比较基础,处于搭建框架和形成基本概念阶段。今后的研究还需要在运用空间结构、均衡理论、系统动力学等理论和方法进一步研究,并需要收集各种进一步的资料对于研究过程中提出的一些具有框架性和概念性的观点进行进一步的验证,得到实证研究结论,形成新的更有实践应用价值和可操作性意义的研究成果。尽管现在的研究还是比较初步的,但毕竟是该领域研究必须做的基础性工作,也为未来的相关研究打下了基础。十分感谢国家林业局和中国林业科学院的领导和专家学者为本子专题的研究提供机会和资金,使研究工作能够开展和顺利完成。在研究过程中,沈国舫、李文华等院士在研讨会中提出了很多具有建设性的意见,对于研究的推进和按照任务书的目标完成研究任务提供了帮助。

在本书的研究过程中,刘萍、李小勇、肖慧娟、岳瑞峰几位青年教师在研究中作了一些努力,分别在森林资源清查数据分析和森林碳储量和碳密度的计算方面做了一定的工作;陆屹、朱润芝、王帅三位研究生在化石能源森林资源清查数据的收集、加工和整理方面做了大量工作,并在运用统计学方法进行统计分析中做进行了计算和分析工作。

著者

2010年7月10日

目 录

1 引 言	(1)
1.1 研究的背景	(1)
1.2 研究目的和意义	(2)
1.2.1 研究目的	(2)
1.2.2 研究意义	(2)
1.3 国内外研究背景、现状及其述评	(2)
1.3.1 生态学对于森林碳汇的基础研究	(3)
1.3.2 运用生态足迹方法对于资源占用的研究	(6)
1.3.3 有关森林碳补偿市场的研究	(6)
1.3.4 对于相关研究的评述	(8)
1.4 研究内容以及拟解决的关键科学问题	(9)
1.4.1 研究内容	(9)
1.4.2 拟解决的关键科学问题	(11)
1.5 研究方案	(11)
1.5.1 研究方法	(11)
1.5.2 研究技术路线	(12)
1.6 研究的主要特点与创新之处	(13)
1.6.1 主要特点	(13)
1.6.2 创新之处	(13)
2 研究的理论基础	(15)
2.1 森林生态系统与社会经济发展的关系	(15)
2.1.1 可持续发展与化石能源——当前相关研究的进展	(15)
2.1.2 度量和评价的基本尺度研究	(18)
2.2 社会经济可持续发展和生态文明的基本理论	(20)
2.2.1 社会经济可持续发展与化石能源的关系	(20)
2.2.2 绿色经济与绿色增长	(23)
2.2.3 生态文明与化石能源	(26)
2.2.4 生态文明与生产力	(27)

2.2.5	经营可再生资源的理论与实践	(28)
2.3	化石能源消耗与林业的关系	(29)
2.3.1	森林资源同时具有物质资源和环境资源两个基本特性	(30)
2.3.2	林业是社会经济可持续发展的最重要领域之一	(32)
3	中国化石能源研究数据来源和基本账户	(36)
3.1	基本数据来源与化石能源账户	(36)
3.1.1	基础数据来源	(36)
3.1.2	基本化石能源账户	(37)
3.2	化石能源分类及其应用概述	(38)
3.2.1	煤炭	(38)
3.2.2	石油及其制品	(39)
3.2.3	天然气	(40)
3.3	中国化石能源消耗的概况	(41)
3.3.1	化石能源消耗相关研究的背景	(41)
3.3.2	中国全国化石能源消耗的时间序列分析	(48)
4	中国化石能源区域和行业状况统计描述	(52)
4.1	中国省域化石能源消耗空间分布统计描述分析	(52)
4.1.1	化石能源消耗总量的区域分布	(52)
4.1.2	化石能源分类账户区域消耗量	(54)
4.2	各类产业部门化石能源消耗统计法描述分析	(63)
4.2.1	基本数据来源	(63)
4.2.2	统计分析涉及的基本账户分类和涉及的范围	(64)
4.2.3	三大产业化石能源消耗总量统计描述分析	(68)
4.3	工业部门化石能源消耗统计描述分析	(77)
4.3.1	工业部门内部化石能源消耗的概况	(77)
4.3.2	工业部门内部分类化石能源消耗	(80)
4.4	本章小结	(84)
5	中国森林资源时空分布描述研究	(85)
5.1	中国森林资源的总量的时间序列变化	(85)
5.1.1	中国森林资源概述	(85)
5.1.2	不同区域森林资源的变化	(91)
5.2	天然林和人工林资源时间序列与空间分布变化	(97)
5.2.1	基于第七次森林资源清查的天然林和人工林空间分布	(97)

5.2.2	天然林资源的时间序列和空间分布变化	(100)
5.2.3	人工林资源时间序列和空间分布变化	(105)
5.3	中国森林碳库的时空变化研究	(111)
5.3.1	研究的理论基础的基本方法	(111)
5.3.2	森林碳库空间分布	(114)
5.4	中国森林资源增长潜力研究	(123)
5.4.1	研究基础	(123)
5.4.2	各省林业发展排名实证分析	(124)
5.4.3	结论与分析	(127)
5.5	研究结论	(129)
5.5.1	比较分析	(129)
5.5.2	本章小结	(131)
6	我国林产工业的空间分布研究	(133)
6.1	林业产业发展概况	(133)
6.1.1	林业产业飞速发展的10年	(133)
6.1.2	不断扩张的林产品国际贸易	(134)
6.1.3	主要林产品产量	(135)
6.2	中国林业产业省域聚集状况	(136)
6.2.1	研究方法	(136)
6.2.2	四大经济区域的产业聚集度	(137)
6.2.3	31个省市产业聚集度	(138)
6.2.4	各省林产工业经济效益状况	(139)
6.3	人造板子产业聚集状况	(142)
6.3.1	人造板产业发展概况	(143)
6.3.2	我国人造板产业的区域分布状况	(143)
6.3.2	我国木竹地板生产状况	(144)
6.4	我国家具子产业区域分布	(146)
6.4.1	家具子产业发展概况	(146)
6.4.2	家具子产业的区域聚集	(147)
6.5	我国造纸子产业聚集状况	(149)
6.5.1	造纸子产业的发展概况	(149)
6.5.2	造纸子产业的区域分布	(149)
6.6	林业产业发展的机遇与途径	(150)
6.6.1	林工商一体化经营方式开始形成	(150)

6.6.2	各种现代技术与管理手段发挥积极作用	(152)
6.6.3	林业产业发展的外部机遇	(152)
6.6.4	林业产业发展的制约因素	(154)
6.6.5	促进林业产业进一步发展的基本途径	(154)
7	基于生态足迹方法的森林碳汇贡献研究	(156)
7.1	森林吸收 CO ₂ 排放贡献与化石能源用地相关问题的讨论	(156)
7.1.1	生态足迹方法及其对于自然资源占用的研究	(156)
7.1.2	化石能源用地占用和承载力的计量方法及其讨论	(159)
7.1.3	中国区域化石能源用地占用和承载力计算结果	(164)
7.1.4	研究论与讨论	(168)
7.2	基于化石能源足迹的化石能源与 GDP 关系研究	(169)
7.2.1	研究方法	(170)
7.2.3	研究结论	(176)
8	森林碳汇效益的补偿问题研究	(178)
8.1	森林生态效益的理论基础	(178)
8.1.1	关于森林生态效益补偿机制问题的研究与探讨	(178)
8.1.2	碳交易市场的几个基本概念	(180)
8.1.3	将森林纳入碳交易市场的基本要素和环境条件	(184)
8.2	森林碳汇效益的直接经济补偿	(188)
8.3	化石能源经济补偿对象的选择	(188)
8.3.1	汽油消耗的区域分布	(188)
8.3.2	煤油消耗的区域分布	(191)
8.3.3	柴油消耗的区域分布	(193)
8.3.4	燃料油消耗的区域分布	(195)
8.4	各产业部门石油消耗状况	(196)
9	研究结论与讨论	(199)
9.1	研究结论	(199)
9.2	建议	(202)
9.3	需要继续研究的问题	(203)
	参考文献	(204)

1 引言

1.1 研究的背景

温室效应导致全球变暖已经成为 21 世纪人类社会面临的最大的威胁，全球气候变暖是现代生态与环境科学关注的重大科学问题。从国际应对全球气候变暖的研究来看，导致全球气候变暖有很多方面的原因，其中人类社会经济发展大量开采和消耗以煤、石油、天然气为主体的化石能源，向大气中排放以 CO_2 为主的温室气体已经公认为导致气候变暖的主要人为因素。

从中国的现实情况来看，开始社会经济的发展对于化石能源的依赖程度还很高，国家和社会已经开始认识到节能减排在提高社会经济发展效率和质量，实现社会经济可持续发展中的重要意义。并努力通过制定一系列的行政、经济、技术政策，从宏观和中观层面调整和优化产业结构；鼓励改善管理、实行技术创新，从微观层面节约化石能源，减少化石能源消耗，提高微观组织的运行效率。

森林在地球碳循环中扮演了十分重要的角色，具有碳汇效益，在缓解以消耗化石能源为主要人为因素的气候变暖过程中具有十分重要的作用。提高森林植被及其生物量用以吸收 CO_2 ，将其固定下来转变成为有用的物质资料，是降低大气中的温室气体浓度，缓解气候变暖的途径之一。胡锦涛主席在联合国气候变化峰会的讲话中指出：“中国将进一步把应对气候变化纳入经济社会发展规划，并继续采取强有力的措施，大力增加森林碳汇。”

中国作为最大的发展中国家和最大造林国家。林业发展一直面临长生长周期所带来的融资风险在森林培育过程中难以回收资金，影响林业和林区发展的问题。多年来，国家利用公共投入保护天然林资源、恢复植被、发展人工林做了很多努力；但通过政府的公共投入仅仅是增加一个途径。利用市场机制（建立包括碳汇市场、碳汇基金等森林碳补偿机制）使森林资源所具有的森林碳汇价值得到体现，是激励林业生产活动、增加森林资源的另一个途径，也一直是学术界和社会十分关注，目前尚未解决的重要问题。

1.2 研究目的和意义

1.2.1 研究目的

本书以节能减排、缓解温室气体排放和保护森林资源、恢复和增加森林植被、发挥森林资源的碳汇效益为基本目标,通过探讨以行政区划为基本对象的中国社会经济发展及其能源消耗与碳排放和森林资源的时空动态变化规律性。试图揭示两者之间的差异性和可能存在的相互关系,为建立国内森林碳补偿市场,形成有利于调整产业结构、转换生产方式,保护森林资源和增加森林植被的机制、完善相关管理政策和措施提供理论依据。

1.2.2 研究意义

从世界范围来看,对于社会经济的管管理以国家作为基本单位;在一个国家内部,由于社会经济管理体制的不同,社会经济的管管理的责任主体并不相同。在中国,省(自治区、直辖市)域行政区管理机构是实现区域社会经济可持续发展的基本管理责任主体。在这样的责任主体管辖下,各种社会再生产组织(包括企业组织)的生产运作形成社会再生产系统。

从理论上,本书的研究立足于以省级区域为研究对象,探讨在区域内和区域间建立有利于资源供给和实行清洁发展机制的技术、经济、社会合作、政策、管理等途径,及其可持续上产方式,通过转换生产方式和提高可持续发展能力,减少社会再生产系统对自然生态系统的依赖,因此,具有重大的理论意义。

从现实意义上来看,在国内区域和企业间建立基于生态足迹的能源消耗和森林碳汇价值的联系,为建立能源高消耗地区与森林资源丰富地区在合作共享基础上的林业协作市场机制,有利于促进林业再生产,增加森林资源供给,为实现经济发达地区与森林资源丰富地区森林资源增长和社会经济发展双赢的补偿机制提供新理论依据。本书的研究在实现 CO₂ 减排和实行清洁发展机制(CDM)方面具有积极意义。

1.3 国内外研究背景、现状及其述评

全球变暖问题日益严重,引起了全世界的关注(Caise P, Trans P P,

Troler, 1995)。自然科学(地球科学、生态学、林学)和社会科学(经济学、管理学、林业经济学等)领域对于这个问题的关注点是不同的。自然科学试图通过精确的科学研究探讨全球碳循环过程中碳运动过程的规律性,找到度量碳运动的模型和方法,为社会的环境管理和政策提供理论依据。而社会科学则试图利用影响社会再生产系统运行的各种因素,研究缓解 CO₂ 排放节能减排和增加碳汇(包括增加森林资源)的社会和组织机制、政策和管理措施。但气候变暖的相关问题十分复杂,定量化研究过程是十分漫长的,还有很多理论和计算方法问题没有得到很好解决,同时在社会科学层面,由于缺乏必要的计量工具和手段,很多定性研究难以清晰和准确地解释碳循环过程中所涉及的各种因素之间的相互关系,难以满足社会发展的需要。

1.3.1 生态学对于森林碳汇的基础研究

1.3.1.1 地球碳循环与“未知汇”

地球化学循环是指化学元素、核素和化合物穿越由生物圈、大气圈、海洋、沉积物、地壳、地幔和地核等构成地球的巨大化学库(reservoir)的循环运动,研究碳循环就是研究碳元素在这些化学库中的质量、物质交换及影响因素(李任伟, 1996)。全球碳循环是碳在大气、海洋及包括植物和土壤的陆地生态系统 3 个主要贮存库之间的流动。最大的碳库是海洋,碳存量最小的是大气,但大气作为 CO₂ 交换的管道,对库与库之间的碳循环起着重要作用(Post W M, Peng T, Emanuel W R, 1990)。CO₂ 的重要交换形式是大气与海洋间的气体转移,及生物群与其他库之间的光合作用和呼吸作用(Schimel D S., 1995)。

碳循环模型的概念和陆地碳循环模型是指用数学方法定量描述陆地碳循环过程及其与全球变化之间的相互关系,可以利用计算机模拟碳循环的动态,估计土壤和植被的碳存贮现状以及预测未来的碳存贮潜力(汪业勛, 1998)。陆地碳循环模型也包括可用于碳循环模拟和碳平衡估算的植被—气候模型或生产力模型。碳循环模型是深入研究陆地生态系统碳循环和全球气候变化相互作用的重要手段和工具,模型研究分析表明:全球变化在未来温室气体释放和陆地表层生物圈影响上对碳的存储有明显的反馈作用(Field C B, 1998)。

自然界中的碳在地壳岩石中约有 6.55×10^{11} GtC。其中,73% 是以碳酸盐岩(海相碳酸盐岩、沉积碎屑岩中碳酸盐胶结物以及泥质岩中碳酸盐矿物)和幔源碳的形式存在。其余部分以石油、天然气、煤等各种有机碳形式存在。尽管地质碳库是最大的碳库,但除了人类大规模的矿产和燃料开采释放岩石圈储存的碳,其中绝大多数不参与全球的碳循环。

《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)将温室气体“源”定义为向大气中

释放温室气体的过程或活动,温室气体等“汇”为从大气中清除温室气体、气溶胶等的过程、活动或机制(郭李萍等,1999)。全球碳循环的源与汇是以大气圈为参照系,以从大气中输出或向大气中输入碳为标准来确定。全球“碳源”与“碳汇”分布极为普遍,由陆地到海洋、从耕地到森林、由自然界到人类社会等都存在碳“源”与“汇”。碳“源”与“汇”的分布受纬度、立地条件、地表覆盖以及时间等因素的影响,普遍存在碳“源”与“汇”的转化现象(IPCC,2001)。

在碳的循环过程中,排放(碳源)与吸收(碳汇)之间本应划“等号”。在自然界中,理论上应该收支平衡的碳总有一部分不知去向,也就是碳源总是大于碳汇。科学界推测,自然界中存在着多个“未知汇”。对于“未知汇”的研究,不同领域的学者有不同的认识和计算方法。大多数研究者希望从森林、土壤储存的有机碳中寻找答案,草原学者认为草原也是重要的碳汇,地质学家试图从岩石的风化(即岩溶作用)轨迹追踪碳的去向,认为岩石风化、全球水循环和水生植物光合作用是重要的碳汇。

20世纪60年代中后期,国际科联(ICSU)执行的国际生物学计划(IBP)发起了全球性陆地森林生态系统碳蓄积的研究。1972年联合国教科文组织开展的人与生物圈计划(MAB)则是IBP计划的发展和延续。之后欧洲各国以及加拿大、美国、巴西等国都分别进行了区域森林生态系统的碳平衡及其与全球碳循环之间关系的研究。

70年代以后,很多学者估计“未知汇”存在于陆地生态系统。有人认为温带森林的再生、CO₂施肥效应、氮沉降的施肥影响和气候变化(如温度升高、降水增加等)等其他地球过程平衡了碳循环(Micheal Bender,1996; Harrison K, Broacher W,1993)。有地球化学家假设,为了平衡全球碳循环,陆地生态系统随着CO₂浓度的逐渐增加,像温室里的植物一样,光合作用率增强(Prentice K C, Fung I Y,1990)。

第33届国际地质大会于2008年8月14日在挪威首都奥斯陆闭幕。期间,8月8日会议主题“气候变化”给地学界、甚至是整个科学界都带来了极大的震动。来自英国雷丁大学环境系、中国科学院地质与地球物理研究所、丹麦气候能源部等4个不同国家的5位科学工作者就如何迅速减少大气中CO₂排放物及方法的可靠性?人类对气候的影响是什么?如何根据发展中国家的不同需求达成共识?三个主要的气候问题做了相关报告和进行了全体讨论。国际能源局(IEA)能源预测,今后几十年间,CO₂的捕获和地球贮存(CCS)将在气候变化和最终使用效率及其他方面中起到重要的作用。大会认为:人类在所谓的征服和改造自然的过程中,已经对全球气候系统及大气中气体的成分和含量造成了无法挽回的改变。温室气体过度排放、全球气候变暖、极地冰盖融化、海平面