

低碳经济时代下的森林碳汇问题研究

黄彦

(北京林业大学 经济管理学院, 北京 100083)

摘要:森林碳汇在减缓全球气候变化中起着重要的作用。在应对经济与环境的双重危机过程中,发展低碳经济成为推进人类可持续发展的重要共识。森林碳汇是发展低碳经济的重要力量。在论述了低碳经济、森林碳汇等相关概念的基础上,阐述了国内外关于森林碳汇问题的研究现状,并对森林碳汇的经济属性和森林、二氧化碳、经济三者之间的相互关系进行深入分析,最后基于森林碳汇角度,对低碳经济下林业未来发展提出可行建议。

关键词:低碳经济;森林碳汇;林业发展

中图分类号:S718.55 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2012)03-0260-09

Forest Carbon Sink Towards Low Carbon Economy

HUANG Yan

(College of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Forest carbon sink (FCS) plays a significant role in mitigating the global climate change. To deal with the crisis of economy and environment, developing low-carbon economy is a consensus on boosting sustainable development goals of human society. FCS is the key point and important way to develop the low-carbon economy. Based on the discussion of some correlative concepts, such as low-carbon economy, FCS and its effect, advances in the researches of the issues of FCS were reviewed. Relationships among forest, carbon dioxide, and economy were analyzed. Suggestions were put forward for the development of forestry from the aspect of FCS.

Key words: low-carbon economy; forest carbon sink; forestry development

近年来,全球气候变暖引起了国际社会的广泛关注,被公认为是各大环境问题之首,发展低碳经济随之被提出并越来越受到人们的关注。大气 CO₂ 浓度上升引起的温室效应及其所带来的一系列不利影响日益明显。有研究表明,森林是地球上最大的陆地生态系统,是碳循环的重要组成部分。森林植物通过光合作用吸收 CO₂, 放出 O₂, 把大气中的 CO₂ 固定在植被和土壤中。森林具有碳源和碳汇的双重作用,特别是森林碳汇功能不仅在缓解气候变暖趋势方面具有重要作用,而且森林碳汇抵消 CO₂ 排放已成为国际气候公约的重要内容,并受到世界各国政府和科学家的广泛关注。我国森林面积广阔,在 CDM 机制下发展以碳汇为目的的森林经

营,对经济发展及环境保护都具有积极的意义。在低碳经济的背景下,应依靠森林的碳汇功能,大力发展碳汇林业,为林业不断发展带来新契机。

1 气候变化与低碳经济的提出

气候变化是人类迄今面临的最重大的环境问题,也是 21 世纪人类面临的最复杂的挑战之一,引起了国际社会的空前重视。全球变暖将导致地球气候的深刻变化,使人类与生态环境之间业已建立起来的相互适应关系受到显著影响和扰动。有研究表明,20 世纪中国气候变化已经对中国产生了一定的影响,造成了沿海海平面上升、西北冰川面积退缩、春季物候期提前、地下水水位下降、地下水资源锐减

等。量化分析表明,全球气候变化将增大洪涝和干旱灾害发生的风险,将继续对自然生态系统和经济社会系统产生负面影响,尤其是对农牧业生产、水资源供需、森林和草地生态系统等的影响更为显著。

“低碳经济”这一概念是在全球气候变暖对人类生存和发展带来严峻挑战的背景下,首先于2003年由英国在《我们能源的未来——创建低碳经济》的白皮书中提出。所谓低碳经济就是以低能耗、低污染、低排放为基础的经济模式,它要求世界各国在可持续发展观的指导下,通过技术创新、制度创新、产业转型、新能源开发等多种手段,尽可能地减少高碳能源的消耗,减少温室气体的排放,缓解经济发展带来的环境恶化的压力,达到经济社会发展与生态环境保护双赢的可持续经济发展形态^[1]。通过发展低碳经济控制和减少温室气体的排放成为全球的热门话题。中国作为温室气体一大排放国,面临着国际社会要求中国减排的巨大压力。而中国作为《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》的发展中国家缔约方,依据国情,采取自主行动并以相对方式控制温室气体减排,同时加快低碳技术研发和推广,积极培育和有序发展新兴产业,为提升中国的经济竞争力和长远发展空间,积极应对气候变化,实现我国和平发展的构想具有重要意义。

低碳经济的本质是实现经济增长与环境保护的可持续发展,其主要内容之一就是碳排放控制。因此,积极应对全球气候变暖,努力减少二氧化碳的排放,除了可以从碳源上有效地进行遏制外,还可以通过增加“碳汇”来实现。

2 森林碳汇含义

碳汇指的是自然界中碳的寄存体从空气中清除CO₂的过程、活动和机制。一般用它来描述森林等吸收并储存CO₂的多少,或者吸收并储存CO₂的能力^[2]。森林是陆地生态系统的主体,是最大的利用太阳能的载体,对维持陆地生态系统平衡、保护生态安全、防止生态危机起着决定性的作用。森林植物通过光合作用吸收CO₂,放出O₂,把大气中的CO₂固定在植被和土壤中。综上可知,森林碳汇指的是森林生态系统吸收大气中的CO₂并将其固定在植被或土壤中,从而减少大气中CO₂浓度的过程、活动或机制,属自然科学范畴。

3 国内外森林碳汇的研究现状

3.1 我国森林碳汇的研究现状

3.1.1 对森林碳汇的认识 《京都议定书》是在《联

合国气候变化框架公约》下制定的,它被公认为是国际环境外交的里程碑,是第一个具有法律约束力的旨在防止全球变暖而要求减少温室气体排放的条约。在清洁发展机制的国际环境背景下,国内对森林碳汇认识的研究明显增多。2000年方精云^[3]等主编的《全球生态学——气候变化与生态响应》一书问世,该书是国内较全面系统地论述国内外有关碳源、碳汇和碳循环研究的成果,详细论述了中国碳源碳汇估算的理论和最新研究成果。2003年12月魏殿生^[4]主编的《造林绿化与气候变化——碳汇问题研究》第一次比较全面地阐述了《京都议定书》签署后,中国林业面临的森林碳汇的社会问题、经济问题、贸易问题以及森林碳汇政策问题等。杨绍辉^[5]在研究了《京都议定书》中制定的3种机制,提出森林碳汇具有经济价值、环境价值与社会价值,并在研究林业碳汇研究现状后提出要加强碳汇宣传等建议和展望。张志华、彭道黎^[6]从森林具有碳汇和碳源的双重作用,分析了各种森林管理措施对森林碳汇的作用和影响,同时根据我国森林资源现状,提出了加强森林管理和增加森林碳吸收的措施和建议。陈珂^[7]等从低碳经济及森林碳汇发展背景入手,总结了我国发展森林碳汇的现状与潜力,从技术、管理、社会3个层面分析了中国森林碳汇项目发展的障碍,并对其发展前景进行了展望。此外,国内学者主要是从清洁发展机制下对碳汇项目有关问题的认识、造林和再造林碳汇项目的相关规则及政策选择、优先发展区域选择、管理现状、评价指标体系以及气候变化与中国林业碳汇政策研究等方面探讨中国清洁发展机制下如何发展碳汇项目,把握机遇,促进中国林业的发展。

3.1.2 森林碳汇计量及经济价值评估方法的研究

3.1.2.1 森林碳汇计量方法的研究

随着《京都协定书》的签订,碳汇造林的广泛开展,森林碳汇的计量问题越来越受到人们关注。森林碳汇计量方法是评价森林碳汇生态效益大小的基础工作,在此基础上可以开展森林碳汇管理和经济评价,为全面开展以碳汇为目的的森林经营打好基础。目前国内外专家提出的方法有:生物量法、蓄积量法、生物量清单法、涡旋相关法、涡度协方差法和弛豫涡旋积累法。方精云^[8]利用生物量方法估算了我国土壤碳库。杨永晖^[9]采用一定时期内碳库变化主要通过森林蓄积的增加与森林内其他生物之间的关系,求取由于森林积蓄的变化带来的整个森林碳库的变化。利用生物量清单法对各森林生态系统类型的幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林和过熟林的植

物碳储存密度进行估算,再根据相应森林类型的面积得到中国各森林生态系统类型的植物碳贮量,最后得出中国森林生态系统的现存的植物碳贮量为 3.255~3.724 Pg,而且不同龄级的碳密度差距明显^[10]。赵林^[11]等介绍了国内外普遍运用的弹回计量方法,并对这些方法的优缺点进行分析,最后根据我国林业现状,对大面积的人工纯林碳汇计量的方法提出自己的建议。

3.1.2.2 经济价值评估方法的研究

森林碳汇经济评价参数主要是指碳汇价格,其单位是元/t 碳。由于碳汇是一种新产品,森林碳贸易也是一种全新的贸易形式,其价格的确定没有历史资料和经验可借鉴,所以科学的确定森林碳汇的价格是一项很重要的工作。对于碳汇经济价值的估算方法主要有成本效益分析法、造林成本法、碳税率法、碳税法和造林成本法均值法。周玉荣^[12]等估算中国森林生态系统的平均碳密度是 258.83 t·hm⁻²,并在估算了中国主要森林生态系统的碳平衡通量后认为中国森林生态系统在与大气的气交换中表现为碳汇,基本规律是从热带向寒带碳汇功能逐渐下降。刘伟华^[13]对中国森林植被的碳贮量和碳密度的估算 4.2 Pg(C)与 38.4 (Mg·hm⁻²C)。方精云^[14]等利用生物量换算因子连续函数法推算中国森林碳库由 20 世纪 70 年代末期的 4.38 Pg(C)增加到 1998 年的 4.78 Pg(C),共增加 0.37 Pg(C)。我国对森林碳汇经济效益估算的研究起步较晚,所以尚有许多问题亟待研究。

3.1.3 森林碳汇项目的研究 全球气候变化问题引起了国际社会的广泛关注,其中温室气体排放成为关注的焦点,《京都议定书》为各国制定了减排标准。减少大气中温室气体含量的手段主要包括减少排放源和增加吸收汇。森林具有强大的碳汇功能,因此许多国家借助 CDM 项目中的林业碳汇项目来完成减排承诺,为我国林业发展提供了契机^[13]。所以目前我国在这方面的研究很多。雷瑶^[15]等针对目前国内外已开展的一些林业碳汇试点项目,分析了林业碳汇项目目前存在的一些制约因素和风险以及解决这些问题的关键所在,并在此基础上结合我国的实际情况分析证明了森林碳汇项目在我国具有巨大的发展潜力。李怒云^[16]等在研究造林再造林碳汇项目产生的背景,分析了在我国实施造林再造林碳汇项目的利弊,提出了我国林业碳汇管理的初步设想。孙丽英^[17]等深刻剖析了我国开展林业碳汇项目的利弊并肯定了我国适当开展林业碳汇项目对我国经济和社会的可持续发展和进一步加强我国

的国际地位的作用。马贵珍^[18]认为清洁发展机制中的林业碳汇项目是发展中国家利用外资和技术进行造林和再造林的机遇,可以通过这个机遇加强西部地区造林条件差区域的林业建设,推进西部地区可持续发展。

3.1.4 森林碳汇市场及服务交易的研究 基于森林是全球碳循环的重要组成部分和在吸储 CO₂ 等温室气体方面的重要作用,森林的碳汇服务功能作为 CO₂ 减排的主要替代渠道,它所产生的碳信用通过某种方式可以自由转换成在市场上交易的温室气体排放权,帮助国家完成温室气体减排义务,于是就逐渐形成了森林碳汇的交易市场^[19]。

为了适应国际森林碳汇市场化的发展并促进中国森林碳汇市场化的建立,中国的许多学者也对森林碳汇的经济问题进行了一些研究。为了促进中国碳汇市场的建立,王雪红^[20]对中国碳汇的发展潜力进行了研究,李怒云^[16]等对中国林业碳汇的管理现状进行了分析并对未来的碳汇管理提出了初步设想,林德荣^[21]在对森林碳汇服务市场交易成本的构成、特征和大小进行探讨的基础上,分析了交易成本对市场规模的影响。王见^[22]等研究了构建“非京都规则”森林碳汇市场的必要性,以及扩大森林碳汇需求、保证森林碳汇供给和规范森林碳汇市场交易秩序的具体措施。何英^[23]对中国森林碳汇交易市场现状进行客观评价,建议加强对非政府组织的规范管理,降低交易成本,促进中国碳汇交易市场的发展。

3.2 国外森林碳汇研究现状

国外对森林碳汇问题的研究起步于 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)是全球性陆地森林生态系统储碳蓄积研究的发端。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,世界各国政府和科学界日益重视林业碳汇相关研究,在联合开展全球碳计划(GCP)和全球碳综合观测计划(IGCOT)等项目的过程中重视生物圈和陆地上的碳储量、碳循环和碳平衡等研究,并对碳汇生产、计量、评价、交易、管理、监测、评估和预测等方面的研究,投入了大量人力物力资源,积极推进全球林业碳汇项目的发展,扩大国际碳贸易市场规模。随着《京都议定书》的生效,森林碳汇所蕴藏的巨大经济利益和商机愈发被国际社会所重视,关于森林碳汇的经济问题与贸易问题研究迅速发展并成熟起来。荷兰、法国、美国、俄罗斯、澳大利亚等国率先开始进行林业碳贸易,目前,在国外森林碳汇服务交易

数量在森林环境服务交易中占重要地位,国际碳汇项目不断增加。C. Susan^[24]等指出森林的碳汇管理是一个低成本、低技术,比较容易的方法来帮助减缓全球气候变化。并根据美国出台的气候变化政策,分析了环境,经济和社会带来的制约因素,强调了私营森林所有者在碳贸易中的重要作用。H. G. A. COLIN^[25]在《碳汇与气候变化:森林应对气候变暖》一书中对碳汇市场与森林生态效益补偿潜力的决策,森林自愿碳市场进行了详细说明。O. RO-LAND^[26]等以京都议定书为基础,从经济角度分析某一特定林业项目,从而对减排量(CER)成本等相关问题进行研究。

总体来说,国外研究主要针对全球气候变化的宏观政策与运行机制等方面,对碳汇的基础理论和评价方面的研究相对较多,对在发展中国家实施的森林碳汇项目相关研究较少。

4 森林碳汇的经济属性

4.1 稀缺性

稀缺性是指满足人们某种物质需要的资源量相对于人们无穷的欲望而言是有限的、不足的。稀缺性反映的是物品数量满足人们物质需要的程度。森林稀缺性体现在,第一,现有存量上的绝对稀缺。森林碳汇资产存量的多少主要取决于森林的数量和碳汇质量。第二,由森林其他用途的竞争性及工业迅速发展带来的相对稀缺。森林具有多种用途,随着社会对森林其他用途如木材生产等的需求不断增加,而各种使用用途之间存在着一定的竞争性,森林碳汇资产的数量不可避免地受到限制,进而引发它的相对短缺。总之,进入工业革命时代以来随着人口数量激增,化石燃料的使用导致大气中 CO₂ 累积猛增,温室效应造成了多种环境问题,森林碳汇是缓解大气中 CO₂ 浓度的有效手段,但森林碳汇服务能力有限,人口增加和经济增长导致的 CO₂ 排放量的急剧增加,使其稀缺程度大大提高。稀缺性特征要求对森林碳汇服务必须进行合理、有效、可持续地配置和利用。事实上,也正是稀缺性的存在使人们能够运用经济学的方法来分析和研究森林碳汇服务的配置^[27]。

4.2 公共物品性

公共物品指的是既不具有排他性又不具有竞争性的物品。森林生态系统通过光合作用,将大气中的 CO₂ 吸收并固定在树木中。森林的这种碳汇功能降低了大气中 CO₂ 的浓度,减缓了全球气候变暖进程,其效益不仅波及全体当代人,而且惠及后代,

而森林的经营者难以对该片林地做有效的控制,无法迫使周围的受益者在享受效益的同时缴纳使用费。对于非竞争性,任何一个体利用或使用其 CO₂ 是不会给其他人造成任何影响的,即增加一个人使用其固定的 CO₂ 的边际成本是零^[28]。此森林碳汇服务是属于森林资源提供的典型全球性的公共产品。这类产品的消费不需要通过市场交换便可享用,无须付出代价。因此它没有价格,也难以在市场上得到真正的价值承认。

4.3 外部性

外部性也称外在性,主要指某些个人经济行为影响了其他人或企业,却没有为之承担应有的成本费用或没有获得应有的报酬的现象。外部性一般包括正的外部性和负的外部性。正的外部性是指采取的活动对他人产生了有利影响不通过市场交换,受到其他经济主体的活动影响,其效果有利。负外部性是指给交易双方之外的第三者带来的未在价格中得以反映的成本费用。森林碳汇体现的是正的外部性,即外部经济,表现在通过建设林业生态工程,给有关部门带来了超额的经济效益,而这些超额的经济效益又是无偿的。森林碳汇服务是不论森林资源拥有者或经营者是否愿意提供,只要他们进行造林或森林保护和管理活动,树木就将自动吸收并固定 CO₂,森林碳汇服务就会自然而然地产生,而森林资源拥有者在没有政府干预和产权明晰界定的状况下,并不能因此获得任何报酬^[27]。其效益并没有在价格中得以反映。并且森林碳汇服务减缓全球气候变暖,使得全人类受益,所以它属于一种典型的公共外部经济。外部经济性不是通过市场机制提供的,而是自然外溢的结果。这种效益延伸性给计量带来了困难^[29]。

5 森林、CO₂ 与经济的关系

5.1 CO₂ 与经济的关系

能源在国民经济发展中有着非常重要的地位和作用,要创造相应的经济价值,就必须有相应的能源基础。经济增长必然引起能源消耗的增长,而能源消耗增长的结果是 CO₂ 排放量增加,排放空间减少。经济增长与 CO₂ 排放空间成反比,当经济总产值超过一定数量时,如果不采取措施控制 CO₂ 的排放,不增加森林碳汇容量,则 CO₂ 的排放会超过生态系统中碳库所能吸收的额度,导致大气中 CO₂ 加剧,温室效应进一步恶化。由 CO₂ 与经济这种逆向关系我们可知,控制或减少 CO₂ 排放必然会对经济造成影响,主要表现在以下两方面:为控制 CO₂ 排

放,必然会投入一些先进的科学技术设备,成本增加,经济受到直接影响;对 CO₂ 的控制将造成能源使用的减少,从而间接影响经济发展^[30-31]。

5.2 森林与 CO₂ 的关系

5.2.1 森林植被碳储量 第七次全国森林资源清查结果显示^[7]: 全国森林面积 19 545.22 万 hm², 森林覆盖率 20.36%, 森林蓄积 137.21 亿 m³。除港、澳、台地区外,全国林地面积 30 378.19 万 hm², 森林面积 19 333.00 万 hm², 森林蓄积 133.63 亿 m³。天然林面积 11 969.25 万 hm², 天然林蓄积 114.02 亿 m³; 人工林保存面积 6 168.84 万 hm², 人工林蓄积 19.61 亿 m³。我国森林面积居俄罗斯、巴西、加拿大、美国之后,列第 5 位; 森林蓄积居巴西、俄罗斯、加拿大、美国、刚果(民)之后,列第 6 位; 人工林面积继续位居世界首位。我国森林植被碳储量总量约 78.11 亿 t, 其中乔木林碳储量最多, 为 666 221.08 万 t, 碳密度为 42.82 t·hm⁻²; 竹林所占比例最小, 为 19 863.168 59 万 t^[32](图 1)。

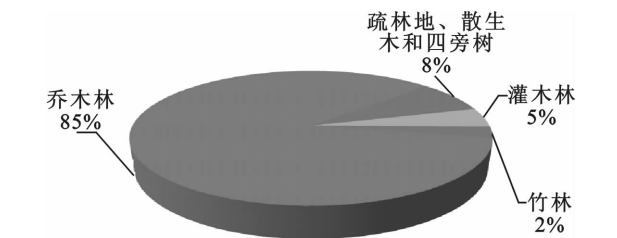


图 1 我国森林植被碳储量总量分布情况

Fig.1 Aggregate distributions of the forest cover in China
中国森林植被碳储量主要集中在东北和西南两大区,分别占全国的 20%和 40%,其乔木林碳密度大于全国平均水平(表 1)。

表 1 中国分大区的森林植被碳储量和碳密度
Table 1 Cabon storage and density of forestry vegetations in the main areas of China

地区	总碳储量/万 t	百分比/%	乔木林碳密度/(t·hm ⁻²)
东北	156 497.66	20.03	49.05
华北	86 700.47	11.10	30.08
华东	89 381.70	11.44	32.89
中南	76 895.09	9.84	29.62
西南	313 008.19	40.07	59.95
西北	59 662.98	7.51	45.28

目前,无论在森林群落或森林生态系统尺度上还是在区域、国家尺度上,IPCC 等国际组织以及世界各国对森林碳储量的估计,普遍采用的方法是通过直接或间接测定森林生物量再乘以生物量中碳元素的含量(含碳系数)推算而得^[33]。

基本公式:某一树种碳储量=某一树种生物量×树种含碳系数

5.2.2 森林碳汇潜力分析 结合我国历次森林资源清查结果和中国统计年鉴相关数据来看,我国森林碳汇容量在不断增加,中国森林碳汇功能在不断加大。根据每年造林情况可得出国家对林业问题的重视程度不断提高,我国长期以来进行的营林工作取得了巨大进展,这也是森林碳碳汇容量增加的有利保证。

中国地域辽阔,气候差异显著,单位面积的生物产量差异很大。在北方干旱半干旱地区,由于缺水,山地的森林生物量只有 6 t·hm⁻² 碳;而在南方水热条件较好的山地,森林的干物质含量高达 71 t·hm⁻²。中国陆地面积 960 万 km²,1% 的森林覆盖率大约有 10 万 km²,约 1 000 万 hm²,也就是说,中国增加 1% 的森林覆盖率,便可以从大气中吸收固定 0.6~7.1 亿 t 碳。假定中国在未来 50 a 间将森林覆盖率从目前的 14% 增加到 20%,从总量上看,增加 6 000 万 hm² 森林,总固碳量约 3.6~42.0 亿 t,相对于 50 a 期间每年固碳 0.07~0.08 亿 t 碳。中国当前的人均碳排放平均约为 0.8 t 碳,全国约 10 亿 t 碳。这样,当前排放水平的 1%~8% 可以通过森林碳汇而得到削减^[33]。方精云院士在“中国森林碳汇现状及潜力预测研究”项目进展情况汇报中也表示,通过对我国过去 20a 森林生态系统碳汇变化情况进行进一步的进一步研究和核算和对到 2050 年我国森林碳汇变化趋势进行了预测,可得出:近 20 a,中国森林碳库均在增加,我国森林是一个相当可观的温室气体吸收汇。在未来 30~40 a 我国森林仍将具有较大的碳汇潜力(表 2)。

表 2 1973—2008 年我国森林资源年变化情况
Table 2 Changes of forest resource in China form 1973 to 2008

资源清查	清查时间	森林覆盖率/%	森林面积/亿 hm ²	森林蓄积量/亿 m ³
1	1973—1976	12.70	1.22	86.56
2	1977—1981	12.00	1.15	90.28
3	1984—1988	12.98	1.25	91.41
4	1989—1993	13.92	1.34	101.37
5	1994—1998	16.55	1.59	112.67
6	1999—2003	18.21	1.75	124.56
7	2004—2008	20.36	1.95	137.21

中国的森林碳汇虽然潜力巨大,但相对于中国的排放总量仍显有限。如果中国的排放达到当前世界人均水平约为 1.1 亿 t 碳,则碳排放总量约为 15 亿 t 碳。未来森林碳汇只能消化大约 0.5%~5% 的排放量。当然中国可以改进森林管理,提供单位面积生物产量,扩大造林面积。由于受到自然条件的影响,这些措施的成本可能会很高。在过去的半个多世纪里,中国每年投入了大量的资金人力造林,但

森林覆盖率只提高了 4%。而且这些造林地段的自然条件可能还比较好。而我国有 1/3 的沙漠和 1/3 的高原土地,因此,在看到森林碳汇潜力的同时,也要看到其局限性。

5.3 森林与经济的关系

5.3.1 森林的经济功能 森林作为一种可再生的能源资源,具有巨大的经济功能,是我国大力发展低碳经济的潜力所在。第一,在工业建设不可或缺的原材料中,木材相比于钢材、水泥更加绿色环保,且可降解,用木材代替钢材和水泥,单位能耗可从 800 降到 100,可以减少大量的 CO₂ 排放,对发展低碳经济意义十分重大。第二,森林是一种仅次于煤炭、石油、天然气的第四大战略性能源资源,而且具有可再生、可降解的特点。森林生物质能源主要是用林木的果实或籽提炼柴油,用木质纤维燃烧发电。在化石能源日益枯竭的情况下,发展森林生物质能源已成为世界各国能源替代战略的重要选择。就我国目前资源来看。发展森林生物质能源前景十分广阔。第三,发展木本粮油不仅能增加碳汇,也是维护国家粮油安全的重要途径。我国木本粮油树种十分丰富,有适宜发展木本粮油的山地 0.106 7 亿 hm²。目前,全国食用植物油 60% 靠进口。如果种植和改造 600 万 hm² 高产油茶林,就可年产茶油 450 万 t,不仅可使我国食用植物油进口量减少 50% 左右,还可腾出 666.67 万 hm² 种植油菜的耕地来种植粮食,这对于优化经济结构,维护国家粮油安全具有战略意义^[31]。

5.3.2 森林碳汇的价值体现 目前我国现行税制对环境保护所起的作用是十分有限的,并且能源利用效率低,城市大气环境污染严重。因此,迫切要求通过经济手段来解决由能源引起的环境问题。西方一些发达国家已经引入碳税制度,其本质除了进行税制改革(即减少所得税加强间接税)外,主要是控制大气污染气体的排放。所谓碳税就是对含炭的燃料,每排放单位重量的 CO₂ 征收一定数额的碳税。碳税的引入起因于全球气候变化。虽然目前对于气候变暖这个问题在科学上还存在大量的不确定性,但减少温室气体排放、保护气候则是国际社会所面临的共同问题。20 世纪 90 年代初北欧国家纷纷引入碳税,如瑞典、挪威、芬兰和荷兰等国。森林的生态效益是一种间接效益,为了使森林的碳汇效益有所体现,应当引入碳税制度。引入碳税的目的首先是作为减少所得税、加强间接税的税制改造的组成部分。利用税收和价格等市场经济手段减少和节约能源消费。发展替代能源是发达国家保护环境、减少温室气体排放的重要课题。我国作为世界

上最大的发展中国家之一,制定适合国情的减缓温室气体排放增长率的相关政策和措施,对满足 WTO 规则要求,适应《京都议定书》规定内涵,促进我国经济增长方式从粗放型向集约型的根本转变,使经济建设与能源消费和环境保护相协调,加快市场化建设,走可持续发展的道路有着重要的意义。

5.3.3 森林碳汇经济评价 在对森林碳汇进行计量的基础上,开张森林碳汇经济评价具有重要意义,具体体现在以下 3 方面:一是能够正确评价森林生态产出“碳汇”的经济价值;二是可以为开展绿色 GDP 核算奠定基础;三是为开展森林碳汇项目和森林碳贸易做好准备。森林碳汇经济评价参数主要是指碳汇价格,其单位是元/t 碳。森林资源碳汇价值为森林生物固碳量与森林碳汇单价的乘积^[33]。

$$\text{森林资源碳汇价值 } V_t = CF \times P$$

式中:V_t——森林资源碳汇价值;CF——森林碳汇量;P——森林碳汇价格(元/t 碳)。

5.3.4 森林碳汇在低碳经济中的作用分析 森林既可以作为温室气体的储藏库和吸收源,又可能因毁林、森林退化、火灾等,成为温室气体的排放源。同时,森林本身也受到气候变化的严重影响,包括气候变化对森林群落和树种的空间分布影响、组成结构的变化、林木的生理生态响应和生物生产力的变化、森林的碳汇作用和碳平衡等影响。

森林作为人类社会生存和发展的物质基础,在应对气候变化特别是低碳经济中有很大作用。森林对低碳经济的影响主要有以下几方面:1)植树造林增加碳汇,改善人居环境,促进生态文明;2)加强森林经营、提高森林质量,促进碳吸收和固碳;3)保护和控制森林火灾和病虫害;4)减少林地征占用,减少碳排放;5)森林作为生态游憩资源,其形成过程就是增汇、固碳的过程,为人们提供了低碳的休闲娱乐场所;6)使用木质产品、延长其使用寿命,可固定大量 CO₂;7)保护湿地和林地土壤,减少碳排放。此外,森林固碳具有工业减排不可比拟的低成本优势,能够增加绿色就业、促进新农村建设等;还有保护生物多样性、涵养水源、保持水土、改善农业生产条件等适应气候变化的功能。

5.3.4.1 森林是陆地最大的储碳库和最经济的吸碳器

作为陆地生态系统的主体,森林通过光合作用吸收 CO₂,放出 O₂,并把大气中的 CO₂ 固定在植被和土壤中。森林以其巨大的生物量储存了大量的碳。据政府间气候变化专门委员会估算:全球陆地生态系统中贮存了约 2.48 万亿 t 碳,其中约 1.15 万亿 t 碳贮存在森林生态系统中,占总量的

46.37%。作为陆地生态系统中最大的碳库,森林被公认为最有效的生物固碳方式。森林同时又是最经济的吸碳器。与工业减排相比,森林固碳投资少、代价低、综合效益大、更具经济可行性和现实操作性。森林的碳汇功能、对维护全球生态安全和气候安全一直起着重要的杠杆作用^[34]。

5.3.4.2 森林碳汇和可再生性是低碳经济的重要基础

应对气候变化,最有效的途径是工业直接减排和森林间接减排。与工业减排相比,森林固碳投资少、成本低、综合效益大,更具经济可行性和现实选择性^[35]。全球陆地生态系统中存储了 2.48 万亿 t 碳,其中 1.15 万亿 t 碳存储在森林生态系统中。在生长季节,1 hm² 的阔叶林每天可以吸收 1 t CO₂;森林每生长 1 m³ 木材,就能吸收 1.83 t CO₂,同时释放 1.62 t O₂,可见林业在间接减排上的作用无可比拟。

5.3.4.3 森林是适应气候变化的重要措施之一

森林是适应气候变化的重要措施,如大规模植树造林、治理荒漠化等,具有涵养水源、保持水土、防风固沙的作用;建设沿海防护林、恢复红树林生态系统,对抗御海洋灾害,保护沿海生态环境具有重要价值。而采用抗旱抗涝作物品种、加固海岸提防、减少森林火灾和病虫害、加快优良林木品种选育等,有助于提高森林本身适应气候变化的能力,森林适应气候变化能力的增强,反过来又会提高森林减缓气候变化的能力^[33]。1980—2005 年,中国通过持续地开展造林和森林经营、控制毁林等措施,净吸收和减少碳排放累计达 51.1 亿 t。仅 2004 年中国森林净吸收了约 5 亿 t CO₂ 当量,占同期全国温室气体排放总量的 8%以上。据中国林业科学研究院依据第七次森林资源清查结果和森林生态定位监测结果评估,目前我国森林植被总碳储量高达 78.11 亿 t。

5.3.4.4 森林固碳作用分析

树木直接固碳通过光合作用,将空气中 CO₂ 吸收后变成有机碳,固定在植物体内各个部分,称为树木直接固碳。森林间接固碳是指森林产品固碳作用的延伸以及森林产品代替其他材料从而带来其他材料生产过程中能源节约、减少 CO₂ 排放 2 个方面。森林采伐后树木不再吸收 CO₂,但大部分立木蓄积生物量以木材等各种实物形态被长期利用,从而形成了对 CO₂ 继续固定作用。森林所具有的减少 CO₂ 排放的作用主要体现 2 个方面。一是木材可以代替其他建材,从而减少其他材料生产过程中排放的 CO₂ 量。二是木材代替石化能源减少 CO₂ 排放。据测算,1 t 木材与 500 kg 石油所释放的热量相当,

而所释放的 CO₂ 却少得多^[36]。

6 低碳经济下基于森林碳汇角度对林业发展的建议

随着国民经济的发展,人们对环境问题认识日益深刻,我国林业正经历着由以木材生产为主向以生态建设为主的历史性转变,林业也被逐渐定位为我国生态环境建设的主体。森林碳汇功能作为森林的生态功能(公益功能),为经济发展提供了生态安全保障(图 2,图 3)。在低碳时代下,以林业指导思想为基础,从森林碳汇在低碳经济发展中的地位 and 作用的角度,对林业未来发展进行思考,可以得出,加快低碳林业的发展,是发展低碳经济、应对气候变暖最经济、最直接的途径。

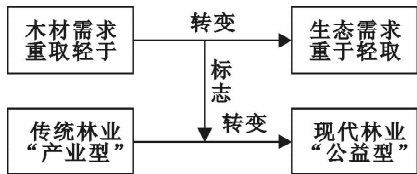


图 2 林业指导思想的变迁

Fig. 2 Evolution of guiding ideology in the development of forestry

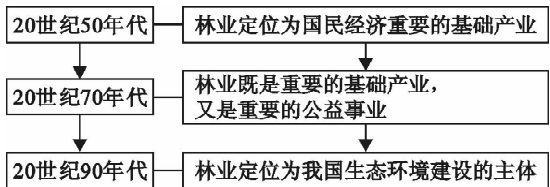


图 3 林业定位的演变

Fig. 3 Evolution of the position of forestry development

6.1 进一步推进森林可持续经营

森林可持续经营是通过综合开发、培育和利用森林,以发挥其多种功能,从而保护土壤、空气和水的质量,以及森林动植物的生态环境,既满足当前社会经济发展过程中对木质、非木质林产品和良好生态环境服务功能的需要,又不损害未来满足其需要的林业。森林碳汇管理和森林可持续经营的关系是相互的,加强森林碳汇管理可有力推进森林可持续经营工作,森林可持续经营是维护森林发挥碳汇功能的重要保障。

6.2 加强森林资源管理

首先,要继续推进林业生态工程建设,确保工程实施质量。通过实施退耕还林还草工程、京津风沙源治理工程、“三北”和长江中下游地区等重点防护林建设工程,在退耕地和荒山荒地造林,增加了森林面积,并有效保护了现有的森林资源。这些林业工程的稳步推进和实施,将使我国森林资源总量增加,天然林资源得到进一步的有效保护,森林碳储量增加,森林碳汇功能得以增强。

此外,要加强森林火灾、森林病虫害预测预报管理,确保森林资源安全。

最后,实施科学的森林管理措施,提高森林资源质量,确保我国森林资源安全和维持森林碳储量。通过造林再造林增加森林面积在一定程度上可以增加森林碳汇,但是土地面积毕竟是有限的,尤其是我国这样的人口大国,土地资源更是紧张。因此,当造林面积达到一定程度时,只能通过加强对现有森林的管理来增加森林碳储量,促进森林对大气中 CO₂ 的吸收、缓解气候变化和全球变暖。随着我国植树造林、林业生态工程的实施和森林管理水平的进一步提高,未来我国森林在应对气候变化和推进低碳经济发展中的作用将会进一步增强^[37]。

6.3 继续深入落实林权制度改革措施

近年来,党中央、国务院决定在全国开展集体林权制度改革,调动了亿万农民造林育林护林的积极性,极大地解放了农村生产力,极大地促进了生态文明建设。可以预见,未来 10 a 是我国低碳行业发展的黄金期。随着我国集体林权制度改革的深入和现代林业建设的推进,森林面积和森林质量将大幅度提高,中国林权交易所的成立将带动林权和碳汇交易的启动,木材价格、林产品价格也将提升,加上国家对林业的一系列扶持政策,必将为森林碳汇业和林业低碳经济发展带来更大的空间。

6.4 建立并完善我国碳贸易市场

碳贸易,即碳交换,指的是森林所有者将森林碳汇产生的 CO₂ 排放权作为产品投放市场进行交易的行为。《京都议定书》虽没有规定中国承诺的 CO₂ 排放额,但日益严重的气候变化问题,国际舆论压力及中国生态环境建设要求,开展森林碳贸易迫在眉睫。应把握住我国内外部优势,尽快建立并完善我国碳贸易市场^[38]。

6.5 继续深入开展森林碳汇项目

我国开展森林碳汇相对较晚,但发展势头较好。我国政府于 2001 年启动了全球碳汇项目,对开展造林再造林碳汇项目及其相关工作给予了充分重视和积极支持。目前我国已在辽宁、广西、云南、山西、内蒙古等地建立了碳汇项目,不仅发挥了当地森林资源优势,且对当地林业和经济的发展有积极的促进作用。

参考文献:

[1] 史新峰. 气候变化与低碳经济[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010.

[2] 张颖,吴丽莉,苏帆,等. 森林碳汇研究与碳汇经济[J]. 中国人口. 资源与环境,2010,20(3):288-291.

[3] 方精云. 全球生态学—气候变化与生态响应[M]. 北京:高等教

育出版社,2000.

[4] 魏殿生. 造林绿化与气候变化:碳汇问题研究[M]. 北京:中国林业出版社,2003.

[5] 杨绍辉. 林业碳汇研究进展简述[J]. 现代经济信息,2010(3):206-207.

[6] 张志华,彭道黎. 森林管理对森林碳汇的作用和影响分析[J]. 安徽农业科学,2008,36(9):3654-3656.

[7] 陈珂,陈雪琴,王秋兵. 中国森林碳汇的障碍与前景分析[C]. 第四届中国林业技术经济理论与实践论坛,2009.

[8] 方精云. 北纬中高纬度的森林碳库可能远小于目前的估算植物[J]. 生态学报,2000,24(5):635-639.

[9] 杨永晖,毕绪岱. 河北省森林固定二氧化碳的效益[J]. 生态学杂志,1996:1-7.

[10] 杨海军. 森林碳蓄积量估算方法及其应用分析[J]. 地球信息科学,2007,9(4):5-12.

[11] 赵林,殷鸣放,陈晓菲,等. 森林碳汇研究的计量方法及研究现状综述[J]. 西北林学院学报,2008,23(1):59-63.

[12] 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(5):518-522.

[13] 刘伟华,张宏玉. CDM 下的森林碳汇项目给我国林业发展带来的机遇[J]. 生态经济,2009(5):163-164,173.

[14] 方精云,刘国华,徐嵩龄. 中国陆地生态系统的碳库[M]. 北京:中国环境科学出版社,1996.

[15] 雷瑶,王雪梅. 浅议我国林业发展中基于 CDM 的森林碳汇[C]. 第四届中国林业技术经济理论与实践论坛,2009.

[16] 李怒云,宋维明,章升东. 中国林业碳汇管理现状与展望[J]. 绿色中国,2005(6):23-26.

[17] 孙丽英,李惠民,董文娟,等. 在我国开展林业碳汇项目的利弊分析[J]. 生态科学,2005,24(1):42-45,48.

[18] 马贵珍. 实施林业碳汇项目,推进西部地区可持续发展[J]. 重庆工商大学学报:西部论坛,2009,19(2):35-38.

[19] 夏丽娜,肖彦利,倪柏春,等. 论森林碳汇市场的产生与发展[J]. 林业勘查设计,2008,(2):10-12.

[20] 王雪红. 林业碳汇项目及其在中国发展潜力浅析[J]. 世界林业研究,2003,16(4):7-12.

[21] 林德荣. 森林碳汇服务市场交易成本问题研究[J]. 北京林业大学学报:社会科学版,2005,4(4):46-49.

[22] 王见,文冰. 我国“非京都规则”森林碳汇市场构建研究[J]. 中国林业经济,2008(3):27-31.

[23] 何英. 森林固碳估算方法综述[J]. 世界林业研究,2005,18(1):22-25.

[24] SUSAN C, DAVID D, HANNAH G. Mitigating climate change through small-scale forestry in the USA: opportunities and challenges. small-scale forestry[J]. Small-Scale Forestry,2010,9(4):445-462.

[25] COLIN A G H. Carbon sinks and climate change:forests in the fight against global warming[M]. Cheltenham, UK: Edward Elgar Pub. ,2009.

[26] ROLAND O, PABLO C B. Secondary forests as temporary carbon sinks the economic impact of accounting methods on reforestation projects in the tropics[J]. Ecological Economics,2005,55(3):380-394.

[27] 胡品平,徐正春,刘成香. 森林碳汇服务的经济学分析——基于产权角度看森林碳汇服务交易[J]. 中国林业经济,2007(2):34-37.

[28] 金巍,文冰,秦钢. 林业碳汇的经济属性分析[J]. 中国林业经济,2006(4):14-16.

[29] 黄方. 森林碳汇的经济价值[J]. 广西林业,2006(5):42-44.

[30] 李顺龙. 森林碳汇问题研究[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,2006.

[31] 李顺龙. 森林碳汇经济问题研究 [D]. 哈尔滨:东北林业大学,2005.

[32] 国家林业局森林资源管理司. 中国森林资源第七次清查结果及其分析[J]. 林业经济,2010(2):66-72.

[33] 李海奎,雷渊才. 中国森林植被生物量和碳储量评估[M]. 北京:中国林业出版社,2010.

[34] 李怒云,陈叙图,章升东. 林业在发展低碳经济中的地位与作用[J]. 林业经济,2010(2):73-75.

[35] 张晓静,方宜亮,王佳,等. 林业是低碳经济时代的重要选择[J]. 林业经济,2010(5):94-97.

[36] 李怒云. 中国林业碳汇[M]. 北京:中国林业出版社,2007.

[37] 何腾发. 森林资源管理[M]. 北京:中国林业出版社,2007.

[38] 李顺龙,杜咏梅,蒋敏元. 我国森林碳汇问题初探[J]. 林业财务与会计,2004(7): 5-6.

(上接第 130 页)

[13] 张知彬,朱靖,杨荷芳. 大仓鼠种群季节存活率的估算[J]. 动物学报,1992,38(2)151-154.
ZHANG Z B, ZHU J, YANG H F. Estimation of seasonal survival ratea of *Cricetulus triton* populations[J] Acta Zoologica Sinica, 1992,38(2):151-154. (in Chinese)

[14] 贾延库,高永荣,陈长安,等. 北京地区啮齿动物种类和地理分布调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,1999,10(2)87-90.
JIA Y K, GAO Y R, CHEN C A, *et al.* Survey of rodent species and their zoogeographical ditributions in Beijing area [J]. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 1999,10(2)87-90. (in Chinese)

[15] 李宏俊,张知彬,王玉山,等. 东灵山地区啮齿动物群落组成及优势种群的季节变动[J]. 兽类学报,2004,24(3):215-220.
LI H J, ZHANG Z B, WANG Y S, *et al.* Small rodents community composition and seasonal changes of their dominant populations in Dongling Mountain[J]. Acta Theriologica Sinica, 2004,24(3):215-220. (in Chinese)

[16] 马逸青,程继臻,傅承钊,等. 黑龙江省兽类志[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1986:231.

(上接第 141 页)

[20] 兰小艳,黄敏,张学俊. 杜仲叶中绿原酸醇提法的工艺研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(18): 84-88.
LAN X Y, HUANG M, ZHANG X J. Study on the alcohol extraction technology of chlorogenic acid from the leaf of *Eucommia ulmoides* Oliv. [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(18): 84-88. (in Chinese)

[21] 尉芹,景谦平,马希汉. 杜仲叶中绿原酸的提取工艺条件研究[J]. 林产化学与工业, 2001, 21(4):27-32.
WEI Q, JING Q P, MA X H. Study on technique of extraction and isolation of chlorgogenic acid from leaves of *Euclmia ulmoides*[J]. Chemistry & Industry of Forest Products, 2001, 21(4):27-32. (in Chinese)

(上接第 196 页)

[12] 柳瑞武,李春友,孟平,等. 树木形态结构快速精确测定方法初探[J]. 西北林学院学报, 2011,26(1): 176-180.
LIU R W, LI C Y, MENG P. Preliminary study on fast and acurate determination method of tree morphostructure[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011,26(1): 176-180. (in Chinese)

[13] 刘千里,李春友,柳瑞武,等. 多基线数字近景摄影测量系统在古典园林建筑物三维重建中的应用[J]. 西北林学院学报, 2009,24(4): 224-227.
LIU Q L, LI C Y, LIU R W, *et al.* Application of multi-base-line digital close-range photogrammetry system in 3D modeling of classical garden buildings[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009,24(4): 224-227. (in Chinese)

[14] 赵鹏祥,李卫忠,郝红科,等. 无测积手持型 GPS 面积测量及其精度评价[J]. 西北林学院学报, 2004,19(4): 158-161.
ZHAO P X, LI W Z, HAO H K, *et al.* On area measurement and precision appraising for the pocket GPS[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2004,19(4): 158-161. (in Chinese)

[15] 胡天翔,郑加强,周宏平. 基于双目视觉的树木图像测距方法[J]. 农业机械学报,2010,41(11): 158-162.
HU T X, ZHENG J Q,ZHOU H P. Measurement method of depth information of tree images based on binocular vision [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(11): 158-162.

[16] 王雪峰,张超,唐守正. 基于图像理解的树木直径抽取技术[J]. 林业科学,2005,41(2): 16-20.
WANG X F, ZHANG C, TANG S Z. A technology of gathering forest diameter based on image understanding[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2005,41(2): 16-20. (in Chinese)

[17] WANG D, LIU J H, WANG J L. Diameter fitting by least square algorithm based on the data acquired with a 2-D laser scanner[J]. Procedia Engineering, 2011(15):1560-1564.