

森林经营综合效益评价方法与发展趋势*

苏立娟^{1,2} 张 谱^{1,3} 何友均¹

(1 中国林业科学研究院林业科技信息研究所,北京 100091;2 国家林业局管理干部学院,北京 102600;

3 中国林业科学研究院荒漠化研究所,北京 100091)

摘要:加强森林经营和提高森林质量是我国林业现代化过程的重要内容和环节。不同经营模式对森林多功能影响及经济效益评价已经成为森林经营领域关注的热点之一。文中对森林经营综合效益评价的理论和方法进行评析,综述近几十年来国内外森林经营的木材生产和碳储存效益评价,重点介绍不同时期研究评价内容的变化;在此基础上,总结我国森林效益评价存在的不足,指出今后研究的重点和发展趋势,为推进我国森林经营朝着技术上可行、生态上友好、经济上可接受的可持续方向发展提供参考。

关键词:森林经营,木材生产,碳汇,多目标经营,经济效益

中图分类号:F316.23,S75

文献标识码:A

文章编号:1001-4241(2015)06-0006-06

DOI:10.13348/j.cnki.sjlyyj.2015.06.002

Comprehensive Benefit Evaluation on Forest Management and Its Development Trend

Su Lijuan^{1,2} Zhang Pu^{1,3} He Youjun¹

(1 Research Institute of Forestry Policy and Information, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2 State Academy of Forestry Administration, Beijing 102600, China;

3 Research Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Strengthening forest management and improving forest quality are important content and part of the forestry modernization process in China. The impacts of different management model on multiple functions of forest and their economic benefit evaluation have become a hot spot in forest management. This paper analyzed the theories and methods for comprehensive benefit evaluation on forest management, reviewed the benefit evaluation on wood production and carbon storage from forest management in the past few decades, with the highlight put on the changes in the research contents in different periods. On the basis of this review, the existing problems on forest benefit evaluation in China were summarized, and the key research field and development trend in the future was pointed out, with the aim to provide theoretical and technical basis for promoting the sustainable forest management in China, which is feasible in technology, friendly in eco-environment and viable in economic benefits.

Key words: forest management, wood production, carbon storage, multi-objective management, economic benefit

保护森林资源、满足经济发展对森林资源的需求、提高森林质量是当前的重要任务,加强森林经营是现代林业建设的永恒主题^[1]。合理有效的森林经

营模式不仅能充分发挥林地生产力,而且能充分发挥森林生态、经济和社会等多重效益。现阶段是中国林业改革发展的关键时期,对森林多目标经营提出了更

* 收稿日期:2015-09-19;修回日期:2015-11-13

基金项目:国家自然科学基金(31170593)

第一作者:苏立娟,女,硕士,研究方向:林业经济管理,E-mail:sulijuan.0@163.com

通信作者:何友均,男,博士,副研究员,硕士生导师,研究方向:森林多目标管理与评价、生态经济与政策、林业战略与规划,E-mail:hyjun163@163.com

高的要求。森林经营及其效益评价的科学性至关重要,关系到我国林业的健康、可持续发展。

不同森林经营模式会产生不同的经营效果,只有科学评价经营效果才能确定最佳的经营方案,优化生态、经济和社会效益。例如,洪彦军^[2]对甘肃小陇山林区人工林近自然森林经营模式试验成效进行了研究,认为人工林近自然森林经营在发挥显著经济效益的同时,生态效益和社会效益明显,有利于生物保护,并带动林区增加就业、脱贫致富。传统的森林经营效益评价偏重森林的直接物质生产功能,由于生态效益难以量化,虽涉及生态效益但对其评价不尽合理^[3]。同时,森林经营不仅要做到技术上可行、生态和社会效益显著,而且在生产实践中要做到经济上可接受。基于此,本文主要对国内外研究者近年来评价森林经营综合效益的方法和研究进展进行总结分析,以期为优化森林经营模式、制定合理的森林经营方案、推动森林可持续经营提供参考。

1 森林经营模式演变

广义的森林经营包括森林培育、保护与利用。通常人们所说的是狭义的森林经营概念,是指整个森林培育过程所涉及的各项经营措施和管理工作,包括造林、抚育、林分改造、采伐、更新等各项营林生产活动及相关组织管理。不同经营模式的培育理念、目的或措施不尽相同。

选择合理的森林经营模式对林业发展具有重要意义。经济社会的不断发展决定了不同时期、不同国家所选择的森林经营模式不同。从国际上来看,森林经营模式大致经历了以采伐利用为主的经营模式→永续经营模式→多效益经营模式→生态系统经营模式的演变过程^[4]。目前,世界上绝大部分国家正处于森林多效益经营模式阶段,少数发达国家则已经开始探索利用可持续发展的生态系统经营模式^[4]。根据各国国情和林情的不同,多效益经营主要分为森林3大效益一体化经营模式(以德国为代表)、森林多效益主导利用经营模式(以澳大利亚、新西兰和法国为代表)和森林多效益综合经营模式(以美国为代表)3类^[5]。

我国各地区森林植被和经济社会状况差异显著,任何模式都只是适合某种时空条件下的标准形式,并没有统一的森林经营模式;但都以分类经营为指导思想,并积极探索可持续经营的管理方式。从全国层面

分析,森林经营可分为近自然经营、复合经营、分类经营和集约经营模式等;在东北地区,森林经营可分为天然次生林传统经营、永续利用森林经营和调整育林经营模式等;在南方桉树大面积经营区,经营模式又可分为速生丰产林家庭单户经营、集体统一经营和合作经营模式^[6]等。

2 森林经营效益评价理论与方法

林业经济研究中关于最优森林经营管理的讨论由来已久。Faustmann在1949年提出的考虑动态折现条件下的理论对最优森林管理思想产生了重大影响,成为对森林经营效益评价影响最为深刻的理论之一。近些年,有关森林的各项生态功能及其对最优轮伐期影响的研究开始发展起来。尤其是气候变化下对森林碳汇效益的重视使得生态效益逐渐融入森林效益评价理论,其中大多数是用净现值(NPV)方法分析生态功能的影响。当前,研究者主要从净现值(NPV)、内部收益率(IRR)和林地期望值(LEV)3个角度评价不同森林经营模式经营效益。

2.1 净现值

净现值是在森林效益评价上使用较早的方法。早在上个世纪,国内外学者就以收获净现值为指标衡量不同经营模式对林农收入的影响^[7]。

净现值是指森林经营收益与成本折现之后的差额。净现值大于零,表示方案可行;净现值越大,经营效益越高。在外部投入有限的情况下,可以利用净现值对所有的经营模式进行评价,从中选择净现值最大的最优方案^[8]。在越来越强调森林经营生态目标的背景下,不同经营模式下固碳等生态功能的成本—效益分析成为评价生态价值的一种有效方法,在量化生态功能方面起到了重要作用。此外,净现值原理还可以用来评估税收和碳汇补贴等政策对森林经营的影响。

2.2 内部收益率

内部收益率反映了不同经营模式林地自身的最大盈利能力,净现值为0时的贴现率即为内部收益率。原则上,内部收益率大于贴现率时,表示森林经营方案是可行的;其值越大,经济效益越好,反之则相反。

周再知等^[9]通过分析得到25年经营期内3种不同经营模式的藤类人工林内部收益率都达到20%以上,表明经营模式可行且具有较强的抗风险能力;谡

红辉^[10]用动态经济效益评价法为广西马尾松人工林不同立地指数级筛选出2~3种优化栽培模式,可提高内部收益率1.6%~5.0%;李晓储等^[11]利用内部收益率研究指出,杉木不同栽培模式的经济效果不同,15年主伐模式比26年主伐模式内部收益率提高16.65%,12年主伐模式比19年主伐模式内部收益率提高4.41%,短周期栽培模式内部收益率显著高于长周期模式。内部收益率法能够把经营周期内的收益与支出联系起来,以判断经营方案的可行性;但内部收益率仅仅是一个比率,不能清晰地说明方案的有效程度,故经常作为辅助指标。

2.3 林地期望值

林地的价值与森林经营模式有关,客观评估林地价值对于优化森林经营有积极的指导意义。林地期望值是资源经济学中衡量森林价值、确定最优轮伐期的重要标准。期望值法以森林永续皆伐为前提,假设每个轮伐期林地上的支出相同、收入相同,从无林地造林开始计算,将无穷多个轮伐期的纯收益全部折为现值累加求和作为林地价值。林地期望值的计算主要采用2种模型。

2.3.1 Faustmann 模型

Faustmann 理论基于无限次轮伐期的最大净现值计算最优轮伐期。该理论认为,在木材平均年增长率与净效益的现值最大时是最优砍伐时间,即森林价值最大化。其假设无限次采伐的收获、抚育、造林等费用每期保持不变,轮伐期结束时全部采伐。林地经营者所获得的收益期望值即为无限期木材生产净收益现值与净成本现值的差值。在具体应用时,由于一个轮伐期中的间伐收益及其他费用(管理费等)的产生时间和货币值各不相同,可以根据实际情况对模型进行调整。

Faustmann 模型的优点是将林地价值货币化并充分考虑到了资金的时间成本,缺点是忽视了除去木材效益之外的其他效益。因此,Faustmann 模型主要还是用来分析林地的经济价值、皆伐作业的林地评价以及合理确定森林地租等。

2.3.2 Hartmann 模型

Hartmann 模型^[12]是对传统 Faustmann 模型的扩展,不仅涵盖木材净收益,还将森林游憩、生物多样性、水源涵养等森林生态服务价值纳入其中,因此目前在最优轮伐期计算上应用较为广泛。

Hartmann 模型是综合考虑经济效益与环境效益

的林地收益期望值计算方法,但有关各项生态服务价值的计算并没有确定的公式。Hartman 最早将木材收益以外的价值考虑进林地收益期望值计算中,后续有许多学者进行了深入研究^[13-14]。随着森林生态价值研究的深入,Richards 等^[15]和 Andrew^[16]将森林碳汇纳入了林地收益期望值计算。考虑到木材生产和碳汇的综合收益,Hartmann 模型通常作为衡量森林外部性的传统方法。在假定未来碳汇价格及其他外部条件不变的情况下,通过 Hartmann 模型得出的最优轮伐期比 Faustmann 模型计算得出的最优轮伐期要长1倍^[17]。

3 森林经营效益评价内容侧重点变化

最初,人们对森林经营产生的木材收获最为关心,通过森林经营实现木材产量最大化的原理和方法一直是探讨的重点。随着科技进步和人们关注焦点的变化,对林分结构、群落特征、生物量、生产力等方面的研究也逐步深入,意在掌握森林生态演替规律,从而为森林科学经营提供借鉴。伴随着社会的持续发展,人们对森林生态服务的需求与日俱增,开始注重对森林经营碳汇以及其他多重功能的价值化评价。

3.1 不同经营模式下木材生产效益评价

木材收获是森林经营的重要目标,是衡量森林经营效果的有效指标。在传统的森林经营中,木材收获是唯一的营林目标,是山区林农的主要经济来源。不同森林经营模式下的木材产量及其经济价值存在差异。国外研究一般以整个地区为研究对象,研究尺度较大,研究在较大范围内气候、采伐措施、林分类型等自然和人为因素对木材产量所产生的影响,对于不同森林经营模式的宏观影响考察比较全面,而对不同经营模式造成的个体和林分水平的差异研究不够精确。国内研究多以林场为研究对象,研究尺度较小,一般只会涉及因人为经营措施不同而引起的产量变化,欠缺对大范围内自然因素的动态研究。

Vilà 等^[18]以地中海地区森林为研究对象,发现落叶松林分比针叶树种林分木材产量更高,相应地所带来的经济效益也不相同;d'Oliveira 等^[19]认为,砍伐周期较短、干扰强度低的经营措施可以促进木材的可持续生产,有利于长期木材效益的增加;Kellomäki 等^[20]研究表明,在芬兰南部气候变化条件下,气温上升可以提高欧洲赤松产量,尤其是当温度缓慢上升时,低强度的疏伐水平能最大限度地提高赤松的木材

产量。杨晓勤^[21]研究了吉林省金沟岭林场典型的针叶林、阔叶林和针阔混交林,表明近自然经营在培育大径材上与无干扰和传统经营差异显著,显著地提高了大径阶林木的收获量;梁星云等^[17]对丹清河林场的研究也得出了相似的结果,表明近自然经营符合人类经营森林的目标,有利于产出优质木材,实现很好的经济收益;何波祥^[22]对中国热带地区次生林现状和经营情况进行实地调查后认为,次生林的木材生产能力相当低,单位面积平均蓄积量不到世界平均水平的70%。

以上研究表明,近自然经营保持了森林的近自然特性,可以保持林分的健康结构,提高了森林的抗干扰能力,从而有利于实现木材的可持续生产;而且近自然经营有利于大径材的生长,在产量和价格上具有优势,经济效益明显。因而,在中国推广近自然经营具有重要意义。此外,在全球气候变暖的趋势下,利用树木特性适应增温环境,从而提高森林经营的经济效益是实现森林价值的有效途径。

3.2 不同经营模式下生态功能效益评价

伴随着气候变化问题日益凸显,森林的碳汇功能在全球范围内得到充分关注。世界各国正在努力探索实现森林碳汇价值的途径,森林经营目标将更加突出碳汇价值。森林碳汇价值的评价关键要解决好2个问题:一是森林碳汇量的估算,二是森林碳汇价值量的估算。在目前的森林碳汇价值研究中,由于森林生态系统本身的复杂性,所使用的数据还不够全面和完善,估算结果变动较大。大尺度、大范围研究多,小区域、小范围研究少。

Seidl等^[23]研究了奥地利不同经营模式对森林碳储量的影响,表明森林碳储存对不同的经营方式反应敏感,无干扰的管理模式碳储量最高,其次是永续利用的森林经营模式;Mark^[24]利用LANDIS-II森林动力学仿真模型,对智利火地岛假山毛榉森林研究表明,延长轮伐期可以有效地提高森林净碳储量;黄雪蔓^[25]研究了桉树人工林不同经营模式的土壤碳动态变化;任腾腾^[26]基于实地调查数据对不同立地指数、不同经营规模的杉木林地经济效益进行了比较,发现在林地效益只包含木材收益时农户现有经营方式并没有实现最优经营,而在碳交易情境下,随着碳价格的上升最佳轮伐期开始延长,碳汇收益逐渐增加,木材经营所带来的收益有所减少。

我国对森林碳汇价值研究主要集中在全国范围

或一省水平上。李亮^[27]计算出云南省森林碳汇的经济价值为2736亿美元,侯学会等^[28]估算出2002年广东省桉树的碳汇总价值为51.92亿元,黄麟等^[29]、林俊成等^[30]分别估算了江西省和台湾地区的森林碳储量。国外对森林碳储量的分析主要基于FAO数据和国家尺度数据,利用IPCC提供的模型和方法,在国家、地区或全球层面系统考察其对碳平衡的影响,尤其以葡萄牙、美国、加拿大、芬兰、爱尔兰的研究居多。

与其他商品一样,碳汇价格的升高可以促进碳汇供给,即全球碳汇交易的发展对森林经营的直接影响就是更加注重碳汇效益。我国当前的碳汇价格主要由政府政策主导。如果碳汇价格一直升高,政府支持优质碳汇,对未来中国森林经营的影响不可谓不大。如果国家实施碳补贴和碳税政策,森林的碳汇价值就会增长,从而引起森林经营效益的倍增,这与王枫等^[31]得出的研究结果类似。

3.3 由重视木材生产向关注生态效益转变

在全球气候变化条件下,越来越多的国家将森林经营的重点转向碳汇价值,或者至少综合考虑木材生产和碳汇效益的均衡发挥。现阶段我国已全面调整林业发展战略,正在实现以木材生产为主向生态建设为主的历史性转变。固碳净效益使林地所有者受益,促使林地价值增加。虽然适当增加木材产量等经营策略会减少森林经营的直接经济效益,但却有利于森林碳储量的增加^[32],更加有助于生态价值的实现。森林经营效益评价也由此经历了由重视木材生产到关注碳汇效益的转变。

为了使得森林经营绩效评价结果具有可比性、可度量性,量化碳汇功能价值是重要环节。在此基础上考虑二者的综合效益,可以为森林效益评价提供重要参考。湖南省在现有森林经营模式下的年均木材生产效益为24.44亿元,而其森林固碳释氧价值为63.3亿元,约为木材效益的2.6倍^[33-34]。马秀芳等^[35]计算得出,广东省森林各类效益(涵养水源、防止土壤侵蚀、大气净化、森林游憩、木材)年总价值为237亿元,其中木材价值为33亿元(占总效益的14%),固碳释氧价值为84亿元(占总效益的35%),森林固碳释氧效益与木材效益比为2.5:1。他们的研究结果还表明,该比值与我国大部分地区如黑龙江、湖南、黔东南等接近。可见,在当前的碳汇价值计算体系下,同一地区森林的碳汇价值要远大于木材

价值。

国内外研究发现,如果仅以获得最大木材经济价值为目标,同一林分的最优经营周期与以碳汇价值为目标的经营周期相比更短^[36],同样前者比综合考虑木材与碳汇价值的经营周期短了近一半^[37]。这说明森林经营的目标不同,森林经营周期就会产生差异,考虑碳汇效益、综合效益会延长经营周期。Jordi^[38]研究了气候变化下的北方森林管理模式,结果表明任何增加森林立木蓄积的管理模式都比商业采伐模式更能提高木材产量,同时可以维持或增加生态系统碳储量,如果在皆伐前不进行间伐就会得到最大的碳储量和最小的木材净现值。朱臻等^[39]模拟了不同碳汇价格下林地期望值和最佳轮伐期的变化,从而分析不同碳价格和轮伐期水平下的最优林种经营方案,结果表明注重碳汇价值会对土地利用变化产生深远影响。Briceño - Elizondo 等^[40]研究证明,即便是在当前的气候变化条件下,通过森林经营也可以在不减少木材产量的前提下增加碳汇价值。

总体看来,国内外对不同森林经营模式的效益评价都经历了由单一目标到综合目标、由经济效益到经济社会生态多元效益的转变。森林综合效益评价目前仍处于起步阶段,大多利用宏观统计数据计量森林生态效益,而且没有将完整的指标体系与实际的生态效益评价结合起来,多以单一生态功能研究评价为主,在理论和方法上都还不十分完善。生态功能研究重点主要集中在水土保持和水源涵养、碳汇、森林旅游等方面。在评估方法上,对森林综合经济效益多局限于定性的评估,货币化的定量研究较少;对水源涵养等生态效益只能通过定性指标判定其优劣,而对综合效益则通过定性定量相结合的方式判定。

4 讨论与结论

国内外在森林多目标评价研究方面取得了一些进展,也对量化森林生态效益进行了不少探索。总体来说,森林多效益评价主要在以下2个方面取得了进展,积累了经验:一是初步探索了量化森林生态功能的模型和方法,尽可能科学合理地评估生态效益的不确定性;二是不断完善林地期望值理论,逐步将各项生态价值纳入计算模型之中,在指导人工林最优轮伐期选择上应用非常广泛。

森林经营效益评价是从森林单一目标向多目标综合评价逐步发展而来的。当前此类评价仅仅是对

现状的静态评价,而且一般是基于短期的监测数据,只能反映某一时间点的效益,对于有滞后效应的生态效益来说是相对片面的,难以科学判定经营效果。因此,为了更好地指导政策制定以调控森林经营措施,有必要对森林经营进行长期监测,并采取科学的工具对森林经营效果的未来发展情景进行动态模拟和预测,不仅考虑技术先进性,同时考虑成本与效益的平衡性,并据此优化森林经营模式,科学指导生产实践。

从目前的森林经营效益评价案例来看,选取的评价指标不够准确,许多指标难以量化或量化的标准不够科学,社会经济指标过多而生态指标偏少,不能充分反映森林经营的综合效益,这是今后应着重解决的问题。在指标选取过程中,需要综合考虑生态效益指标(如林分结构、生物多样性、碳汇)和经济效益指标。

国内在综合评价森林经营多功能效益方面较少开展研究。借鉴国际同行的研究成果,今后需要注重林地期望值原理在森林综合效益评价上的应用,从而合理地分析森林经营对木材生产和碳汇价值的影响。除木材生产和碳汇以外,水土保持、生物多样性等也是重要的森林生态功能。如何合理地估算这些生态效益,以经济价值科学地表示整个森林的综合绩效,平衡和实现森林的多目标经营将是今后研究的重点。

参 考 文 献

- [1] 贾治邦. 论森林在应对气候变化中的重大作用[EB/OL]. (2007-11-26). [2015-07-19]. <http://www.forestry.gov.cn/slyg/2454/content-332492.html>.
- [2] 洪彦军. 小陇山林区人工林近自然森林经营模式试验成效分析[J]. 甘肃科技, 2009, 25(3): 133-136.
- [3] Farber S C, Costanza R, Wilson M A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services [J]. Ecological Economics, 2002, 41(3): 375-392.
- [4] 吴涛. 国外典型森林经营模式与政策研究及启示[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- [5] 亢新刚. 森林资源经营管理[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [6] 胡锐. 南方集体林区速生丰产用材林经营模式研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [7] Volin V C, Buongiorno J. Effects of alternative management regimes on forest stand structure, species composition, and income: a model for the Italian Dolomites [J]. Forest Ecology and Management, 1996, 87(1): 107-125.
- [8] van Gardingena P R, McLeisha M J, Phillips P D, et al. Financial and ecological analysis of management options for logged-over Dipterocarp forests in Indonesian Borneo [J]. Forest Ecology and Management,

- 2003,183(1):1-29.
- [9]周再知,许煌灿,尹光天.藤类人工林经济效益评价[J].林业科学研究,1992,5(1):47-54.
- [10]湛红辉.广西马尾松人工林定向培育关键技术研究[D].南京:南京林业大学,2010.
- [11]李晓储,王伟.杉木不同栽培模式的经济效果评价[J].江苏林业科技,1997,24(4):1-7.
- [12]Hartman R. The harvesting decision when a standing forest has value [J]. *Economic Inquiry*,1976,14(1):52-58.
- [13]Hoen H F. The Faustmann rotation in the presence of a positive CO₂ - price [C]//Lindahl M, Helles F, Gilleleje (eds). *Proceedings of the Biennial Meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics*, Denmark,1994:278-287.
- [14]Hoen H F, Solberg B. CO₂ - taxing, timber rotations, and market implications [J]. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*,1997,27(Suppl):151-162.
- [15]Richards K R, Stokes C. A review of forest carbon sequestration cost studies: a dozen years of research [J]. *Climatic Change*,2004,63(1/2):1-48.
- [16]Andrew S G, Alavalapati J R. Economic analysis of slash pine forest carbon sequestration in the southern US [J]. *Journal of Forest Economics*,2002,8(2):105-117.
- [17]Olschewski R, Benítez P C. Optimizing joint production of timber and carbon sequestration of afforestation projects [J]. *Journal of Forest Economics*,2012,16(1):1-10.
- [18]Vilà M, Vayreda J, Comas L, et al. Species richness and wood production: a positive association in Mediterranean forests [J]. *Ecology Letters*,2007,10(3):241-250.
- [19]d' Oliveira M V, Guarino E S, Oliveira L C, et al. Can forest management be sustainable in a bamboo dominated forest: a 12-year study of forest dynamics in western Amazon [J]. *Forest Ecology and Management*,2013,310:672-679.
- [20]Kellomäki S, Kolström M. Computations on the yield of timber by Scots pine when subjected to varying levels of thinning under a changing climate in southern Finland [J]. *Forest Ecology and Management*,1993,59(3):237-255.
- [21]杨晓勤,戎建涛.不同森林经营模式对东北天然次生林木材收获的影响[J].山东林业科技,2013,43(3):16-19.
- [22]何波祥,曾令海,王洪峰,等.中国热带次生林生产潜力与经营模式研究[J].广东林业科技,2008,24(2):72-81.
- [23]Seidl R, Rammer W, Jäger D, et al. Assessing trade-offs between carbon sequestration and timber production within a framework of multi-purpose forestry in Austria [J]. *Forest Ecology and Management*,2007,248(1):64-79.
- [24]Mark E S. Modeling the effects of alternative management strategies on forest carbon in the Nothofagus forests of Tierra del Fuego, Chile [J]. *Forest Ecology and Management*,2009,257(8):1740-1750.
- [25]黄雪蔓.南亚热带桉树人工林不同经营模式土壤碳动态变化及其调控机制[D].北京:中国林业科学研究院,2013.
- [26]任腾腾.碳交易情景下林地效益可能的变化分析:基于农户杉木地块调查分析[D].浙江临安:浙江农林大学,2013.
- [27]李亮,王映雪.云南省森林碳汇能力及经济价值分析[J].中国集体经济,2011(24):24-25.
- [28]侯学会,牛铮,黄妮,等.广东省桉树碳储量和碳汇价值估算[J].东北林业大学学报,2012,40(8):13-17.
- [29]黄麟,邵全琴,刘纪远.江西省森林碳蓄积过程及碳源/汇的时空格局[J].生态学报,2012,32(10):3010-3020.
- [30]林俊成,李国忠.台湾地区木质材料消费之碳流动与贮存量研究[J].台湾林业科学,2003,18(4):293-305.
- [31]王枫,沈月琴,孙玉贵.基于成本利润率的碳汇交易价格研究:以浙江省杉木林经营为例[J].林业经济问题,2012,32(2):104-108.
- [32]Seidl R, Rammer W, Jäger D, et al. Assessing trade-offs between carbon sequestration and timber production within a framework of multi-purpose forestry in Austria [J]. *Forest Ecology and Management*,2007,248(1):64-79.
- [33]康文星,田大伦.湖南省森林公益效能的经济评价:Ⅰ.森林的木材生产效益与水源涵养效益[J].中南林业科技大学学报:社会科学版,2001(3):13-17.
- [34]康文星,田大伦.湖南省森林公益效能经济评价:Ⅲ.森林的净化空气效益[J].中南林学院学报,2002,22(1):7-10.
- [35]马秀芳,林媚珍,谢双喜.广东省森林效益计量及经济评价[J].生态科学,2006,25(5):408-411.
- [36]Price C, Willis R. The multiple effects of carbon values on optimal rotation [J]. *Journal of Forest Economics*,2011,17(3):298-306.
- [37]Olschewski R, Benítez P C. Optimizing joint production of timber and carbon sequestration of afforestation projects [J]. *Journal of Forest Economics*,2010,16(1):1-10.
- [39]朱臻,沈月琴,张耀启,等.碳汇经营目标下的林地期望价值变化及碳供给:基于杉木裸地造林假设研究[J].林业科学,2012,48(11):112-116.
- [40]Briceño - Elizondo E, García - Gonzalo J, Peltola H, et al. Carbon stocks and timber yield in two boreal forest ecosystems under current and changing climatic conditions subjected to varying management regimes [J]. *Environmental Science & Policy*,2006,9(3):237-252.