



中国林地

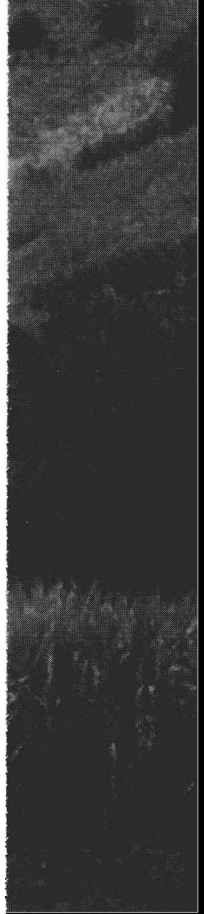
生产潜力与木材供给研究

Potential of China's Forest Land and Timber Supply

张蕾 William B. Magrath / 主编



中国林业出版社

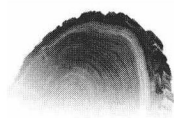


中国林地

生产潜力与木材供给研究

Potential of China's Forest Land and Timber Supply

张蕾 William B. Magrath/主编



中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国林地生产潜力与木材供给研究/张蕾等主编. —北京: 中国林业出版社,
2009. 8

ISBN 978-7-5038-5583-2

I. 中… II. 张… III. ①林业生产—中国—文集 ②木材—商品—供求
关系—中国—文集 IV F326.24-53 F762.4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 054558 号

出版: 中国林业出版社(100009 北京西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话 010-83224477-2028

网址: www.cfph.com.cn

发行: 中国林业出版社

印刷: 北京地质印刷厂

版次: 2009年8月第1版

印次: 2009年8月第1次

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 17

字数: 410千字

彩插: 4面

印数: 1~1000册

定价: 45.00元

序

随着中国经济发展和人民生活水平的提高,中国木材需求呈快速增长的趋势。1999~2007年,中国木材产品年总消费量增长了4.5倍,同期中国木材产量增长仅1.1倍。进口木材成为满足中国木材市场需求的重要来源。2007年,中国木材产品市场总供给量为38273.80万 m^3 ,进口原木及其他木质林产品折合木材占40.55%,其中进口原木占当年原木总供给量的36.39%。1997~2007年,原木进口量增长了7.21倍。

森林是一个国家重要的战略资源,木材是国民经济社会发展重要的四大原材料之一。世界各国都十分重视森林资源的保护和发展,积极采取各种有效措施保护和发展森林资源。中国政府一直高度重视林业发展。从20世纪五六十年代积极推进植树造林活动到进入新世纪启动建设天然林资源保护、退耕还林、防沙治沙等林业重点工程,中国政府先后投入了大量资金,森林资源得到有效的保护和增加。中国人工造林保存面积居世界首位,为增加木材供给,发挥了积极的作用。

但是,我们也应该看到,由于我国森林资源总量不足,质量不高,结构不合理,国产木材供不应求的问题越来越突出。供需缺口不断增大,依赖进口成为解决中国木材供给的重要途径。近几年,每年进口原木及产品折合木材已逾1亿 m^3 ,进口额高达200多亿美元。同时,随着全球气候变化问题的日益严重,各国对森林资源保护的力度不断提高,木材进口压力不断增大。因此,如何立足国内解决木材和林产品供给,保障木材安全问题,已成为摆在我们面前亟待解决的重要课题。

国家林业局经济发展研究中心的研究人员,在世界银行的支持下,从2004年开始,历时3年,调查了黑龙江省140多个样地,收集17万个数据,调查分析了该省主要用材树种在不同类型林地的营林生产情况,用工程模型方法建立了黑龙江省长期木材供给曲线。研究发现,按照常规经营措施经营,该省木材供给潜力至少可以达到4457.35万 m^3/a ,为该省“十一五”期间森林采伐量的3.42倍。如果按照每增加15 m^3 木材产量就会创造1个就业机会的结果,充分发挥黑龙江省的木材潜力,就可以为该省新增210万个就业机会,这是该省森工企业富余职工的7.24倍;同时可为林区每年新增木材生产收入212.44亿元,由此带来的加工增值效益将更为可观。通过国家林业局经济发展研究中心的研究,表明我国林地木材生产有较大的潜力可以挖掘,木材国内供给可以大幅度增加,我国有可能依靠国内森林资源,实现木材自给。

中国林地生产潜力与木材供给研究,为我们如何提高林地经营水平,增加国内木材供给,确保我国木材安全问题,提出一些值得思考的问题。研究成果为探讨中国木材供给问题,分析中国木材长期供给的潜力,科学调整中国林业管理政策,促进木材

供给，提供了重要的研究基础。该研究一定能帮助中国政府充分释放林业生产力，有效保障国家木材安全，提供有益的参考。

希望此书的出版能够对中国林业经济和木材供给研究提供参考价值，对调整未来森林资源管理政策、推动中国林业发展的新局面提供决策参考。

国家林业局副局长 **张建龙**

2009年3月

前言 (1)

木材是传统上的四大战略物资之一，也是保障国民经济发展所需的主要物资之一。木材能否按时按质按量供应，对于社会经济稳定发展非常重要。从全球来看，近年来，世界大多数国家均加强国内森林资源保护，实施了严格限制天然林出口，严厉打击非法采伐等一系列措施。因此，林业问题已不单是一个经济问题、生态问题，变成了社会问题和国际关系问题。从国内情况来看，近年来，随着我国经济的快速发展，木材消耗量逐年增加，由于国内森林资源总量不足、质量较差，木材自给能力下降，木材短缺问题日益突出。我国现有森林面积 1.75 亿 hm^2 ，森林蓄积量 124.56 亿 m^3 ；人均森林面积 0.13 hm^2 ，人均森林蓄积量 9.42 m^3 ，分别只有世界平均水平的 22% 和 15%。每公顷森林蓄积量 84.73 m^3 ，不到世界平均水平的 80%。据统计，“十五”期间，我国年均林木蓄积消耗需求 5.50 亿 m^3 ，而国内木材自给率只有 66.36%；“十一五”期间，我国年均消耗需求将达到约 7 亿 m^3 ，而国内木材自给率只有 57.14%。

由于木材消耗激增，而木材自己能力下降，我国木材进口随之快速增长，木材进口贸易依存度过大、进口市场集中度过高，木材安全隐患很大，这将直接威胁我国社会经济的可持续发展。2002 ~ 2006 年，我国木材类产品总进口量占总消费量的 35.51% ~ 51.50%。2003 ~ 2006 年，我国进口原木的 56.44% ~ 68.25% 来自俄罗斯。2006 年，我国进口针叶材的 92.03% 来自俄罗斯。有专家指出，如果某种材料的进口量占消费量的 30% ~ 50%，这种材料就处于国家安全警戒线上。基于木材消费和进口现状，可以认为我国木材就处于安全警戒线上，木材安全受到威胁。根据国际贸易经济学理论，当一种物资和国民经济发展关联度极强，进口依存度很大，国家就应该将这种物资列为战略物资，进行必要的战略储备。因此，为保障社会经济安全发展，我国需要进行木材战略储备，需要立足国内森林资源，挖掘林地木材生产潜力，提高国内木材供给能力；需要从木材需求总量和消费结构预测入手，科学分析我国木材消费现状和发展态势；需要从林产品进出口贸易依存度、市场集中度、贸易摩擦风险等角度分析入手，科学提出理顺林产品贸易关系，改善贸易环境，推进林业又好又快发展的政策和建议。

在世界银行 (WB) 的支持下，国家林业局经济发展研究中心就国内木材供给和木材安全问题，开展了“中国林业供给研究”。从 2004 年开始，研究人员历时 3 年，在世界银行高级项目官员 William B. Magrath 先生和项目顾问 William F. Hyde 教授的指导下，研究木材供需理论与方法，分析中国森林资源状况。并以黑龙江为案例，从基本生产者角度研究木材供给问题。研究人员调查了黑龙江省 140 多个样地，收集约

17 万个数据,分析了该省主要用材树种在不同类型林地的营林生产情况,用工程模型方法建立了黑龙江长期木材供给曲线,以此研究其林地木材供给潜力,并通过与现实供给能力对比,分析制约林地生产力的主要因素,探讨提高我国木材供给能力的政策措施。

研究发现:如果采取科学经营措施,黑龙江省长期木材供给潜力可以达到 4457.35 万 m^3/a ,为该省“十一五”期间限额采伐量的 3.42 倍;净增 210 万~315 万个就业机会;每年新增木材生产和木材初级产品加工产值 849.46 亿元^①;营林企业木材生产利润增加 1.2 倍以上。通过挖掘林地木材生产潜力,木材完全有可能自给自足,木材安全完全有保障。同时,如果保持 2.2 亿亩可以进行有序轮伐的森林,既能生产木材也能产生巨大的生态效益。另外,根据土地规划,该省还有 0.57 亿亩生态林能够继续发挥其生态效益。因此,挖掘林地木材生产潜力可以产生巨大的社会、经济和生态效益。

为此,研究也对提高我国木材供给、促进林区经济发展提出了政策建议:一是区域主体功能定位应充分考虑森林资源优势和林地生产潜力。对于森林资源优势显著的地区,国家应重视林地生产潜力开发对促进就业、发展和生态安全保障的重大意义,应确定该区域的“木材生产基地”主体功能,并相应确定该区域的林业发展战略。通过“木材生产基地”主体功能的发挥,实现经济与生态的双赢。二是科学经营森林。首先,加快森林分类经营改革。根据林地生产潜力和生态区位情况,确立不同的经营主体,并建立相应的管理体制和经营机制,是科学经营的制度基础。其次,实施林权制度改革。通过产权改革,形成利用市场要素发展林业的经营主体,吸纳社会资金投资营林生产,增加森林资源,增加木材供给,以“产权换资源”、“产权换木材”,实现科学经营森林。三是加大财政、金融、税收等对木材生产的扶持力度。激励社会资本投入林业,以充分挖掘林地木材生产潜力,拉动区域经济发展。

2008 年 5 月 12 日,国家林业局经济发展研究中心与世界银行共同举办了“中国木材安全与林产品贸易全球化”国际研讨会。与会中外专家围绕我国木材需求总量和消费结构、木材消费现状和发展态势、林产品进出口贸易依存度、市场集中度、贸易摩擦风险等问题展开研讨,提出增加我国木材供给,理顺林产品贸易关系,改善贸易环境等政策和建议。同时,专家对项目研究成果也给予了充分的肯定。

《中国林地生产潜力与木材供给研究》以“中国林业供给研究”为基础,汇集了有关专家对木材供求和贸易的真知灼见。文集出版的目的是为了广泛交流研究成果,共同探讨加快现代林业发展的政策措施,也是深情呼吁更多的志士同仁关注、关心、关爱林业。时间仓促,错误在所难免,对文中的不足之处,请多提宝贵意见。

中国林业供给研究项目负责人
国家林业局经济发展研究中心主任

张 蕾

2009 年 3 月

^① 按照该省 2006 年木材价格水平计算。

前言 (2)^①

中国林业经济很特点，在世界上也非常重要。中国是世界上人工林保存面积最大的国家，同时在国际木材市场上具有重要的地位，这令许多人叹为观止。中国人均木材消费水平一直比较低，并且木材加工和出口快速发展，这让许多人开始担心：中国的发展可能会导致其他国家森林资源被过度采伐。由于对中国林业部门，特别是对中国以及国内森林资源实现木材可持续供给缺乏深刻认识和理解，使得人们对中国在世界木材经济中的作用和中国林业政策改革需求和范围还不了解，甚至有误解。

本书中的分析和研究开始尝试消除这些误解，并以重要的、崭新的观点说明中国林业的潜力和存在的问题。国家林业局经济发展研究中心的研究人员首次在中国一个木材主产区应用现代市场经济的基本分析方法进行研究。通过研究，研究人员对中国林业的分析能力得到显著地提高，而且提出的研究结论值得决策者和其他对中国林业感兴趣的人的关注。

研究人员应用工程供给曲线预测黑龙江省的木材生产潜力。该结果表明在更好的经济 and 政策环境下，黑龙江省的可持续木材产量就有可能更大。这项研究结果与地方林业经营者和其他熟悉该地区的人员的观点非常吻合，有非常重要的政策参考意义。研究人员发现，中国的木材供给具有较高的价格弹性，即木材价格的较小变动就会导致木材供给的较大增长。这为中国林业政策解决诸多重要问题，包括林业和木材产业中存在的高度依赖木材进口问题和就业问题，提供了机会。

这项研究由世界银行通过林业项目，即设在世界银行的多方资助信托基金，进行资助。紧紧围绕世界银行林业战略的3个主要核心：减少贫困、促进经济发展和保护森林环境服务，该林业项目在知识创新和共享，以及促进森林可持续经营方面发挥了重要作用。

世界银行林业项目主要包括有如下4个领域。

林业与生计：推动建立制度、法律以及国家和部门层面的政策，创造包括所有权、使用权、市场准入和能力建设在内的更加以人为本、关注贫困的方法。

林业行政管理：推动政府、私有部门和其他国内社团的角色和责任的联合，鼓励包括利益公平分享机制在内的合作，加强部门责任。具体包括支持在全球、区域和国家层面的森林执法与行政管理，减少非法活动对森林的影响，改善林业行政管理，扭转森林退化，减少税费欠缴所造成的政府财政损失，改善合法森林经营者的经营环境。

创新融资机制：为全球化的森林服务，包括固碳、环境和生物多样性保护，建立新的融资战略和市场与支付体系，包括为防止森林退化的支付。

① 本文仅代表个人观点，不代表世界银行的政策观点。

2 前言 (2)

跨部门合作和政策的延续性：应对其他部门对林业的机遇与威胁，发展新的工具和方法，评估和报告其他部门发展对林业的影响。

上述活动涉及研究与分析工作、项目支持、知识传播和能力建设、交流以及辅助工作。该林业项目的成果类型多样，包括案例研究、工具方法创新、综合性报告、政策简报、政策建议和其他出版物。林业项目也为林业部门的主要相关利益主体提供了交流的平台。

世界银行和林业项目希望这项研究能够激发人们对中国林业政策制定进行讨论，也为林业项目资助的研究成果出版而高兴。

世界银行东亚及太平洋地区农村发展与自然资源部
首席自然资源经济学家

William B. Magrath

2009 年 3 月

目 录

序

前言 (1)

前言 (2)

项目报告

木材供给模型研究文献综述	(3)
中国森林资源现状分析	(15)
工程模型方法应用——以世界银行中国国家造林项目为例	(55)
从基本林业生产者角度分析中国木材供给——以黑龙江省为例	(63)

专题报告

关于加快中国人造木质品工业发展的思考	(96)
中国未来 10 年的木材需求分析	(101)
加快速丰林工程建设, 不断提高木材供给能力	(108)
中国木材贸易可持续发展的思考	(113)
从俄罗斯进口趋势变化看中国木材安全	(118)
中国森林资源状况及其木材供给能力分析	(122)
黑龙江省速生丰产林建设情况	(126)
浅析中国木材安全问题	(130)
后 记	(132)

项目报告

木材供给模型研究文献综述 3

中国森林资源现状分析 15

工程模型方法应用——以世界银行中国国家造林项目为例 55

从基本林业生产者角度分析中国木材供给——以黑龙江省为例 63

项目名称：

中国林业供给研究

项目支持单位：世界银行(THE WORLD BANK)

项目承担单位：国家林业局经济发展研究中心(FEDRC)

项目负责人：张 蕾

William B. Magrath

技术顾问：William F. Hyde

戴广翠

项目成员：周少舟 陈学群 张 升 张 坤

缪光平 张志涛 吴柏海 高尚仁

木材供给模型研究文献综述^①

1 引言

20 世纪 90 年代中期以来,中国林业发生了巨大的变化。为保护生态环境,中国政府对长江上游和黄河上中游地区的天然林资源停止商品性采伐,对东北、内蒙古等重点国有林区天然林资源大幅度地调减采伐量,同时,将 25°以上陡坡耕地和严重沙化的耕地退耕还林或还草。毋庸置疑,这些变化正在并将持续地影响中国木材供给。例如,随着天然林资源保护工程的实施,中国木材采伐量在减少,造林和其他营林活动在增加,这些努力都在很大程度上影响中国未来木材的生产。但是,到 2010 年,木材生产是否能够按照项目规划恢复到较高水平,这还难以确定。如果可以木材生产恢复到较高水平,那么,中国到底能够生产多少木材?所以,研究中国长期木材供给,预测营林单位所面临的经营管理选择和政府面临的政策选择,很重要,也很必要。

作为中国木材供给问题研究工作的第一步,本文对有关木材供给模型研究文献作了综述。我们查阅了 24 篇相关文献,其中木木材供给模型 96 (Roger A Sedjo and Kenneth S. Lyon, 1996)、木材产品供给和需求(Jeffrey P. Prestemon and Robert C. Abt)等文章对我们理解木材供给及其建模方法非常有帮助。但是,由于项目研究的基本路线是以基本的林业生产单位为出发点,研究的主要目的是分析影响中国木材供给的政策和机制问题。因此,按照专家建议,我们重点选择了 4 篇涉及 2 种木材供给模型方法的文章,即工程模型方法和计量模型方法。本文将重点评述这 4 篇文章。

本文综述的目的就是总结我们对这些方法的理解,并就这些方法如何构建中国木材供给模型提出建议。我们先根据两篇文章讨论了工程模型方法:《我们需要多少土地供木材生产?》(Henry J. Vaux, 1973 年)、《木材供给,土地分配,和经济效率》(William F. Hyde, 1980 年)。然后根据两篇文章讨论了计量模型方法:《北卡罗来纳州木材供求预测》(Barbara J. Daniels and William F. Hyde, 1986 年)、《亚区域木材需求分析:评述和预测方法》(David H. Jackson, 1983 年)。在文章的最后部分,我们将讨论何种方法更好地适应哪一特定案例/区域,并勾勒我们木材供给研究的下一步安排。

① 主要执笔人:张升、高尚仁、周少舟、缪光平、陈学群。

2 对木材供给模型方法的评述

2.1 工程模型方法

2.1.1 我们需要多少土地供木材生产

从长期经济角度来看, Vaux 试图分析将来需要多少土地供木材生产, 以及通过增加营林投入, 加利福尼亚州能否够避免日益增长的木材紧缺。Vaux 首先假定如果所有的商品林地充分发挥其木材生产能力, 然后计算加利福尼亚州木材生产潜能。但是只有单位木材生产的预期边际收益能够弥补预期边际成本, 才能充分实现木材生产潜能, 才能在计算生产潜力时, 考虑营林管理。因此 Vaux 考虑了营林成本和可能增加的木材产量。

为了求得营林成本和可能增加的木材产量, Vaux 提出以下几个假设: 首先, 从公共利益出发, 税负是转移支付而不是真正的生产成本; 其次, 所有林种在不同的地位级下的轮伐期都是 70 年; 再次, 木材采伐之前, 每 10 年的商业性抚育间伐材, 计算在收益当中; 最后, 在不同立地条件下, 营林成本低的树种优先用于生产木材。

通过福斯曼公式, 计算出每一类型地位级的单位木材生产成本(表 1)。根据营林成本低的树种先生产木材的假设, 我们可以按照长期平均营林成本的高低, 排出“树种—地位级”序列, 并建立长期木材供给函数(表 2)。这个函数表明了在于等于或者低于最大单位木材产出成本的情况下累计木材产量。这一供给函数也提供了“投入—产出”关系, 并用“投入—产出”关系确定长期木材供给。这个函数也可预测: 为了避免长期木材供给短缺, 有多少林地应用于木材生产。在用于生产木材的土地上, 木材的市场价格至少应涵盖单位木材最大生产成本。

最后, Vaux 估计了长期木材需求, 并与之前预测的供给进行比较, 在此基础上进行政策的评估。值得说明的是, 该研究对不同立地指数树种都确定了统一的轮伐期和单位经营成本, 经营成本等假设就可能无法反映一些效益更高的“树种—地位级”的经营状况。所以表 1 当中的成本就有可能高于实际水平。另外, 该研究所作分析是静态和定性的, 对于不确定性因素的影响并没有太多的关注, 比如自然灾害和木材采伐经营管理成本变化。

表 1 美国加州不同立地指数林种的木材单位产量和平均成本^①

林 种		地位级生产能力				
		165 +	120 ~ 165	85 ~ 120	50 ~ 85	20 ~ 50
花旗松 或红木	产量 ^②	18.25	15.26	12.06	9.01	6.51
	成本 ^③	121.63	145.10	186.34	254.66	345.95
松	产量	16.16	13.40	10.22	6.87	3.08
	成本	136.37	168.33	227.92	359.66	1055.94
杉	产量	15.48	12.99	9.18	6.98	3.43
	成本	223.00	244.52	376.25	519.88	1014.03
硬木	产量	13.09	9.87	7.14	4.48	2.59
	成本	88.16	116.27	161.62	257.58	445.54

①以 1970 年成本为基础; 5% 的利率。②单位: 千立方英尺/英亩, 1 立方英尺 = 0.028m³, 1 英亩 = 0.405hm²; ③单位: 美元/千立方英尺; ④下同。

表 2 加州长期木材供给函数

林种—地位级	长期平均成本 (千立方英尺/英亩)	面积 (千英亩)	年均产量 (立方英尺/英亩)	年均总产量 (万立方英尺)	累计产量 (万立方英尺)
硬木:165 +	88.16	50.00	187.00	9.35	9.350
硬木:120 ~ 165	116.27	110.00	141.00	15.51	24.860
花旗松和红木:165 +	121.63	848.00	260.70	221.07	245.934
松:	136.37	371.00	230.90	85.66	331.600
花旗松和红木:120 ~ 165	145.10	1013.00	218.00	220.83	552.434
硬木:85 ~ 120	161.62	140.00	98.30	13.76	566.196
松:120 ~ 165	168.33	1242.00	191.30	237.59	803.791
花旗松和红木:85 ~ 120	186.34	1017.00	172.20	175.13	978.918
杉:165 +	223.00	401.00	221.10	88.66	1067.579
松:85 ~ 120	227.92	1976.00	146.10	288.69	1356.273
杉:120 ~ 165	244.52	625.00	189.00	118.13	1474.398
花旗松和红木:50 ~ 85	254.66	1564.00	128.80	201.44	1675.841
硬木:50 ~ 85	257.58	180.00	64.00	11.52	1687.361
花旗松和红木:20 ~ 50	354.95	298.00	93.10	27.74	1715.100
松:50 ~ 85	359.66	2841.00	98.10	278.70	1993.802
杉:85 ~ 120	376.25	767.00	131.10	100.55	2094.356
硬木:20 ~ 50	445.54	20.00	37.00	0.74	2095.096
杉:50 ~ 85	519.88	975.00	99.60	97.11	2192.206
杉:20 ~ 50	1014.03	252.00	49.00	12.35	2204.554
松:20 ~ 50	1055.94	980.00	44.00	43.12	2247.674
无林地		130.00			
总计		15800.00		2247.676	2247.670

2.1.2 木材生产经济学和木材供给

2.1.2.1 木材生产经济学

在木材生产经济学中，森林被当作一种特殊的不断增长的资本形式。森林经营管理者或者土地所有者的目标就是，从营造林投入和时间投入中获得木材生产现值的最大化。因而，木材生产的理论模型就应该是，预期所有木材收入现值的最大化和营造林投入和土地周期租金的最小化，其他的可以忽略不计。这样，一个关于木材纤维量 Q 与时间 T 和营造林投入水平 E 的函数就可以建立起来。其中，营造林投入水平 E 影响到木材生产的水平和效率。这一个函数就是(1)。

$$Q = Q(T, E) \tag{1}$$

在这个木材生产理论模型和生产过程的基础上，Hyde 通过如下假设建立起经济模型：
①产品市场完全竞争；②立木价格 P 与销售量无关；③所有土地要么是购买要么是租赁，或者哪怕是在早已拥有的土地上造林，也应该为造林用地计算其机会成本；④植被更新不

是天然更新；⑤土地所有者总是想得最多的地租。

接着，Hyde 推导出一个公式，表示了木材生产期间实现经济收益最大化——造林成本和地租的收入净值可以忽略不计(2)：

$$V = \max_{T,E} \left[(P - x) \cdot Q(T, E) \cdot e^{-rT} - w \cdot E - R \cdot \int_0^T e^{-rt} dt \right] \quad (2)$$

需要指出的是，要根据采伐成本和到达生产地点的运输成本 x 的不同，对立木价格 P 进行调整。当闲置土地可用于木材生长时，单位面积总收益现值可表达为 $(P - x) \cdot Q(T, E) \cdot e^{-rT}$ 。营造林总成本等于单位投入要素成本 w 乘以要素投入量 E 。地租为 $\int_0^T R e^{-rt} dt = R \int_0^T e^{-rt} dt \geq 0$ 。折现率是资金的机会成本。

公式(2)的最优条件是：

$$V = \max_{T,E} [(P - x) \cdot Q(T, E) \cdot e^{-rT} - w \cdot E] (1 - e^{-rT})^{-1} \quad (3)$$

对公式(3)中的 E 和 T 分别求微分，并令导数等于 0，我们就可以得到最大化的必要条件。

$$V_E = [(P - x) Q_E e^{-rT} - w] (1 - e^{-rT})^{-1} = 0 \quad (4)$$

$$V_T = \{ (P - x) Q_T (1 - e^{-rT}) - r[(P - x) Q - wE] \} e^{-rT} (1 - e^{-rT})^{-2} = 0 \quad (5)$$

从公式(4)可以确定，在单位经营投入 E^* 点的边际收益等于边际成本 $(P - x) \cdot Q(T, E) \cdot e^{-rT} = w \cdot E$ 之前，经营投入都应该增加。把公式(5)进行变形就可以确定，采伐应该被推迟到递减的边际收入产品等于递增的机会成本 $s(P - x) \cdot Q_T (1 - e^{-rT}) = r \cdot [(P - x) Q - w \cdot E]$ 的点进行。

当年生长量刚好等于下一年采伐净收益的点就是最佳采伐年限。对于不同林种，这取决于土地质量，种植密度，再造林成本，活立木价格，以及资本的机会成本。边际蓄积增长的价值量就是生物资本增值量。它被限定在永续木材生产中的一个轮伐期，也被限定在有效采伐边际内的土地上。在一个轮伐期内，当总产品收益和总生产要素成本差额最大，或者当边际产品收益等于延滞的边际净成本时，经济收益最大。另外，除了营林强度水平外，木材产量也会随时间而增加。因此，最佳木材采伐时间是木材采伐延滞的额外收益正好等于延滞的边际额外净成本。

在上述模型中，木材生产过程是静态的，也是确定的。Hyde 是从一个拥有确定面积土地的公司的角度来研究木材生产。尽管他是遵循传统文献来研究一块林地，这也暗含地假设：既定生产要素比例收益固定。他进一步假设土地的代表性：在林木产区，所有林地的生物潜能相同。土地的差别只在于到市场（例如，锯木厂）的距离和木材采伐的相对难度，而这两个因素都在活立木价格中得到反映。

2.1.2.2 木材供给经济学

为了分析长期木材投资和供给，Hyde 绘制了单块土地木材供给表。通过同时对公式(1)、(4)和(5)求解，Hyde 得到了得出最佳木材采伐量或者供给量。

$$Q^* = Q_T (1 - e^{-rT^*}) / r + wE^* / (P - x) \quad (6)$$

公式(6)告诉我们既定价格下的采伐量，而且 Q^* ， Q_T^* ， T^* 和 E^* 都是价格 P 的函数。

当营造林投入为 0 时，天然林木材供给就可以由公式(6)表达为 $Q^* = Q_T (1 - e^{-rT^*}) /$

r , $d(Q^*/T^*)/dP=0$ 。因此, 公式(6)说明天然林木木材供给完全没有价格弹性。天然林木木材供给量仅仅和资本的机会成本 r 的变化有关。当利率等于 0 的时候, 天然林年度持续采伐量达到最大。

对于营造林投入成本大于 0, 并保持固定不变的情况, 木材供给可以表达为:

$$Q^* = Q_T(1 - e^{-rT^*})/r + wE_0/(P - x) \quad (7)$$

对公式(7)变形如下,

$$Q_T/[Q^* - wE_0/(P - x)] = r(1 - e^{-rT^*})^{-1} \quad (8)$$

对天然林而言, 利率调高意味着缩短最佳采伐期, 减少最佳采伐量。对于造林成本投入大于 0, 并保持固定不变的情况, 价格上涨将会缩短最佳采伐期, 并减少最佳采伐量和年度可持续采伐量。短期内, 木材采伐量将增加; 从长期影响来看, 由于价格上涨将会缩短最佳采伐期, 并减少年度木材采伐量。

一旦我们的分析扩展到允许营林投入和土地使用随着木材价格而变化, 长期总供给曲线将向上倾斜, 因价格上涨, 年度木材采伐量会基于如下原因而增加: ①价格增长导致营林投入增加; ②价格增长会使更多的土地供给木材。土地面积变化可以导致木材总供给增加——通过对各种权属和各种地位级的土地进行横向汇总, 就可以得到木材总供给曲线。

Hyde 还将价格变化率引入目标函数中($\rho > 0$), 目标函数如下:

$$V' = \max(Pe^{\rho T} - x)Q(T, E)e^{-rT} - wE - R\int_0^T e^{-rt} dt \quad (9)$$

在木材的一个轮伐期内, 作为 ρ 的函数, 地租的变化较小, 因此假定营林投入为常数, 并对 T 求一阶导数, 令它等于 0, 就可以得到 $V'T(E^*) = 0$, 即 $Q_T/Q = r - \rho$ 。可见, 最佳轮伐期既是资本成本的函数, 也是价格增长率的函数。如果土地所有者预测木材价格将临时上涨, 为了从价格上涨中获得更多的收益, 他将会延长轮伐期。价格增长率越大, 轮伐期越长。

和木材价格上涨不同, 木材采运成本提高会对最佳选择轮伐期和营造林成本量产生相反的影响, 即采运成本降低, 轮伐期延长, 营林投入减少。在木材经济采伐边界, 营林成本是 0, 木材采运成本等于活立木价格。求解公式(6)中的 x , 并令营林成本的极限等于 0, 我们会得到公式(10)。

$$\lim_{E^* \rightarrow 0} \{P - rwE^*/[rQ^* - Q_T(1 - e^{-rT^*})]\} = P \quad (10)$$

由于营林成本等于 0, 最佳轮伐期仅仅取决于营林资本成本。

撇开优点不论, 上述木材供给模型存在的不足是, 模型的静态、确定、以供给为主导的特征。首先, 由于该模型无法与投入变动结合不够紧密, 模型所确定的木材采伐量是静态的, 远景预测可靠性不够。其次, 实际上, 随机因素对投资、造林活动、轮伐期和采伐量确实产生影响, 预测较大区域长期木材供给时, 如何把这些随机因素包含在木材供给方程里也是很重要的。

2.2 计量模型方法

2.2.1 北卡罗来纳州木材供求预测

Daniels 和 Hyde 在预测北卡罗来纳州木材供给之前, 首先描述了 Jackson 的方法, 并