

文章编号: 1001-1498(2008)03-0353-04

西藏天然云杉林枯损率与采伐率模型系统研究

曾伟生

(国家林业局中南调查规划设计院, 湖南 长沙 410014)

摘要:利用西藏自治区 2006 年森林资源连续清查的天然云杉林实测样地资料,通过构建非线性联合估计模型系统,研究建立了天然云杉林总消耗率、枯损率、采伐率三者一致兼容的估测模型,为西藏天然云杉林的消耗量估测提供了参考依据,也为类似模型的研建提供了经验借鉴。

关键词:枯损率;采伐率;兼容性模型;非线性联合估计模型系统;建模

中图分类号: S791.18

文献标识码: A

Research on Establishment of Compatible Model Systems for Mortality and Cut Rates of Natural Spruce Forest in Tibet

ZENG Wei-Sheng

(Central South Forest Inventory and Planning Institute of State Forestry Administration, Changsha 410014, Hu'nan, China)

Abstract: By using the ground sample plots of 2006 Continuous Forest Inventory in Tibet, two compatible model systems for deleted volume rates (total removals rate, mortality rate, and cut rate) of natural Spruce forest (*Picea likiangensis* var. *hirtella*, *Picea likiangensis* var. *balfouriana*) were established based on the approach of non-linear dependent estimation. The model systems can be used for predicting the stand volume consumption of natural Spruce forest in Tibet, and the method for building compatible model system can be referenced to establish similar models.

Key words: mortality rate; cut rate; compatible model; non-linear dependently estimated model system; modeling

在实施林业可持续发展战略的大背景下,森林可持续经营已经成为共同追求的目标。为了保证森林资源的可持续发展,一项重要的制度就是实施森林采伐限额管理。西藏是我国大西南的重要林区之一,但由于受特殊自然地理条件的限制,森林采伐限额管理尚处在起步阶段。西藏的森林资源几乎全为天然林,而且云冷杉占了半数以上。因此,对现有天然云杉林 (*Picea likiangensis* var. *hirtella* (Rehd et Wils) Cheng ex Chen, *Picea likiangensis* var. *balfouriana* (Rehd et Wils) Hillier ex Stavin) 的采伐和枯损情况进行专题研究,无疑具有重要意义。

我国最早研究林分枯损率的文献可以追溯到 20 世纪 60 年代。李克志^[1]利用小兴安岭带岭林区

的 43 个每木检尺标准地资料,对红松 (*Pinus koraiensis* Sieb et Zucc)、云杉 (*Picea* sp.)、冷杉 (*Abies* sp.)、阔叶林 4 种天然林类型的枯损率进行了比较深入的研究,为确定林分的主伐年龄和开展卫生伐提供了参考依据;东北林学院^[2]利用凉水实验林场进行森林清查时调查的 11 713 株林木资料对枯损率进行了测定,林场各树种平均枯损率按株数计算为 2.0%,按蓄积计算为 2.7%;王志忠^[3]提出了一种用“模拟法”测定自然枯损率的方法;胡晓龙^[4]利用辽宁省的 46 个森林资源连续清查固定样地资料,用直径回归模型和株数分布函数构成叠加模型预估了林分株数枯损分布;郑治刚^[5]对林木枯损与适宜度、健康度、竞争度的关系、影响林木枯损

收稿日期: 2007-10-10

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目 (2006BAD23B0101) 课题研究部分内容

作者简介: 曾伟生 (1966—),男,湖南涟源人,硕士,教授级高工,主要从事森林资源清查和林业数表研制工作。

的因素及林木枯损的分布进行了论述,为建立枯损模型提供了理论依据,并叙述了利用统计分布模型、模拟模型、函数模型建立枯损模型的基本方法;杜纪山^[6]利用吉林汪清林业局森林经理调查的 12 个落叶松 (*Larix sp.*) 复位样地资料,建立了包含相对直径、郁闭度、平方平均直径 3 个自变量的径阶水平的 Logistic 型落叶松林木枯损模型;马友平^[7]利用鄂西南的 32 个马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb) 固定样地资料,建立以平均直径为自变量的径阶水平的林木枯损模型;葛宏立等^[8]研究提出了由年龄隐含的单木生长模型、与直径相关的保留率模型(即采伐枯损模型)、以平均年龄和样地数为自变量的进界模型和面积模型组成的应用于森林资源连续清查的生长模型系统;何武江等^[9]利用辽东地区森林资源连续清查的 30 个辽东栎 (*Quercus liaotungensis* Koidz) 天然次生林复位样地资料,建立了以直径为自变量的径阶水平的 Logistic 型林木枯损模型。

从上述文献资料看,林木枯损研究大多数是以径阶林木的枯损株数比率作为研究对象,探索枯损率与直径、株数、年龄、郁闭度等因子之间的关系;而林木采伐方面的研究则涉及很少,也没有人同时对枯损率和采伐率进行研究。本文以西藏天然云杉林为对象,对林分的平均枯损率和采伐率模型的建立进行研究和探索。

1 数据来源和整理

1.1 数据来源

西藏自治区 2001 年建立了首次覆盖全区的森林资源连续清查体系,2006 年开展了第一次全面复查。本文利用 2006 年西藏森林资源连清复查的实测样地资料,从中挑选前期优势树种为云杉的天然林样地 127 个,其中幼龄林 14 个,中龄林 9 个,近熟林 11 个,成熟林 51 个,过熟林 42 个。西藏的天然云杉林以成过熟林为主,幼中龄林较少。

1.2 数据整理

对所有挑选出来的天然云杉林样地,根据样木测量记录前后期的对应情况,确定清查间隔期内采伐和枯死的样木(包括枯立木和枯倒木),统一采用国家森林资源连续清查数据处理方法计算其采伐量和枯损量,即包括采伐木和枯死木的前期材积及间隔期内的“未测生长量”(取该样木未采伐或枯死时其生长量的一半),同时也计算样地的总生长量。汇总各样地上的生长量和采伐木与枯死木的消耗量,

得到每个样地的总生长量、总消耗量、枯损量和采伐量。然后按以下普雷斯勒公式计算各类消耗率:

$$P_i = \frac{C_i}{2V_1 + G_0} \times \frac{200}{n} \quad (1)$$

式中, C_i 为各类消耗量 ($i=0, 1, 2$, C_0 为总消耗量, C_1 为枯损量, C_2 为采伐量), V_1 为样地前期材积, G_0 为总生长量, n 为间隔期长度 (5 a), P_i 为各类消耗率。

林木的枯死和采伐不像生长那样是一个连续的过程,它受各种自然因素和人为因素的影响,可以视为一个概率事件。从 127 个样地的情况看,只有 57 个样地存在枯死木,46 个样地存在采伐木。也就是说,有半数以上的样地不存在枯死或采伐现象,其枯损量和采伐量均为 0。为了探索西藏天然云杉林平均枯死率和采伐率的变化规律,必须对样地数据进行汇总和归纳。本文通过按龄组进行统计,分别得到各龄组的各类平均消耗率。平均消耗率的计算可以有两种方法:一是直接将各样地的消耗率进行算术平均;二是将各龄组的样地蓄积和消耗量进行汇总(相当于将各龄组的样地合并为一个大样地),再分别按(1)式计算各类消耗率。经对比分析,方法二较好。图 1、图 2 为按方法二计算得到的平均枯损率、采伐率与龄组的散点图,图中虚线为按指数函数绘制的趋势线。

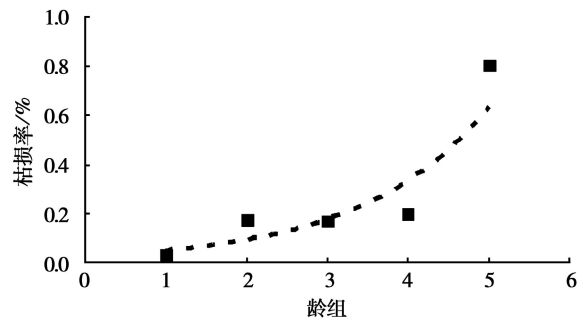


图 1 枯损率与龄组散点图

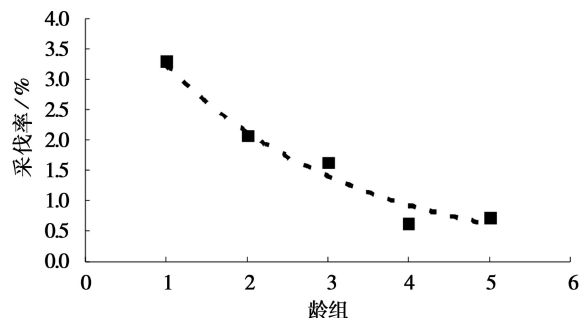


图 2 采伐率与龄组散点图

从图 1、图 2 中可以明显看出,枯损率随龄组增大而增大,而采伐率则随龄组增大而减小(但采伐量是随龄组增大而增大的)。因为采伐率明显大于枯损率,总消耗率的变化趋势与采伐率是类似的。分析各类消耗率与平均胸径之间的关系,发现其变化规律与龄组相似。因为龄组和平均胸径是研究建立各类生长率模型的常用变量,下面对各类消耗率模型的研究也采用龄组和平均胸径作为自变量。

2 林分消耗率模型系统的建立

2.1 林分消耗率基本模型的拟合

前已述及,林分消耗率包括总消耗率、枯损率和采伐率,而且总消耗率等于枯损率与采伐率之和。首先按以下基本公式建立各类消耗率模型:

$$P_i = A^b D^{c_i} \quad (2)$$

式中, A 为林分龄组(幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林、过熟林分别取值 1、2、3、4、5), D 为林分平均胸径(cm), a_i, b_i, c_i 为模型待估参数。由于各类消耗率的方差随龄组和平均胸径的变化而变化,存在一定程度的异方差性,因此,参数估计采用加权最小二乘法^[10]。

从(2)式的拟合结果可以发现,模型参数 b_i, c_i 估计值的符号并不一致,都出现一正一负的结果。为了解决因自变量之间的自相关而出现的参数互补问题,首先分别拟合消耗率与龄组、平均胸径的一元模型。从各消耗率与龄组、平均胸径的一元模型拟合结果可知,模型自变量的指数(即第 2 个参数)都相差不大,因此,下面将龄组与平均胸径作为联合变量,按下式:

$$P_i = (AD)^{b_i} \quad (3)$$

进行拟合。表 1 为各类消耗率模型(3)的拟合结果。

表 1 西藏天然云杉林消耗率模型拟合结果

序号	模型	参数估计值	统计指标
1	总消耗率	$a_0 = 6.3038, b_0 = -0.29427$	$Q = 0.4873, R^2 = 0.8595$
2	枯损率	$a_1 = 0.0064903, b_1 = 0.79953$	$Q = 0.0750, R^2 = 0.7946$
3	采伐率	$a_2 = 11.1945, b_2 = -0.49063$	$Q = 0.3445, R^2 = 0.9283$

从表 1 可以看出,采伐率模型的相关指数 R^2 最高,拟合效果最好;枯损率模型的相关指数最低,拟合效果略差。而且通过分析可知,枯损率与采伐率之和不等于总消耗率,即 3 个模型之间存在不兼容性。容易想到的一种方法是,只拟合总消耗率模型和采伐率模型,枯损率通过二者相减得到。但是,对模型作进一步分析不难发现,有时还存在总消耗率小于采伐率的情况,显然,这些问题的存在导致模型存在明显缺陷。下面将进一步讨论如何解决这一问题。

2.2 林分消耗率模型系统的构建

此处的林分消耗率模型系统,是指同时包括总消耗率模型、枯损率模型和采伐率模型的集合。要解决兼容性问题,必须保证枯损率与采伐率之和等于总消耗率。本文借鉴生物量模型系统的建立方法^[10-11],对两种兼容性模型系统进行了对比分析:一是以代数和进行控制;二是以总消耗率为基础,按比例进行控制。

2.2.1 代数和控制模型系统 该模型系统设定采伐率等于总消耗率与枯损率之差。模型结构如下:

$$\begin{cases} P_0 = a_0 (AD)^{b_0} & (4) \\ P_1 = a_1 (AD)^{b_1} & (5) \\ P_2 = a_0 (AD)^{b_0} - a_1 (AD)^{b_1} & (6) \end{cases}$$

上述模型参数的估计可以采用两种方法:一是独立拟合数值较小且变化规律与总生长率和采伐率明显不一样的枯损率模型(5),然后将其结果代入模型(6),再对模型(4)、(6)进行联合估计得到总消耗率模型参数;二是对模型(4)、(6)进行联合估计,同时得到总消耗率和枯损率模型的参数。具体估计方法可以参见有关参考文献^[11-12]。

2.2.2 比例控制模型系统 该模型系统以独立拟合的总消耗率模型为基础,将枯损率和采伐率设计为总消耗率乘以比例系数的形式,并保证两个比例系数之和等于 1。模型结构通式如下:

$$\begin{cases} P_0 = f(A, D) & (7) \\ P_1 = \frac{1}{1 + g(A, D)} \cdot f(A, D) & (8) \\ P_2 = \frac{g(A, D)}{1 + g(A, D)} \cdot f(A, D) & (9) \end{cases}$$

上述模型中的 $f(A, D), g(A, D)$ 为通用函数式,其基本结构形式同模型(4)、(5)。其中,模型(7)的总消耗率模型采用独立拟合的结果,模型(8)、(9)需要采用联合估计方法进行拟合。

2.3 林分消耗率模型系统的拟合结果与分析

上述两套消耗率模型系统的拟合结果分别见表

2和表 3,其中代数和控制模型系统是采用独立拟合枯损率模型(5),然后再对模型(4)、(6)进行联合估计的方法,故枯损率模型同表 1。

对两套模型进行分析可以发现,二者对总消耗率估测的差异很小,这一点从模型的统计指标 Q 、 R 也可以反映出来。表 2 的代数和控制模型系统,枯损率模型与表 1 保持一致,联合估计时在总消耗率

模型拟合精度略有下降的同时,使采伐率模型的拟合精度提高,但当平均直径超过 111.7 cm 时枯损率会大于总消耗率,从而导致采伐率出现负值;表 3 的比例控制模型系统,总消耗率模型与表 1 保持一致,联合估计时使枯损率模型和采伐率模型的拟合精度都略有下降,但可以确保采伐率、枯损率均不出现负值。

表 2 西藏天然云杉林消耗率代数和控制模型系统拟合结果

序号	消耗率模型	统计指标
1	总消耗率: $P_0 = 6.4121 (AD)^{-0.29060}$	$Q = 0.4952, R^2 = 0.8753$
2	枯损率: $P_1 = 0.0064903 (AD)^{0.79953}$	$Q = 0.0750, R^2 = 0.7946$
3	采伐率: $P_2 = 6.4121 (AD)^{-0.29060} - 0.0064903 (AD)^{0.79953}$	$Q = 0.2287, R^2 = 0.9524$

表 3 西藏天然云杉林消耗率比例控制模型系统拟合结果

序号	消耗率模型	统计指标
1	总消耗率: $P_0 = 6.3038 (AD)^{-0.29427}$	$Q = 0.4873, R^2 = 0.8595$
2	枯损率: $P_1 = 1 / [1 + 24.476 (AD)^{-1.7863}] \cdot 6.3038 (AD)^{-0.29427}$	$Q = 0.0846, R^2 = 0.7683$
3	采伐率: $P_2 = 1 / [1 + 24.476 (AD)^{-1.7863}] \cdot 6.3038 (AD)^{-0.29427}$	$Q = 0.3480, R^2 = 0.9276$

综上所述,两套模型各有利弊。当林分平均胸径在 110 cm 以下时,两套模型都是可用的;当平均胸径超过这一界限时,用比例控制法得到的兼容性消耗率模型效果较好。实际应用时只需算出总消耗率和枯损率,采伐率即为二者的差值。

3 结论

(1)采用森林资源连续清查固定样地的定期复查数据建立林分材积消耗率模型,是一种行之有效的方法。研究表明,西藏天然云杉林分的枯损率随林分年龄(龄组)和平均胸径的增大而增大,而采伐率则随林分年龄(龄组)和平均胸径的增大而减小。

(2)要解决总消耗率模型与枯损率、采伐率模型之间的兼容性问题,可以采用非线性联合估计模型系统来建立联合模型组。对比例控制模型系统与代数和控制模型系统的综合对比分析结果表明,二者均具有较好的拟合效果,但其综合性能前者要略好于后者。

(3)本文研究建立的西藏天然云杉林枯损率与采伐率模型系统,为西藏天然云杉林的消耗量估测提供了参考依据;提出的兼容性模型系统研建方法,为类似模型的建立提供了经验借鉴。

参考文献:

- [1] 李克志. 小兴安岭带岭林区天然林材积枯损率的初步研究 [J]. 林业科学, 1958(1): 97 - 111
- [2] 东北林学院林业系调查规划组. 生长量与枯损率的测定 [J]. 林业实用技术, 1977(7): 8 - 9
- [3] 王志忠. 浅谈林木自然枯损率的调查方法 [J]. 林业资源管理, 1993(4): 29 - 30
- [4] 胡晓龙. 林分枯损模型的研究 [J]. 林业科学研究, 1996, 9(5): 525 - 529
- [5] 郑治刚. 关于建立林分枯损模型的探讨 [J]. 中南林业调查规划, 1998, 17(3): 5 - 8
- [6] 杜纪山. 落叶松林木枯损模型 [J]. 林业科学, 1999, 35(2): 45 - 49
- [7] 马友平. 鄂西南天然马尾松林枯损模型的研究 [J]. 林业科技通讯, 2000(3): 22 - 23
- [8] 葛宏立, 孟宪宇, 唐小明. 应用于森林资源连续清查的生长模型系统 [J]. 林业科学研究, 2004, 17(4): 413 - 419
- [9] 何武江, 王拥军. 辽东栎天然次生林枯损模型的初步建立 [J]. 山西林业科技, 2007(3): 13 - 15
- [10] 曾伟生, 骆期邦, 贺东北. 论加权回归与建模 [J]. 林业科学, 1999, 35(5): 5 - 11
- [11] 曾伟生, 骆期邦, 贺东北. 兼容性立木生物量非线性模型研究 [J]. 生态学杂志, 1999, 18(4): 19 - 24
- [12] 骆期邦, 曾伟生, 贺东北. 林业数表模型——理论方法与实践 [M]. 长沙: 湖南科技出版社, 2001