

# 长白山阔叶红松林结构多样性的初步研究

郑景明<sup>1</sup> 罗菊春<sup>2</sup>

1 (中国科学院植物研究所植被数量生态学重点实验室, 北京 100093)

2 (北京林业大学, 北京 100083)

**摘要:** 在林业可持续发展的背景下,对森林实施生态系统管理,必须保护和维持森林的生物多样性。这就要求在森林调查和经营过程中增加林分结构多样性方面的内容,因此必须充分认识森林结构包括的内容,并研究制订简便实用的结构多样性指标。本文采用目测分层盖度结合无样地点-四分法取样进行林分结构因子调查,设计了一套简便的林分结构指标体系,并对长白山红松阔叶混交林及其次生林进行了林分结构多样性的测定研究。结果表明:基于分层盖度构建的林分垂直多样性指数和水平结构异质性指数,可以较好地表示林分的基本结构特征,同时借助点-四分法测定的物种多样性指数和对倒木、站干、林隙等的统计,可以较全面地描述阔叶红松林的林分结构因素。应用该方法测定不同的原始林地的林分结构,得到的林分结构指标与其他林分结构因素的描述,同常规林学调查结论一致并更全面,同时对不同采伐方式的林分结构进行了测定,结合相应的常规指标测定对比,表明该结构指数不但能较好地表示群落的空间结构特征,同时也能对比不同经营方式对林分结构造成的影响,如择伐方式比皆伐方式对林分的结构影响相对较小而且结构恢复时间较短,从而说明对阔叶红松林这种复层异龄混交林的森林类型而言,择伐是一种更合适的通过结构调控进行生态系统管理的方式。在对生态系统进行经营管理过程中,采用该方法能有效地说明林分的垂直结构复杂性和水平结构异质性及重要的林分结构因子存在状况,因而更适合当前森林生态系统管理的要求。文章进一步分析了林分结构指标待改进的部分与研究方向。

**关键词:** 结构多样性, 分层盖度, 红松阔叶林, 无样地取样

中图分类号: Q948.15

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2003)04-0295-08

## Structural diversity of broadleaved-Korean pine forest in Changbai Mountain

ZHENG Jing-Ming<sup>1</sup>, LUO Ju-Chun<sup>2</sup>

1 *Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093*

2 *Beijing Forestry University, Beijing 100083*

**Abstract:** From the background of sustainable development of forestry, biodiversity in forest should be maintained and protected when managing an ecosystem. However, as a result of the complex meaning of biodiversity, ordinary indices used in ecology and forestry are not commonly used by forest managers because of their high requirements of data and precision in order to convey so much information on biodiversity in a single index. On the basis of recent research on virgin forests around the world, Franklin advocates that diversity of forest stand structure could be used as an indirect indicator of forest biodiversity, and this has been accepted by many forest experts. As a result, some new ideas on how to manage forest ecosystems through structure control or restructuring have been put forward. In order to manage forest ecosystem through stand structure control, the significance of forest structure must be clarified and some new indices must be created for use in forest survey and in proper forest measurements.

In this study, a set of structural diversity indices for broadleaved Korean pine forest were put forward and tested in different types of stands, including virgin forest, forest after selection cutting, and forest re-

generated after clear cutting. Based on the measurement of stratified coverage in addition to plotless sampling, the vertical structure index ( *VSI* ) and horizontal heterogeneity index ( *HHI* ) were generated, along with descriptions of other structural elements such as downed logs, standing poles and canopy gaps. The basic meaning of *VSI* is the volume of space occupied by branches and leaves, which was calculated by coverage in each layer and its weight. The basic meaning of *HHI* is the difference of coverage in all layers between locations in the stands, which was calculated as a community dissimilarity index. The bigger the two indices, the more habitat types for living organisms exist in the forest. At the same time, other ancillary indices, such as species composition, amount of coarse woody debris and gaps were surveyed through plotless sampling methods and transects with plots.

Comparison between different stands of virgin forest indicates that these indices were precise enough to describe the spatial structure of the stands and were in agreement with analyses resulting from common forestry survey methods. Used in secondary forest stands, they could also provide more information than common single biodiversity indices. Before using data from plotless sampling, the similarity coefficients between plot sampling and plotless sampling were calculated. The precision of the two methods proved to be identical. Used in stands with different disturbance histories, these indices illustrated remarkable differences in the structures of the stands, indicating that the indices are suitable for forest survey and for guiding choice of management measures in forest ecosystem management. Disadvantages and methods for improvement of the indices are discussed and research priorities are proposed.

**Key words** : structural diversity, stratified coverage, broadleaved-Korean pine forest, plotless sampling

生物多样性保护是森林可持续经营的一个重要目标。近二十余年,对美国西北老龄原始林生物多样性研究发现,老龄林生物多样性超过原来预想,同时也意味着传统林业经营的风险更大( Franklin, 1994; Kohm & Franklin, 1996)。为了维持生态系统的多样性,达到森林生态系统的经营目标, Franklin( 1989)提出的以提高森林结构多样性作为促进森林生态系统生物多样性的主张得到了许多学者的认同。由于生物多样性概念的广泛性,很难具体把握( Bachmann *et al.*, 1996; Noss, 1999),而许多微观尺度的研究表明,空间上异质的森林能够容纳更多的物种,尤其是森林中动物、植物的物种多样性常常与生境的多样性密切相关( MacArthur & MacArthur, 1961; Lahde *et al.*, 1999)。例如,植被垂直结构的复杂性与一定面积中的昆虫和鸟类的数量有关,多树种组成的林分,径级或年龄结构变异越大,林分结构越复杂,为各种动植物和微生物提供的小生境或食物的多样性就越大,林分总体的生物多样性就越高( 雷相东, 唐守正, 2002)。因此可以通过分析影响生物多样性的林地结构特征,较明确地设计相对应的生态系统经营技术,以达到促进生物多样性的目的( Kessler & Fenger, 1998; Kerr, 1999)。

现代森林生态系统经营策略的基础是提高林分

结构的多样性和复杂性,即通过维持某种林分结构而达到维持和增加森林生物多样性的目的( Oliver & Larson, 1996; Bergeron *et al.*, 1999; Bordelon *et al.*, 2000)。为改善森林管理的决策,各种多样性指数已被引入人工林调查和经营研究中,以描述大小、物种、空间分布及其他林分结构特征,但植被生态学中的物种多样性指数在森林经营中的应用有很多困难( Bachmann *et al.*, 1996; 臧润国等, 1999),研制新的用于经营的结构多样性指标,或基于现有的知识选择更简单适用的指标,对许多森林管理者是迫切的。本项研究采取目测分层盖度结合无样地取样的调查方法,构建一种林分结构多样性指标,对长白山阔叶红松林的林分结构多样性进行初步研究。分层盖度估计是一种主观的估计植被在水平面上的覆盖程度的方法。该方法被植被学家广泛使用,如枝叶高度多样性指标常用于估计鸟类的生境质量,有学者将其改良用于森林垂直结构评价( Lahde *et al.*, 1999),更有人将其改进作为景观大尺度生境质量评价的重要手段( Drapeau *et al.*, 2000)。它的特点是易于操作,结果也容易理解,缺点是主观性过强,不同测定者得到的结果的差别较大,但测定者经过训练,并由两人以上同时进行估测,则误差会减少到可接受的程度。总体说来,基于分层盖度测定的林分结构多样性指标是容易被森林

经营者接受的一种森林多样性指标,在典型样地调查和经营措施对比等方面有较好的应用前景。

## 1 试验地概况

吉林省延边朝鲜族自治州白河林业局(42°01'~42°28'N,127°53'~128°34'E),位于长白山东北部,境内下辖8个林场,试验地设在白河林业局内森林资源保存较好的劲松林场,该林场海拔635~1370 m之间,面积121.01 km<sup>2</sup>。原生植被大部分为阔叶红松林,土壤多为典型暗棕壤。

该地区植物区系属于典型的长白植物区系,植被类型为红松阔叶混交林。阔叶红松林的原始林物种丰富,群落垂直结构复杂,生物量高。许多学者对长白山的森林类型进行过详细的描述(徐文铎,林长清,1983;徐化成,2001)。劲松林场建立于1987年,经过20余年的采伐等人为活动的干扰,原始林已经为数不多,存在大量的次生天然林和过伐林,即便如此,由于其建场相对较晚且交通不便,与白河林业局中其他林场相比而言,境内的阔叶红松林保护得较好。

## 2 调查方法

选择保护较好的典型老龄针阔混交林和次生林地,设立1 km<sup>2</sup>调查样地5块,包括2块针阔混交林,2块次生阔叶林,1块择伐过的针阔混交林,记录立地情况和经营历史,对胸径大于等于4 cm的乔木进行每木检尺,记录灌木和草本的种类和盖度。调查的典型样地基本情况见表1。

在样地中央选取中心点,垂直方向设立两条100 m样线,进行点-四分法调查,调查方法是以20 m为1点,每点分4个象限,每象限测定最近1株DBH>12.5 cm的大树和1株DBH=2.2~12.5 cm的幼树,每个中心点同一方向和象限设立1 m×1 m小样方,记录幼苗、灌木和草本情况(徐文铎,林长清,1983)。从中心点起,在四个方向上起点和终点沿线设立2个10 m×10 m小样方,共计8个小样方,每个小样方内进行每木检尺,测定分层盖度,枯落物厚度,土层厚度,更新幼苗幼树的数量和高度。同时测定1 hm<sup>2</sup>样地倒木站干数量,林隙数量和大小。倒木和站干调查:站干记录树种、胸径、高度、腐烂级,计算材积;倒木记录树种、头、尾、中三个直径、长度、腐烂级,计算材积。林隙调查,只记录长度大于平均树高的林隙,按长方形粗略计算林隙面积。

在每个小样方内采用两人同时目测分层盖度,每块样地测定8个小样方的分层盖度。目前盖度的分层标准往往因研究对象和目的不同而不同(雷相东,唐守正,2002),本项调查将盖度层按高度划分为7档:0~0.1 m,0.1~0.5 m,0.5~2.5 m,2.5~5.0 m,5~10 m,10~20 m,>20 m,使其有较大枝叶密度的高度大致对应苔藓层、草本层、灌木层、下木层、幼树层、主冠层和超冠层,在此不能也不必准确地区分各个层次。目测盖度半定量值划分为6档:0~1%,1%~5%,5%~25%,25%~50%,50%~75%,>75%,记录时分别以0~5代表。两人同时目测小样方的各层盖度值,取两者接近的数值归入半定量档记入表中,用EXCEL软件进行统一处理。

表1 典型调查样地基本情况

Table 1 Location and habitat characters of plots

样地号 Plot No.	地点 Location	坡度 Slope (°)	海拔 Altitude (m)	坡向 Aspect	胸径 DBH (cm)	株数 Individual (tree/hm <sup>2</sup> )	采伐方式 Logging system	采伐时间 Time of logging
1	火牙沟 Huoyagou	11	960	东北 Northeast	15.9	913	—	—
2	高台沟 Gaotaigou	10	870	东北 Northeast	22	725	—	—
3	高台沟 Gaotaigou	10	750	东北 Northeast	19.0	400	择伐 Selection cutting	1998
4	高台沟 Gaotaigou	10	830	东北 Northeast	8.3	1833	皆伐 Clear cutting	1984
5	西山 Xishan	16	800	西南 Southwest	12.8	1200	皆伐 Clear cutting	1978

### 3 结果与分析

#### 3.1 林分结构指标设计

以样地 2 为例,调查得到的高台沟林分的小样方分层盖度数据见表 2。并分别计算样地取样和无样地取样的相应群落数量指标,包括物种数、相对多度、相对频度、相对优势度和重要值,用于以后计算。

林分(群落)内部结构异质性,包括垂直方向上不同高度的生境数量和水平方向上不同生境数量两个方面,因此分别构建两个方面的结构多样性表达指标。

**3.1.1 林分垂直结构** 样地的林分垂直结构的指标,其基本含义是该样地在垂直方向上有多少类型的空间生境。由于枝叶密度对于动物尤其鸟类的栖息地有特殊的作用,采用层盖度半定量值 × 层权重,然后求和,计算结果的直观解释为小样方的枝叶体积,作为林分垂直盖度的指标,其值越大则表示垂直方向上的枝叶层次越复杂,提供的生境类型越多。其中 0~0.1 m 层为苔藓层,仅分 3 级,0 无;1 有;2 多。苔藓是重要的环境指示物种,为重要的森林生物多样性和林分结构因子(Kimmins, 1997),设它的权重为 5;该地区原始林平均树高以 20 m 计,树高 25 m 以上的大树不多,因此 >20 m 的层的权重设为 5;其余各层次的权重采用该层的高度值(m),如 0.5~2.5 m 层的权重为 2。

本文定义林分的垂直结构异质性指标(VSI)为各小样方垂直盖度指数的平均值,即:

$$VSI = \sum(VSI_i)/n = \sum \sum(SC_{ij} \times SW_{ij})/8 \quad i = 1 \dots 8; j = 1 \dots 7$$

公式中 VSI 为样地的垂直盖度指数;VSI<sub>i</sub> 为第 i 个小样方的垂直盖度和;SC<sub>ij</sub> 为第 i 个小样方的第 j 层盖度半定量值;SW<sub>ij</sub> 为第 i 个小样方的第 j 层权重。

每块样地有 8 个小样方,整个林分内部的垂直方向上的结构异质性为 8 块小样方的垂直盖度指数的平均值,表示垂直方向上枝叶对林地的覆盖程度。对样地 2 的各小样方的垂直盖度和计算结果见表 3,样地的垂直盖度指数为 78.7。

**3.1.2 林分的水平结构** 样地的水平结构指标,基本含义是不同位置(小样方)的垂直盖度差异越大,说明该样地的水平均质性越差,而异质性越强,即在水平方向上林分有更多的生境类型。林分内部的水平结构表现出的异质性,可以通过比较样地 8 个小样方之间的各层盖度的差异来表示。两个小样方之间的差异采用简化群落相异百分率(percentage of difference, PD)计算(徐文铎,林长清,1983),公式为:

$$PD = 0.5 \times \sum |a - b|$$

每个小样方分层数为 7, a, b 为两个小样方在相同高度层的盖度半定量值。

表 2 样地 2 的 8 个小样方各层盖度

Table 2 Stratified coverage of eight sampling units in plot 2

小样方号 Quadrat No.	各层盖度 Stratified coverage						
	0~0.1 m	0.1~0.5 m	0.5~2.5 m	2.5~5.0 m	5.0~10.0 m	10.0~20.0 m	>20.0 m
1	0	4	0	0	2	4	5
2	0	5	1	2	3	5	3
3	1	5	0	0	3	4	0
4	1	4	3	3	4	4	4
5	2	5	2	3	3	3	1
6	0	5	3	0	2	3	2
7	0	5	4	3	4	3	2
8	2	4	2	3	2	4	4

表 3 样地 2 的 8 个小样方的垂直盖度指数

Table 3 Vertical structure indices of eight sampling units in plot 2

小样方号 Quadrat No.	1	2	3	4	5	6	7	8	平均 Average
VSI	76.6	89.0	62.0	100.1	73.5	58.0	77.5	93.1	78.7

取两两小样方间盖度差异值的平均值作为林分水平结构异质性的指标( $HHI$ ),即:

$$HHI = \sum (PD_k) / m \quad k = 1, 2, 3, \dots; m = C_8^2 = 28$$

公式中  $HHI$  为样地水平异质性指数;  $PD_k$  为第  $k$  对小样方的相异系数;  $m$  为样地内进行相异性比较的小样方对数。

每块样地有 28 对小样方相互比较盖度差异,对样地 2 计算小样方间的盖度相异系数见表 4,得到该样地林分结构的水平异质性指数为 17.9。

**3.1.3 林分其他结构指标的测定** 根据对原始林结构和生物多样性的研究,林分结构因素包括许多内容(Kohm & Franklin, 1996),如结构复杂性包括:不同大小和状态的树木,不同物种、枯立木、倒木及林地上的粗木质体、多层的林冠和林隙等(郑景明等, 2002),因此除了林分垂直结构指数和水平结构指数外,还应进行一些辅助的指标测定,以全面反映林分结构多样性方面的信息。本文采用无样地取样法进行物种组成方面的补充测定,选取大多数研究者认可的 Shannon-Winner 指数,作为林分结构描述的辅助指标;同时对站干、倒木和林隙的数量进行粗略的调查和计算。

以往研究表明,对林分物种多样性的测定,采用样方法和点-四分法可以得到相同精度的结果(徐文

铎,林长清, 1983)。首先采用以下几种相似性系数,分析在高台沟样地 800 m<sup>2</sup> 样地取样和无样地点-四分法取样的群落相似性。

(1) Sørensen(1984)提出的群落系数(coefficient of community,  $CC$ ),计算公式为:

$$CC = 2W / (a + b) \times 100\%$$

公式中  $W$  为两样地共有种数量,  $a$ ,  $b$  为两样地各自所有种数量。

(2) 伊藤秀三(1977)提出的群落相似百分率(percentage of similarity,  $PS$ ),计算公式为:

$$PS = \sum \min(a, b) / (a + b) = 1 - 0.5 \times \sum |a - b|$$

公式中  $a$ ,  $b$  为两样地各自的物种数量。

(3) Janssen(1975)提出的相似比(similarity ratio,  $SR$ ),计算公式为:

$$SR = \sum X_i Y_i / (\sum X^2 + \sum Y^2) - \sum XY$$

公式中  $X$ ,  $Y$  为两样地各自的物种数量。

假定样地调查与无样地调查在两个样地中进行,分别计算样地与沿样线的无样地取样获得的群落数量指标,包括:乔木物种数量,相对多度,相对频度,相对显著度和乔木重要值。将两种调查方法获得的相应的某一种数量指标,代入上面 3 种群落相似性系数计算公式,通过该指标计算得到的相似性系数检验这“两个”群落的相似性,具体计算方法参见徐文铎等(1983),计算结果见表 5。

表 4 样地 2 的 8 个小样方之间的盖度相异系数

Table 4 Horizontal heterogeneity indices among eight sampling units in plot 2

小样方号 Quadrat No.	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0							
2	16.2	0						
3	17.7	18.5	0					
4	16.8	16	19.5	0				
5	28.5	22.3	15.8	18.6	0			
6	15.7	17	18	21.5	14.8	0		
7	25.5	19.3	27.8	13.7	14.5	9.8	0	
8	13.3	17.5	21	8.5	7.6	20	22.2	0

表 5 样地取样与无样地取样的相似性系数

Table 5 Similarity coefficients between plot and plotless sampling

计算指标 Index	相似性系数 $CC$ $CC$ index	相似性系数 $PS$ $PS$ index	相似性系数 $SR$ $SR$ index
乔木物种数 No. of tree species	92.31		97.67
相对多度 Relative abundance	89.99	89.05	99.96
相对频度 Relative frequency	92.37	90.52	99.83
相对显著度 Relative dominance	86.35	83.89	99.66
乔木重要值 Importance value of tree species	94.18	92.33	99.84

Note:  $CC$ , Coefficient of community;  $PS$ , Percentage of similarity;  $SR$ , Similarity ratio

Whittaker(1978)认为,群落相似性系数约为60%时,群落就很相似了,如果在一块森林样地中反复取样,每次得到的群落数据之间的相似性不是100%,而是60%~90%。通过比较可看出,在长白山阔叶红松林中采用两种取样方法,得到的结果有高度的相似性,而后一种调查方法无疑更简便。通过无样地取样数据可以计算多种物种多样性方面的指标,本例中仅计算林分中乔木物种的多样性指数,其Shannon-Winner指数为2.262。

站干、倒木和林隙的数量是林分结构,尤其是老龄林结构的一个重要描述因子(Kohm & Franklin, 1996; Bergeron *et al.*, 1999)。因此按照前面所述方法,在两条垂直样线围成的1 hm<sup>2</sup>的样地中,对其进行调查并统计了它们的数量。测得样地2的站干蓄积量为0.1895 m<sup>3</sup>,倒木蓄积量为0.4272 m<sup>3</sup>,林隙面积为542 m<sup>2</sup>。

### 3.2 两块老龄混交林的林分结构比较与分析

根据上面的方法,计算样地1、2的林分结构指标(表6)。

位于高台沟的老龄混交林样地,它的林分垂直结构指数为78.7,表明垂直方向上整个林分的枝叶覆盖密度;林分水平结构指数为17.8,表示水平方向上林分内部枝叶覆盖密度的变化程度。而火牙沟样地的两个林分结构指数分别是:垂直结构指数(VSI)为87.4,水平结构指数(HHI)为13.6。再考

察老龄林分的重要结构因素即林隙情况,两块样地中的林隙面积分别为542 m<sup>2</sup>和302 m<sup>2</sup>,大小比较也同样说明了这一情况,即前者水平方向上的异质性较后者大,而后者垂直郁闭程度较前者稍高。通过对比两块样地三个林分的结构指标可知,同高台沟样地林分相比,火牙沟样地林分的枝叶垂直方向上密度较大,而水平方向上的枝叶覆盖较均匀。

结合上述林学特征分析可知,火牙沟树木的胸径较小,种类多,垂直分化差,立木密度较大,因此呈现较大的垂直盖度和较小的水平异质性,与上面的解释相吻合。比较两个林分的倒木和站干数量可知,高台沟林分的老龄性比火牙沟林分要强,计算两个群落年龄(>28 cm立木平均年龄)可知,高台沟林龄为207年,火牙沟林龄为197年,都进入老龄阶段,与上述结论吻合。

### 3.3 次生林及不同干扰程度下的林分结构特征

采用上述方法,对原始阔叶红松林皆伐后自然恢复的次生林阔叶混交林进行林分结构测定。以样地5为例,西山地区为劲松林场建立初期进行皆伐的林班所在地,1978年皆伐后重新发育而成的阔叶天然林,首先仍采用3.1.3中的方法进行两种取样方式的相似性比较。相似性检验结果见表7,表明在次生林中无样地取样获得的结果与样地取样相近,说明也可以采用点-四分法调查描述次生林林分结构的辅助性指标,本例中通过无样地取样数据计

表6 两块老龄混交林样地的林分结构指标

Table 6 Stand structure indices of two old mixed forests

地点 Location	垂直结构指数 VSI	水平结构指数 HHI	物种多样性指数 Shannon-Winner index	站干蓄积 Volume of standing poles ( m <sup>3</sup> )	倒木蓄积 Volume of downed logs ( m <sup>3</sup> )	林隙面积 Area of canopy gaps ( m <sup>2</sup> )
高台沟 Gaotaigou	78.8	17.8	2.262	0.1895	0.4272	542
火牙沟 Huoyagou	87.4	13.6	2.642	0.1722	0.2944	302

Note: VSI, Vertical structure index; HHI, Horizontal heterogeneity index

表7 次生林的两种取样方法的相似性指数

Table 7 Similarity coefficients of two sampling methods in secondary forest

计算指标 Index	相似性系数 CC CC index	相似性系数 PS PS index	相似性系数 SR SR index
乔木物种数 No. of tree species	71.73		100
相对多度 Relative abundance	89.14	85.44	99.95
相对频度 Relative frequency	94.96	85.24	99.53
相对显著度 Relative dominance	88.11	86.74	99.99
乔木重要值 Importance value of tree species	91.16	86.32	99.93

注:缩写字母注释同表5。Abbreviations as in the note to Table 5.

表 8 不同干扰程度的林分结构指数

Table 8 Stand structure indices in differently disturbed forests

样地号 Plot No.	坡度(°) Slope	海拔(m) Altitude	坡向 Aspect	胸径(cm) DBH	株数 Individual	采伐方式 Logging system	采伐时间 Time of logging	垂直结构 指数 VSI	水平结构 指数 HHI
2	10	850	东北 Northeast	22.0	725	—	—	78.7	17.8
3	10	750	东北 Northeast	19.0	400	择伐 Selection cutting	1998	70.7	14.8
4	10	830	东北 Northeast	8.3	1833	皆伐 Clear cutting	1984	71.8	6.5

算得到林分中乔木的 Shannon-Winner 指数为 2.833。

结构指数计算表明,样地 5 的林分垂直结构指标为 63.61,水平异质性指标为 9.01。同前面的阔叶红松老龄林相比,垂直结构的丰富性和水平结构的异质性较低,结合林分指标可以看出,林分处于发育初期阶段,垂直结构分化刚刚开始,萌生幼树较多因而水平覆盖较均匀,结构指数表示的林分结构特征符合实际情况。

采伐在林区是重要的人为干扰方式,采伐方式造成林分的组成和结构差异很大。在劲松林场的高台沟地段,选择坡面较长的地段,对不同时期实施过皆伐和择伐的同一坡向的林分样地 2,3,4,进行林分结构的对比,计算林分结构指数,分析两种采伐方式对林分结构的影响程度(表 8)。

从结构的垂直指标看,两种干扰造成结构的复杂性减少,如以原始林为结构较优的模式看(徐化成,2001),择伐林 3 年垂直结构基本和原始林接近,而皆伐后的次生林在 17 年后也比较接近原始林的垂直结构。从水平结构指标看,皆伐干扰造成的水平异质性下降更为明显,23 年后的次生林(样地 5)水平异质性指数为 9.01,而 17 年后的次生林(样地 4)水平结构指数仅为 6.5,仍距离原始林甚远,虽然物种多样性可能差别不大甚至高于原始林(罗菊春等,1997),而适当强度的择伐造成的结构改变相对较小。从中可以看出,采用适当择伐方式经营森林,可以在维持良好的林分结构的同时获得木材,并保持更多的生境类型,这与有关研究结论一致(Steventon *et al.*, 1998),对阔叶红松林这种复层异龄混交林的森林类型而言,适当择伐是一种较适合的通过结构调控进行生态系统管理的方式。

## 4 小结与讨论

### 4.1 研究简便实用的林分结构指标来表征森林的

多样性,不仅是可持续林业发展对于森林调查的需求,同时也是如何管理森林生态系统的重要依据。根据现代森林生态系统管理科学的理论,对森林的经营应从结构多样性目标考虑,提出采用林分结构管理的手段,通过延长轮伐期、结构保留、结构恢复等途径维持和促进森林生态系统结构的多样性(Kohm & Franklin, 1996; Bordelon *et al.*, 2000)。许多研究已经提出相应的技术体系,如绿色保留地(green tree retention)技术,变化保留收获系统(variable retention harvest system)等(郑景明等,2002)。因此对于林分结构多样性指标的研究与应用应当纳入现存森林调查、规划和经营体系中(臧润国等,1999;雷相东,唐守正,2002)。本文正是在这样的背景下,对长白山阔叶红松林林分结构多样性指标的研制进行了初步的探索。

4.2 采用目测分层盖度,结合无样地点-四分法取样,可以获得描述林分组成、结构多样性的指标。在原始阔叶红松林中,还可以在样线围成的样地内调查倒木、站干、林隙的分布情况。这种同时用组成多样性指数和结构多样性指数对林分进行描述的方法,有利于森林经营者全面了解林分的现状并根据经营目的采取相应的经营措施。虽然有人认为此类冠层分组主观性过强,并提出用树冠竞争点对林分进行垂直分层(雷相东,唐守正,2002),但这样无疑增加了测定难度,而且针对阔叶红松林这一特定的地带性群落,采用本文划分标准还是具有一定的生态学意义和较强的可操作性。

4.3 对不同干扰程度和干扰时间的林分进行分析表明,林分的结构指标能较好体现群落的改变程度。以往研究表明,仅用物种多样性指标不能很好表示干扰对结构的影响程度,而且适当强度的干扰会造成物种多样性上升(罗菊春等,1997)。采用结构指标结合物种多样性指标可以反映出林分结构的变动情况,并可以用于不同类型和经营程度的林分比较,

对于指导经营活动有一定意义。如本文对典型择伐林分的结构分析表明,适当的择伐强度对林分结构的影响相对不大,而且物种多样性并未降低,可以再通过采取其他措施,如制造枯立木、保留一定量不同物种的活立木和灌木、形成大小合适的林中空地和“栽针保阔”等经营措施,尽快恢复森林的结构多样性(Lieffers *et al.*, 1996; 郑景明等, 2002)。

**4.4** 本文只是对林分结构指标进行了初步的探索,其中研究方法有许多有待改进之处,如对倒木和枯立木的调查,可以采用沿样地对角线设立样带的方法进行,样地的垂直结构和水平结构多样性指数都只是简单以相应指标的平均数表示,可以进一步研究其他统计学变量的应用价值,如水平结构多样性采用极值是否更合理。由于样地数量的限制,还不能确切解释造成不同林分结构指数差异的原因,尚有待于进一步系统研究阔叶红松林不同类型和干扰强度的林分,乃至其他林型的林分结构多样性变化规律等。

#### 参考文献

Bachmann P., Kohl M. and Paivinen R. 1996. *Assessment of Biodiversity for Improved Forest Planning*. Press of Monte Verita University, Switzerland.

Bergeron Y., Harvey B. and Leduc A. 1999. Forest management guidelines based on natural disturbance dynamics: stand-level and forest-level considerations. *The Forestry Chronicle*, **75**(1): 49 – 54.

Bordelon M. A., McAllister D. C. and Holloway R. 2000. Sustainable forestry: Oregon style. *Journal of Forestry*, **98**(1): 26 – 32.

Drapeau P., Leduc A., Giroux J., Savard J., Bergeron Y. and Vichery W. L. 2000. Landscape-scale disturbances and changes in bird communities of boreal mixed-wood forests. *Ecological Monographs*, **70**(30): 423 – 444.

Franklin J. F. 1994. Ecological science: a conceptual basis for FEMAT. *Journal of Forestry*, **92**(4): 50 – 56.

Kerr G. 1999. The use of sylvicultural system to enhance the biological diversity of plantation forest in Britain. *Forestry*, **72**(2): 191 – 205.

Kessler W. and Fenger M. 1998. Biodiversity in managed forests: impressions from Scandinavia. *The Forestry Chronicle*, **74**(3): 393 – 400.

Kimmins J. P. 1997. Biodiversity and its relationship to ecosystem health and integrity. *The Forestry Chronicle*, **73**(2): 229 – 232.

Kohm A. K. and Franklin J. F. 1996. *Creating a Forestry for the 21st Century—The Science of Ecosystem Management*. Island Press, Washington, D. C.

Lahde E., Laiho O. and Norokorpi Y. 1999. Diversity-oriented sylvicultures in boreal zone of Europe. *Forest Ecological Management*, **118**: 223 – 243.

Lei X-D(雷相东) and Tang S-Z(唐守正). 2002. Indicators on structural diversity within-stand: a review. *Scientia Silvae Sinicae*(林业科学), **38**(3): 140 – 146. (in Chinese)

Lieffers V. J., Macmillan R. B. and MacPherson D. 1996. Semi-natural and intensive sylvicultural system for the boreal mixedwood forests. *The Forestry Chronicle*, **72**(3): 286 – 292.

Luo J-C(罗菊春), Wang Q-S(王庆锁), Mu C-C(牟长城) and Wang X-P(王襄平). 1997. Plant diversity of *Pinus koraiensis* forests under disturbance in Changbai Mountains of China. *Scientia Silvae Sinicae*(林业科学), **33**(6): 498 – 503. (in Chinese)

MacArthur R. H. and MacArthur G. W. 1961. On bird species diversity. *Ecology*, **42**: 594 – 598.

Noss R. F. 1999. Assessing and monitoring forest biodiversity: a suggested framework and indicators. *Forest Ecological Management*, **115**: 135 – 146.

Oliver D. C. and Larson C. L. 1996. *Forest Stands Dynamics*. John Wiley & sons, Inc. Oxford.

Steventon J. D., MacKenzie K. L. and Mahon T. E. 1998. Response of small mammals and birds to partial cutting and clearcutting in northwest British Columbia. *The Forestry Chronicle*, **74**(5): 703 – 713.

Xu H-C(徐化成). 2001. *Nature Korean Pine Forest in China*. Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese)

Xu W-D(徐文铎) and Lin C-Q(林长清). 1983. The use of plotless sampling method in broadleaved Korean pine forest. In: Changbaishan forest ecosystem station of Chinese Academy of Science (中国科学院长白山森林生态系统定位站) (ed.), *Forest Ecosystem Research* (森林生态系统研究) (III). Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese)

Zang R-G(臧润国), Zhu C-Q(朱春全), Lei J-P(雷静品) and Jin T-S(金铁山). 1999. An indirect assessment system for biodiversity in the Korean pine broadleaved forest region under the framework of sustainable forest management. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **7**(3): 189 – 196. (in Chinese)

Zheng J-M(郑景明), Luo J-C(罗菊春) and Zeng D-H(曾德慧). 2002. Review of forest ecosystem management. *Journal of Beijing Forestry University* (北京林业大学学报), **24**(3): 103 – 109. (in Chinese)