

全国杉木人工林间伐表编制的研究*

刘景芳 童书振

摘要 根据全国各带、区,各指数级杉木林分生长过程表,编制了8~22指数级相应的间伐表共5组(即南带,北带,中带东区、中区和西区)。利用53块间伐标地材料,以 $y = a + bx$ 模型,求出间伐后的平均高和平均胸径的回归经验式。该表与利用杉木林分密度管理图编制的间伐表进行检验比较,误差在1.9%~2.67%之间。间伐开始期,则视初植密度的大小,与指数级的高低而异。间伐终止期,一般为15 a,最大不超过18 a,且与初植密度和指数级无关。

关键词 杉木人工林、间伐表、生长过程表

间伐是培育森林的主要措施之一,在杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)人工林中经营中尤为重要。但林分间伐的始期、终期、间隔期及强度等是否适当,关系到林木个体和群体的生长速度、出材量高低和经济效益大小。为此,于1982年,以杉木林分密度管理图为基础^[1],结合地位指数表^[2],初步编制成杉木实生林间伐表^[1]。由于我国杉木分布广,各地自然条件和社会条件各异,杉木生长情况和经营强度亦不相同。为了提高间伐表的精度和适应性,又以各带、区各指数级的杉木人工林生长过程表为基础^[3],分别编制了南带和北带以及中带的东、中、西区的间伐表,供生产单位应用。

1 编制方法

间伐表的编制方法很多,如日本的安藤贵^[4]以林分密度管理图为基础,分别密度级按上层高每生长2 m间伐一次的方法,编制了日本的柳杉(*Cryptomeria japonica* D. Don.)、扁柏(*Chamaecyparis obtusa* (Sieb et Zucc.) Endl.)、赤松(*Pinus densiflora* Sieb et Zucc.)、落叶松(*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.)等抚育间伐标准表。英国根据每公顷最大平均生长量,以 2 m^3 为一级,按不同的间隔期,编制了间伐收获量表。匈牙利根据不同间伐种类(透光伐、除伐、疏伐、生长伐)和生产力等级,编制了欧洲松林间伐标准表^[5]。这次编制间伐表主要根据不同指数级,按林分自然生长规律编制而成,具体方法如下。

1.1 初植密度与保留密度的确定标准

1.1.1 初植密度 设计初植密度的第一个原则是立地条件好的稀些,反之密些,也就是随着指数级的下降而逐渐加密;第二个原则是进行第一次间伐时,其林分平均胸径基本达到6 cm,以确保间伐掉的株数大部分可做小用材。以公顷为单位,设计方案如表1。

1.1.2 保留密度 原则上以各带、区各指数级生长过程表,通过自然稀疏后达20 a时的株数

1994-04-24 收稿。

刘景芳副研究员,童书振 中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091)。

* 该项研究属国家“七五”科技攻关“杉木人工林集约栽培技术”专题内容之一。

1) 刘景芳,童书振. 杉木人工林间伐表的编制与问题讨论. 1982. 1, 19~28.

为标准(见表1)。需要说明的是22及20指数级的林分,计划培养大径材时,20 a后可进行1~2次生长伐,其保留密度应另行考虑,不在此限。

表1 各带、区各指数级初植密度和保留密度

(单位:株/hm²)

项目	指数级	南 带		中 带						北 带							
				东 区		中 区		西 区									
初植密度	22	2 500	3 000	2 500	3 000	3 600	2 500	3 000	3 600	2 500	3 000	3 600					
	20	2 500	3 000	3 600	2 500	3 000	3 600	4 500	2 500	3 000	3 600	4 500					
	18	2 500	3 000	3 600	3 000	3 600	4 500	2 500	3 000	3 600	3 000	3 600	4 500				
	16	3 000	3 600	4 500	3 000	3 600	4 500	6 000	3 000	3 600	4 500	3 600	4 500	6 000			
	14	3 000	3 600	4 500	3 600	4 500	6 000	3 000	3 600	4 500	3 600	4 500	6 000	3 000	3 600	4 500	6 000
	12	3 600	4 500	5 000	3 600	4 500	6 000	3 600	4 500	6 000	4 500	6 000	7 500	3 600	4 500	6 000	
	10	3 600	4 500	5 000	4 500	6 000	3 600	4 500	6 000	4 500	6 000	7 500	4 500	6 000			
	8	4 500	5 000	6 000	4 500	6 000	4 500	6 000	6 000	7 500	4 500	6 000	7 500	4 500	6 000	7 500	
保留密度	22	1 764		2 062			1 922			2 150							
	20	1 894		2 201			2 056			2 359							
	18	2 041		2 356			2 209			2 600							
	16	2 210		2 528			2 384			2 892	1 661						
	14	2 403		2 728			2 589			3 236	1 939						
	12	2 625		2 947			2 831			3 665	2 302						
	10	2 878		3 193			3 120			4 149	2 799						
	8	3 160		3 454			3 463			4 755	3 505						

1.2 间伐开始期、终止期及间隔期的确定

1.2.1 间伐开始期 根据所设计的初植密度,对照相应的生长过程表的株数,通过自然稀疏,其株数少于初植密度时的前一年,作为间伐开始期。例如中带东区22指数级设计的初植密度为3 000株,查22指数级生长过程表10 a时的株数为3 069株,尚大于设计密度,经计算11 a时的株数为2 857株,此时已小于设计密度,故将间伐开始期定为10 a,余类推。

1.2.2 间伐终止期 是以林分材积平均生长量达到高峰时作为间伐终止期的标准。因此时的生长量明显下降,故终止期需在速生期结束前进行,否则将影响间伐效果。林分材积平均生长量达高峰时,一般为16~20 a,故确定间伐终止期为15 a左右,最晚不超过18 a,如果20及22指数级的林分培养大径材时,其终止期可定为20 a。

1.2.3 间伐间隔期 间隔期的长短,必须依据间伐强度的大小和林分生长速度恢复的快慢而定,间伐强度大或林分生长恢复慢者,其间隔期宜长,否则宜短,同时还要考虑经济效益和生态效益。杉木是速生树种,生长较快,如间伐量适度,间伐后一般3~5 a,林分即可恢复到间伐前的郁闭度,故间隔期确定为3~5 a。

1.3 间伐前后平均高和平均胸径的计算

杉木间伐表的编制是以下层抚育法为原则,间伐前的平均高和平均胸径,可按间伐年龄由生长过程表中查出,而间伐后的平均高和平均胸径,均比间伐前有不同程度的提高,其提高量与间伐强度密切相关。为解决这个问题,共收集53块间伐试验标准地材料(其中中国林科院江西大岗山山下林场44块,江西省新奉县下林场9块)计算结果,平均高和平均胸径间伐前后的比值(K)与间伐强度间(按株数计算)呈直线关系,求算方法如下。

1.3.1 求算平均高和平均胸径间伐前后的比值(K) 将各块标准地间伐前的平均高和平均胸径,分别除以间伐后的平均高和平均胸径,得到比值

$$K_H = H_{后} / H_{前}$$

$$K_D = D_{后} / D_{前}$$

1.3.2 划分间伐强度级,计算平均强度 \bar{P} 、平均高和平均胸径的 K 值 将所有标地材料,按间伐强度以10%分级(每一级的范围亦为10%),再计算每一级的间伐次数、平均间伐强度、平均高和平均胸径的平均 K 值(见表2)。

间伐强度范围 (%)	次数	平均间伐强度 (%)	平均 K 值	
			树高	胸径
6~15.9	5	14.2	1.026	1.041
16~25.9	12	20.6	1.042	1.064
26~35.9	11	29.4	1.043	1.083
36~45.9	15	40.8	1.064	1.113
46~55.9	7	51.2	1.057	1.133
56~65.9	3	61.1	1.095	1.180

1.3.3 求算间伐强度的平均高及平均胸径

K 值的相关经验式 根据表2,以平均间伐强度(\bar{P})为自变量,以平均高和平均胸径的 K 值为因变量,选用 $K = a + bP$ 模型,求得回归经验式为:

$$K_H = 1.01167 + 0.00124\bar{P} \quad r = 0.966$$

$$K_D = 1.00524 + 0.00268\bar{P} \quad r = 0.995$$

1.3.4 求间伐后的平均高和平均胸径 将不同间伐强度的 \bar{P} 值代入以上经验式,求出平均高和胸径的 K 值,然后用

$$\bar{H}_{后} = \bar{H}_{前} \times K_H \quad \text{和} \quad \bar{D}_{后} = \bar{D}_{前} \times K_D$$

求出间伐后的平均高和平均胸径。

1.4 间伐前后每公顷株数和蓄积量计算

1.4.1 每公顷株数 间伐年龄由生长过程表中查出,但第一次间伐时,其间伐前的株数为初植密度设计株数。例如编制中带东区16指数级间伐表时,初植密度设计为每公顷3600株,11a开始第一次间伐,其间伐前的株数就是3600株,间隔期4a,即第二次间伐时为15a,此时生长过程表的株数为2965株,以此为第一次间伐后的株数及第二次间伐前的株数。第二次间伐后的株数(即保留密度),可由20a时生长过程表查出为2528株,其它依此类推。

1.4.2 每公顷蓄积量 根据间伐前后的平均高和平均胸径,用部颁杉木二元立木材积表,先计算出平均单株材积,再乘以间伐前后的株数 N 则为间伐前后每公顷蓄积量 M 。

$$M = [0.000058777042D^{1.9699831} \times H^{0.89646157}] \times N$$

1.5 每公顷间伐量及间伐强度计算

1.5.1 每公顷间伐量 株数和蓄积间伐量,为间伐前后两者之差,即

$$N = N_1 - N_2 \quad \text{和} \quad M = M_1 - M_2$$

其中 N 为株数间伐量, N_1 为间伐前的株数, N_2 为间伐后的株数, M 为蓄积间伐量, M_1 为间伐前的蓄积量, M_2 为间伐后的蓄积量。

1.5.2 间伐强度 P 的计算

$$P_N = (N_1 - N_2) / N_1 \times 100\%; \quad P_M = (M_1 - M_2) / M_1 \times 100\%$$

1.6 间伐表的编制

以中带东区16指数级为例,按上法编成的间伐表如表3。

这里需要说明的是,所编各带、区间伐表,20a内的数据可靠,20a后的数据供参考。间伐强度,各地可根据林分实际情况和培育目标灵活掌握。

表 3 中带东区 16 指数级每公顷间伐表

造林密度 (株)	间伐 次第	年龄 (a)	间隔 期(a)	上层 高(m)	平均高(m)		平均胸径(cm)		株数		蓄积(m ³)		间伐量		间伐强度(%)		平均生长量(m ³)				
					伐前	伐后	伐前	伐后	伐前	伐后	伐前	伐后	株数	材积 (m ³)	株数	材积	伐前	伐后			
3 000	1	14			12.6	10.61	10.94	13.07	13.69	3 000	2 528	231.7	219.8	472	11.9	15.7	5.1	16.6	15.7		
					15.9	13.48		16.05		2 528	362.6									18.1	
					17.7	15.07		17.66		2 528	483.8										19.4
					19.0	16.23		18.82		2 528	586.1										19.5
					20.8	17.81		20.38		2 528	475.2										18.6
3 600	1	11			10.2	8.54	8.83	10.85	11.42	3 600	2 965	158.6	148.9	635	9.7	17.6	6.1	14.4	13.5		
					13.2	11.19	11.52	13.86	14.29	2 965	2 528	262.7	250.6	437	12.1	14.7	4.6	17.5	16.7		
					15.9	13.48		16.05		2 528	362.6									18.1	
4 500	1	9			8.3	6.82	7.09	8.95	9.55	4 500	3 471	110.9	100.6	1 020	10.3	22.9	9.3	12.3	11.2		
					11.1	9.29	9.57	11.67	12.19	3 471	2 965	190.3	182.0	506	8.3	14.6	4.4	15.9	15.2		
					13.2	11.19	11.52	13.68	14.29	2 965	2 528	262.7	250.6	437	12.1	14.7	4.6	17.5	16.7		
					15.9	13.48		16.05		2 528	362.6									18.1	
					17.7	15.07		17.66		2 528	483.8										19.4
6 000	1	7			6.0	4.79	5.04	6.60	7.20	6 000	4 071	59.1	49.8	1 929	9.3	32.2	15.7	8.4	7.1		
					9.3	7.72	8.07	9.95	10.73	4 071	2 965	138.1	121.5	1 106	16.6	27.2	12.0	13.8	12.2		
					13.2	11.19	11.52	13.68	14.29	2 965	2 528	262.7	250.6	437	12.1	14.7	4.6	17.5	16.7		
	2	10	3		15.9	13.48		16.05		2 528	362.6							18.1			
					17.7	15.07		17.66		2 528	483.8									19.4	

2 各带、区杉木林间伐表与用林分密度管理图编制的间伐表差异检验

2.1 每公顷蓄积量差异检验

检验方法是根据各带、区各指数级生长过程表中每公顷蓄积量与在密管图上查的蓄积量相比较。前者是以平均胸径和平均高按部颁杉木二元立木表,一表经验式计算的;后者是以上层高及平均胸径分别建立经验式计算每公顷蓄积量。因此,需将两者计算蓄积量的因子统一起来才能检验比较,具体方法如下:

(1) 将各带、区各指数级的生长过程表或间伐表中各年龄平均高 \bar{H} , 利用 $H_{上} = 1.14\bar{H} + 0.49$ 经验式改算成上层高 ($H_{上}$)。

(2) 根据生长过程表或间伐表,各年龄平均高改算的上层高和平均胸径与每公顷株数,分别代入密管图的下列经验式(查图亦可),分别求出每公顷蓄积量后,将两者相加平均之,作为密管图相应年龄的蓄积量。

① 利用上层高计算蓄积量 M

$$M = 0.0001063H_{上}^{3.55154} \times N^{1.29751H_{上}^{-0.26750}}$$

② 利用平均胸径计算蓄积量 M

$$M = 0.000088253\bar{D}^{2.24909} \times N^{0.88885\bar{D}^{0.09503}}$$

③ 根据生长过程表和密管图分别计算的蓄积量,两者之差求出系统误差、剩余标准差和可靠性 95% 时的误差,结果如表 4。由表 4 得知各带、区生长过程表的蓄积量均比密管图的蓄积量大,其中以中带东区差异较大,其系统误差为 8.4%,标准差为 $\pm 10\%$,但仍在允许误差范围之内。分析产生误差的原因:两者选用的计算公式不同;两者选用的标地资料不同;密管图是全国性的,生长过程表是区域性的,一般说后者精度高于前者。

表 4 生长过程表蓄积量与密管图蓄积量差异检验

带(区)	次数	密管图平均蓄积量(m^3/hm^2)	系统误差		标准差		可靠性 95% 时的误差(%)	精度 (%)	
			(m^3)	(%)	(m^3)	(%)		生长过程表	密管图
南 带	98	207.5	16.4	5.3	21.9	7.2	2.12	100	97.9
中 带	东区	330.8	40.1	8.4	52.5	10.0	2.67	100	97.3
	中区	244.9	22.7	6.4	27.9	7.9	1.90	100	98.1
	西区	248.3	24.3	7.0	30.9	8.6	2.52	100	97.5
北 带	82	194.2	17.4	6.6	22.2	8.0	2.51	100	97.5

2.2 间伐开始期差异检验

检验方法是各带、区间伐表中各指数级的初植密度,与上层高的交点,点绘在密管图上,同时在确定密管图间伐管理线时,所用的 84 株平均木树干解析材料,根据材积连年生长量达高峰时的树高,改算成上层高,再与所属标地的株数相交点,亦点绘在密管图上,此相交点也是不同密度第一次间伐的有利时期,视两者的交点分布情况,比较其差异,见表 5。

表 5 间伐表与密管图间伐开始期差异

密管线	间伐表上初次间伐		密管图上初次间伐	
	点数	占百分数(%)	点数	占百分数(%)
0.6 以上	1	0.9	3	3.6
0.6 ~ 0.4	77	70.0	60	71.4
0.4 以下	32	29.1	21	25.0
合 计	110	100	84	100

由表 5 得知,采用间伐表所计算的初次间伐点数与树干解析材料计算的初次间伐点数,在密管图上分布很相似,分布在密管线 0.6 ~ 0.4 之间的点数,前者为 77 个占总点数的 70%;后者为 60 个占总点数的 71.4%,只是在密管线 0.6 以上和 0.4 以下两者百分数差异较大,但亦未超过 5%。

根据以上检验结果,无论是蓄积量还是间伐开始期,其差异均在允许误差范围内,说明生长过程表与密管图所编制的间伐表是可以通用的,不过前者比后者精度更高些,各生产单位可根据本地区具体情况选用。

3 结 论

(1) 利用杉木林分生长过程表,编制间伐表,其主要规律是:如指数级相同,间伐开始期则随初植密度的增加而提早;如初植密度相同,间伐开始期则随指数级的增加而提早。间伐终止期与初植密度和指数级无关,主要以林分年平均生长量达高峰时的年龄为准。据此,本表确定的终止期为 15 a 前后,最大不超过 18 a。保留密度是随指数级的增加而递减,与初植密度无关。

(2) 用杉木林分生长过程表编制间伐表的方法,其中关键问题是间伐后的林分平均高和平均胸径的计算。根据 53 块间伐试验标地材料,选择适当的模型进行回归的结果,明确了林分平均高和平均胸径间伐后的比值(K)与间伐强度(P)呈直线关系,从而解决了上述问题。

(3) 利用杉木林分生长过程表编制的间伐表,与利用杉木林分密度管理图编制的间伐表,通过检验两者可以通用,但前者精度较高。

参 考 文 献

- 1 刘景芳,董书振.编制杉木林分密度管理图研究报告.林业科学,1980,16(4):241~251.
- 2 南方 14 省(区)杉木栽培科研协作组.全国杉木(实生林)地位指数表的编制与应用.林业科学,1982,18(3):266~278.

- 3 刘景芳, 童书振. 杉木人工林生长过程表编制的研究. 林业科学研究, 1995, 8(2): 164 ~ 169.
- 4 安藤贵. 同龄单纯林の密度管理に於ける生态学的研究. 林业试验场研究报告, 1968, (210): 128 ~ 139.
- 5 中国农林科学院科技情报研究所. 国外林业科技资料(营林二). 1976, (3): 2 ~ 14.

Establishment of Tending Thinning Table for the National Chinese Fir Plantations

Liu Jingfang Tong Shuzhen

Abstract Based on the stand growth tables of the national Chinese fir plantations, the tending thinning tables for different site index of Chinese fir in various belts and areas in China were established. Make use of the data of 53 sample plots of Chinese fir tending thinning experiment and take $y = a + bx$ as the mathematical model, the regression equation for the average tree height and average breast diameter after thinning was found out. Besides, make use of the tending thinning table established by the stand density control diagram of Chinese fir plantation, a precision comparison was conducted.

Key words Chinese fir plantation, tending thinning table, stand growth table

Liu Jingfang, Associate Professor, Tong Shuzhen(The Research Institute of Forestry, CAF Beijing 100091).

《中国乔灌木病害》一书即将出版

期望已久的由约 80 位全国林病专业的专家、教授集体执笔的《中国乔灌木病害》即将于 1996 年出版。本书涉及林木病害约 1000 种, 附有彩色照片 400 多幅, 另附黑白插图 150 多幅, 全书约 40 万字。是迄今为止, 林病书籍中内容最丰富、最具权威性、质量最佳的专著, 它集中了许多林病工作者毕生精力所研究的成果, 此书将由科学出版社出版。具体订购事宜, 再行通告。

(袁嗣令)