林业科学研究 2010, 23(1):6～12
Forest Research

文章编号: 1001-1498(2010)01-0006-07

杉木密度间伐试验林林分断面积生长效应

孙洪刚[1], 张建国[2*], 段爱国[2], 何彩云[2], 童书振[2]

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

摘要: 通过对 26 年生杉木密度试验林进行多次间伐后的结果进行比较研究, 结果表明: (1) 只要人工林立地条件相同, 经过足够长的时间, 林分断面积最终趋于一致, 与是否间伐无关; (2) 随间伐次数增加, 获得的木材径阶也逐渐增大, 未被间伐的保留木则多为大径材; (3) 对于立地指数大于 16 的杉木宜林地, 宜采用高密度造林、多次间伐的经营模式, 以生产不同规格用材满足木材市场需求, 还可提高林分累积断面积的生长量; 对于立地指数小于 14 的杉木宜林地, 应该采用稀植造林, 以生产小、中径材为主; (4) 应在立地条件好、低密度造林条件下培育大径材林木; (5) 在立地指数小于 14 的杉木宜林地, 间伐在促进林分断面积生长方面的贡献并不明显, 对林分断面积生长起主要作用的因素是立地质量。

关键词: 杉木; 间伐; 林分断面积
中图分类号: S758.5 **文献标识码**: A

Long-term Effects of Thinning on Stand Basal Area Increment of *Cunninghamia lanceolata*

SUN Hong-gang[1], *ZHANG Jian-guo*[2], *DUAN Ai-guo*[2], *HE Cai-yun*[2], *TONG Shu-zhen*[2]

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China;
2. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Discussed the thinned cumulative stand basal area dynamics after every thinning happened during the past 26 years. The results indicate that (1) As long as site index with the different plots is the same, the cumulative basal area will finally converge to one; (2) The diameter classes increases with thinning processes and the residual individual trees have larger diameter class in common; (3) The plantation with 16 site index should be planted high density and thinned with high frequency so that the different size logs can be obtained and the cumulative stand basal area growth can be promoted. As for 14 site index, we should plant spare plantation so that the small- and medium-sized logs can be produced through spare stand density; (4) The thinning have little effect on the cumulative stand basal area growth with 14 site index; (5) It is possible to obtain the larger diameter classes log which plants high site quality and low stand initial density.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; thinning; stand basal area

杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 是我国亚热带温暖湿润地区特有的优良速生针叶用材林树种[1]。目前, 杉木人工林面积占全国造林面积的 28.54%[2], 木材产量约占全国商品材 20%[3], 但由于栽植密度和保留密度均偏高, 影响了中、大径材的培育[4], 而间伐则是定向培育不同规格用材的重要手段。因此, 结合林分生长规律, 通过间伐控制最佳密度是保持杉木人工林持续高产及

收稿日期: 2008-12-18
基金项目: 国家"十一五"科技支撑课题"杉木和马尾松大径材速生丰产林培育关键技术研究与示范"(2006BAD24B03)
作者简介: 孙洪刚(1976—), 男, 吉林通化人, 助理研究员, 博士, 主要从事森林培育和森林气象研究.
* 通讯作者

提供多规格用材的有效手段之一。

立木密度具有直观、简单易行的优点而被广泛作为间伐强度指标。Pienaar 等[5] 将间伐后的林分保留密度与临近的下一个较稀植的初植密度林分进行比较, 发现林龄、立地指数和林木株数相同的林分, 林分断面积相同, 与是否间伐无关。Medhurst 等[6] 讨论了不同间伐强度对保留木断面积的影响, 结果表明: 对于早期间伐, 保留木断面积与间伐强度成负相关, 间伐强度越大, 伐后剩余林分断面积越小, 但相应的断面积生长量距离间伐时间越长, 其增量越大; 对于晚期间伐, 间伐强度越大, 林分断面积生长量越小。Zhang 等[7] 对红果冷杉(*Abies magnifica* A. Murr.) 采用定期株数间伐, 得到以下结论: 同未间伐对照林分相比, 间伐强度越大, 间伐后的剩余林分断面积越小; 年平均断面积生长量与间伐强度成正相关, 但随林龄增大, 断面积生长量逐渐减小。

上述研究对不同间伐强度与林分断面积生长规律进行了深入探讨, 但对于连续多次间伐后林分断面积分布规律以及不同立地条件下, 间伐与不同规格用材生产的关系等方面缺乏探讨。另外, 立木密度作为间伐指标没有考虑林木个体的大小及其空间格局对林分断面积生长的影响[8], 并可导致单木材积、蓄积及林分疏密度的较大变异[9]。因此, 为了提高立木密度作为间伐指标的精确性, 必须将其与表示单木大小的指标相结合。刘景芳等[10] 将林木株数与树高相结合, 编制了杉木实生林的密度管理图, 该密度管理图在首次间伐时树高、间伐强度、单产预估、材种规格及根据需求调节采伐量等方面可以提供可靠信息。童书振等[11] 按照密度管理线 0.5 对杉木人工林进行了动态下层间伐试验, 对 18 年生密度间伐试验林分间伐前后优势高、平均木高、立木蓄积等指标与立地条件和初植密度的关系进行了系统总结。断面积生长规律是林分生长和收获预估体系中的核心因子和基础[14], 而目前有关杉木断面积密度间伐试验的研究结果尚未见报道[12-13]。鉴于此, 本文以 26 年生杉木密度间伐试验林为主要试材, 对杉木不同立地和初始密度的林分在间伐前后林分断面积变化规律及间伐与不同规格用材生产的关系进行探讨, 以期为杉木人工林持续高产及多规格用材生产提供可靠的理论基础和实践依据。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验区位于江西省分宜县大岗山林区。大岗山区属罗霄山脉北端的武功山支脉, 地理位置 114°30′～114°45′E, 27°30′～27°50′N, 海拔 250 m, 低山, 母岩为砂页岩。气候温暖湿润, 属亚热带季风湿润类型, 年平均温度为 15.8′～17.7 ℃; 7 月平均最高温度为 28.8 ℃, 日最高温度 39.9 ℃; 1 月平均最低温度为 -5.3 ℃, 日最低温度 -8.3 ℃。全年日照平均时数为 1 657 h, 最高为 2 047 h, 最低为 1 378 h, 日照百分率约 37%。太阳总辐射年平均为 486.6 kJ · cm^{-2}。年平均降水量为 1 591 mm, 最多为 2 227.6 mm, 最少为 1 069.8 mm。年平均蒸发量为 1 503 mm, 最多为 1 770.8 mm, 最少为 1 274 mm。年平均无霜期为 265 d。本区属地带性低山丘陵红壤、黄壤类型及其亚类的分布区。

1.2　试验设计

本研究样地为国家“七 · 五”攻关时期设置于江西省分宜县大岗山年珠林场和青石湾林区的密度试验林及密度间伐试验林。年珠林场样地为造林密度试验林, 于 1981 年春天采用 1 年生杉木苗营造试验林, 由 2 m×3 m(A)、2 m×1.5 m(B)、2 m×1 m(C)、1 m×1.5 m(D)、1 m×1 m(E) 5 种密度组成 1 个区组, 重复 3 次, 共 15 个小区, 分别记为(a_1、a_2、a_3, …, e_1、e_2、e_3)。每个小区面积均为 600 m^2。采用随机区组排列, 并在每个小区周围各栽植 2 行同样密度的保护带。对每株林木进行挂牌观测。10 年生前逐年调查, 10 年生后隔年调查。2～5 年生时, 测定每木树高、冠幅及树高达 1.3 m 以上的胸径。6 年生开始, 在每个小区的上、中、下各选 2 株优势木, 用以求算立地指数。青石湾林区样地为密度间伐试验林, 于 1982 年春天造林, 青石湾林区样地的造林密度和设计方法与造林密度试验基本相同, 只是在林木生长过程中, 按照刘景芳、童书振编制的“杉木林分密度管理图”的密度管理线 0.5 为标准进行动态下层间伐, 间伐后的保留密度要与临近的下一个较稀植的初植密度基本相同[15]。例如, 初植密度 10 000 株 · hm^{-2}的 E 密度小区间伐后, 保留 6 667 株 · hm^{-2}, 与原初植密度 6 667 株 · hm^{-2}的 D 密度小区进行比较。本区试验林除 A 密度小区外, 其它密度小区已进行 1～4 次间伐。

2　结果与分析

2.1　间伐对林分断面积的影响

根据试验设计, 只要达到密度管理线 0.5 就可

以进行下层间伐。截至目前,已经进行过间伐的杉木林试验小区共有 7 个,分别为 C_1、C_2、C_3、D_2、D_3、E_2、E_3(表 1)。由图 1 可知:尽管不同密度、立地,不同小区间伐前的林分断面积生长量均比其间伐后的高。间伐前,不同小区杉木断面积生长有随林分密度增大分化加剧的趋势,即在林分生长初期,初始林分密度大的林分断面积大,这一点与密度试验林断面积生长规律相同;经过数次间伐后,C_2、C_3、D_2、D_3、E_3 5 个小区的密度均为 1 667 株·hm^{-2},由于具有相同的立地(立地指数均为 16),因此它们在间伐后的一段时间,林分断面积生长趋势趋于一致;C_1、E_2 2 个小区间伐后的密度分别为 1 667、3 333 株·hm^{-2},2 个小区具有相同立地(立地指数均为 14),二者间伐后林分断面积生长趋势比较接近,但断面积生长量比立地指数高的小区小。这说明在相同立地条件下,只要经过足够长的时间,林分断面积趋同,与间伐次数无关。立地条件越好,林分断面积越大。

表 1 不同间伐年份保留密度相近小区的株数

立地指数	小区	间伐年份	伐后株数/(株·hm^{-2})	临近密度小区	
				小区	株数/(株·hm^{-2})
16	E_3	1988	6 057	D_2, D_3	5 697
		1990	4 528	C_2, C_3	4 243
		1991	2 999	B_3	2 834
		1994	1 499	A_2, A_3	1 409
16	D_3	1989	5 502	C_2, C_3	4 303
		1991	4 468	B_3	2 834
		1994	1 499	A_2, A_3	1 409
16	D_2	1989	5 502	C_2, C_3	4 303
		1991	4 468	B_3	2 834
		1994	2 999	A_2, A_3	1 409
16	C_3	1991	2 999	B_3	2 834
		1994	1 499	A_2, A_3	1 409
16	C_2	1991	2 999	B_3	2 834
		1994	1 499	A_2, A_3	1 409
14	E_2	1988	5 997		
		1991	4 453	C_1	4 033
14	C_1	1992	2 999	B_1, B_2	2 849
		1996	1 499	A_1	1 583

2.2 同一小区间伐前后断面积分布规律

由图 2 可以看出:间伐后各个小区在低径阶上的断面积分布比重明显减小。间伐前,不同小区的断面积随径阶增大以右偏居多;在对不同小区进行首次间伐后,不同径阶的断面积随径阶增大出现左偏趋势,但随着间伐次数的增加,断面积随径阶左偏

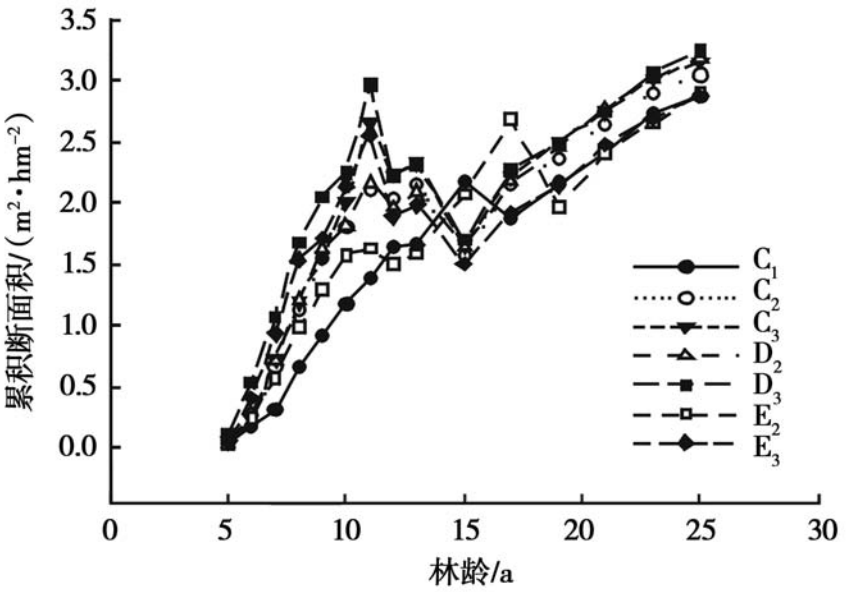

图 1 间伐后林分断面积随年龄的变化趋势

的趋势逐渐减弱,并有趋于正态分布的趋势。经过最后 1 次间伐后,多数小区则又呈现左偏趋势。断面积随径阶呈“右偏 - 左偏 - 正态 - 左偏”分布的局面主要在于间伐的方式。由于间伐主要是伐除小径阶的单木及病腐木,而林分在生长初期主要是小径阶木,断面积分布必然以右偏居多;当进行间伐后,对于那些间伐强度大,生长速率快的小区(如 D_3、E_3),断面积分布逐渐呈正态分布,此时中等径阶的林木占绝大多数;在此基础上,如再进行间伐,则剩余林木必然为中、大径阶的林木,所对应的断面积分布必然再次呈现左偏。间伐次数越多的小区,上述断面积变化规律越明显;对于间伐次数少的小区(如 C_1),则缺少中间过渡分布。

通过对间伐后林分断面积分布进行分析可知:初次间伐所得的木材以小径材为主;随着林龄增加,林分径级整体上升,即随间伐次数增多,间伐强度增大,通过间伐获得的木材径级必然增大,由小径材向中等径材过渡,而未被间伐的保留木则为大径材。

2.3 间伐与未间伐同密度试验林林分断面积比较

根据试验设计,可以比较同立地条件下不同时期间伐后的保留密度小区与临近密度的小区的林分断面积分布规律的异同(各小区间伐具体情况见表 1)。

由图 3 可以看出:间伐后的林分断面积分布均呈左偏或者正态分布;同密度未间伐试验林林分断面积则呈右偏分布。这一趋势在高密度小区表现尤为明显(如 D_3、E_3)。

对于立地条件差的小区(C_1、E_2),间伐后的小区断面积按径阶划分的断面积比重与同密度未间伐林分断面积相比,小断面积的林木所占比例大。这是由于尽管间伐伐除的林木以小径材为主,但由于

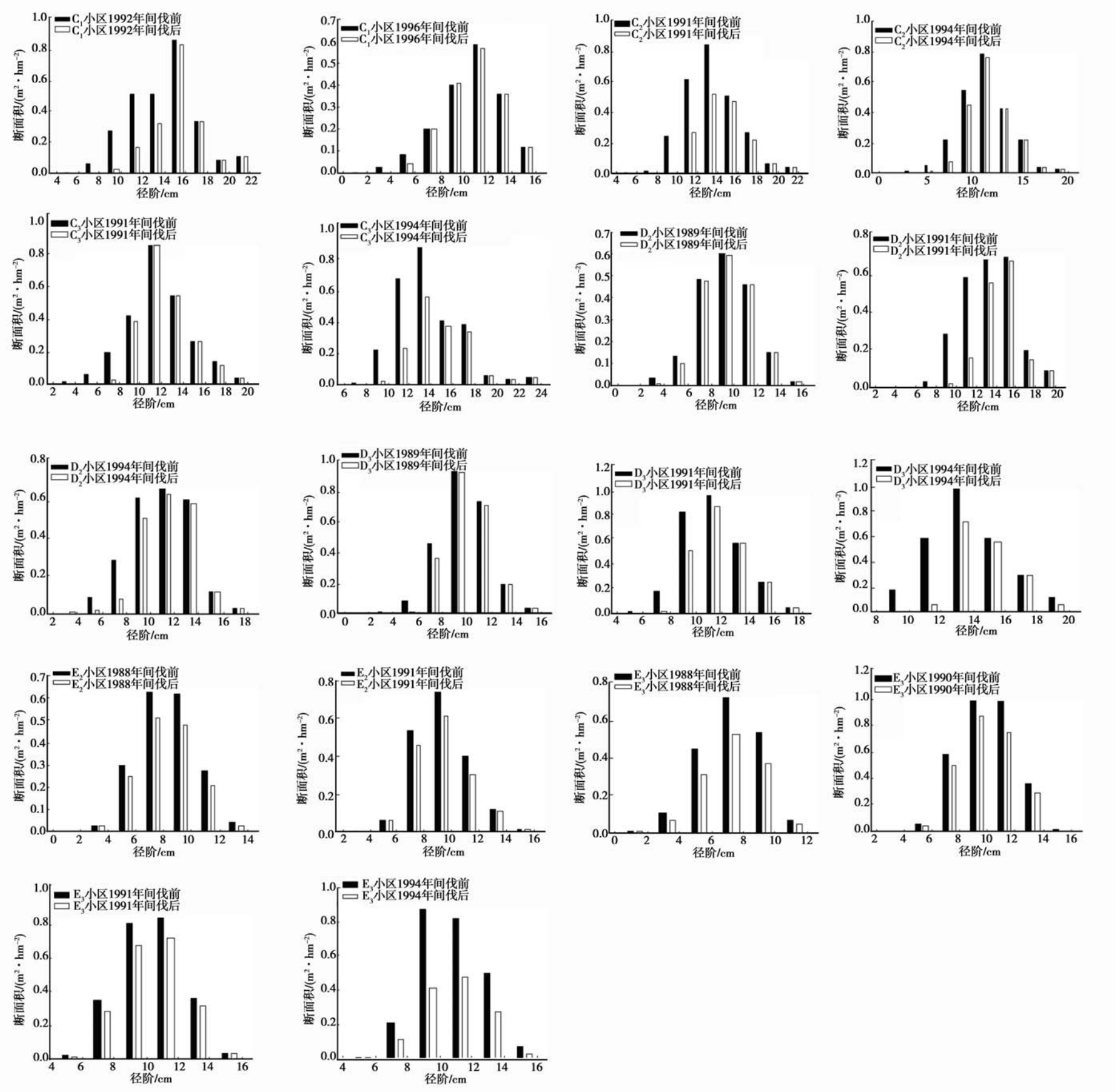

图 2　不同小区不同年份间伐前后林分断面积分布

高密度条件下,林分内单株生长所需营养空间远比未间伐的低密度林分内单木营养空间小,林分内小径材比例间伐后仍然较大造成的。因此,可在立地差的林地上,通过栽植低密度人工林,多次间伐获得小径材,但经营时间可能会很长。

对于立地条件好的小区,间伐后与同密度未间伐小区林分断面积之间的关系也表现出一定的规律性。经过间伐的 C_2、C_3 小区的林分平均断面积分别小于相应的同密度未间伐的 B_3 小区和 A_2、A_3 小区,大于林分平均断面积的分布规律也是如此。D_2、D_3 小区在首次间伐后,林分断面积分布与相应的同密度未间伐的 B_3 小区和 C_2、C_3 小区趋于一致,均呈正态分布;但在第 2、3 次间伐后,林分断面积分布呈现明显分化。具体表现在,1991 年间伐后,尽管二者的林分断面积分布依然接近正态分布,但 D_2、D_3 小区断面积均值小于 B_3 小区和 C_2、C_3 小区的均值;1994 年间伐后,D_2、D_3 小区断面积分布显著右偏,而临近密度的 B_3 小区和 A_2、A_3 小区则呈显著左偏,此时临近密度小区的大径材比例远远高于间伐小区。这说明即使立地条件好的林分,通过间伐可生产不同规格用材,间伐后林地保留木的径级尺度也远小于临近密度未间伐人工林的径级尺度。

2.4　未间伐和间伐林分累积断面积分布规律比较

2.4.1　相同初始密度、立地的林分累积断面积分布规律比较　图 4 ～ 7 分别为年珠林场和青石湾林区的相同初始密度、立地小区,其中,初始密度 5 000

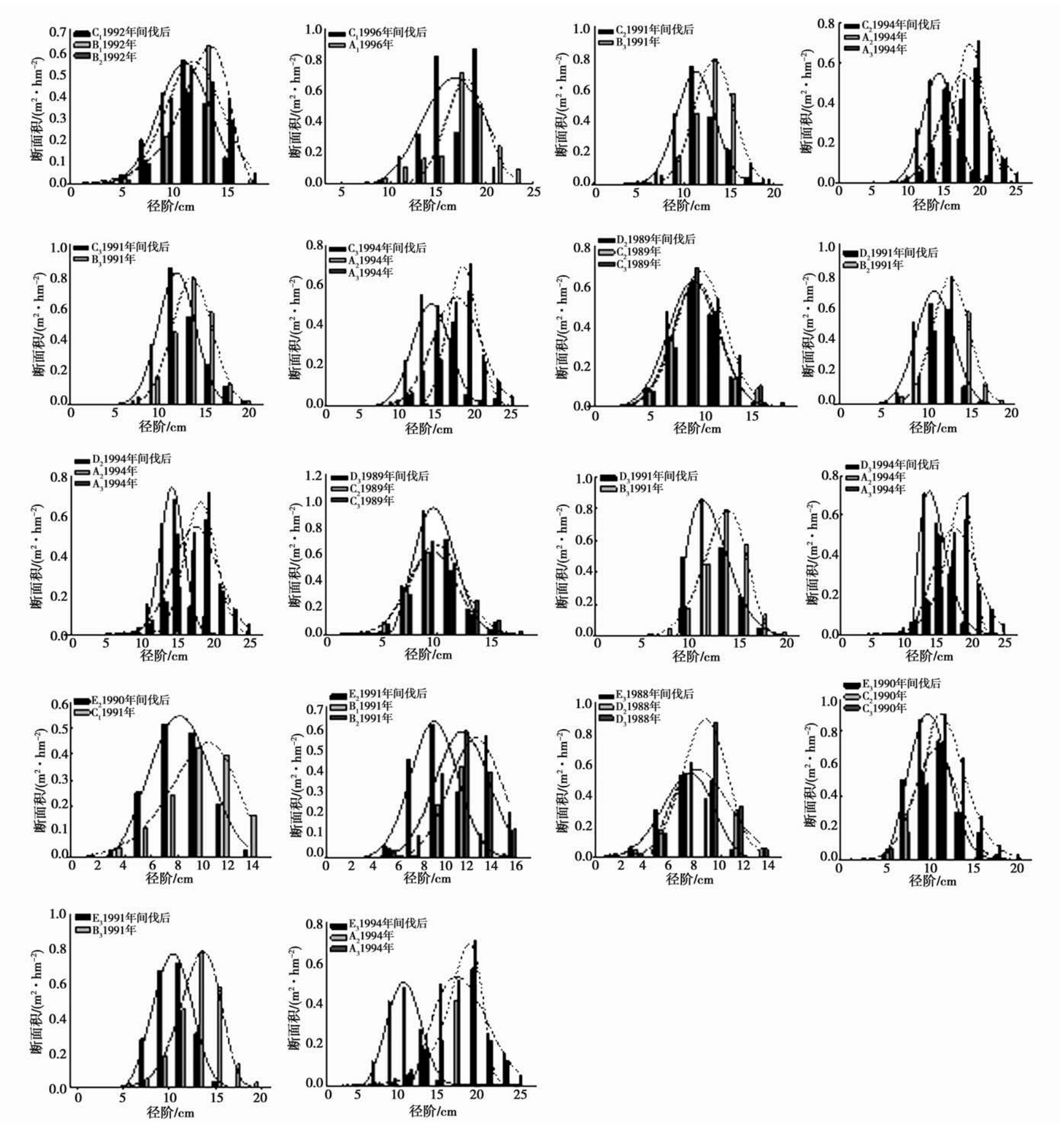

图 3 不同小区不同年份间伐后与邻近密度小区林分断面积分布比较

株 · hm^{-2} (C 密度林分) 的小区 3 块, 10 000 株 · hm^{-2} (E 密度林分) 小区 1 块。除 C_1 立地指数为 14 外, 其余小区立地指数均为 16。相同初始条件的小区, 同没有间伐的小区相比: (1) 间伐林分在郁闭后第 1 次间伐后的剩余断面积小于没有间伐的对照林分; (2) 同一时期林分累积断面积(当前林分断面积与被伐除的林分断面积总和) , 经过间伐的林分远大于没有间伐的对照林分; (3) 密度越大, 立地条件越好的小区, 经过不同时期间伐获得不同径材的可能性越大; (4) 随着间伐次数的增多, 单次伐除的断面积比重越大。因此, 为了获得尽可能多的林分累积断面积及不同规格材种, 应在立地条件好的宜林地栽植高密度人工林, 在林分郁闭后, 依据林分管理图进行间伐。

2.4.2 相同初始密度、不同立地林分累积断面积分布规律比较 对于同一密度的小区, 年珠林场各小区的立地指数均高于青石湾林区。由图 8 ～ 10 可以看出: 在林分初始密度相同的条件下, 立地指数大

的各小区(立地指数为 16) 其林分累积断面积均比立地指数小的小区(立地指数为 14) 大。这说明对于立地条件差的小区, 间伐在促进林分断面积生长方面的贡献并不明显, 对林分断面积生长起决定作用的因素是立地质量, 但对立地条件差的林分进行间伐, 可以获得不同规格的用材。

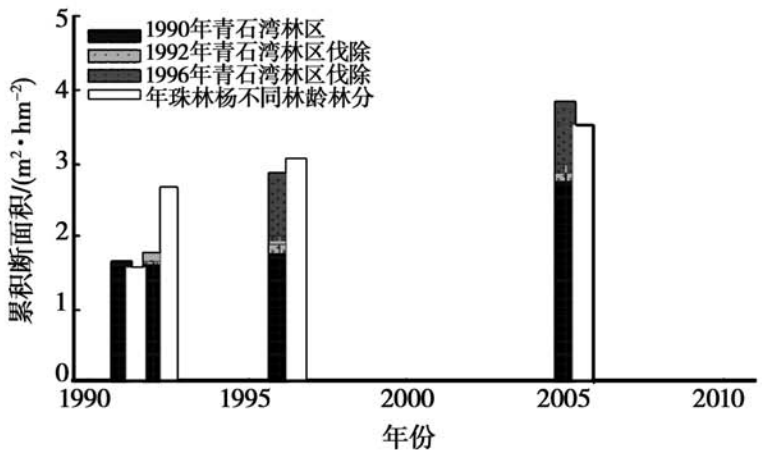

图 4　不同年份年珠林场(C_1) 和青石湾林区(C_1) 林分断面积的比较

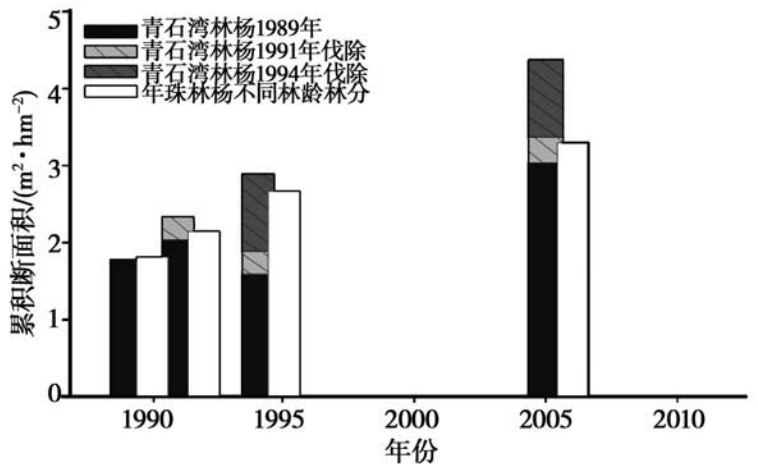

图 5　不同年份年珠林场(C_2) 和青石湾林区(C_2) 断面积的比较

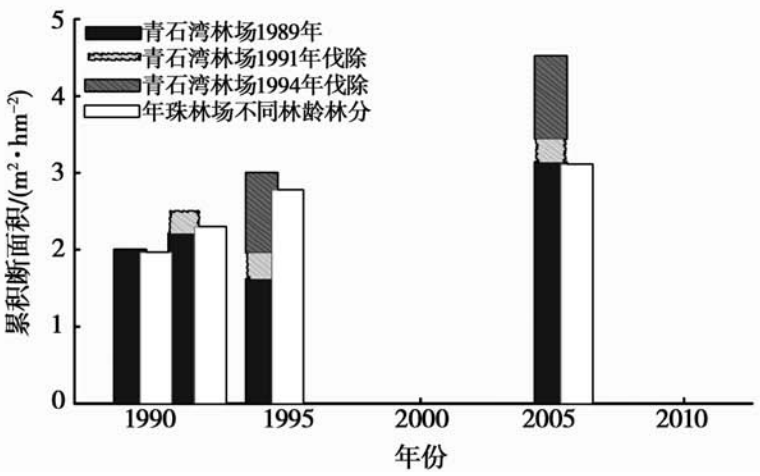

图 6　不同年份年珠林场(C_3) 和青石湾林区(C_3) 林分断面积的比较

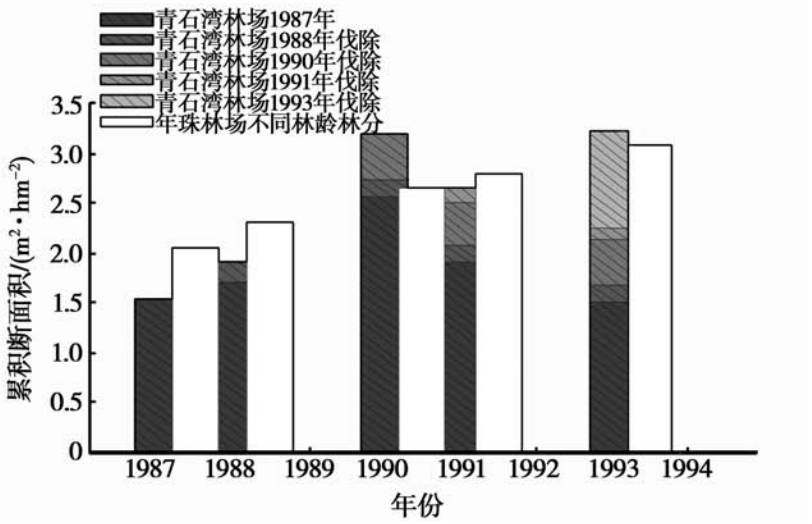

图 7　不同年份年珠林场(E_3) 和青石湾林区(E_3) 林分断面积的比较

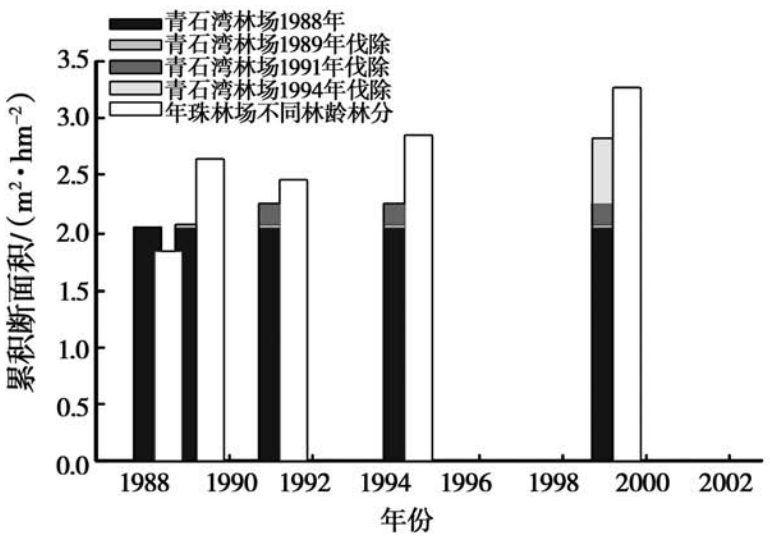

图 8　不同年份年珠林场(D_2) 和青石湾林区(D_2) 林分总断面积的变化

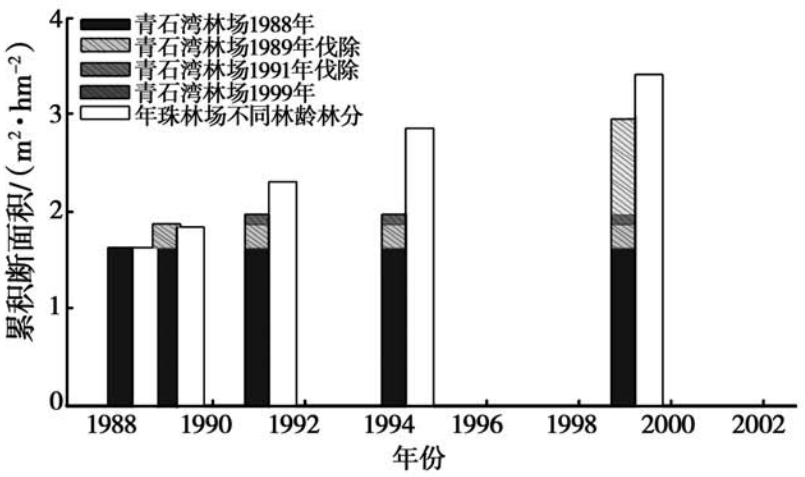

图 9　不同年份年珠林场(D_3) 和青石湾林区(D_3) 林分总断面积的变化

3　结论

初植密度、立地质量及间伐是影响林分断面积生长的 3 个重要因素。本文以 26 年生杉木密度间伐试验林为主要试材, 探讨了杉木不同立地和初始密度林分在间伐前后断面积变化规律及间伐与不同规格用材生产的关系, 得到 3 条主要结论: (1) 对于立地指数大于 16 的杉木宜林地, 即使初植密度不同, 但只要经过足够长的时间, 林分断面积最终趋于一致, 这为林业生产实践提供了理论依据, 即可栽植高密度人工林, 然后依据杉木密度管理图进行间伐, 可以满足木材市场对不同规格材种的需求, 也可以提高林木生产总量。(2) 杉木大径材培育应选择立地指数大于 16 的立地条件, 造低密度人工林; 对于立地指数小于 14 的杉木林地, 间伐对促进林分断面积生长方面的贡献不大, 不宜采用造高密度林进行

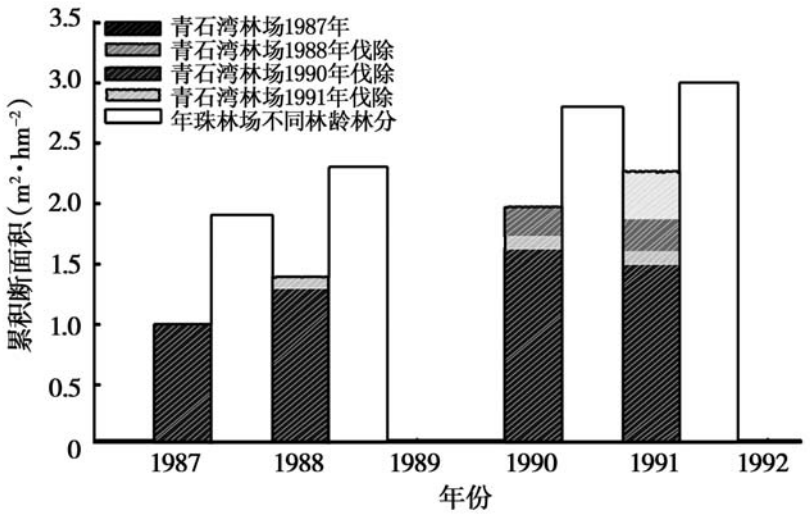

图 10 不同年份年珠林场(E_2)和青石湾林区(E_2)林分总断面积的变化

多次间伐的经营模式,以培育小、中径材为主。(3)采用间伐方式获得低密度林分来培育大径材的周期要大于相同保留密度未间伐的人工林,故若以经营大径材为主要目标,应妥善安排好初植密度与间伐制度的具体实施计划。

参考文献:

[1] 中国树木志编委会. 中国主要树种造林技术[M]. 北京: 农业出版社, 1976

[2] 雷加富. 中国森林资源[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005

[3] 邓衍栋. 杉木人工林降位间伐的综合经营效果分析[J]. 福建林业科技, 2007, 34(2): 53 - 56

[4] 盛炜彤, 惠刚盈, 张守攻, 等. 杉木人工林优化栽培模式[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2004

[5] Pienaar L V, Shiver B D. An analysis and models of basal area growth in 45-year-old unthinned and thinned slash pine plantation plots [J]. Forest Science, 1984, 30(4): 933 - 942

[6] Medhurst J L, Beadle C L, Neilsen W A. Early-age and later-age thinning affects growth, dominance, and intraspecific competition in *Eucalyptus nitens* plantations [J]. Canadian Journal of Forest Research, 2001, 31(2): 187 - 197

[7] Zhang J, Oliver W W, Powers R F. Long-term effects of thinning and fertilization on growth of red fir in northern California [J]. Canadian Journal of Forest Research, 2005, 35: 1285 - 1293

[8] 孟宪宇. 测树学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996

[9] 尹泰龙. 林分密度控制图[M]. 北京: 中国林业出版社, 1984

[10] 刘景芳, 童书振. 编制杉木林分密度管理图研究报告[J]. 林业科学, 1980, 16(4): 241 - 251

[11] 童书振, 张建国, 罗红艳, 等. 杉木林密度间伐试验[J]. 林业科学, 2000, 36(专刊): 96 - 89

[12] 孙洪刚, 张建国, 段爱国, 等. 5 种 Logistic 模型在模拟杉木人工林胸高断面积分布中的应用[J]. 林业科学研究, 2007, 20(5): 622 - 629

[13] 孙洪刚. 杉木人工林断面积生长规律及动态模拟[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2008

[14] 唐守正, 杜纪山. 利用树冠竞争因子确定同龄间伐林分的断面积生长过程[J]. 林业科学, 1999, 35(6): 35 - 41

[15] 张建国, 段爱国. 理论生长方程与直径结构模型的研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004