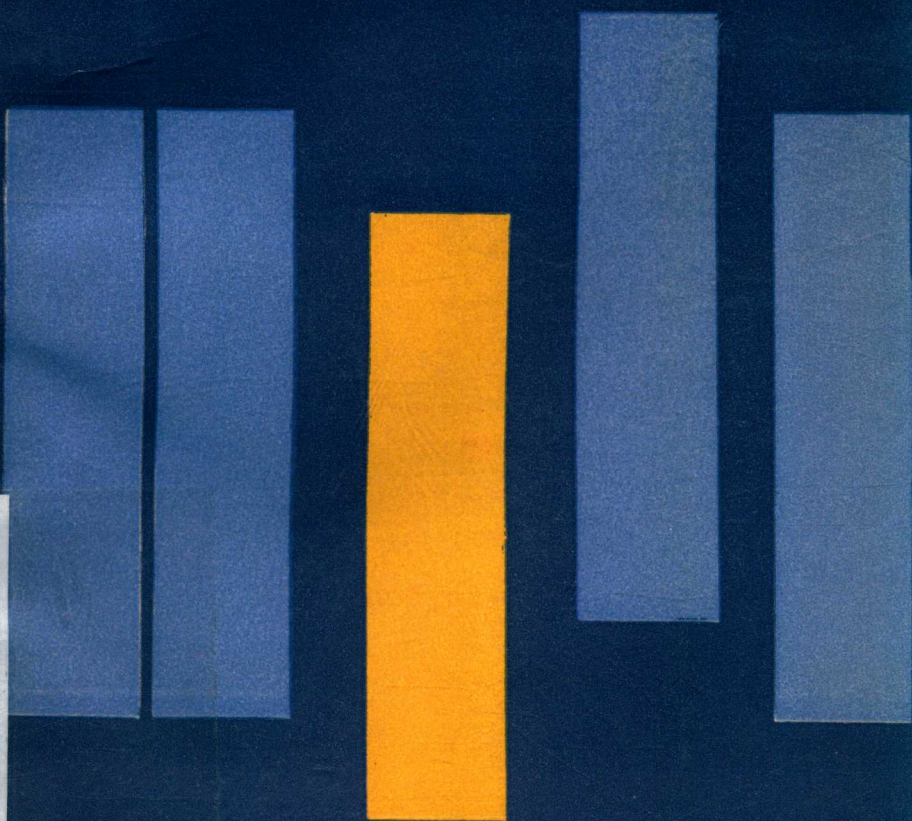


刘君然 著

中国林业出版社

林分自然稀疏理论及应用



林分自然稀疏理论及应用

刘君然 著



北林图

A01123872

中国林业出版社

1248974

(京)新登字 033 号

图书在版编目(CIP)数据

林分自然稀疏理论及应用/刘君然著.-北京:中国林业出版社, 1995.3

ISBN 7-5038-1447-0

I. 林… I. 刘… III. 林分-疏密度-数学模型
IV. S758.5



中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

北京林业大学印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1995 年 3 月第 1 版 1995 年 3 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 6 字数: 138 千字

印数: 1~500 册 定价: 5.80 元

ISBN 7-5038-1447-0/S·0815

前 言

森林内林木高矮、粗细参差不齐,这种差异,称为林木分化。森林郁闭后,林木间争夺营养、空间,使这种分化更加剧烈。林分继续生长,这种差距将愈来愈大。分化的结果导致一部分林木衰亡,因此,林分随着年龄的增长而株数不断减少的现象称为林分自然稀疏。

《林分自然稀疏理论及应用》是《林分密度理论及应用》的姊妹篇,是林分密度理论中的重要内容。由于内容较多,另成一册。

本书主要讨论林分的自然稀疏规律及数学模型。自然稀疏模型有林分蓄积自疏模型,笔者尚研制了林分断面积、直径自疏模型。据这些自疏模型及《林分密度理论及应用》中一些重要模型编制了林分密度自疏表、直径自疏表及树高自疏表等。树高自疏表结合地位指数编制了各地位指数、不同初始密度林分自疏生长过程表。并以此表中数据进一步讨论了不同初始密度林分测树因子、生长量、数量成熟、工艺成熟关系;林分适宜疏密度、蓄积度、株数关系及模型;林分上、下层间伐前后直径、疏密度、蓄积度关系及模型等。这些模型及数表的编制为林分密度设计,林分定向培育,林分生长进程中的适时间伐及生长预测等提供依据。

在长期林业生产实践和研究中,笔者体会到林分自疏理论对生产、科学研究的重要指导作用。故将这方面的一些粗浅体会,积累的一些材料撰写出来,供读者参考。读者阅后若有

所获,这是撰写本书的目的。

任何一位作者,总希望使自己的劳动成果完美。然而,水平所限,力不从心和事与愿违的情况可能比比皆是;另一方面,科学总是在不断向前发展、不断补充、完善,这是事物的发展规律。本书所描述的模型亦不应该看作是不加区别应用于任何树种、不同生长环境条件的处方,因此,一位林学家对于另一位研究者的模型,有时经过一定修改后,才更好地使用,这也是常事。因此,撰写出此书,用抛砖引玉这句话来比喻是恰当的。殷切希望读者批评指正。

刘君然

1994年8月

目 录

第 1 章 林分密度理论及数学模型

1	林分密度的基本形式及关系	(2)
1.1	林分密度的基本形式	(2)
1.2	密度指数与疏密度关系	(5)
2	林分密度理论	(9)
2.1	Reineke 关于林分密度与直径关系	(9)
2.2	林分密度与蓄积量理论	(10)
2.3	林分疏密度 1.0 各地位指数密度与直径关系	(13)
2.4	林分各疏密度条件下,平均胸径与疏密度关系 及计测疏密度公式	(14)
2.5	林分疏密度 1.0、一定树高,各地位指数断 面积、蓄积关系	(17)
3	林分密度、胸径、树高与断面积、蓄积数学模型	(21)
3.1	密度指数、株数、胸径与断面积数学模型	(21)
3.2	株数、胸径、树高与蓄积数学模型	(22)
3.3	密度指数、胸径、株数、树高与断面积、 蓄积数学模型	(24)

第 2 章 林分自然稀疏理论及数学模型

1	森林的自然稀疏	(26)
2	森林的生长发育时期	(27)
3	林分蓄积、断面积、直径自然稀疏模型	(31)
3.1	林分蓄积自然稀疏数学模型	(32)

3.2	林分断面积自然稀疏数学模型	(33)
3.3	林分平均直径自然稀疏数学模型	(37)

第3章 林分密度、直径自然稀疏表的编制

1	林分蓄积、断面积、直径自疏及有关模型	(39)
1.1	林分蓄积自然稀疏模型	(39)
1.2	林分断面积自然稀疏模型	(40)
1.3	林分平均直径自然稀疏模型	(40)
1.4	等直径线模型及复合模型	(41)
1.5	密度指数、株数、胸径与蓄积模型	(41)
1.6	密度指数、平均树高与断面积模型	(42)
1.7	密度指数、株数、直径、断面积模型	(43)
2	林分密度、直径自然稀疏表的编制	(44)
2.1	林分密度自然稀疏表的编制	(45)
2.2	林分平均直径自然稀疏表的编制	(46)
3	不同初始密度林分测树因子变化规律	(48)

第4章 林分自然稀疏生长过程表的编制及测树因子、生长量、成熟变化规律

1	林分蓄积、断面积、直径自疏及有关模型	(60)
1.1	林分平均直径自然稀疏模型	(60)
1.2	密度指数、平均树高与断面积模型	(60)
1.3	密度指数、株数、胸径、断面积模型	(61)
2	树高自然稀疏表的编制	(62)
3	不同地位指数、初始密度林分自然稀疏生长过程表的编制	(68)
4	不同地位指数、初始密度林分测树因子变化规律	(71)
4.1	不同初始密度林分测树因子变化规律	(71)

4.2	不同地位指数林分测树因子变化规律	(72)
4.3	不同起源林分测树因子变化规律	(78)
5	不同地位指数、初始密度与林分生长量、成熟 的变化规律	(78)
5.1	不同地位指数、初始密度与数量成熟、数量 成熟龄的关系	(78)
5.2	不同地位指数、初始密度与最大连年生长量及 所在林龄关系	(82)
5.3	不同地位指数、初始密度与工艺成熟(径级)及 工艺成熟龄关系	(86)

第5章 定量间伐

1	林分平均胸径——株数定量间伐法	(92)
1.1	乌道特式定量间伐法	(92)
1.2	林分疏密度 1.0 胸径——株数导算定量间伐法	(93)
1.3	据疏密度 1.0 胸径与株数自疏保留系数 定量间伐法	(95)
2	林分平均树高——株数定量间伐法	(100)
3	以树冠投影面积导算林分适宜密度问题	(109)
3.1	林分密度、林龄、地形与树冠投影面积及其变异性 ...	(110)
3.2	关于以树冠投影面积导算林分最大密度问题	(112)
3.3	据树冠投影面积导算林分适宜密度问题	(115)

第6章 地位指数、初始密度与林分适宜疏密度、 蓄积度、株数的关系及数学模型

1	地位指数、初始密度与林分适宜疏密度的 关系及变化规律	(118)
1.1	初始密度与林分适宜密度的关系	(119)

1.2	地位指数与适宜疏密度关系	(121)
1.3	初始密度、地位指数与适宜疏密度的关系	(122)
1.4	验 证	(123)
2	地位指数、初始密度与林分适宜蓄积度关系及 变化规律	(125)
2.1	林分蓄积自然稀疏、等树高线、复合数学模型	(125)
2.2	研究方法	(126)
2.3	林分适宜蓄积度变化规律	(127)
3	林分适宜株数与胸径、上层高关系及数学模型	(129)
3.1	林分适宜株数与株数、胸径、上层高的关系	(129)
3.2	林分适宜株数与胸径、上层高数学模型	(130)
3.3	应 用	(132)

第7章 林分上、下层间伐前后直径、疏密度、蓄积度 变化规律及数学模型

1	林分上层间伐、下层间伐前后胸径、疏密度 变化规律及数学模型	(134)
1.1	林分密度与株数按径级分布关系	(135)
1.2	上层间伐、下层间伐前后直径、疏密度关系	(137)
1.3	上、下层间伐前后胸径、疏密度模型	(142)
2	林分下层间伐前后胸径、蓄积度变化规律及 数学模型	(143)
2.1	数学模型	(144)
2.2	林分下层间伐前后胸径、蓄积度关系	(146)
2.3	林分下层不同株数间伐强度与直径增长、蓄积度 下降率模型	(152)
2.4	应 用	(153)

附表 1	落叶松人工林各地位指数、不同初始密度 生长过程表	(155)
附表 2	落叶松天然林各地位指数、不同初始密度 生长过程表	(165)
主要参考文献		(180)

第1章 林分密度理论及数学模型

介绍林分自然稀疏理论与数学模型前，先介绍林分密度理论，因为它是密度理论的基础部分；且林分自然稀疏线通常由最大密度线导算而来。故先介绍这部分。

林分密度泛指单位面积上的林木株数，它是数量指标。但林分密度不是一个简单的数字概念，而是涉及到林分生长发育全过程生理、生态的变化，这种变化对林木生长发育有极大的影响。从目前各国对林分密度研究进展来看，还包括质量指标，如光合产量、生物量、干形、出材率、经济材种等。因此，林分密度既是数量指标，说明林木对其所占空间的利用程度，又是影响林分生长和木材产量、品质的重要的因子。

林分密度是形成群体结构的最主要因素之一。研究林分密度的意义主要在于充分了解由各种密度所形成的群体，从而在林分生长发育过程中通过人为措施形成一个合理的群体结构。这个群体结构既能使个体有充分发育的条件，又能最大限度利用空间，使整个林分获得高产，从而获得最高经济效益或发挥森林最大的防护效能。

Daniel (1979) 等认为：“林分密度是评定某一立地生产力的，仅次于立地质量的第二重要因子。其所以成为重要因子，乃由于林分密度是林业工作者能够用以干预林分生长发育的主要因子”。“造林学家们通过调节林分密度可以影响更新期树种的确定和林分生长发育期中改善树干品质、直径生长率和蓄积量、平均生长量”。

众多事例说明，从树种、立地条件选配角度来提高地位指数潜力不大；加大营林投入，经济上又不尽合理，所以营林工作的重点应放在……密度控制上。

综上所述，了解掌握林分密度理论不仅具有理论意义，而且具有重要实践意义。

介绍林分密度理论，首先讨论林分密度的基本形式、密度指数与疏密度关系及数学模型，因这种关系具有很大的实用性（见后述数表的编制）；嗣后介绍林分密度理论；林分密度与平均直径关系；平均直径与疏密度关系；最后讨论林分密度、直径、树高与断面积、蓄积数学模型等。为此下面先介绍林分密度的基本形式及关系。

1 林分密度的基本形式及关系

1.1 林分密度的基本形式

由于林分密度因子的重要性及调节、控制密度的可能性，以及林学家们研究林分密度变化规律等需要；又由于目的、用途不同，所用表示形式、计测方法各异，因此，用来反映或说明林分密度的指标很多，如，单位面积株数、立木度、最大株数比、断面积、蓄积、疏密度、最大密度、最适密度、经济密度、适宜经营密度、密度指数、树木面积比、树冠竞争因子、树冠投影面积、树冠表面积、郁闭度等等。

尽管表示或说明林分密度的指标很多，但最基本形式主要是株数密度、林分密度指数、林分疏密度。下面对这几个密度形式作简要介绍。

1.1.1 株数密度

单位面积株数：直接用单位面积上的活立木株数表示密度（以下简称株数密度或密度）。这是最基本，也是应用得最

为普遍的密度指标。单位面积株数的多少直接反映出林木平均占有面积大小，如每公顷 5000 株，这意味着每株平均占有 2m^2 。

下面介绍两种常用的、以其它因子按一定关系式导算的株数密度。至于更全面导算株数密度的方法，请参见作者《林分密度理论及应用》一书。

(1) 以林分平均直径导算最大密度株数

在没有间伐过非常密集的林分里，随着林分生长，林木相互竞争愈来愈剧烈，竞争的结果劣势木枯死。Reineke 对这种现象所作的研究，以下式反映充分密集条件下的林分密度与平均直径的关系。

$$N = aD^{-b}$$

或

$$\text{Log} N = \text{Log} a - b \text{Log} D$$

式中： N ——单位面积株数；

D ——林分平均直径；

a, b ——为待定参数。

Reineke 在对 14 个树种研究并分析之后，得出一个经验方程，即：

$$\text{Log} N = -1.605 \text{Log} D + K$$

K 是因树种而变的常数。这个式子表示树种某平均直径对应的最大密度株数。

(2) 以树冠投影面积导算最大密度株数

以林地面积除以该林分平均直径之树冠投影面积，即为最大密度株数。该研究者称与立地条件、林龄无关或差异不显

著。详见本书第 5 章的讨论。公式如下：

$$N = 10000/(CWS)$$

式中：CWS——树冠投影面积(m^2 /株)。

(3) 以平均树高导算林分适宜株数

前苏联凯莱尔认为，一株立木所需的营养面积为：

$$S = (H/5)^2$$

则林分适宜密度株数为：

$$N = 10000/(H/5)^2$$

笔者以我国主要用材树种各林型地位级林分生长过程中株数与树高为材料。研究表明，不同林型地位级、不同树高生长阶段有不同的 K 值，变化幅度较大，不都为 5。

许慕农亦认为，并非所有树种的林木营养面积都是 $(H/5)^2$ ，如赤松、黑松、华山松为 $(H/3)^2$ ，刺槐 $(H/5)^2$ ，加杨 $(H/6)^2$ 等。

1.1.2 林分密度指数

林分密度指数(以下简称密度指数)是 Reineke 提出的密度指标。在充分密集林分，若 D_0 为标准直径， $N(D/D_0)^b$ 近似等于常数。Reineke 定义了一个 D ，株数为 N 的现实林分密度指数 SDI：

$$SDI = N(D/D_0)^b$$

式中：SDI——密度指数(株/ha)；

D_0 ——为标准直径(cm)；

b ——待定参数。

密度指数是林分在标准直径所具有的单位面积株数，这是对应于标准直径带有相对概念的一种密度指标。它是直径与株数的综合尺度，它不仅能表示单位面积的株数多少，而且也能反映林木的大小，因此，林分密度指数是一种较适用的密度指标。

1.1.3 林分疏密度

以单位面积林木胸高断面积绝对值反映林分的密度指标，称为绝对疏密度。

以现实林分断面积与标准林分相应平均树高断面积之比，称为相对疏密度，即常称的林分疏密度。它是最常用的密度指标之一。公式为：

$$P_i = G_i / G_{1.0}$$

式中： P_i ——林分疏密度；

G_i ——疏密度 i 断面积 (m^2/ha)；

$G_{1.0}$ ——疏密度 1.0 断面积 (m^2/ha)。

疏密度的大小说明林木对所占林地面积的利用程度和立木蓄积的多少。

1.2 密度指数与疏密度关系

常用密度指标，主要有株数密度、疏密度和密度指数等。但这些指标间存在一定内在联系，下面介绍密度指数与疏密度关系。讨论它们间的关系，为编制数表、图等提供依据，以及计测疏密度，导算林分蓄积提供方便。至于郁闭度与疏密度关系，详见《林分密度理论及应用》一书中有关章节。

研究密度指数与疏密度关系，先应解出密度指数式中的 b 值。

为研究人工林与天然林关系，我们用了落叶松天然林、

落叶松人工林不同起源的标准地材料：落叶松天然林标准地取自林业部森林调查设计局综合调查队等 1954~1955 年编制的《大兴安岭森林资源调查报告》第二，三卷 1—82 页；落叶松人工林标准地取自内蒙古大兴安岭根河林区 1985~1987 年森林资源清查地面标准地。这些标准地具有详测材料。真实，准确，可靠。

求解 Reineke 所定义密度指数中的 b 值，标准地应经选取。关于标准地选取原理、方法，请参见《林分密度理论及其应用》一书中有关章节。

落叶松人工林、天然林据所选取的大样本(30 块)标准地中株数与直径值，代入 $N = aD^{-b}$ 式，用最小二乘法解出参数，结果如下：

$$\text{人工林: } N = 73243.03 D^{-1.113175}$$

$$R = -0.9368$$

$$\text{天然林: } N = 134018.70 D^{-1.596215}$$

$$R = -0.9900$$

将 b 及直径、株数值代入密度指数式可解出各标准地或林分密度指数值。

下面讨论密度指数与疏密度关系：

研究密度指数与疏密度关系，应先建立密度指数、平均树高与蓄积数学模型：

$$M = a SDI^b H^c$$

式中： M —— 林分蓄积(m^3/ha)；

H —— 平均树高(m)；

a, b, c —— 待定参数。

据落叶松林全部标准地有关数据,结果如下:

人工林: $M = 5.166690 \times 10^{-3} \text{SDI}^{0.860711} H^{1.678485}$
 $R = 0.9858$

天然林: $M = 1.407265 \times 10^{-2} \text{SDI}^{0.903080} H^{1.242278}$
 $R = 0.9876$

以最大密度指数(标准直径均选取 20 cm, 人工林最大密度指数为 1777 株/ha; 天然林 1123 株/ha)及各密度指数级值代入上式解出各树高阶蓄积; 并以各树高阶最大密度指数之蓄积为疏密度 1.0, $P_i = M_i / M_{1.0}$ 式计算疏密度, 计算结果见表 1-1 及表 1-2。

由表 1-1 和 1-2 看出: 随着密度指数的降低, 疏密度亦一致下降; 反之, 上升。如人工林密度指数 1500, 各树高阶疏密度均为 0.864; 1000 为 0.610; 500 为 0.336 等。天然林亦此数量关系, 不另例举。由此看出不同密度指数有着不

表 1-1 落叶松人工林各密度指数级、平均树高阶蓄积、疏密度表

SDI (株/ha)	蓄积 疏密度	各平均树高阶蓄积(m ³ /ha)/疏密度					
		8m	10m	12m	14m	16m	18m
500	M	35.65	51.85	70.41	91.20	114.12	139.06
	P	0.336	0.336	0.336	0.336	0.336	0.336
1000	M	64.74	94.15	127.86	165.62	207.23	252.52
	P	0.610	0.610	0.610	0.610	0.610	0.610
1500	M	91.78	133.47	181.26	234.78	293.77	357.99
	P	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864
1777	M	106.19	154.43	209.72	271.65	339.90	414.20
	P	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000