

第八章 林分生长过程与收获预估

林分调查因子因林令增加不断的改变其大小，林分生长过程是说明林分在整个生育过程中随林令变化而变化的术语，又称为生长经略。我们知道林分生长量是林分树种的生物学特性和该地段的地势、土壤、气候等自然环境因子之间相互作用的结果。就是绿色植物依光合作用所生产的有机物除去消耗外存贮于树木体内的数量。因此树种不同，自然环境因子不同林分生长过程也不一样。图8—1是利用北京林学院森林经理教研组(1961)用云南松、雪岭云杉、红松、鱼鳞松和兴安落叶松等五个树种蓄积生长过程之间的差异，图8—2是同系红松林因环境因子不同生长过程的差异。林分生长过程还受林分密度、抚

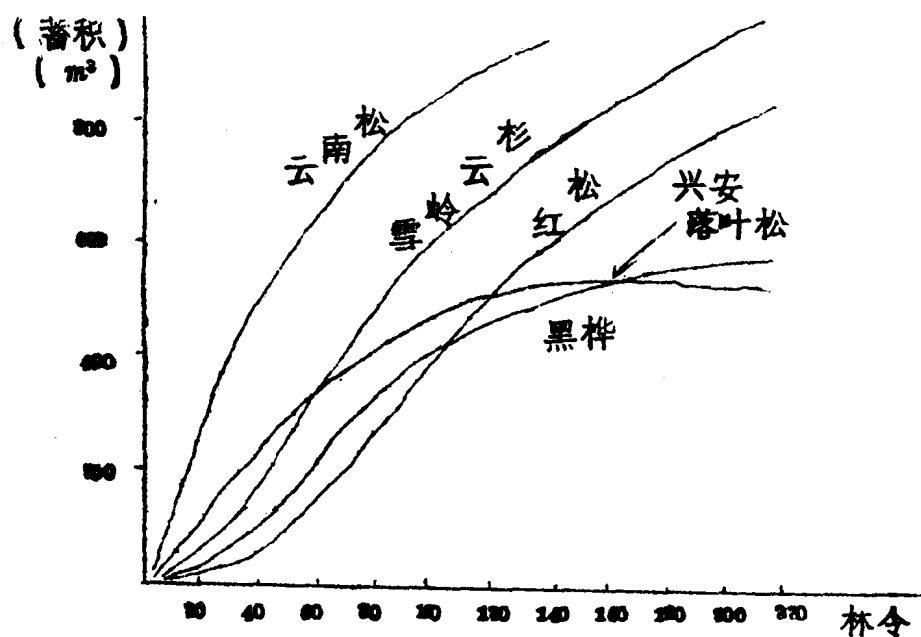


图8—1 不同树种林分蓄积生长过程图

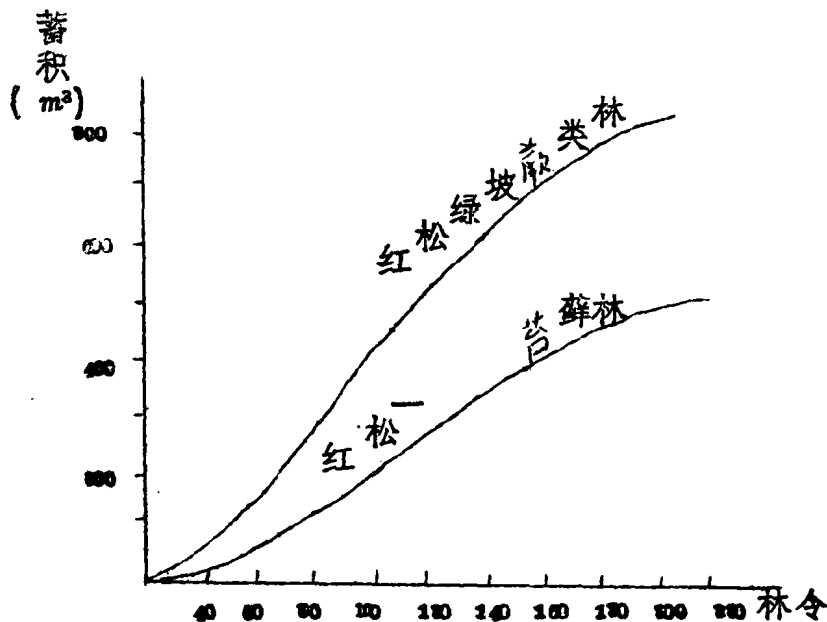


图 8—2 不同林型红松林分蓄积生长过程图

育间伐等经营技术所左右。因此，研究林分生长过程需要分别树种、立地条件（自然环境因子）和经营技术进行。

第一节 立地质量

立地质量过去称为地位，是说明林地对某树种的材积生长力的概念。表示立地质量有地位级和立地指数二个指标。地位级是以林分的平均高、或主林分的平均高为尺度。就某树种在一定地域范围内按林分各林令阶段时的平均高。用 I II III……等罗马数字表示立地质量等级；立地指数是就某树种在一定地域范围内确定标准年令，以优势树种或上层林木的平均高所得的树高生长曲线中心以达标准年令时的平均优势木高或上层林木平均高的绝对值大小的说明立地质量等级。

二、地位级

在某地域内就一树种设置标准地，标准地要林分相同且分布在不同立地条件下，测定其平均高、蓄积量、年令等调查因子。根据调查资料，在图上横轴取年令，纵轴取平均高，作各标准地的年龄和平均高的座标点并记标准地的号码，见图8—3的标准地分布图，呈扇形分布。按点的分布形态徒手绘上限和下限，于是上下限所夹的面积反映了在该地域内立地变动形态，是说林地材积生产力的差异。按变动范围大小分成若干分。如把扇形面面积分成如图三分

最上面的窄带为Ⅰ地位级，依次为Ⅱ和Ⅲ地位级，包含在各窄带内的标准地分别属于相应的地位级范围内。为使用方便表的方式表示，就是我们所说的地位级表。表8—1是我国林业部综合队编制

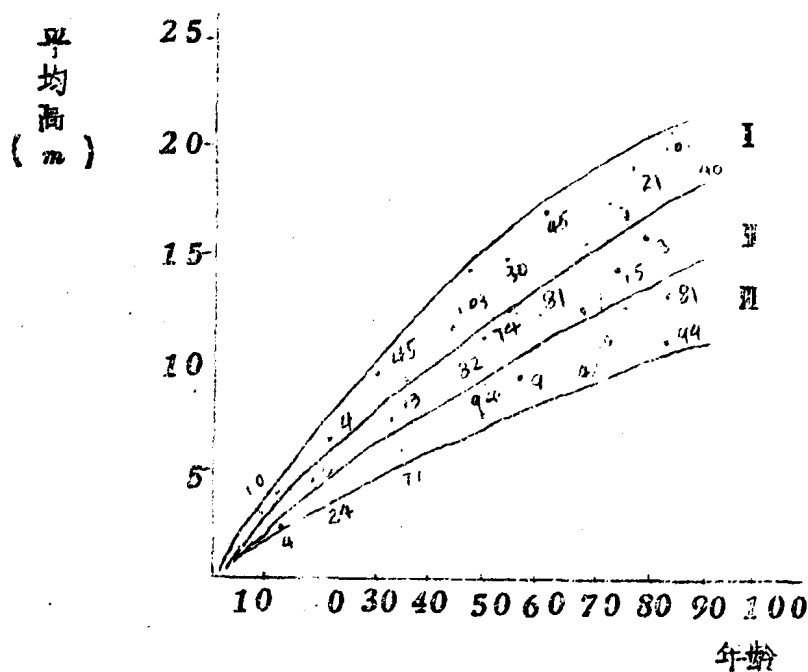


图8—3 地位级示意图

表 8—1

小兴安岭红松地位级表

年 龄 \ 地 位 级	I	II	III	IV	V
10	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—
40	7	6	5	3.5	2.5
50	10—9	8.5—7.5	7—6	5.5—4.5	4—3
60	13—12	11—10	9—8	7—6	5—4
70	16—14.5	13.5—12	11—9.5	8.5—7	6—4.5
80	19—17	16—14	13—11	10—8	7—5
90	22—19.5	18.5—16	15—12.5	11.5—9	8—6
100	24.5—21.5	20.5—17.5	16.5—14	13—10.5	9.5—7
110	26—23	22—19	18—15	14—11.5	10.5—8
120	27.5—24.5	23.5—20.5	19.5—16.5	15.5—12.5	11.5—9
130	29—26	25—22	21—18	17—14	13—10
140	30—27	26—23	22—19	18—15	14—11
150	31—28	27—24	23—20	19—16	15—12
160	32—29	28—25	24—21	20—17	16—13
170	32.5—29.5	28.5—25.5	24.5—21.5	20.5—17.5	16.5—13.5
180	33—30	29—26	25—22	21—18	17—14
190	33.5—30.5	29.5—26.5	25.5—22.5	21.5—18.5	17.5—14.5
200	34—31	30—27	26—23	22—19	18—15
210	34.5—31.5	30.5—27.5	26.5—23.5	22.5—20.5	19.5—15.5
220	35—32	31—28	27—24	23—21	20—16

小兴安岭红松地位级表。因此编一某林分的地位级时，只需测定林分平均高在表中就能找出其地位级。

注： 1. 摘自森林调查手册 中国林业出版社 1955

2. 此表系根据材积解析法编制的。

3. 资料来源于天然林不适用于人工林。

我国建国初期曾暂用奥尔夫编的不分树种只按实生和萌生分类的地位级表。在同一地段上生长的树种不同，其材积生产力差别很大，这样确定的地位级表满足不了林业需要。因此，关庆如（1956），景熙明等（1958）在50年代发表了关于地位级表调制研究的文章。同时期（1955—1958）林业部综合调查队调查编制了西南云杉、冷杉地位级表、小兴安岭红松地位级表、西南云南松地位级表、阿尔泰山西伯利亚落叶松和天山雪岭云杉地位级表。为我国森林测算工作做出了贡献。但是我国地域辽阔树种繁多，建国三十年来大量营造人工林，今后林业不断发展，还需要更多的地位级表。以下简述地位级表的一、二问题。

1. 树高：过去多采用林分平均高，但它受间伐影响，即在间伐后的当时发生提高生长，用上林木的平均高则能消除这种现象，所以多用主林木的平均高。

2. 如前述绘标准地分布图时，若用随手曲线法根据点分布趋势绘出，不易掌握。所以先绘年龄与树高分布的中心曲线，相当于平均树高生长曲线。为此，从过去已发表的生长曲线式中，选择3—5个实验式。算出式中常数，选其中相关指数大的曲线式为年龄树高的中心曲线，再计算平均偏差率，以平均偏差率为准绘上下限。树高生长曲线式有

$$\bar{h}_T = \frac{t^3}{\alpha t^3 + \beta t + \gamma}$$

$$\bar{h}_T = 2e^{-\frac{\beta}{t}} \quad 10-2$$

$$\bar{h}_T = \alpha t^\beta \quad 10-3$$

$$\bar{h}_T = 10 \frac{t}{\alpha + \beta t} \quad 10-4$$

式中： $\bar{h}_T$ —— 主林木或林分平均高， t —林令， α 、 β 、 γ 常数。用最小二乘法求常数很烦杂，如要求不高可用选点法。用相关指数为尺度判断所求出的树高生长曲线式时，需先算出估计值（由生长曲线式算出值）的标准差（ σ_e ）和实测值的标准差（ σ ）两者的比为相关指数（CI）即 $CI = \sigma_e / \sigma$ ，相关指数大的曲线式好。和相关指数对立的概念有离反指数（AI）它是估计式残差的标准差（ σ_e ）和实测值标准差的比，即 $AI = \sigma_e / \sigma$ ，相关指数和离反指数之间关系为：

$$1 = CI^2 + AI^2 \quad 10-5$$

从 10—5 式知离反指数愈小则相关指数愈大。因此选相关指数大离反指数小的树高生长曲线式为地位级的年龄树高中心曲线。但实验式如果是线性关系。则用相关系数为尺度衡量选取中心线。

其次以 F 记公式确定上、下限

$$\bar{h}_T = \hat{h}_T \pm m \frac{\Delta}{h_T} = (1 \pm m\delta') \frac{\Delta}{h_T} \quad 10-6$$

式中 $\bar{h}_T$ 为树高的上、下限值， $\hat{h}_T$ 由曲线式算出的估计值。 δ' 为平均偏差率用下式算出

$$\delta = \frac{\sum |z'|}{n} \quad 10-7$$

但
$$\delta' = \frac{\bar{h}_T - \hat{h}_T}{\hat{h}_T}$$

m 为平均偏差率系数。统计学中平均偏差 (δ) 和标准差 (σ) 之间关系为 $\delta = 0.787886 \sigma$ 。如取 m 为 2.5, 则 $2.5\delta = 2.5 \times 0.787886\sigma = 1.969715\sigma$ 。这说明若平均偏差率 (δ') 为 2.5 则所调查的标准地有 95.4% 包含在 $\pm 2.5\delta$ 下限内。

3. 如何确定地位级的级数即每级的级幅如何确定的问题。对此没有理论根据, 过去国内外多分 3—5 级。因考虑到统计资料的局限性, 如苏联把 I 和 V 级又分为 I_a 、 V_a 两级。也有分更多的如波兰的普富斯基分七级, 西班牙的奥拉扎尔分十级。我国则分五级, 但和苏联一样在 I 级以上又分 I_a 、 I_b 。

从地位级用 I II III……的简单数字说明地位级分的级数少便于使用。地位级的级数已定, 每级的级幅如何呢? 同样没有理论根据, 既往大多数各级幅度相等, 但也有 I 地位级的级幅宽或 V 地位级的级幅宽的二种分法, 或者最高最低的级幅宽些。

二 立地指数: 立地指数又叫地位指数, 它是根据树种生长的迟速确定标准年令又称指树令, 例如速生树种为五十年, 慢生树种多一百年, 当任何树种林分生长到标准年令时的优势木 (或优势木与次优势木即上层林木) 的平均高的绝对值为该林分的立地指数。例如某一树种林分在五十年标准年龄的优势木平均高为 2.2 米, 其立地指数就是 2.2 米。林分优势树平均高是随年龄增加而变化的。具体的用树高生长曲线说明其变化的。从中得出林分的在 30 年生 70 年生时树高虽小于或大于标准年龄 50 年生的平均高, 但都用 2.2 米表示该林分的立地指数的。为表示立地指数曲线取立地指数表来说明立地指数的。(图 8—4 表 8—2) 是以 40 年为标准年令的某树种的立地指数曲线和立地指数表。

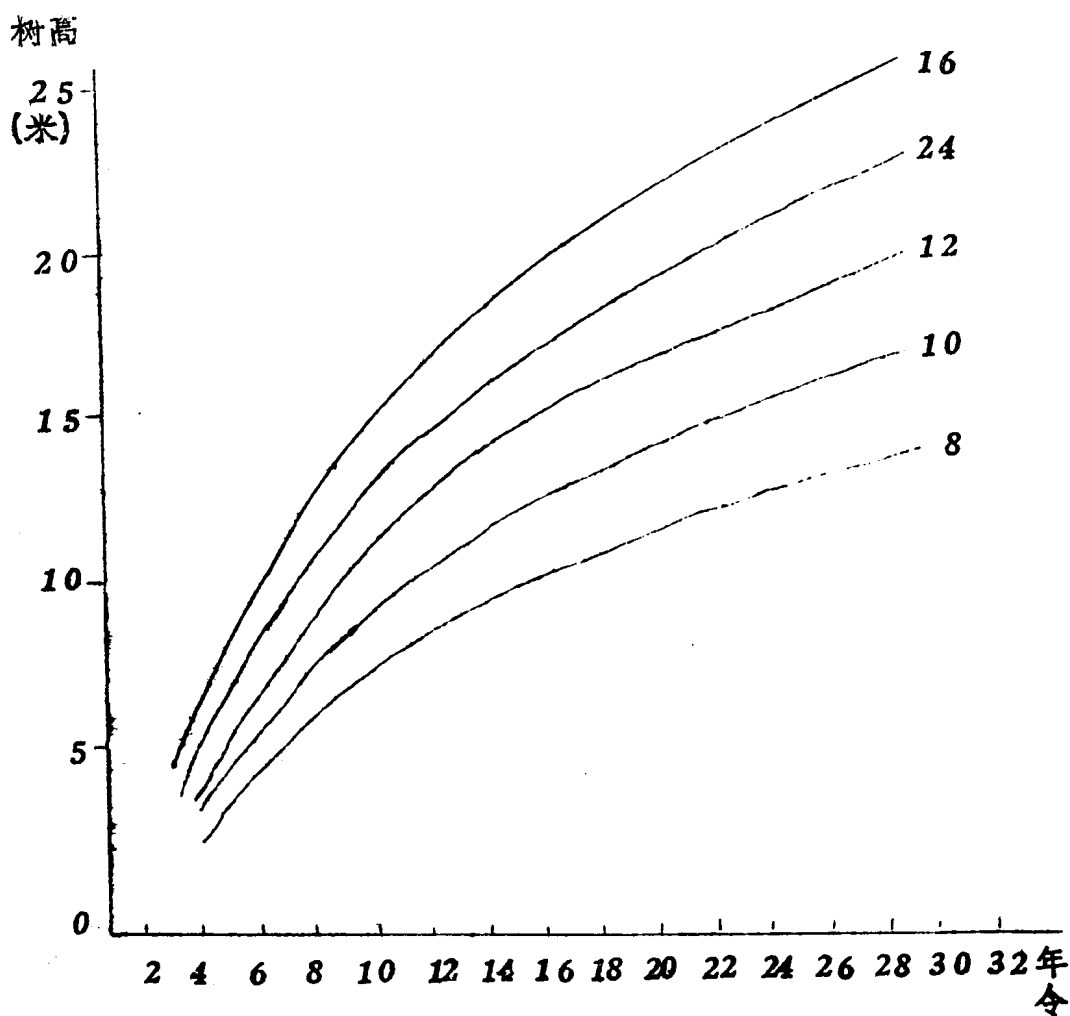


图 8—4 福建杉木实生林立地指数曲线图
(标准年令为 40 年)

立地指数表

树高 林分	立地指数	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10		2.5	4.1	4.8	5.4	6.1	6.7	7.4	8.0	8.7	9.2	10.0
20		6.0	7.2	8.4	9.6	10.8	12.0	13.2	14.4	15.6	16.8	18.0
30		8.0	9.5	11.4	13.1	14.8	16.5	18.2	19.9	21.6	23.3	25.0
40		10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
50		12.0	14.0	16.1	18.4	20.6	22.8	25.0	27.2	29.4	31.7	34.0
60		13.5	16.0	18.4	20.8	23.2	25.7	28.1	30.6	33.1	35.5	38.0
70		14.0	17.0	19.5	22.4	25.3	28.0	30.8	33.6	36.4	39.0	42.0

注：图表材料取自范济州、范昭宁立地指数综述（1978）

立地指数这个指标在英美国早在百年前就使用。近来范济州和范昭宁（1978），林杰和陈平留（1978）李天仿和林昌庚（1978）韩福庆（1978）郝社洲等都进行研究并发表了阐述了编制立地指数方法。以下简述有关一、二问题。

1. 关于优势木高的问题：用优势木或优势木和次优势木平均高，是它不受间伐影响，能很好的反映立地质量的差异。怎样确定优势木的平均高呢？英国在一英亩林地上从最大的植株测起，测到100株或50株最大胸径和其树高，以其平均值为优势木高，瑞典也用相同方法，只是面积为一公顷。林治泰（1930）提出在林分中除去被压木和部分Ⅱ级木后每木调查，按等株阶级法分三个径级作径阶指数分布表。求出大阶级（Ⅲ级）的平均直径为优势木直径，然后做树高曲

线，在树高曲线上查出和前记求出的优势木胸径相应的树高，即为优势木的高。林杰等、李天佐等研究得出测最大三株优势木的高，取其平均值为优势木高是满足要求的。编立地指数表时测定全部优势木的高为宜，应用地位指数曲线或表查足每个地段的立地指数时，则可测三株最大优势木高。

2. 标准年令：原则上应该取已经 超过高生长旺盛期至生长大致稳定时的林令的一半为宜，就是说标准令应大于最大树高连年生长量小于成熟期。美国对东部的速生树种定为50年，西部成熟慢，树种定为100年，日本则定40年（落叶松）。我国林杰等提出福建杉木人工林的标准年令为12年，李天佐等以树高生长已稳定接近成熟令的年令，而把杉木的标准年令定为20年。目前我国还没有确定各主要树种的标准年令，这是今后要研究确定的。

3. 立地指数的级幅：英美以10英尺为各立地指数的级幅。如立地指数为60、70、80……是说林分在标准年令如50年时的优势木的平均高为60、70、80……英尺。日本以二米为级幅也有用1.5米的。我国当前多用二米。

4. 导向曲线：导向曲线和地位级中的中心曲线一样，除前述四个曲线式外，再介绍以下几个

$$\begin{array}{ll} \overline{h_T} = \alpha + \beta l_g t & 10-8 \\ \overline{h_T} = \alpha + \beta l_g t + r l_g^2 t & 10-9 \\ \overline{h_T} = \alpha + \beta t + \gamma t^2 & 10-10 \\ \overline{h_T} = \alpha + \beta t + \gamma l_g t & 10-11 \end{array}$$

式中： α 、 β 、 r 为常数， $\overline{h_T}$ 为优势木高， t 为年令。还有用修正指数曲线来，当做导向曲线。

$$y = u - \alpha \beta^t$$

10-12

三 其他立地质量指示

我国在五十年代曾用林型表示立地质量，芬兰和苏联都曾对这方面进行过尝试，按德国魏德曼研究地力级和植被型（林型）之间的相关系数为 $+3.8 \pm 0.19$ ，但没有被广泛应用。

加塞（1950）在美国的弗吉尼亚州罗来纳平原地方研究了松树与土壤关系而提出了（下树高式）。

$$\overline{gh_T} = k + 2\left(\frac{1}{A}\right) + \beta(B) + \gamma(C) \quad 10-13$$

式中 h_T 为优势木平均高。A 为林龄，B 是土壤 A 层的深度，C 为 B 层含水量。k、 α 、 β 、 γ 常数。因为立地指数是优势木在 50 年生时的平均高。所以式中年令 $A = 50$ 于是 10-13 式可写作：

$$\overline{gh_T} = \left(k + \frac{\alpha}{50}\right) + \beta(B) + \gamma(C)$$

式中 $\left(k + \frac{\alpha}{50}\right)$ 就不因立地质量能取一定值，加塞得出用 0.2 英亩的样地估算立地指数的标准误差为 $\pm 10\%$ 。这一把土壤因子纳入立地指数中引起人们的注意。

四 自然环境因子与立地指数：只要测定林分的年令和优势木平均高，在立地指数表中就可查出它的立地指数。而对无林地就无法查出立地指数。为把立地指数运用于无林地，在编立地指数表时加入地势、土壤等环境因子，就是说树高、地势、土壤等都作为立地指数的因子，就要适应需要，玮福茨（1978）、西泽正久等人（1965）用多元分析方法（数量化方法）研究了立地指数。

数量化的基本想法是把立地指数视为变量 y 且可以取得数值。为了预估 y 测定 L 个项目，用这些项目来估计 y 。这时，变量 y 用 L 元变量 $(x_1, x_2, \dots, x_L)$ 表示，这些变量 x_i 中如果象土壤因子的土类、 A_1 层深度、有效深度、土性等那样为非计量值，把它再细分几个类目 (category)，由于能和其中的一个相对照量分类。现在视各个项目、类目与某个数量 t_{km} 相对应，于是就能随意给以数量，但必须定出标准。为此把 y (称为外部标准) 综合为各项目为：

$$y_E = \sum_{k=1}^L \sum_{m=1}^y \delta_i(k, m) t_{km} \quad 10-15$$

而能预估。其中 $\delta_i(k, m)$ 是表示 i 样本和 k 项目 m 类目相对照时为 1，其它变量取值为：

给予数量 t_{km} 时就能用最小二乘法，取按这个标准知

$$\sum_{i=1}^n (y_i - y_E)^2 = \text{最小} \quad 10-16$$

各类目的数量 t_{km} 时就能用 10—15 式求得 y 的予估值 y_E 。

从以上数量化的基本概念出发，立地指数和地势因子如方位、局部地形、海拔高、坡度等、和土壤因子土类(土种)、土性、 A_1 层深度、机有效深度、腐殖质含量等有密切关系的，这些项目虽都系非计量值，却可用数量化方法求出值。

用数量化估计立地指数，先编立地指数曲线，然后编立地指数得分表易得各项目、类目与立地指数关系。即以表中的偏相关系数反映立地指数和哪个因子紧密。用复相关系数来说明立地指数和这些因子的综合影响。当然复相系数愈近于 1 则预估精度高。一般期待在 0.8 以上。

数量化时，主要是根据我们掌握的那些项目和立地指数关系大，项目如何分类的问题。计算方法统计学所述。韩福庆就吉林省人工落叶松林、次生杨桦林、次生柞木林和次生杂木林。按立地指数和立地因子选坡度、坡向、坡位三个项目，又细分如下类目：

项目：坡度 (x_1) 坡向 (x_2) 地位地位 (x_3)

类目 1. 平：小于5度 2. 阳坡 3. 上部

2. 缓：6—15度包括 E. NE 上坡上部三分之一处 N. NE

： N. NE 2 中部

3. 倾：16—25° 阳坡 山坡中部三分之一处

4. 斜：26—35° 包括：W. SW F P 三分之一处

5. 陡：36°以上 S. SE

一般就环境因子和土壤因子划分项目，然后再细分类目。列表如下：（详见表8—3）

表中 x_1 — x_4 是地势因子， x_5 — x_8 是土壤因子，当然根据调查地区的特点还可增加或减少项。它的决定一是根据已掌握材料，二是踏查后认为与立地指数有关系因子来确定。具体方法请看有关材料。

表 10—3

项目分类表

续表 3

项 目		类 目		项 目		类 目	
代号	名 称	区分	范 围	代号	名 称	区分	范 围
x ₁	方 位	1	S. SW	x ₂	土 性	1	砂质土
		2	W NW			2	壤土
		3	N NE			3	殖质土
		4	E SE				
x ₃	坡 度	1	小于 8° 平坦	x ₇	有效深度	1	不 30 Cm
		2	9—22° 缓斜			2	30—40 Cm
		3	23°—35° 倾斜			3	40—50 Cm
						4	50Cm以上
x ₅	局部地形	1	山顶、山腹凸	x ₈	腐殖含量	1	上下层都多
		2	山腹较平缓			2	上层多下层较少
		3	山腹凹			3	上下层皆较多
		4	山脚			4	上层多下层有
x ₄	海拔高	1	200 以下			5	上层较多下层有
		2	200—300 米			6	上层多下层少
		3	300—450 米			7	上层较多下层少
		4	450米以上				注:上层系10Cm 下层系30Cm
x ₆	土 类	1	棕色针叶林土				按腐殖质含量 多少用多、较 多、有少、来 区别。
		2	暗棕色森林土				
		3	土				
		4	栗钙土				
		5	棕壤				

第二节 收获表

一、收获表：收获表是就树种作业法相同生长正常的林分，分别立地质量记载林分，不同令阶时能从中得到木材产量和材积有关因子（株数、平均胸径、平均树高、生长量等）数值的表。

作业法是指乔木作业、中林作业、矮林作业而言，立地质量如第一节所说用立地指数和地位级表示，令阶是按树种的生长迟速以5年、10年甚至20年为一令阶。木材产量是说林分在不同令阶时能生产的木材数量蓄积，在德国是记载干材和成材数量（直径7厘米以下的梢头部分不包括在内），也还包括大的枝条材积的。但一般只记载树干材积。把材积分成主林木和付林木两项，主林木是抚育对象，付林木是间伐对象。表8—4是表的一般样式和内容，但因国家和编表人，而有增减。例如还有把树干胸高形数加入的。

收获表以编表时蒐集资料地域的广度不同，因而有一般收获表和地方收获表的区别。近年来林业经营日益走向集约化，多编地方收获表。从编表历史和国家不同，用林分生长呈什么状态为基础编表。而有标准收获表、正常收获表、生长予估表的区别。

标准收获表过去称法正收获表，反映林分生长呈法正状态的收获表。法正状态按德国林业试验场规定：某树种面积在0.25公顷以上的林分，从没有受过任何危害，保持完成生长状态，凡受过风雪害，病虫害或间伐不当的林分都不是法正。总之法正状态是林木和立地环境相应保持合理的密度，充分利用环境条件，又不受外界危害，各个林木占有充分空间并保有 $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ 树高的树冠的林分，这样状态林分实际上很难找到的，因此人们认为标准收获表是空想，脱离实际而不

被重视。

正常收获表是鉴于标准收获表的缺点，以现实林分中生长好、产量高的林分为依据。如此表 8—4 中各 类值是客观存在的，在现实森林中各有分布，它不但是衡量林分经营水平的指标，又是制定经营规划、确定成熟期和采伐量以及用于预估产量的方法之一。

现实收获表是表示林分平均值的表。就是用随机抽取样地为数据编的收获表。是就树和作业法一定分别立地质量和令阶，反映每公顷林地上平均能产生的木材和其相关因子的表。这样的表只能说明现实林分的平均水平，却不能用来预估产量，因为它是反映调查当时的数值不能长期使用，因为预估收获仍用正常收获表。

收获预估表的内容大致和普通收获表一样，以阐明森林生产力为 1.8 的。说明在一定作业法与之相应的经营条件下，森林如何生长，被害后生长如何？为预估提供依据，如表 8—5

表 8—5 收获预估表（柳杉、地位中、初植密度 6000 株）

林令	树高(米)	胸径(厘米)	公顷株数	公顷材积	需间伐		生长量(m³)			生长率%
					材积(m³)	株数	连年	总	平均	
8	4									
11	6									
14	8	8	5500	175	10	300	11	175	13	6
19	10	10	5200	230	40	1200		240	13	5
24	12	12	4000	290	20	800	12			4
29	14	16	3200	350	20	550	12	340	14	3
:	:	:	:	:	:	:	13	420	15	
58	22	26	1700	800	50	250	12	990	17	