

林业 8 译丛

森林经营规划

沙 琢 于政中 等编译



中国林业出版社

LINYE YICONG

译 序

尽管森林的非木材产品和环境保护等效益日趋重要，但是，至少到本世纪末，木材仍然是林业的主要产品。迄今，森林经营的基本任务仍然是在不耗尽现有森林蓄积量和不降低森林生产力的前提下，尽可能多地提高林木生长量和采伐量。为了做到这一点，各国的森林经营工作始终遵循永续利用的原则。

要按照永续利用的原则经营森林，就必须进行森林经营规划。由于森林生长周期长，并在时间上和空间上在不断地变化，所以在制定定性规划时，难免产生局限性、片面性和主观性。数学规划的发展和计算机的应用，已经有可能正确地评价森林的变化和制定合理的规划。

自1980年《森林永续作业》（林业译丛2）出版以来，国外森林经营规划方面也有较大的进展。为了推动我国森林经理工作的发展，使之更好地为社会主义林业建设服务，现以森林经营规划为主要内容，编译了这本译丛。

这本译丛主要介绍了苏联、美国、日本、芬兰、南非共和国等国有关森林经营规划的问题。其内容大致可分为：森林永续利用的概念和理论；制定森林经营规划的方法；森林生长量和利用量的计算。

一、森林永续利用的概念和理论

随着社会和经济的发展，永续利用的原则也在变化。苏联为

了不使森林因利用而毁灭，不因森林利用而破坏森林生产力，已将沿用 100 多年的“森林均衡利用”改为“森林永续不竭利用”原则。森林永续利用的原则，在美国已出现五次变化。过去，这一原则纯属技术问题，由于原来人烟稀少的林区经过长期开发已形成林区社会，它已涉及到社会经济问题。

在 1981 年召开的第 17 次国际林协大会上，苏联和美国林业专家分别从不同角度提到永续利用的道义和责任问题。这就是说，我们这一代所从事的森林经营工作，不仅关系到我们本身的利益，更重要的是对社会和后代负有道义上的责任。苏联学者在论述永续利用原则时，强调了不竭性。美国学者提出，从广义上说，规划制定者在道德上有义务利用各种资源为社会创造出最大的价值。按照苏联学者的看法，林业的发展必定满足社会对一种资源和多种资源日益增长的需要。在这种情况下，必须以不断扩大森林多种用途的观点，组织更高水平的森林资源扩大再生产。

苏美学者在谈及永续利用时，都讨论了当代条件下应该以多大规模组织经营活动的问题。这可以从一个作业级到林业企业、大林区，以至到全国范围。以全国范围组织森林经营活动显然是不现实的，但要以相当大的范围，比如说大林区，来实现永续利用，就必须考虑运材距离的问题。运材费用的增加额与采伐量增加额的平方成正比。

二、制定森林经营规划的方法

近年来，在森林经营规划中数学规划方法的采用已有较大进展。数学规划的方法多种多样，不同的方法用于不同的目的，各有其优缺点。目前应用最多的是线性规划和目标规划。

日本的南云秀次郎和古池笃的文章讨论了在编制区域林业规

划时利用线性规划模型来确定人工林采伐量和造林面积的问题，对此建立了三个模型，并对模型 I 和 II 提供了算例。印度的 Singh 将线性规划用于确定人工混交林的树种组成，也是很好的尝试。

线性规划是用一次联立方程表示规划问题的所有条件，由于目标函数单一，在应用上受到限制。如果森林经营是多目标的，应用目标规划则更为有效。在《森林永续作业》（林业译丛 2）中，曾介绍过目标规划问题。在本译丛中，黑川泰亨的文章更为详细地介绍了这一方法，其中包括目标规划的结构，求解步骤、特点和应用实例，对于制定多目标的森林经营规划有较大参考价值。

另外，还介绍了网络分析和决策分析等方法。目前，这些方法虽然多用于林业管理方面，但对于制定森林经营规划也有参考意义。

关于如何制定大林区或国家林业发展规划的问题，可以参考芬兰和印度尼西亚的有关文章。芬兰为了通过营林措施和合理利用森林资源，来提高森林生产力和改善森林结构，从 1954 年就开始进行全国性林业规划。同时，比较详细地介绍了建立木材生产模型的问题。印度尼西亚的规划模型是为爪哇的木材输入和销售中心寻求最适宜的位置而设计的。这种模型用途广泛，并可以说明印度尼西亚林业部门总体规划的概貌。

三、森林利用量和生长量的计算

森林利用量的计算是森林经营规划中最复杂、最重要的问题之一，生长量则是确定森林利用量的依据。“生长量和森林利用”一文详述了苏联和其它国家依据生长量确定森林利用量的方法，表列了 24 个利用生长量指标确定采伐量的方法。一些经营

水平较高的国家，如德意志民主共和国、北欧国家等，是用连年生长量确定年采伐量的，而苏联则用平均生长量。该文还介绍了这两种途径的计算方法。

在组织森林经营时，是以单个作业级，还是以组合作业级实施森林永续利用的原则，在苏联尚有分歧。“森林利用量的最优化计算”一文详细介绍了以组合作业级系统为基础的森林利用量的计算方法。

轮伐期是确定森林利用量最重要的指标。但是轮伐期与森林利用量是互相联系的，特定作业级的轮伐期和森林利用量应同时最佳化，并采取统一的计算方法。“轮伐期和森林利用量共同最佳化”一文阐述了这一问题和建立了最佳化模型。

美国已研制出TREES（林木资源经济估测系统）。该系统是个森林经营和采伐量计算的模拟模型，适于解决有关森林经理的各种问题。“采伐量的计算及顺序安排方法”是TREES系统的主要部分。该文介绍了三种固定的采伐量计算及顺序安排方法和四种可变的采伐量及顺序安排方法。

在现代条件下，制定森林经营规划必定涉及复杂的数学问题，解算都要靠计算机来完成。有的文章专门论述计算机的应用问题，另外一些也多涉及这一问题。

译 者

1986年8月

目 录

译 序

1. 森林经理设计的几个问题.....
.....〔苏〕Н.Н.Гусев等 (1)
2. 南斯拉夫的森林经理规划.....
.....〔南斯拉夫〕Petar Drinic (22)
3. 森林经营规划中作为道德责任的永续收获.....
.....〔苏〕Н.А.Мойсеев等 (28)
4. 永续收获是公有林经营计划中的一种道德义务吗?
.....〔美〕W. D. Klemperer (36)
5. 芬兰的林业规划.....〔苏〕А.Ф.Елизаров (48)
6. 芬兰森林利用长远规划自动化系统.....
.....〔苏〕О.А.Агрошенко (56)
7. 印度尼西亚林业部门的可分离的目标规划模型.....
.....〔美〕J. Buongiorno等 (65)
8. 网络分析在林业规划中的应用.....
.....〔南非共和国〕K. Von Gadow (77)
9. 林业中的形式经理法——决策分析.....
.....〔南非共和国〕K. Von Gadow (93)
10. 单一林分的动态.....〔芬兰〕Kjell Kalgraf (107)
11. 生长量和森林利用.....〔苏〕В.В.Антанайтис等(122)
12. 确定人工混交林树种的定量组成的线性规划.....
.....〔印度〕S. B. Singh (150)

13. 关于编制民有林施业计划的研究 (I) —— 编制地域森林计划时人工林采伐量和造林面积的确定 [日] 南云秀次郎 等 (159)
14. 关于编制民有林施业计划的研究 (II) —— 对于森林法正状态的考察 [日] 南云秀次郎 (187)
15. 轮伐期和森林利用量的共同最佳化 [苏] В. Д. Волков (200)
16. 论目的规划在林业经营计划中的应用 [日] 黑川泰亨 (211)
17. 采伐量的计算及顺序安排方法 [美] J. S. Schmidt 等 (225)
18. 森林利用量的最优化计算 [苏] В. В. Комков (250)
19. 用综合线性规划估计最优度损失——森林规划模型的应用 [美] Daniel Navon 等 (273)
20. 利用电子计算机使森林经理设计最佳化 [苏] И. В. Головихин 等 (286)

1. 森林经理设计的几个问题

【苏】Н.Н.Гусев, С.Г.Синицын,
В.И.Сухих, Н.И.Букин

一、立木采伐年龄的论证

规定采伐年龄是在时间上确定措施的顺序。

I类森林木材资源利用的可能性取决于当地的运输条件，几乎在一切地区都可见到这种依存关系。

大部分州、边、区、自治共和国的计算表明，这种依存关系大体上都有很高的相关系数，等于0.81，误差为0.04。对平原地区来说它接近直线关系，可用公式 $P\% = 7.3L - 4.8$ 表示，式中 $P\%$ 为计算采伐量的利用水平， L 为每 10^3ha 森林道路长度。因此，在每 10^3ha 道路长度少于0.7km的临界情况下，I类森林计算采伐量的利用接近于零，道路长度大约为14km时，可达到充分利用。

当然，由于木材运输的方法在发生根本性的变化，公式中的参数将来可能改变，即使在这种情况下，在解决I类森林木材资源的开发利用问题时，也应当首先考虑运输条件。

确定采伐年龄的基础是成熟龄。对II类和III类森林成熟龄的计算方法和论证，现代的测树科学已有详细的研究。实际上用材林的采伐年龄规定在主要产品生长量开始下降的时期，这样做是不允许主要产品产量已下降的林分长期生长下去。

这一原则也应该是确定 I 类森林采伐年龄的基础。其区别在于 I 类森林的主要产品不是木材而是林分的其它有益特性。

另一个非常重要的特点在于不仅仅是立木的主要部分形成这些有益特性，而是立木的全部，是立木各组成部分的总和。

用 P_i 表示各类森林的主要产品种类， t 表示时间， k 表示林分的主要部分， m 表示整个林分， A 表示采伐年龄，可得公式：用材林为 $A = F(P_i tk)$ ；I 类森林为 $A = F(P_i tm)$ 。对用材林来说， P_i 是主要树种的木材，对 I 类森林来说， P_i 是主要的保护性能或直接效益，是由划分该林种的目的决定的。

对各指标的相互关系及解决这个问题的条件的分析表明，I 类林和 II、III 类用材林的数学模型应当是一样的。II、III 类森林按生长上的动态数量指标确定采伐年龄。I 类森林采伐年龄的确定可以和 II、III 类森林类似，按保护性能和其它有益性能的数量指标的动态加以确定。当前解决这个问题的主要麻烦在于对评定这些功能的定量指标研究得还不够充分。

根据科研机构的研究已为苏联的各种森林规定了优化的采伐年龄，引用最优采伐年龄可以大大缩小现有的采伐龄范围，保证了作业级的合并。

规定的采伐年龄经常与计算的采伐量有关，人们认为当提高采伐年龄时，计算的采伐量肯定要降低，降低的数量简直与采伐年龄的提高成正比，计算采伐量与采伐年龄之间似乎存在着函数关系。所以经常以降低采伐年龄来寻找某种潜力，以便提高采伐量与原料资源保障量之间的平衡水平。

现在我们用卡累利阿和乌克兰的两个松树作业级的实例来看一下这种结论是否合理（表 1—1）。

这些作业级的采伐年龄可以规定在 80—160 年的范围内。各类森林各林种的松树基本上就是在上述范围内规定采伐年龄的。表

表 1-1 林分面积与蓄积按龄级分配

指 标	龄 级								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
松树作业级 (卡累利阿自治共和国)									
面积 (ha)	500	1200	700	200	100	500	1500	1800	20
蓄积 (m ³ /ha)	30	50	100	150	180	220	250	270	280
总蓄积 (10 ³ m ³)	15	60	70	30	18	110	375	486	56
松树作业级 (乌克兰共和国)									
面积 (ha)	4000	2200	1800	1000	130	270	300	220	80
蓄积 (m ³ /ha)	40	110	190	260	300	340	370	390	410
总蓄积 (10 ³ m ³)	160	242	342	260	39	92	111	83	33

1—2 说明不同采伐年龄时这些作业级林木面积和蓄积按龄组的分配情况。

表 1-2 不同采伐年龄时作业级的各种参数

采伐年龄 (年)	总 计	幼 龄 林		中龄林	近熟林	成熟林	每ha 用材蓄积
		I 龄级	II 龄级				
卡累利阿自治共和国							
80	6700	500	1200	—	700	4300	—
	1220	15	60	—	70	1075	225
100	6700	500	1200	700	300	4100	—
	1220	15	60	70	30	1045	230
120	6700	500	1200	900	100	4000	—
	1220	15	60	100	18	1027	232
140	6700	500	1200	1000	500	3500	—
	1220	15	60	118	110	917	236
160	6700	500	1200	1500	1500	2000	—
	1220	15	60	228	375	542	244

(续)

采伐年龄 (年)	总计	幼龄林		中龄林	近熟林	成熟林	每ha 用材蓄积
		I龄级	II龄级				
乌克兰共和国							
80	10000	4000	2200	—	1800	2000	—
	1644	160	242	—	342	621	270
100	10000	4000	2200	1800	1000	1000	—
	1644	160	242	342	260	361	324
120	10000	4000	2200	2900	130	870	—
	1644	160	242	602	39	222	333
140	10000	4000	2200	2930	270	600	—
	1644	160	242	641	92	230	345
160	10000	4000	2200	3200	300	300	—
	1644	160	242	733	111	119	357

注：分子为面积 (ha)，分母为蓄积 ($10^3 m^3$) 图 1—1 是根据这些数据计算各种采伐量的结果。

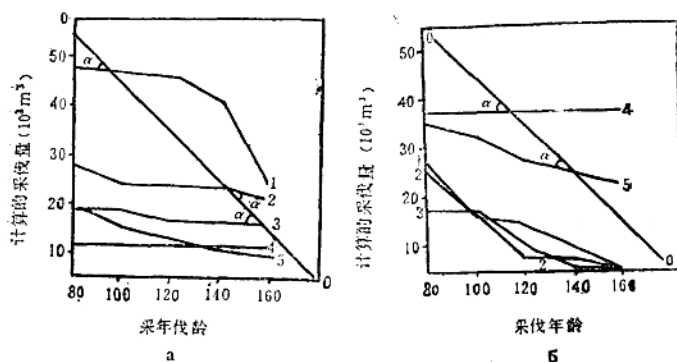


图 1—1 计算的采伐量与采伐年龄之间的关系

- a 成熟林占优势, b 幼龄林占优势;
 1 成熟度公式; 2 第一林龄公式;
 3 第二林龄公式; 4 平均生长量公式;
 5 长期均衡利用公式; α 对直线关系规律的偏离。

采伐年龄与采伐量之间的关系是多种多样的，不可能是单一的类型，它取决于利用量的计算方法、作业级中林分的年龄分配和采伐年龄的时间变化。根据上面的计算，采伐年龄从80年改变到120年，对卡累利阿自治共和国松树作业级的成熟度采伐量没有产生任何影响，当从140年改变到160年时，与采伐量几乎产生反函数关系。第一林龄采伐量与此相反，采伐年龄从80年改变到100年时引起了采伐量的变化，而从100年改变到160年时，实际上对采伐量没有任何影响。

按第一林龄公式计算时，采伐年龄提高一个龄级，采伐量平均减少7%；按第二林龄公式计算时，降低3.5%；按生长量公式计算时，采伐量没有变化。

各种计算方法之间采伐量的差别幅度比在一种方法范围内由于采伐年龄的改变而引起采伐量变化的幅度要大许多倍。在我们的例子中，采伐年龄相同，各种计算方法之间采伐量变化的幅度为最低采伐量的4.5倍。而在一种方法的范围内采伐年龄提高一倍，采伐量的变化不超过90%。当采伐年龄与计算方法同时都起作用时，采伐量的变化幅度实际上也不超过不同方法之间的变化幅度。

所以，调整森林利用量的主要手段是正确地选择采伐量的计算方法而不是确定采伐年龄。

二、森林主要产品利用量的计算

通过主伐可以得到木材，但主伐同时也造成一定的后果，它从根本上改变森林自然综合体内的各种关系和条件，所以主要产品利用量的计算方法应该保证森林的永续，做到合理的利用，扩大主伐改善森林的树种组成和质量，提高森林的生产率。按

森林类别说，Ⅲ类森林中的主伐应保证森林的有效利用和珍贵树种的恢复；Ⅱ类森林中除上述两项要求外，还应保存森林的防护与保水特性；Ⅰ类森林中应能改善森林环境、林木状况和森林的各种公益效能，同时还应及时而合理地利用成熟木材。

若把这些要求具体化，计算方法应该保证：遵照已定制度的主要要求，因地制宜地进行采伐；只在成熟林中采伐；根据各作业级的资源和条件规定轮伐期内最大可能的利用量；利用量尽可能达到相对的均衡，各阶段利用量的增减不要发生急剧的变化。

已经证实，根据下列公式计算采伐量，在不同条件下可以得到实践上能够接受的结果：

第一林龄公式

$$L_{I \text{ 林龄}} = \frac{S_{\text{近}} + S_{\text{成}} + S_{\text{过}}}{2n}$$

第二林龄公式

$$L_{II \text{ 林龄}} = \frac{S_{\text{中}} + S_{\text{近}} + S_{\text{成}} + S_{\text{过}}}{3n}$$

Анучин积分公式

$$L_{\text{инт}} = (0.2S_{\text{幼}} + 0.6S_{\text{中}}^I + S_{\text{中}}^{II} + 1.4S_{\text{近}} + 1.8S_{\text{成}})k$$

(20年为一个龄级时 $k = 0.01$ ，90年为一个龄级时 $k = 0.02$)

Самгин公式

$$h_c = \frac{k_1 S_1 + k_2 S_2 + \dots + k_i (S_{\text{成}} + S_{\text{过}})}{\sum_{k=1}^i k_n}$$

Ландольт公式

$$L_n = \frac{M_n}{0.6a}$$

Ханцлик公式

$$Lx = \frac{M_{\text{TOB}}}{a_c} + \sum Z < a$$

式中 $S_{\text{幼}}$ 、 $S_{\text{中}}$ 、 $S_{\text{近}}$ 、 $S_{\text{成}}$ 、 $S_{\text{过}}$ ——分别为幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林、过熟林的面积；

n ——龄级年限；

$k_1, k_2 \dots k_i$ ——龄级的顺序号； S_1, S_2 ——这些龄级的面积；

$\sum_{k=1}^i k_n$ ——龄级顺序号（采伐年龄前）与龄级年限的乘积之和；

$M_{\text{л}}$ 、 M_{TOB} ——作业级的实际总蓄积和用材蓄积；

a ——采伐年龄；

$\sum Z < a$ ——低于采伐年龄时的林木平均生长量。

这些公式在一定的计算制约下，不会使森林枯竭。它们的特点是各计算阶段的变化相对地说是不会大的，在林龄分配的变化与采伐量的变化、计算的年伐量与成熟林在作业级中的比重以及作业级内成熟林的数量与成熟林利用期限之间都存在着直线关系。

每个作业级都有 6 种具有同等价值的解决方案，它们都符合利用自然理论、优化和组织生产过程的要求与原理，从而能得到最优的解决方法。最优标准(O_x) 根据各个方法的效率系数(k_{ϕ}) 加以确定。

$$k_{\phi} = \frac{L'_{\text{cp}} a_{\text{icn}}}{V_i}$$

式中 L'_{cp} ——使用方法 i 时，在接近轮伐期的时间内，平均的计算年伐量占作业级面积的 %；

a_{icn} ——按计算的年伐量 i 进行采伐时，成熟林的利用期限占采伐年龄的 %；

V_i ——使用计算的年伐量 i 时，轮伐期内采伐量的变化程

度%。

哪一种计算方法的效率系数 ($k_{\text{эф}}$) 最大, 就是该作业级的最优方法。

最近几年在森林利用量的研究中, 利用经济-数学方法, 尤其是利用线性规划的方法和电子计算机建立优化模型, 在理论上和实践上都有很大的意义。

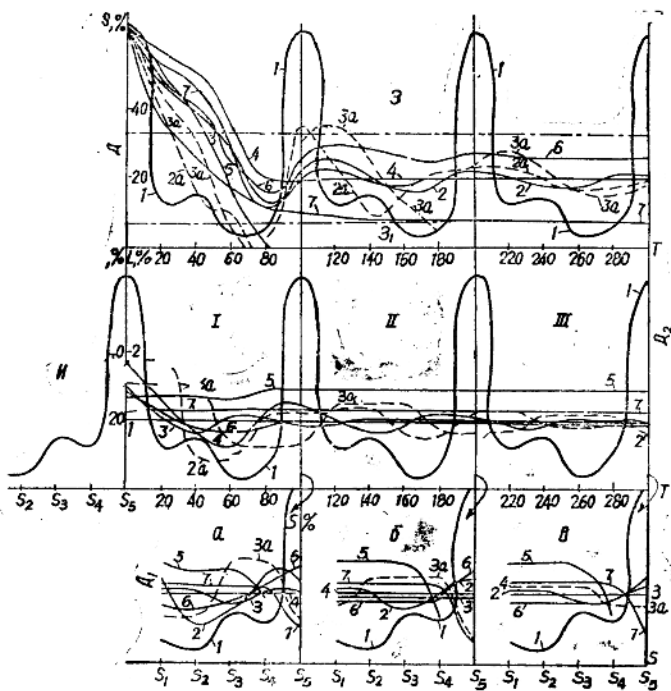


图1—2 成熟林占优势的森林中木材利用
和森林资源的变化动态

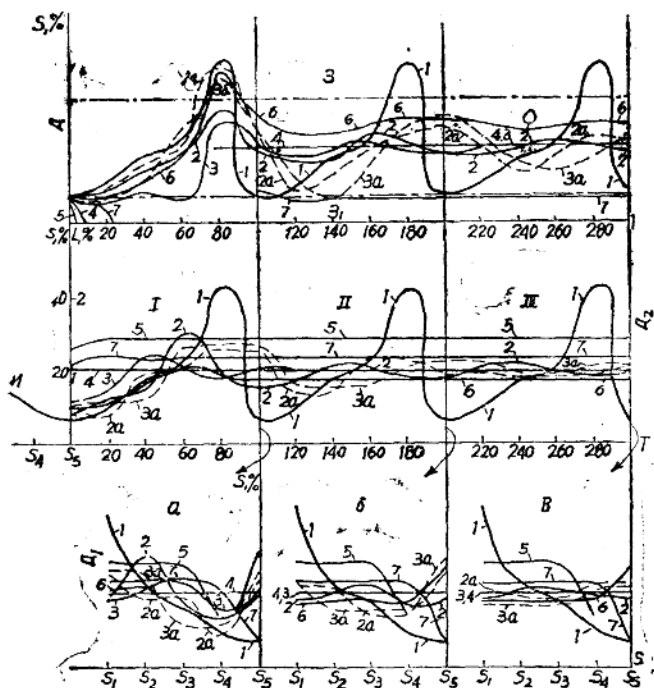


图 1—8 幼龄林占优势的森林中木材利用
和森林资源的变化动态

1 成熟度公式；2 第一林龄公式，周期为一个龄级；2a 第一林龄公式，周期等于公式中的分母；3 第二林龄公式，周期为一个龄级；3a 第二林龄公式，周期等于公式中的分母；4 长期均衡利用公式；5 用于资源枯竭或过利的森林的阿努钦公式；6 积分公式；7 平均生长量公式；S 有林地面积（%）；T 时间；S 面积；S₁, S₂, S₃, S₄, S₅ 第一龄级、第二龄级幼龄林，中龄林等；L 计算采伐量占有林地面积的百分比（%）；I, II, III 第 1, 2, 3

第2, 第3轮伐期; a, 6, B 第1, 第2或第3个轮伐期结束时林分的年龄分配; V 面积和林分(幼林占优势)原来的年龄分配;
 π 成熟林面积的变化动态; π_1 年龄分配的变化动态; π_2 采伐量的变化动态; 3 积累成熟林的范围; 3₁ 成熟林枯竭的范围。

计算森林主要产品利用量是森林经理设计的核心问题, 所以内业期间要首先完成这一任务。在研究其它问题之前把计算年伐量方面的建议呈报共和国和苏联林业机关去审查。

苏联和各加盟共和国的基本林业法规已经规定永续不竭的原则是森林利用的主要原则。遵守这一原则就要正确地选择计算采伐量的方法, 严格地遵守计算的年伐量(不要过伐)并且要正确地选择与采用符合经营目的的采伐方法。

下面两个图说明森林利用在长时期内的变化动态, 其中包括, 在林木逐渐成熟与采伐的影响下, 成熟林面积的变化; 采用某种计算采伐量方法时, 木材采伐数量的变化; 在逐渐成熟与采伐的影响下, 林分年龄分配上的变化。

从图1—2、1—3中可以看出, 甚至依据这种或那种计算采伐量方法进行采伐时, 也可以造成各种不同的后果。一种情况是导致成熟林全部被伐光, 如果在某个时间内不停止采伐或减少采伐量, 成熟林则接不上茬(图1—2、1—3上的采伐量5); 第二种情况是暂时伐尽成熟林, 但由于林木的逐渐成熟, 虽然还继续按计算的采伐量进行采伐, 成熟林仍然不断出现(图1—2上的采伐量2a和3a, 图1—3上的4和7); 第三种情况是成熟林的数量急剧减少, 致使现地配置伐区时有不少困难, 难以遵守规定的所有林学要求(图1—2和3上的采伐量7和1); 第四种情况是暂时积累过多数量的成熟林, 结果降低了森林的生产率(图1—2和3上的采伐量2a, 3a和1); 第五种情况是导致采伐量和作业级内林分的年龄结构渐趋平衡。超过计算年伐量的过伐,