

森林经营模式 评价方法

EVALUATING METHOD OF
FOREST MANAGEMENT MODELS

惠刚盈 赵中华 著
袁士云 胡艳波



科学出版社

森林经营模式评价方法

Evaluating Method of Forest Management Models

惠刚盈 赵中华 袁士云 胡艳波 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是我国第一本以培育健康稳定森林为目标、基于林分状态特征的森林经营模式评价的专著。重点论述了森林经营模式评价的新理念,简要介绍了评价森林经营模式的新方法。提出了评价森林经营模式的三要素即技术先进性、生产可行性和模式有效性,阐述了林分状态数据获取和分析方法,给出了森林经营模式评价案例。

本书可供林业院校师生、科研人员及相关部门分析决策人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

森林经营模式评价方法/惠刚盈等著. —北京:科学出版社,2012

ISBN 978-7-03-033752-8

I. ①森… II. ①惠… III. ①森林经营-评价法 IV. ①S750

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 037271 号

责任编辑:王 静 王 好/责任校对:包志虹

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年3月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2012年3月第一次印刷 印张: 8 1/2

字数: 164 000

定价: 48.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

20 世纪 80 年代以来，全球范围内倡导可持续发展。林业发展由以木材生产为中心转向兼顾生态、经济和社会三大效益，并以生态优先为原则。林业建设既要承担满足经济高速发展对林产品的需求，又要承担改善生态环境，促进人与自然和谐相处的责任，更承担着维护国土生态安全的重大历史使命，是重建生态文明发展的必由之路。

森林可持续经营是现代林业发展的必然选择，实现森林可持续经营的基础是拥有健康稳定的森林。因此，现代森林经营的首要经营目的是培育健康稳定的森林，发挥森林在维持生物多样性和保护生态环境方面的价值。生态系统健康首先要保持结构与功能的完整性，唯此才有抗干扰力和自我恢复能力，才能为人类提供长期服务。

森林结构是生态学和应用经济学的研究热点。简单的生物经济模型由于仅关注同龄单一物种，忽略了自然灾害和危险而备受批评。新近的研究发现，混交林可以带来相当可观的经济回报，而这主要是由于混交林减少了自然灾害。森林结构并非只是过去活动的结果，也是将来发展的原因。森林三维空间的结构特征是那些研究森林空间特征和森林结构短期演化的培育学家们的兴趣所在，对林分三维空间结构的分析形成了林木培育的基本策略。现存森林结构决定了重要的生态系统功能和潜在、有限的资源可利用程度。森林空间格局影响树木间的竞争状态、幼苗生长、生存和林木树冠的形成。树木个体大小在垂直和水平空间上的分布决定了微气候条件的分布、资源的可利用程度和小生境的形成，因此，它也直接或间接地影响森林群落中的生物多样性。由此可见，森林结构信息有助于我们了解森林的发展历史、功能和生态系统将来的发展方向。

森林结构是自然过程和人为干扰的结果。树木的生长、更新、死亡和自然干扰，如森林火灾、风灾、雪灾等都是重要的自然过程。此外，人为干扰，如皆伐、种植、择伐等都对森林结构产生重大影响。如今的森林生态系统的状况大多数都是人类干扰（利用）后的结果。随着人类活动对地球表面的改变，新的生态系统的重要性与日俱增。由于人类利用，自然生态系统正在消失或改变，因此，森林结构并非只是自然演替的结果，很大程度上也是经营培育的结果。

由于人类干扰森林的方式种类繁多，从而形成各种各样的经营或利用模式。为比较各种经营模式的有效性，产生了许多优化算法和模式比较方法。一个有效的经营模式不仅能充分地发挥林地生产力，而且能充分发挥森林的生态和社会效

益。以往对森林经营模式的评价通常采用产量对比法或投入产出分析法。由于森林生态效益货币化计量的艰难性，导致传统的评价方法偏重森林的直接物质生产功能，虽涉及生态效益但对其评价不尽合理。实际上，传统的方法仅注重了生产可行性即森林的功能比较，而完全忽视了体现技术先进性的重要方面即森林结构状态的分析。可见，目前在森林经营模式评价方面还缺乏简洁有效的科学方法。

本书简要介绍森林经营模式评价方法，主要内容包括森林经营模式评价概述、森林经营模式评价方法、森林状态调查分析和森林经营模式评价方法应用案例。相信这些论述能在健康森林培育方面发挥其应有的促进作用。

值本书出版之际，感谢在森林状态调查分析中给予大力支持和配合的甘肃省小陇山林业实验局张宋智所长、刘文桢高级工程师、洪彦军场长，以及所有参与外业调查和经营试验的同志。

本书的出版得到国家自然科学基金（30872021）、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金“陕北黄土高原区林分经营迫切性评价研究”（2724—18），以及国家“十二五”科技支撑计划课题“西北华北森林可持续经营技术与示范”（2012BAD22B03）的资助，在此深表感谢。

著 者

2011年11月

目 录

前言

1 森林经营模式评价概述	1
1.1 功能性评价	1
1.2 状态性评价	6
2 森林经营模式评价体系	7
2.1 技术先进性	7
2.1.1 技术先进性评价方法	7
2.1.2 森林状态评价指标体系	8
2.1.3 森林状态差异评价方法	15
2.2 生产可行性	23
2.3 经营模式的有效性	23
3 森林状态调查分析	24
3.1 大样地法	25
3.1.1 调查内容	25
3.1.2 调查仪器与工具	25
3.1.3 样地面积	26
3.1.4 调查方法	43
3.1.5 数据分析	46
3.1.6 注意事项	47
3.2 样方法	47
3.2.1 调查内容	48
3.2.2 调查仪器与工具	48
3.2.3 样方面积及数量	48
3.2.4 调查方法	52
3.2.5 数据分析	54
3.2.6 注意事项	54
3.3 无样地抽样方法	54
3.3.1 调查内容	55
3.3.2 调查仪器与工具	55
3.3.3 调查方法	55

3.3.4	抽样点数量的确定	56
3.3.5	数据分析	61
4	森林经营模式评价方法应用案例	63
4.1	小陇山林区概况	63
4.2	小陇山林区森林经营历史	64
4.3	小陇山林区现有的典型森林经营模式	66
4.3.1	次生林综合培育模式	66
4.3.2	近自然森林经营模式	67
4.3.3	结构化森林经营模式	69
4.4	典型森林经营模式评价	69
4.4.1	模式林分样地概况	69
4.4.2	模式林分状态特征分析	75
4.4.3	森林经营模式有效性评价	109
	主要参考文献	122

1 森林经营模式评价概述

森林经营模式是培育森林或利用森林的一系列经营措施的组合。森林经营过程中，实施不同的经营措施会对林分产生不同程度的干扰，这种干扰可通过林分的状态特征来表达。森林经营模式既有单一的经营措施构成，也有各种经营措施的组合形式。对于森林经营模式的评价前人已进行了大量的研究，可分为两类：功能性评价和状态性评价。功能性评价注重经营措施对林分木材产出的影响，状态性评价注重经营措施对林分结构的优化以及对林分健康稳定的影响。

1.1 功能性评价

王晗生（2004）针对黄土高原植被建设中出现的植被自我修复的舆论倾向，论述了“草、灌先行”、“适地适树”、“适地适林”等植被恢复策略。解炎（2002）认为我国在植被的恢复重建中存在几个误区，即大量使用外来物种、忽略了健康生态系统要求的异质性、忽略物种之间的生态交互作用和植被的生态功能、对当地濒危物种的需要缺乏考虑，常将覆盖率高低下用作唯一的评估标准。

在东北的次生林经营实践中，纠正了“砍掉杨桦，大造红松”的次生林改造方法，逐渐形成了完整的“栽针保阔”的动态经营体系。其含义是对东北东部山地次生林栽植以红松为主的针叶树，保留天然更新的阔叶树，尤其是珍贵的阔叶树。把人工更新和天然更新密切结合起来，以符合地带性顶极群落——阔叶红松林的发生、发展规律（孙洪志，2003）。孙洪志等（2004a）总结了东北林区次生林改造的模式，对选择改造对象的指标进行了研究，并研究分析了次生林改造中“栽针保阔”的工艺过程和经营效果。在对“栽针保阔”工艺过程进行研究后指出，林冠下栽植耐阴的针叶树种，在庇荫条件下生长发育没问题。只要遵循其随年龄增加，需光量也逐渐增加的生物学特点，及时地再次疏开上层林冠，就能使红松等针叶幼苗、幼树生长成林。

徐高福（2003）在千岛湖马尾松次生林林相改造技术的研究中，评价了“砍松留阔”6年后的经营效果。马尾松纯林已逐步向针阔混交林过渡，形成了以苦槠为主的针阔混交林。阔叶树的重要值从33.13%提高到65.95%，具有向原始常绿阔叶林演替的趋势。

廖利平等（1996）在人工林生态系统持续发展的调控对策研究中，针对不同管理方式对人工林生态系统地力和持续发展的影响，提出营造混交林、栽针引阔

和轮换树种等经营方式,来改变林分结构和土壤养分状况。林思祖和黄世国(2001)针对中国南方人工纯林固有的弊病和传统混交林营造中存在的问题和现状,提出了中国南方营造混交林的3条途径,并提出保育式造林法、保育式疏伐法、带状采伐法、小块状保阔栽针法和采用无主伐乔木作业法等营造混交林的方法,从经济效益、社会效益和生态效益等方面分析了近自然混交林的效益。余济云等(2001)在低质低效马尾松次生林改造技术研究中,筛选了补植造林、郁闭度调控、实验林施肥、封山育林等改造技术措施,并对这些技术措施进行了配套优化组合,组建改造经营模式,在林分结构、林分生长、林分生产力、林下植被、林地土壤物理、化学性质和土壤微生物种群数量变化、林分涵养水源、固持土壤等方面进行定位观测。改造成效综合分析评价结果表明,与对照林相比,5年后试验林在林分结构、林分生产力、林分涵养水源、保持土壤等方面均有较大幅度的提高,改造成效非常显著。

我国关于抚育间伐对人工纯林的影响有较多的研究。抚育间伐对单株直径和蓄积生长的影响有着较为一致的结论,即随着间伐强度的增加,直径生长量加大,也相应地提高了单株断面积和材积生长量。林分的单位面积材积生长量,取决于树高、直径生长量和单位面积株数,抚育间伐对树高生长量的影响较小。随着间伐强度的增加,虽然单株材积生长量增大,但单位面积株数减少,对林分的生长效应方面所得结论各不相同,尤其是对总收获量的影响目前还没有一致的结论(杜纪山和唐守正,1996)。从林分的生长过程来说,间伐产生两种效应:一种是采伐后因保留木个体生长空间的扩大而产生的林木蓄积生长量增长效应;另一种是间伐后因保留木个体数量的减少而产生的林分蓄积生长量减缓效应。因此,间伐对林分生产力和各因子的影响取决于上述两种效应的相对大小。周祥凤等(2007)对不同更新方式的米槠林经营效果进行定量评估研究表明,人工促进天然更新、人工造林和天然更新的林分蓄积连年生长量和林分生产力排序为:人工促进天然更新>人工造林>天然更新;林分生物量排序为人工促进天然更新>天然更新>人工造林;营林生产每公顷和每年投资排序为:人工造林>人工促进天然更新>天然更新;活立木蓄积年增长经济价值和间接经济价值排序为:人工促进天然更新>人工造林>天然更新。这3种更新方式的林分间接经济价值远大于直接经济价值。通过抚育间伐等人为措施,调控林分密度,既能使林分个体有充分生长发育的条件,又能最大限度地利用空间资源,从而达到整个林分速生、丰产、优质的目的。运用抚育间伐调整林分密度,可以影响保留木个体和林分的生长。刘玉民等(2003)对次生林合理保留密度连续5年的实测研究数据表明,树种组成基本为4栎3桦3山杨,平均树龄在30~40年、平均胸径15cm的次生林,合理保留密度为1500株/hm²。在此密度下,树高年生长量的变幅为0.11m,胸径年生长量的变幅为0.09cm,蓄积年增长量为17.00m³/hm²,这些

指标在各保留密度中都达到了最大值。张晋昌(2004)采取典型抽样、回归分析的方法,对山西中部太岳林区灵空山一带的天然油松林的密度进行了研究,初步得出了合理的天然油松林林分密度;谢双喜和彭贵(2001)对马尾松天然林不同密度对生长的影响进行了研究,结果表明,不同密度对马尾松的胸径、单株材积、枝下高、蓄积等具有明显的影响,而对树高、优势木平均高度的影响则不显著。在不同区域,对不同林分都有类似的研究评价(胡建伟和朱成秋,1999;熊有强等,1995;任立忠等,2000;张鼎华等,2001),均反映了抚育间伐对林分生长量影响的普遍特点。

近年来也越来越重视抚育间伐对林分的综合影响,研究涉及林分的生物多样性、土壤肥力、水源涵养、经济效益等方面。雷相东等(2005)以落叶松云冷杉针叶混交林为对象,通过采伐后12年的观测结果,研究了间伐对林分生长、树种组成、生物多样性和土壤等因子的影响。间伐明显促进了落叶松云冷杉针叶混交林保留木生长的增加,但不同间伐强度间无显著差异,林分及各树种(组)单木的断面积和蓄积生长率,均随间伐强度的增加而增加,各林分的树种组成在12年间基本没有变化,20%和30%的抚育间伐强度没有显著改变林分的物种多样性、灌草生物量和土壤物理性质,这与董希斌(2002)的森林择伐对林分影响的研究结果基本一致。曹云等(2005)对不同抚育强度抚育5年后的油松人工林研究表明,抚育对油松幼龄林的土壤及枯落物差异影响显著,油松人工幼龄林更适宜采用强度和中度抚育措施,适度间伐能促进林分生物量的提高、林下植被种类和盖度增加,有利于维持林分稳定;间伐抚育提高了林下植被的盖度和物种丰富度,改善了土壤肥力,但间伐强度过大易造成林分稀疏,难以郁闭成林(贾芳等,2009)。类似的研究还有许多(吴际友等,1995;黄家荣和杨世逸,1995;杜纪山和唐守正,1996;周林等,1997;唐守正和杜纪山,1999;唐守正,2005;孙晓梅,1999;王雪峰和杜纪山,2000;林开敏等,2001;周志翔等,2001;董希斌和王立海,2003;朱教君,2002;李春明等,2003;李春明等,2007;李贵祥等,2007)。孙洪志等(2004b)对次生林抚育改造的效果与经济效益进行了评价,研究认为,抚育可增加大径林木株数,降低自然枯损率,加速次生林的自然演替进程,还可获得大约100元/hm²的中间利用收益。王慧和郭晋平(2009)对抚育间伐综合效益评价体系进行了研究。研究认为,在林分抚育间伐试验中,对其生态效益的研究不可能做到全面兼顾,只能择其重点进行研究。具体的评价指标包括4个方面:林分群落结构、林下植被多样性、林分生产力、土壤肥力。特别提出了抚育间伐的双重经济学意义,即以间伐木的形式获得一部分木材,间伐对保留木个体和群体生长产生有益的影响,抚育间伐是影响森林生态系统内部生物多样性的主要因素,它为林木创造良好的生长环境,提高了林木质量,同时也使森林的生物多样性发生变化,影响森林的生态功能。因此,

认识抚育间伐对林分的综合影响,是科学确定森林抚育具体措施的重要依据,对整个森林生态系统的经营具有重要意义。以抚育技术为主的公益林培育技术,包括研究方法、培育技术等方面,都需要进行更深入的研究(李春义等,2006),以满足我国营林工作重点,由大规模植树造林向现有林分的抚育管理转变的需要。沈国舫(2001)在《森林培育学》一书对其中各种采伐作业方式的技术要素、适应范围和采伐后迹地更新等做了总结,并对各种采伐方式的优缺点作出了评价。在森林采伐方式的研究中,主要集中于采伐作业技术的研究,包括采伐龄级、采伐强度、采伐面积和采伐周期等方面。实施择伐后对林分影响的研究包括采伐作业对土壤、溪流水质、生物多样性保护、林内小气候、保留木以及林木更新与生长的影响等方面(谢哲根等,1994;李忠,1995;Jennifer,1996;马万章等,1998;郝清玉等,1999;冯志忠等,2001)。

邱仁辉和陈涵(1997)研究了用4种不同强度对常绿阔叶林林分择伐作业后活立木和幼树幼苗的变化。结果表明,保留木的损伤程度与采伐木的胸径及择伐强度有关。胸径或择伐强度越大,则损伤率越大。同时还研究了这4种不同强度择伐作业对常绿阔叶林林分结构及乔木层物种多样性的影响。结果表明,弱强度与中强度择伐对林分结构的影响较小,原林分乔木层优势树种的地位仍保持或略有提高;强度择伐和极强度择伐则引起林分结构一定的变化,一些优势树种的地位削弱,而另一些树种的优势地位上升。林冠层强度破坏对物种多样性的影响很大,而弱强度与中度择伐有利于原有物种保持与恢复。

周新年等(1998)在福建建瓯的实验研究表明,30%强度的择伐作业后,林地0~40cm土壤理化性质各指标中除土壤密度略有增加外,其余指标变化不大。对苗木生长、保留木生长影响小。周志春等(2004)对千岛湖国家森林公园几种类型的马尾松次生林实施“砍松留阔”择伐实验表明,马尾松次生林经40%~50%强度择伐利用6年后,林下的苦槠、石栎和青冈等地带性常绿阔叶树种呈快速的复性生长,林相结构得到快速恢复而形成新的森林景观。金永焕等(2006)以长白山区红松阔叶林为研究对象,分析了不同年度进行中度择伐后形成的天然次生林恢复期间物种多样性的变化动态。孔令红和郑小贤(2007)用距离法研究金沟岭林场主要森林类型云冷杉林的空间分布格局,研究认为,择伐4年后的林分还没有得到恢复,林木的空间分布格局呈集聚分布;而择伐8年后的林分已基本恢复了原始林的特征,其空间分布格局呈随机分布。研究汪清林业局30年的择伐作业资料表明,择伐可以促进森林更新和生长,缩短择伐周期,还调整了林分结构,改善了林木组成(董希斌,2002)。

20世纪80年代开始,作为森林经营工作的辅助工具,林分经营模型系统的研发受到重视。1988年,徐德应、盛炜彤发表了杉木人工林经营计算机模型——CHIFIR(chinese fir)。该模型是在杉木生长过程表的基础上,考虑不同

整地、抚育方法和间伐对杉木生长的影响而建立,模型能对杉木生长进行预测和经济分析。该模型适用于杉木分布的中带,是早期可采纳的杉木经营方式最优化组合的理论计算工具。1990年,由徐德应、刘景芳、童书振、盛炜彤、张守攻等完成了杉木人工林优化密度控制模型——DENTROL (density control model)。该模型是在CHIFIR基础上加以充实提高编制而成。模型是根据连续10年全国杉木造林密度试验和杉木林抚育间伐强度试验的观测结果,参照已编制的全国杉木人工林经营数表,分别以杉木分布带、区和地位指数级,编制成的优化密度控制计算机模型。主要以内部收益率为目标函数,辅以其他指标,实行全局优化判别。优化密度控制包括初植密度、间伐开始期、间伐强度、间伐次数、保留密度、主伐年龄和培育目标的确定,使最终的内部收益率为最大或接近最大。1991~1993年,为完善我国已有经营模型系统结构,提高经营模型系统的适应性,张守攻等研制了组合式通用林分经营(SCOPE)模型系统。模型由林分生长与收获模拟和经济效益评价一体化林分经营方案评价与优化软件,以及林分经营模型系统开发应用配套技术两个部分组成。整个系统对林分经营成本构成要素进行了较彻底的分解,可作为各种人工用材林经营决策的辅助工具,用于造林及林分经营方案的设计与优化选择。方案的评价指标,既可选择木材的收获量,亦可选择经济指标。其经济效益评价模块,可对营林方案进行同步、自动跟踪,实现林分生长与经济评价的一体化,使经济评价结构更趋精确。此外,该系统还可对各单项营林作业的林分生长效益和经济效益进行模拟评估。从1985年开始,我国全面系统地进行了杉木、马尾松、落叶松、刺槐、泡桐、桉树、国外松等主要人工林树种的优化栽培模式的研究。

此外,许多学者针对不同天然林林分,从采伐径阶、择伐强度、集材方式、伐区配置、伐区道路选线等方面开展了研究(赵秀海,1995;周新年,1996a;董希斌和韩玉华,1997;闫东锋等,2006;苏芳莉,2007)。采伐对天然更新影响的研究,主要集中在不同森林采伐方式对森林更新的影响和人工促进天然更新方面。采伐方式不同,对森林干扰程度不一样,不同的树种表现出不同的更新效果。采伐作业方式影响种子来源、数量、质量及其发芽和生活能力(熊利民等,1992)。美国北方阔叶林皆伐后,土壤种子库及皆伐时直接下种的种子受环境条件的改变而萌发,土壤暂时的营养富集促进幼苗幼树生长。皆伐几年后,速生阳性树种迅速更新,随着时间的推移,耐阴树种的重要性不断增加,出现林窗时更新进入主林层(Bormann and Berlyn, 1981)。德国实施择伐作业,创建不同大小的林窗,促进了天然林的快速恢复与更新(邵青还,1994)。择伐仅伐去部分上层林木,对由耐阴树种组成的天然林更新最为有利。渐伐分几次疏开林冠,既改善了种子的萌发条件,又不使其生长条件发生急剧变化,有利于早期耐阴树种的更新。皆伐环境条件变化剧烈,种源不足,不利于演替顶极种的快速更新。除

去灌木层和草本层,能增加新的幼苗定居的机会;除去凋落物层对幼苗的定居有利,但不能增加其幼苗物种丰富度(Debell, 1971)。王树力等(2000)采用实验生态学的方法,经过6年的伐孔实验证实了林隙对红松更新生长的有利作用,确定出树高与林隙孔径比为1:1~4:3时较有利于林隙内红松的生长。此外,通过林分结构调整、种源引进、林下死地被物的处理、林地土壤管理等人为干扰措施,改善林下光照条件和土壤条件,均可以促进天然林更新(李元红, 1985; 张水松等, 1997; 付恒良和王树明, 1997)。

还有学者针对采伐作业中的伐根对林分更新的影响进行了研究。国外研究报道主要在不同树种及其伐根数量、大小、高度与萌芽更新的关系等方面(Khan and Tripathi, 1986; Jobidon, 1997)。国内学者也开展了有关伐根对林分影响的研究(肖生灵, 1997, 2000; 梁国清, 2003; 孟春和庞凤艳, 2005)。这些研究有利于改进采伐技术工艺,使采伐这一人为干扰活动更加符合林分演替的自然规律。

1.2 状态性评价

随着对森林群落结构认识的不断深入,已有学者将情景状态特征引入到森林经营评价中,尝试运用系统相似性原理和结构决定功能法则,以地带性顶极林分为参照,将经营林分与参照林分的结构状态特征进行比较,以经营林分与参照林分的相似程度来评价森林经营技术(惠刚盈等, 2007)。

随着可持续经营理念被更加广泛的接受,森林经营的目标已经逐渐转向培育健康稳定的森林。在林分状态特征分析的基础上确定林分的发展目标和经营目标,选择符合该目标要求的培育技术,已经成为当前森林经营的原则性方法(唐守正, 2006; 陆元昌, 2006)。因此,森林经营评价自然也应该建立在林分状态特征的分析之上。林分的自然度评价和经营迫切性评价,将林分的状态特征和人为干扰因素相结合,已取得较好的结果(赵中华等, 2009)。因此,评价森林经营效果也应该从影响林分经营的关键因子出发。林分经营前后的状态特征通常表现在空间利用程度、物种多样性、建群种的竞争态势及林分组成4个方面,这些因子包括了森林生态系统的生物因子和外界干扰因子,能较全面地反映经营活动对间伐的影响。运用前述因子及状态特征评价方法,对我国不同地理区域的3个森林经营案例进行了评价,初步验证了评价方法的有效性(惠刚盈等, 2010)。

2 森林经营模式评价体系

实现森林可持续经营的基础是拥有健康稳定的森林，因此，现代森林经营的首要目的是培育健康稳定的森林，发挥森林在维持生物多样性和保护生态环境方面的价值，这就要在森林培育和利用中遵循生态优先的原则，保证森林处于一种合理的状态，这种合理的状态表现在合理的结构、功能、其他特征及其持续性上。森林现状既是森林经营历史的体现，也是未来森林发展的基础。

一个有效的经营模式不仅能充分地发挥林地生产力，而且能充分发挥森林的生态和社会效益。因此，对森林经营模式的评价，主要考察某一技术措施实施，并经历一定时段后，其对林分的综合影响是否具有向经营目标方向变化的趋势。森林是以乔木为主体，占有相当大的空间，密集生长，并能显著影响周围环境的生物群落。经营森林必须充分考虑森林的寿命长、个体高大、构成成分复杂、作用多样以及天然更新能力等特点。对森林经营模式的评价不能仅从生产的角度分析投入与产出，还应从技术的角度考虑经营措施对森林自身健康的影响。一种好的经营策略应该是在保障森林健康的前提下获取最大的效益。可见，好的经营模式应该是既在技术上先进又在生产上可行的。也就是说，有效的经营模式必须同时具备技术先进性和生产可行性。

对森林经营模式的有效性的评价应以健康森林、原始群落或地带性顶极群落的状态特征为模板，从森林的现状、历史经营收获和投入 3 个方面来评价，有机结合森林经营模式的技术先进性与生产可行性。

2.1 技术先进性

2.1.1 技术先进性评价方法

将技术先进性 (T_a) 定义为给定经营模式下每投入一个工 (W_d) 使所经营林分状态特征更加接近地带性顶极群落的特征 ($1-D$)，用公式表示为

$$T_a = \frac{1-D}{W_d} \quad (2-1)$$

式中， D ——经营林分与原始群落或地带性顶极群落状态特征上的差异，包括林木空间利用程度、林分组成、物种多样性和建群种的竞争态势等方面；

T_a ——可通过分析给定经营模式下的林分现状而获知，先进的模式应使所

经营的林分更加接近顶极群落的状态特征,这种接近意味着二者之间有小的差异(D)。差异可用遗传绝对距离(具有分布属性)(Bergmann, 1974; Gregorius, 1974, 1984)或相对差异比率(非分布属性)来表达。经营林分与地带性顶极群落状态特征差异可用以下公式计算:

$$D = \left(\sum_{j=1}^m \left| \frac{y_j - x_j}{\max(y_j, x_j)} \right| + \sum_{j=1}^n d_{xy_j} \right) / (m + n) \quad (2-2)$$

式中, y_j ——原始群落或地带性顶极群落的第 j 个特征;

x_j ——现有林的第 j 个特征;

m ——非分布类型的数目;

n ——分布类型的数目;

式 2-3 为遗传绝对距离公式:

$$d_{xy} = \frac{1}{2} \sum_i^k |x_i - y_i| \quad (2-3)$$

式中, x_i ——群落 X 中遗传类型 i 的相对频率;

y_i ——群落 Y 中遗传类型 i 的相对频率;

k ——为遗传类型的数量。

在本研究中, x_i 和 y_i 分别代表原始群落和评价林分的具有分布属性的状态特征指标, k 为状态指标数量。

2.1.2 森林状态评价指标体系

在评价经营模式技术可行性时涉及经营模式林分与原始群落或地带性顶极群落状态特征差异,由于评价森林状态的指标有很多,不同的学者关注的重点和研究的方向不同,因此所选择的指标也有所不同。但总体来说,评价森林状态所选择的指标应该能够从根本上体现林分的特征,各指标对于不同的森林状态表达具有一定的敏感性,也就是说能够体现出森林状态的差别。因此,评价森林状态的指标体系必须遵循一定的原则,力求评价指标体系科学、合理可行。在构建森林状态评价指标体系时遵循科学性和可操作性的原则,科学性即森林状态评价指标体系应当客观、真实地反映森林的特征,并能体现出不同林分类型或处于不同演替阶段的森林群落间的差别,能够准确反映现实林分的状态与原始群落或顶极群落的差距,指标体系建立过程中尽量减少主观性,增加客观性,力求所选择的指标具全面性、代表性、针对性和可比性。可操作性即森林状态评价指标内容应该简单明了,含义明确,易于量化,数据易于获取,指标值易于计算,便于操作,对于经营单位或有关评价部门易于测度和度量,简单实用,容易被广泛地理解和接受,指标体系易于推广,对实践工作有所帮助。

惠刚盈等 (2010) 提出可从林分的空间利用程度、物种多样性、建群种竞争态势和林分组成等 4 方面进行 (图 2-1), 包括乔木覆盖度、林木分布格局、物种多样性指数、林分平均混交度 (树种隔离程度)、竞争压力、树种优势度、树种组成、直径分布和林层数 9 个指标。

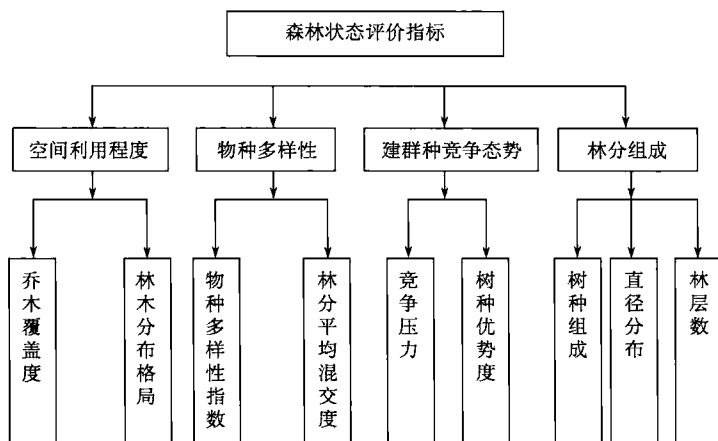


图 2-1 森林状态评价指标体系 1 (惠刚盈等, 2010)

袁士云等 (2010) 在评价森林经营模式有效性时认为技术先进性评价中的森林状态特征应当从物种多样性、林分空间结构、林分组成与径级结构及林分活力等方面体现 (图 2-2), 具体指标包括乔木层多样性、灌木层多样性、草本层多样性、林木分布格局、树种隔离程度、林木竞争程度、林分垂直结构、树种组成、径级结构、单位面积蓄积量、天然更新能力

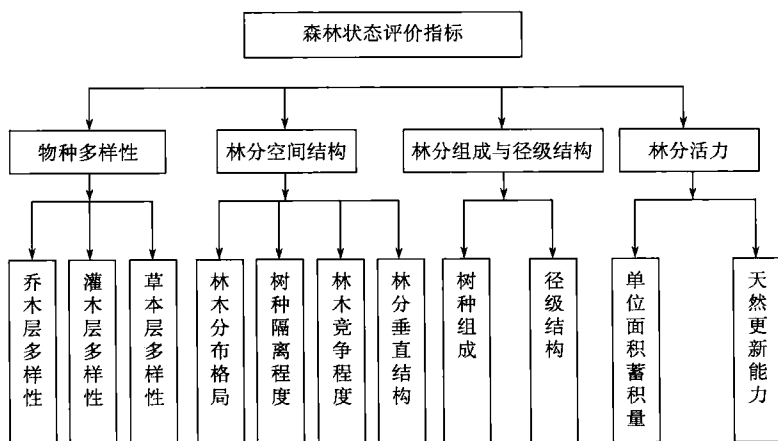


图 2-2 森林状态评价指标体系 2 (袁士云等, 2010)

成、径级结构、单位面积蓄积量和天然更新能力 11 个指标。

如前所述，不同的学者关注的重点不同，选择的森林状态评价指标可能略有不同，对于指标的归类 and 表述也有所不同，但评价指标中都是既有分布属性的指标，也有非分布属性的指标。前者更多的是关注林分的乔木层的状态特征，认为乔木层构成了森林的主体，是决定森林状态特征的主要因素，而后者则将空间利用程度与建群种竞争态势合并表述为林分空间结构，其评价指标相同。袁士云在评价物种多样性时还考虑了灌木层和草本层的多样性，主要评价指标使用了反映物种多样性程度的 Shannon-Wiener 指数、Simpson 多样性指数、Margalef 丰富度指数和反映各物种个体数目分配均匀程度的 Pielou 均匀度指数等来评价不同层次的物种多样性差异。此外，袁士云的方法还增加了林分活力的评价，用林分单位面积蓄积量来衡量林分生产力，用天然更新反映林分发展的可持续能力和林分发展的方向，其中，天然更新能力用林分天然更新幼苗的数量和不同高度级数量的分布两个指标来衡量。但总体而言，二者选择的评价指标差异不大，均能够反映林分的基本状态特征。下面就各评价指标的表达方式及应用的具体指标进行详细说明。

空间利用程度用乔木覆盖度（林分郁闭度）和林木分布格局来表达。

林分郁闭度指单位面积上树冠覆盖地面的程度，是一个反映森林结构和森林环境的重要因子，在一定程度上体现了林分内林木利用空间的程度，是森林调查的一个重要测树因子，同时也是地类划分、林分类型划分、小班区划和林分质量评价等方面的主要指标。

林木分布格局是指林木个体在水平空间的分布状况，它是种群自身的生物学特性、种内种间相互关系以及所处生境异质性等综合作用的空间表现形式，是对初始格局、微环境差异、气候和光照因子、竞争以及单株林木生长特征等综合作用结果的反映，反映了种群个体在水平空间上彼此间的相互关系，是种群生物学特性、种内与种间关系以及环境条件综合作用的结果，是种群空间属性的重要方面，也是种群的基本数量特征之一。格局研究不仅可以对种群和群落的水平结构

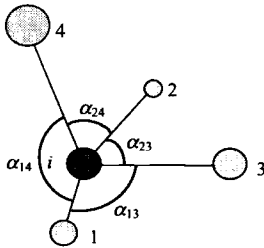


图 2-3 参照树与其相邻最近的树构成的夹角示意图

进行定量描述，给出它们之间的空间关系，同时说明种群和群落的动态变化。林木分布格局运用角尺度来表达。

角尺度的定义：从参照树出发，任意两株最近相邻木的夹角有两个，令小角为 α ，大角为 β ， $\alpha + \beta = 360^\circ$ ，图 2-3 中参照树与其最近相邻木 1 和 4、1 和 3、2 和 3、2 和 4 构成的夹角都是用较小夹角 α_{14} 、 α_{13} 、 α_{23} 、 α_{24} 表示。

角尺度 W_i 被定义为 α 角小于标准角 α_0 ($\alpha_0 = 72^\circ$)