

结构化森林经营方法在阔叶红松林中的应用

赵中华¹, 惠刚盈^{1*}, 胡艳波¹, 李远发¹, 李宇昊²

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091; 2. 国家林业局调查规划设计院, 北京 100714)

摘要:介绍了结构化森林经营的基本理论与主要技术,包括数据调查、林分状态特征分析、经营设计以及经营效果评价等,并以东北阔叶红松林经营实践为例,具体介绍了结构化森林经营方法的应用。应用结构化森林经营方法分析表明,经营阔叶红松林分为次生林状态,经营类型为抚育间伐型,经营迫切性评价等级为比较迫切,经营方向为提高林分的健康水平和顶极树种的优势程度。本次经营调整顶极树种竞争势及树种混交 76 株,采伐不健康林木 122 株。经营后效果评价表明:经营强度属于轻度干扰,顶极树种和主要伴生树种红松、杉松、黄波罗、椴树、核桃楸等的优势度较经营前明显上升,林分中健康林木比例明显上升。本次经营达到了经营目标。

关键词:森林可持续经营;结构化森林经营;经营示例;阔叶红松林

中图分类号:S750

文献标识码:A

Application of Structure-based Forest Management in Broadleaved Korean Pine Mixed Forest

ZHAO Zhong-hua¹, HUI Gang-ying¹, HU Yan-bo¹, LI Yuan-fa¹, LI Yu-hao²

(1. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation of State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. Academy of Forest Inventory and Planning, State Forestry Administration, Beijing 100714, China)

Abstract: The basic theory and technology of the structure-based forest management is introduced and as a example, the application of the structure-based management in broadleaved Korean pine (*Pinus koraiensis*) stand is described, including data surveying, stand state characteristics analysis, management design and management evaluation. The analysis results by the structure-based forest management method show that the managed stands of broadleaved Korean pine forest is secondary forest; the management type is tending thinning and management urgency is urgent; the management direction is to improve forest health and climax species advantage extent. During this management operation, the climax species competitive potential was adjusted and 122 unhealthy trees were removed. The management evaluation results show that the management intensity is mild interference, the dominance of climax species and main associated species increased significantly, such as *Pinus koraiensis*, *Abies holophylla*, *Phellodendron amurense*, *Tilia amurensis*, *Juglans mandshurica*. The proportion of healthy trees in stand significantly increased so that the target of optimizing forest stand is achieved.

Key words: sustainable forest management; structure-based forest management; management example; broadleaved Korean pine

收稿日期: 2012-05-31

基金项目: 国家林业局科技成果推广项目“基于空间结构优化的森林经营技术推广”([2012]9); 林业研究所基本科研业务费专项基金(2724-18)

作者简介: 赵中华(1976—),男,内蒙古巴彦淖尔人,博士,助理研究员,主要从事森林经营研究。

* 通讯作者。

森林可持续经营是现代林业发展的主题,发展多功能林业是我国林业发展的客观要求和必然选择^[1-3]。如何科学的经营、保护和培育森林资源,实现森林多功能经营是当前林学界面临的一项重大课题。18世纪末,德国提出了“永续生产”的理论,对世界森林经营思想的演变产生了深远的影响,森林永续利用的理论成为各国森林经营思想的精髓。20世纪80年代以后,森林可持续经营的思想逐渐形成,其理论探索和研究成为热点,如美国的生态系统经营^[4-6]、德国的近自然森林经营^[7-8]、加拿大的“模式林计划”以及我国近年来发展的森林生态采伐与更新体系^[9-12]等。我国学者惠刚盈等^[13]提出了基于林分空间结构优化的森林经营方法,他依据系统的结构决定系统功能的原理,针对传统森林经营体系和经典植被群落调查在表达森林空间结构特征信息方面存在的问题和不足,提出森林空间结构量化表达方法,并在此基础上,发展了基于空间结构优化的森林经营方法。该方法强调森林空间结构对森林生态系统功能充分发挥的重要性,通过调整森林的空间结构,改善和维护森林生态系统的功能,最终达到森林可持续经营的目标。该方法在我国东北阔叶红松林林区、甘肃小陇山林区以及贵州常绿阔叶混交林区的次生林中开展了经营实践,取得了良好的效果,本文以东北阔叶红松林经营实践为例,介绍结构化森林经营方法的基本原则和应用。

1 结构化森林经营方法

结构化森林经营强调“结构优化”,以区别传统的森林经营。结构化森林经营具有完整的理论与技术体系,包括理论基础、经营原则、调查方法、林分状态分析和结构调整以及经营效果评价等^[13-15]。

1.1 理论基础与经营原则

结构化森林经营以系统的结构决定系统的功能、结构的可解析性及健康森林的结构特征为理论基础,认为正确的表达和解析森林的空间结构,是认识森林的有效途径,健康森林的结构特征是培育森林的目标,创建或维护最佳的森林空间结构,是获得健康稳定森林的重要手段。因此,结构化森林经营遵循以原始林为模板、连续覆盖及生态有益性的原则,同时,结构化森林经营方法认为,经营中针对顶极树种和主要伴生树种的中、大径木的空间结构进行调节^[13]。

1.2 林分状态特征调查与分析方法

在经营前必须进行林分状态特征的调查,主要

方法有大样地法、样方法和无样地抽样调查等3种,调查内容包括传统森林经营调查的内容,如树种、胸径、树高、冠幅、更新、林木健康状况及经营历史等,此外,还增加了林分空间结构参数的调查,包括用于描述林木水平分布格局的角尺度、反映树种多样性与种间隔离程度的混交度以及体现林木竞争态势的大小比数等^[15]。

结构化森林经营在分析林分状态特征时,着重从林分的自然度和经营迫切性2方面开展,并用林分自然度划分现实林分的经营类型^[16]。林分自然度描述森林生态系统保持原生状态的程度,从树种组成、林分结构、树种多样性、林分活力和干扰程度等5个方面选择14个指标,采用层次分析法与熵权法相结合的方法进行计算,并用定性与定量的方法将林分自然度分为7个等级^[16-17]。经营迫切性分析是从健康稳定森林的特征出发,从林分空间特征和非空间特征2个方面选择10个指标,根据评价标准,计算林分迫切性指数,判断林分经营的迫切性等级,并判定林分是否需要经营,为什么要经营,调整哪些不合理的林分指标能够使林分向健康稳定的方向发展^[18]。林分自然度评价明确了林分的经营类型,林分经营的迫切性评价回答了林分需要经营的紧急程度,并确定需要调整的指标,因此,林分自然度评价和林分经营迫切性评价是确定森林经营方向的重要依据。

1.3 结构化森林经营空间结构调整技术

结构化森林经营在经营设计时首先要根据林分自然度划分的经营类型及经营迫切性评价结果,明确森林经营方向;然后依据经营原则,标记林分中的培育对象和采伐对象。全部保留林分中的稀有种、濒危种和散布于其中的古树,采伐病腐木、断梢木及特别弯曲的林木,达到自然成熟(目标直径)的林木也进行采伐利用,最后针对顶极树种和主要伴生树种的中、大径木进行空间结构调整。本文主要介绍空间结构调整技术。

1.3.1 运用角尺度调整林木的分布格局 众多研究表明,森林群落经过漫长的自然演替,顶级群落的水平分布格局应为随机分布。因此,林木分布格局调整要对林分分布格局为团状分布或均匀分布向随机分布调整。当林木分布格局为团状分布时,则林分中培育对象与其最近4株相邻木构成的结构单元,若其角尺度值(W)为1.00或0.75,则聚集分布在培育对象同侧的最近相邻木为潜在的调整对象

(图 1),采伐木选择时要综合考虑竞争关系、多样性和树种混交等因素。当林木分布格局为均匀分布时,则林分中以培育对象与其最近 4 株相邻木构成的结构单元,若其角尺度值(W)为 0.00 或 0.25,则均匀分布在培育对象周围的最近相邻林木为潜在调整对象(图 2),同样在进行调整时要综合考虑目标树与其它相邻木的竞争关系、树种混交以及多样性等因素。

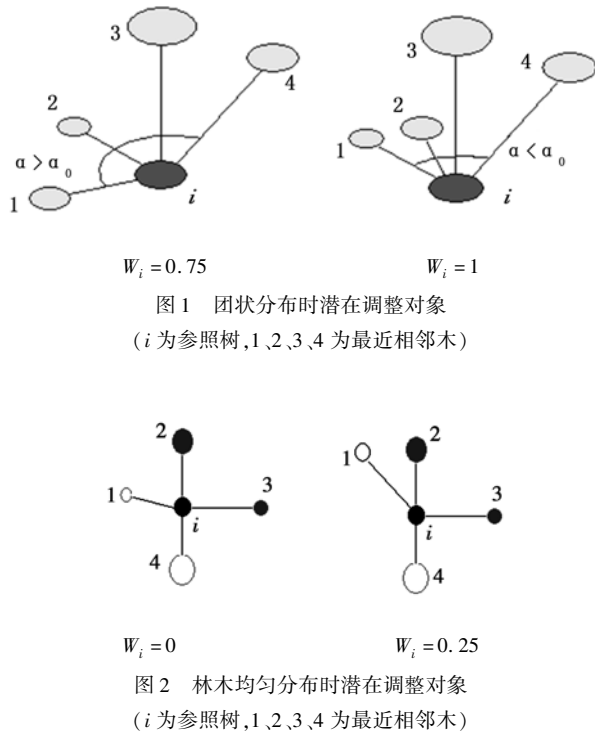


图 1 团状分布时潜在调整对象
(i 为参照树,1、2、3、4 为最近相邻木)

图 2 林木均匀分布时潜在调整对象
(i 为参照树,1、2、3、4 为最近相邻木)

1.3.2 运用混交度调整树种隔离程度 运用混交度调整树种隔离程度时,林分中培育对象与其最近 4 株相邻木构成的结构单元,若其混交度值(M)为 0.00 或 0.25,则培育对象的最近相邻木作为潜在调整对象(图 3),调整时考虑林木的分布格局和竞争关系,伐除与参照树为同种的最近相邻木,减小相同树种对资源的竞争。

1.3.3 运用大小比数调整树种竞争关系 大小比数可以用胸径、树高或冠幅作为比较指标,它量化了参照树与其相邻木的大小相对关系。在经营中,调节树种竞争关系主要是针对顶极树种或主要伴生树种的中、大径木进行调整,因为,对林分中所有的林木进行调节是不可能的,也是不必要的。调整时应以减少目标树的竞争压力为原则,使保留木处于优势地位或不受到挤压威胁,即对于林分中培育对象与其最近 4 株相邻木构成的结构单元,其大小比数(U)为 1.00 或 0.75 时(图 4),将比较指标大于培育

对象的最近相邻木作为潜在调整对象,使调整后的大小比数不大于 0.25。

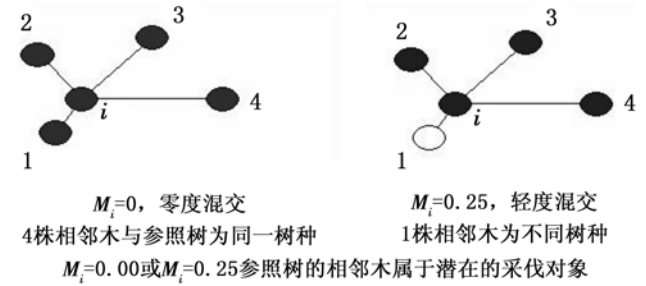


图 3 需要调整混交度的单木分布
(i 为参照树,1、2、3、4 为最近相邻木)

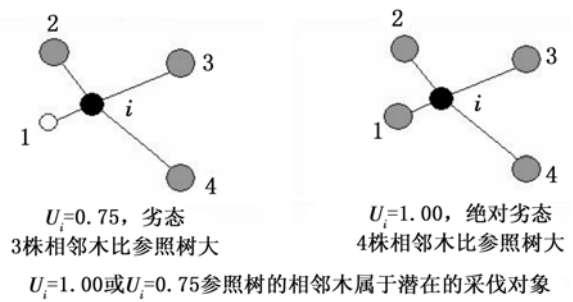


图 4 需要调整大小比数的单木分布
(i 为参照树,1、2、3、4 为最近相邻木)

1.4 经营效果评价

传统的森林经营效果评价以功能评价为主,主要采用产量对比法或投入产出分析法,但由于林业生产周期长、见效慢的特点,导致运用功能评价的方法具有一定的滞后性,不能掌握经营活动对森林各项指标的影响,从而不能在经营过程中及时调整经营措施,如果在经营过程中采取的措施不当,往往会造成事与愿违的结果^[18]。结构化森林经营注重林分状态特征分析,通过分析林分状态而确定林分的经营方向,因此,结构化森林经营效果评价也必然建立在林分状态特征的评价之上。结构化森林经营通过对经营前后林分空间利用程度、物种多样性、建群种的竞争态势以及林分组成等方面指标的变化,来评价经营效果。

2 在阔叶红松林中的应用示例

2.1 林分数据调查

以东北阔叶红松经营林分为例介绍结构化森林经营的应用。试验区位于吉林省蛟河林业实验区管理局东大坡经营区 52 林班内(127°35'~127°51' E, 43°51'~44°05' N),经营样地面积为 100 m × 100 m。

研究区植被类型属于温带针阔混交林区域——温带针阔混交林地带—长白山地红松、杉松针阔混交林区,主要植物属于长白植物区系,气候属温带大陆性

季风山地气候,土壤为肥力较高的暗棕壤,森林类型为红松针阔混交林。林分经营前的基本特征见表1。

表1 经营林分的基本特征

林分	坡度(°)	坡向	平均海拔/m	郁闭度	树种数	断面积/(m ² ·hm ⁻²)	林分平均直径/cm	密度/(株·hm ⁻²)
东北阔叶红松林	17	西北坡	660	0.85	20	31.3	18.1	1 186

2.2 林分状态特征及经营方向

表2是根据林分调查数据,从林分的结构特征、

树种多样性、更新及干扰程度等方面对经营林分的状态特征、自然度和经营迫切性进行了分析。

表2 经营林分状态特征

林分类型	直径分布	分布格局(角尺度)	树种隔离程度	顶极树种优势度	林层/层	Simpson指数	Peliou指数	天然更新	采伐强度/%	枯立木	自然度值	自然度等级	经营迫切性值	经营迫切性等级	林分经营类型
东北阔叶红松林	倒“J”型	0.494	0.779	0.314	2.2	0.879	0.718	良好	15	<5%	0.698	5	0.330	比较迫切	抚育间伐型

表2表明:经营林分为次生林状态,林分经营类型为抚育间伐型,经营迫切性评价等级为比较迫切。追溯经营迫切性评价可知:样地中顶极树种无论是在株数组成上,还是在断面积组成方面均不占优势,运用大小比数与断面积相结合的优势程度计算公式可知,顶极树种红松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)的优势度为0.205,小于评价标准值;树种组成中,只有椴树(*Tilia amurensis* Rupr.)和色木槭(*Acer mono* Maxim.)的断面积比例达到了一成以上,因此,提高该林分中顶极树种的优势程度,调整树种组成是进行经营的一个方向。此外,在该样地中,有许多林木个体断梢、弯曲,甚至空心、病腐,不健康林木株数比例超过了10%,因此,提高林木的健康水平也是该林分经营的一个方向。

2.3 经营设计

本次经营调整了顶极树竞争势及树种混交,共计76株,表3为因调整顶极树种及主要伴生树种的竞争优势及树种混交而确定的其它采伐木的基本属性及采伐原因。由3可以看出:根据经营方向,在本次经营中,调整了顶极树种和主要伴生树种的优势程度,对结构单元中影响红松、沙松(*Abies holophylla* Maxim.)、核桃楸(*Juglans mandshurica* Maxim.)和水曲柳(*Juglans mandshurica* Maxim.)生长的林木进行了调整,同时,针对个别林木的混交和分布格局进行了调整。根据外业调查结果,林分中共有122株不健康林木,不健康的原因主要有病虫害、断梢、弯曲、空心等,为避免滋生病害,本次经营首先将不健康林木全部列为采伐木,其中,暴马子(*Syringa reticulata*

subsp. *amurensis* (Rupr.) Pringle)7株,白扭槭(*Acer mandshurica* Maxim.)4株,稠李(*Padus racemosa* (Lam.) Gilib.)1株,椴树8株,枫桦(*Betula costata* Trautv.)4株,红松2株,核桃楸4株,柳树(*Salix matsudana* Koidz)1株,裂叶榆(*Ulmus laciniata* (Trautv.) Mayr)1株,蒙古栎(*Quercus mongolica* Fisch.)1株,水榆花楸(*Sorbus alnifolia* (Siebold et Zucc.) C. Koch)4株,千金榆(*Carpinus cordata* Bl. var. *cordata*)35株,青楷槭(*Acer tegmentosum* Maxim)12株,色木槭15株,沙松8株,大青杨(*Populus ussuriensis*. Kom.)5株,榆树(*Ulmus davidiana* var. *japonica* (Rehd) Nakai)10株。

2.4 经营效果评价

从空间利用程度、树种多样性、建群种的竞争态势以及林分组成等方面对经营后的红松阔叶林分进行评价,结果表明:经营后的林分郁闭度为0.8,符合连续覆盖的原则,按断面和株数计算的经营采伐强度分别为14.1%和16.4%,属于轻度干扰。将林分中所有的不健康林木全部伐除,有效地改善了林分 and 林木的健康状况。经营后的林分平均角尺度为0.490,仍为随机分布,直径分布仍为倒“J”型。树种多样性指数在经营前后基本保持不变,林分平均混交度为0.792,较经营前略上升,红松在林分中的相对显著度明显上升,由经营前的8.26%上升到经营后的9.57%。顶极树种红松、杉松、黄波罗(*Phellodendron amurense* Rupr)、椴树、核桃楸的优势度从经营前的0.230、0.215、0.113、0.281、0.249分别上升到经营后的0.264、0.227、0.122、0.302和0.258。

表3 结构调整设计采伐木情况

树号	树种代码	胸径/cm	角尺度	混交度	大小比数	采伐原因	树号	树种代码	胸径/cm	角尺度	混交度	大小比数	采伐原因
10	SMQ	43.2	0.50	1.00	0.00	与红松竞争	738	QJY	11.3	0.75	0.75	0.75	与沙松竞争
13	DS	34.1	0.50	0.50	0.50	与红松竞争	765	QJY	5.0	0.50	0.25	1.00	调节混交
14	DS	17.5	0.75	0.50	1.00	与红松竞争	776	HTQ	19.5	0.25	0.75	0.50	与红松、沙松竞争
24	QKQ	9.2	0.25	1.00	0.50	与水曲柳竞争	903	QKQ	6.3	1.00	0.25	1.00	调节混交
32	DS	18.1	0.25	0.25	0.75	与水曲柳竞争	904	QKQ	8.2	0.75	0.25	0.50	调节混交
56	QJY	12.4	0.50	0.75	0.25	与红松竞争	935	YS	44.8	0.50	0.75	0.00	与红松、沙松竞争
60	QJY	10.5	0.75	0.75	0.75	与水曲柳竞争	936	YS	37.9	0.75	0.75	0.25	与红松、沙松竞争
68	BNQ	6.8	0.00	1.00	0.75	挤压黄菠萝	953	QKQ	11.7	0.25	1.00	0.50	与红松竞争
75	QJY	6.4	0.75	0.25	1.00	调节混交	964	QJY	10.0	0.25	1.00	0.75	与红松竞争
85	DS	14.7	0.50	0.50	0.75	与红松竞争	1004	SMQ	6.2	0.50	0.00	1.00	调节混交
102	DS	8.1	0.50	1.00	0.75	影响红松	1011	SMQ	6.2	0.25	0.75	0.50	调节混交
106	QKQ	21.2	0.50	1.00	0.25	与红松竞争	1018	SMQ	9.5	0.75	0.50	0.25	调节格局
168	MGL	16.6	0.25	1.00	0.50	与核桃楸竞争	1025	SMQ	6.6	0.75	0.50	1.00	调节格局
169	QJY	14.7	0.50	1.00	0.75	与核桃楸竞争	1036	QJY	5.0	0.50	0.25	1.00	调节混交
248	QJY	10.2	0.50	1.00	0.50	与核桃楸竞争	1048	QJY	13.0	0.75	0.75	0.25	影响红松
253	DS	15.3	0.50	1.00	0.75	与核桃楸竞争	1066	QJY	6.8	0.50	0.50	1.00	调节混交
254	QJY	18.8	0.75	0.75	0.25	与核桃楸竞争	1085	QJY	8.5	0.50	0.50	0.75	调节混交
277	QKQ	7.8	0.25	1.00	0.50	与红松竞争	1087	YuS	8.8	0.75	0.50	0.50	调节混交
317	QKQ	5.9	0.75	1.00	1.00	影响核桃楸	1089	QJY	8.0	0.50	0.50	0.75	调节混交
346	QJY	8.2	0.75	0.75	0.75	与沙松竞争	1151	QJY	6.1	0.50	1.00	0.75	调节混交
347	DS	21.4	0.25	1.00	0.25	与沙松竞争	1191	QJY	13.7	0.25	0.75	0.50	与核桃楸竞争
371	QJY	8.5	0.25	1.00	0.75	影响红松	1203	SYHQ	10.6	0.50	0.75	0.50	与核桃楸竞争
401	DS	6.3	0.50	0.75	1.00	与红松竞争	1222	SMQ	11.7	0.50	1.00	0.00	影响红松
437	SMQ	48.8	0.50	0.75	0.00	成熟	1223	SYHQ	8.2	0.50	1.00	0.25	影响红松
489	QKQ	9.0	0.50	0.50	0.25	调节混交	1239	QJY	8.3	0.50	0.75	0.50	影响红松
508	QJY	8.5	0.50	0.75	0.75	影响红松	1241	QJY	8.8	0.75	0.25	0.50	调节混交
512	QJY	10.7	0.50	0.75	0.75	与红松竞争	1242	QJY	9.3	0.50	0.50	0.50	调节混交
519	QJY	19.5	0.50	0.75	0.25	与沙松竞争	1253	SMQ	9.9	0.50	0.50	0.25	影响红松
541	QJY	11.8	0.50	0.50	0.25	与水曲柳竞争	1255	SMQ	7.5	0.50	0.75	0.75	影响红松
564	HTQ	15.2	0.50	0.75	0.25	与红松竞争	1260	FH	21.1	0.25	1.00	0.00	与红松、核桃楸竞争
588	QJY	5.9	0.25	0.50	1.00	调节混交	1262	QJY	8.9	0.50	1.00	0.50	影响红松
589	QJY	9.2	0.25	0.50	0.25	影响沙松	1292	SYHQ	6.3	0.50	1.00	0.25	影响红松
613	QJY	11.3	1.00	1.00	0.50	与红松、沙松竞争	1329	QJY	5.7	0.50	0.25	0.75	调节混交
615	QKQ	9.1	0.25	0.25	0.75	调整混交	1351	SMQ	12.0	0.75	0.50	0.00	与红松竞争
616	QKQ	13.8	0.75	0.25	0.50	与水曲柳竞争	1352	SMQ	9.1	0.50	0.50	0.75	影响红松
684	QJY	8.4	0.50	1.00	0.75	影响红松	1356	SMQ	13.3	0.50	0.75	0.00	与沙松竞争
692	QJY	7.1	0.25	0.75	1.00	影响红松							

注: BNQ 白牛槭、DS 椴树、FH 枫桦、HTQ 核桃楸、SYHQ 苗榆、MGL 蒙古栎、QJY 千金榆、QKQ 青楷槭、SMQ 色木槭、YS 杨树、YuS 榆树。

3 结论与讨论

培育健康稳定的森林是实现森林可持续经营的基础,是现代森林经营的首要目的。结构化森林经营从系统的结构决定系统功能这一原理出发,认为唯有创建或维护最佳的森林空间结构,才能获得健康稳定的森林。面对现实林分,结构化森林经营注

重林分的状态特征,首先对其进行全面的评价,确定林分的经营方向,也就是说,通过状态分析来确定林分哪些指标需要调整?向哪个方向进行调整?这为制定经营措施提供了基础和依据,做到了有的放矢。在经营过程中,结构化森林经营既注重林木个体的健康状况,又注重改善林分的空间结构状况。在阔叶红松林中的经营示例中,由于不健康林木的比例

较大,在经营时首先对这些林木进行了伐除,这不仅保证了林木个体的健康,同时也提升了林分整体的健康水平,在此基础上,再针对顶极树种和主要伴生树种的中、大径木开展分布格局、树种混交和竞争调节才更有意义。

培育健康稳定的森林是一个长期的过程,不可能通过一次经营就解决所有的问题^[19],因此,要在充分考虑森林演替规律的基础上,定期对现实林分的状态特征进行分析评价,根据经营单位的实际情况和经营能力适时做出经营规划,使森林循序渐近地向健康稳定的方向发展,最终实现森林可持续经营。

参考文献:

- [1] 中国可持续发展林业战略研究总论[M]. 北京:中国林业出版社,2002:65-85
- [2] 张守攻,朱春全,肖文发. 森林可持续导论[M]. 北京:林业出版社,2001
- [3] 中国林学会. 2006—2007 林学学科发展报告[J]. 林业科学, 2007,43(4):141-142
- [4] 徐化成. 中国红松天然林[M]. 北京:中国林业出版社,2001
- [5] 赵士洞,汪业勛. 生态系统管理的基本问题[J]. 生态学杂志, 1997,16(4):35-38
- [6] 王彦辉,肖文发,张星耀,森林健康监测与评价的国内外现状和发展趋势[J]. 林业科学,2007,43(7):78-85
- [7] 彭舜磊,王德祥. 秦岭主要森林类型自然度评价[J]. 林业科学, 2011,47(1):135-142
- [8] 邵青还. 对近自然林业理论的诠释和对我国林业建设的几项建议[J]. 世界林业研究,2003,16(6):1-5
- [9] 亢新刚. 森林资源经营管理[M]. 北京:中国林业出版社,2001
- [10] 唐守正. 东北天然林生态采伐更新技术研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,2005
- [11] 张会儒,唐守正. 森林生态采伐理念[J]. 林业科学,2008:44(10):127-131
- [12] 张会儒,唐守正. 森林生态采伐研究简述[J]. 林业科学,2007, 43(9):83-87
- [13] 惠刚盈, von Klaus Gadow, 胡艳波, 等. 结构化森林经营[M]. 北京:中国林业出版社,2007
- [14] 惠刚盈,胡艳波,赵中华. 再论结构化森林经营[J]. 世界林业研究, 2009,22(1):14-19
- [15] 惠刚盈,赵中华,胡艳波. 结构化森林经营指南[M]. 北京:中国林业出版社,2010
- [16] 赵中华. 基于林分状态特征的森林自然度评价研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2009:35-51
- [17] 赵中华,惠刚盈. 基于林分状态特征的森林自然度评价——以甘肃小陇山林区为例[J]. 林业科学,2011,47(12):9-16
- [18] 孙培琦,赵中华,惠刚盈,等. 天然林林分经营迫切性评价方法及其应用[J]. 林业科学研究,2009,22(3):343-348
- [19] 胡艳波,惠刚盈. 优化林分空间结构的森林经营方法探讨[J]. 林业科学研究, 2006,19(1):1-8