

DOI:10.12171/j.1000-1522.20210435

马尾松人工林不同经营方式短期经济效益分析

张可欣¹ 刘宪钊¹ 雷相东¹ 贾宏炎² 唐继新² 国红¹

(1. 中国林业科学研究院资源信息研究所森林经营与生长模拟国家林业局重点实验室, 北京 100091;

2. 中国林业科学研究院热带林业实验中心, 广西 凭祥 532600)

摘要:【目的】明晰3种不同经营方式在不同规格径材出材量和经济效益方面的差异,为营林项目经济可行性和森林可持续发展提供参考。【方法】以中国林业科学研究院热带林业实验中心马尾松人工林为研究对象,选取近自然化改造、常规经营(轮伐期经营)和无经营活动3种经营方式下林分持续10年(2008—2018年)的观测数据,采用现金流和重置成本法分别计算大、中、小径材的木材价值和补植阔叶树种的苗木价值,通过财务静态、动态经济指标和敏感性分析法来评价3种经营方式的经济可行性与风险承受能力,综合比较3种经营方式的经济效益。【结果】(1)3种经营方式下马尾松材种结构动态变化存在明显不同:10年间,近自然化改造林分大径材出材量由1.22 m³增长至56.85 m³、中径材出材量由23.34 m³增长至79.57 m³、小径材出材量由69.79 m³减少至68.76 m³;常规经营林分大径材出材量由0.29 m³增长至38.97 m³、中径材出材量由22.51 m³增长至90.89 m³、小径材出材量由80.69 m³减少至78.83 m³;对照林分大径材出材量由0.25 m³增长至27.97 m³、中径材出材量由20.95 m³增长至93.69 m³、小径材出材量由189.39 m³减少至181.98 m³。(2)10年间,近自然化改造林分、常规经营林分和对照林分的净利润动态均呈单调递增趋势,投资利润率动态分别为单调递增、先增高再降低和单调递减趋势。在第10年,近自然化改造林分、常规经营林分和对照林的净现值分别为594、265、193,净利润分别为87 384.96、85 745.21和71 935.09元/hm²,投资利润率分别为8.02%、7.92%和5.95%。10年间,近自然改造方式中冠下补植阔叶树种的苗木价值持续增加,苗木收益在营林总收益中的占比(*W*值)呈增高、降低、增高、降低的波浪动态,在第4~6年,大叶栎、灰木莲等乡土速生树种达到中、小径材标准,*W*值降低至11.26%,在第8~10年,随着红锥、格木、香梓楠等珍贵树种达到小径材标准,*W*值再次降至11.93%。【结论】3种经营方式的马尾松人工林都为经济可行性投资。近自然化改造初期营林成本较高,但更有利于培育大径材、促进乡土珍贵和速生树种资源后续的开发和利用,满足不同市场的需求;轮伐期经营倾向于单一树种的抚育经营,追求速生丰产和相对集约化管理;无经营措施林分大径材比例低,天然更新稀少,不利于森林资源的可持续利用。

关键词: 马尾松; 近自然化改造; 轮伐期经营; 经济效益; 重置成本法

中图分类号: S757 文献标志码: A 文章编号: 1000-1522(2022)05-0043-12

引文格式: 张可欣, 刘宪钊, 雷相东, 等. 马尾松人工林不同经营方式短期经济效益分析[J]. 北京林业大学学报, 2022, 44(5): 43-54. Zhang Kexin, Liu Xianzhao, Lei Xiangdong, et al. Short-term economic benefit analysis under different management modes of *Pinus massoniana* plantation[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2022, 44(5): 43-54.

Short-term economic benefit analysis under different management modes of *Pinus massoniana* plantation

Zhang Kexin¹ Liu Xianzhao¹ Lei Xiangdong¹ Jia Hongyan² Tang Jixin² Guo Hong¹

(1. Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Forest Management and Growth Modelling, State Forestry and Grassland Administration, Beijing 100091, China;

2. Experimental Center of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Pingxiang 532600, Guangxi, China)

Abstract: [Objective] This paper aims to clarify the differences in the yield and economic benefits of three

收稿日期: 2021-11-02 修回日期: 2021-11-17

基金项目: 公益性科研院所基本科研专项重点项目(CAFYBB2019ZB005), “十三五”国家重点研发计划(2016YFD060020501)。

第一作者: 张可欣。主要研究方向: 森林可持续经营理论与技术。Email: 18043452940@163.com 地址: 100091 北京市海淀区香山南路小府1号中国林业科学研究院资源信息所。

责任作者: 刘宪钊, 副研究员。主要研究方向: 森林可持续经营理论与技术。Email: lxz9179@163.com 地址: 同上。

本刊网址: <http://j.bjfu.edu.cn>; <http://journal.bjfu.edu.cn>

different management modes in varied specifications of diameter timber, as well as to provide reference for the economic feasibility of forest management projects and forest sustainable development. [Method] Taking the *Pinus massoniana* plantation in the Experimental Center of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry Sciences as the research object, the observation data of the stand for 10 years (2008–2018) under the three management modes of near-natural transformation, conventional management (rotation operation) and control sample plot were selected. The wood values of large, medium and small diameter timber and the seedling value of replanted broadleaved trees were calculated by cash flow and replacement cost method, respectively. Dynamic economic indicators and sensitivity analysis method were used to evaluate the economic feasibility and risk tolerance of the three management modes, and the economic benefits of three management modes were comprehensively compared. [Result] There were obvious differences in the dynamic changes of wood structure of *P. massoniana* under the three management modes. From the 2nd to 10th year, the yield of large diameter timber increased from 1.22 to 56.85 m³, the yield of medium diameter timber increased from 23.34 to 79.57 m³, and the yield of small diameter timber decreased from 69.79 to 68.76 m³. In the mode of rotation management, yield of large diameter timber increased from 0.29 to 38.97 m³, the yield of medium diameter timber increased from 22.51 to 90.89 m³, the yield of small diameter timber decreased from 80.69 to 78.83 m³. In the mode of control management, the yield of large diameter timber increased from 0.25 to 27.97 m³, the yield of medium diameter timber increased from 20.95 to 93.69 m³, and the yield of small diameter timber decreased from 189.39 to 181.98 m³. During the past 10 years, the net profit (NP) under the three management modes of the near-naturalized transformed stand, the rotation management stand and the control all showed monotonous increasing trend, and the return on investment (ROI) of the three management modes showed a monotonous increasing trend, first increasing and then decreasing trend according to the above sequence. In the 10th year, the net present value of the near-naturalized transformed stand, the conventional management stand and the control were 594, 265, 193, respectively, the NP was 87 384.96, 85 745.21 and 71 935.09 CNY/ha, and the ROI was 8.02%, 7.92% and 5.95%, respectively. In the past 10 years, the seedling value of broadleaved tree species replanted under the crown continued to increase under the near-natural transformation mode, and the proportion of seedling value to stand economic income (*W* value) presented the trend of increasing-decreasing-increasing-decreasing. In the 4th–6th year, the fast-growing native tree species such as *Quercus griffithii* and *Manglietia conifera* reached the standard of medium and small diameter timber, and the *W* value decreased to 11.26%. In the 8th–10th year, as the *Castanopsis hystrix*, *Erythrophloeum fordii*, *Michelia hedyosperma* and other precious tree species reached the standard of small diameter timber, the *W* value decreased again to 11.93%. [Conclusion] The *P. massoniana* plantation under three management modes are economically feasible investments. The initial cost of near-natural transformation is higher, but it is more conducive to cultivating large diameter timber, promoting the subsequent development and utilization of native precious and fast-growing species resources, and meeting the needs of different markets; the conventional management (rotation operation) tends to single tree species nurturing management, pursuing fast-growing and abundant production and relatively intensive management; the proportion of large diameter timber in the stand without management measures is lower, and natural regeneration is scarce, which is not conducive to the sustainable use of forest resources.

Key words: *Pinus massoniana*; near-natural transformation; conventional management (rotation operation); economic benefit; replacement cost method

经营良好的人工林可以持续不断提供优质木材和其它林产品, 同时在增加森林碳汇、缓解气候变化、提高区域生态安全、促进生物多样性等诸多方面

发挥重要作用^[1-3]。鉴于人工林发展的重要性, 国内外诸多学者在森林经营方式和经济效益方面开展研究, 从以皆伐为特征的轮伐期经营, 到以择伐为特征

的近自然化改造和多功能森林经营,再到以生态系统完整性、多样性、复杂性为特征的结构化森林经营和生态系统森林经营,不同经营方式能够提高森林多种效益,但是在经济效益的提高上存在差异^[4-8]。

我国人工林目前主要采用轮伐期经营和近自然经营两种经营方式,轮伐期经营以周期性密度调控和数量成熟的皆伐为技术特征,实现结构简单的同龄纯林,以速生丰产为目标,具有集约性强、操作简易的特点,但长期短轮伐、纯林连作的经营方式会导致林分生产力下降、地力衰退^[9-10]。近自然经营是以目标树择伐为技术特征,促进天然更新,实现多树种、多层次的异龄混交林,以永续覆盖和多品质产品生产为目标,具有改善林分结构、促进生物多样性的特点,与轮伐期经营相比,在维持地力、森林可持续生产和生态服务功能上具有明显优势,更符合当前多种功能效益综合发挥的林业发展需求,契合“绿水青山就是金山银山”重要思想^[11-13]。

林业经济效益反映了人们在经营林业生产过程中“投入与产出”的对比,它表现为营林生产、森林采伐运输、木材加工和林产化学等一系列林业经济活动合乎目的的程度,包括满足人们的物质需求和经济利益^[14]。用于评价林业经济效益的分析方法主要有定性分析、定量分析以及定性、定量相结合分析,如广义综合评价法、效益-成本分析法、生产率变化法和能量分析法等^[15-17]。至今为止,用材林经济效益研究案例主要以成熟林分的木材价值为主^[18-20]。未达到经济成熟、无法采伐的中幼龄林价值评价的研究相对较少,目前大多数都使用立地价格法、重置成本法、收入法和内部收益率法。当掌握林分特征因子,如树种、胸径和造林密度等指标时,重置成本法是较为合适的计算方法^[21-24]。

马尾松(*Pinus massoniana*)是亚热带地区荒山绿化和造材的主要树种,在保障区域生态安全和木材需求上发挥着重要的作用^[25-26]。作为马尾松中心产区重要的实验基地,中国林业科学研究院热带林业实验中心在近自然经营理念的指导下,以轮伐期经营的马尾松人工纯林为对象,于2007—2008年开展近自然化改造,进行目标树标记、干扰树采伐和乡土阔叶树种补植,已经在优化林分结构、提高树种多样性、改良土壤养分、促进目标树和保留木生长等方面取得诸多生态效益^[27-28],但近自然化改造后的经济效益一直没有开展系统研究。基于此,本研究以近自然化改造、轮伐期经营和无经营措施的3种马尾松人工林为对象,(1)比较3种经营方式林分大、中、小径材出材量的差异;(2)采用现金流、重置成本法分别计算大、中、小径材的木材价值和补植阔叶

树种的苗木价值;(3)结合财务经济指标和市场敏感性分析,综合比较3种经营方式马尾松人工林的经济效益,为马尾松人工林营林项目经济可行性和森林可持续经营提供参考。

1 研究区概况与研究方法

1.1 试验地概况

研究区位于广西壮族自治区凭祥市中国林业科学研究院热带林业实验中心,地理位置为21°57'47"~22°19'27"N, 106°39'50"~106°59'30"E。属于南亚热带湿润半湿润气候,干湿季节分明,光、水、热资源丰富。全年气候变化鲜明,半年高温多雨,半年温凉少雨,年均降雨量为1 200~1 500 mm,年蒸发量为1 261~1 388 mm,相对湿度为80%~84%;年平均气温为20.5~21.7℃,最高温度可达到40.3℃,最低温度可达到-1.5℃,日照充足。地貌以山地丘陵为主,海拔130.0~1 045.9 m,大多数地区分布在500~800 m之间。成土母岩主要有泥质砂岩、砾状灰岩、花岗岩和石灰岩等,土壤主要有红壤、砖红壤。

1.2 试验设计

研究对象为中国林业科学研究院热带林业实验中心伏波实验林场1993年造林的马尾松人工林,初植密度为2 500株/hm²,在2000年(造林第7年)进行第一次透光伐。为开展不同经营方式的试验研究,在2007年进行不同强度的抚育间伐:

(1)常规经营(轮伐期经营)林分在2007年进行间伐,蓄积强度为20%~25%,林分株数密度为1 100~1 200株/hm²。根据热林中心生产经营计划要求,在2013年再次进行间伐,蓄积强度为20%~30%。

(2)近自然化改造林分在2007年采用中高强度间伐,蓄积强度为55%~60%,保留密度425~500株/hm²,同时补植珍贵树种和速生树种,主要有红锥(*Castanopsis hystrix*)、格木(*Erythrophloeum fordii*)、香樟楠(*Michelia hedyosperma*)、大叶栎(*Quercus griffithii*)、灰木莲(*Manglietia conifera*)等,补植密度为625~700株/hm²,补植后,林分总株数密度为1 100~1 200株/hm²。

(3)对照林分在2007年第一次抚育间伐(蓄积强度20%~25%)后,不再进行任何抚育措施,林分总株数密度为1 100~1 200株/hm²。

1.3 样地调查方法

在常规经营(轮伐期经营)、近自然化改造和对照3种林分中各设置4块样地,样地采用半径11.29 m的圆形样地,面积400 m²。在2008年进行第一次数据调查,此后每2年进行复测,对样地内胸径≥5 cm

的乔木,高度>30 cm、胸径<5 cm的幼树进行每木检尺,采用胸径尺、测高仪实测样方内胸径、树高,记录林木的树种名、胸径、树高等信息,调查灌木的种类、株数、树高,样地林分信息如表1所示。

表 1 不同经营方式马尾松人工林样地信息

Tab. 1 Sample plot information of *Pinus massoniana* plantation under different management modes

试验 编号 Test No.	样地数量 Sample plot number	2008				2013				2018			
		密度/ (株·hm ⁻²) Density/ (tree·ha ⁻¹)	平均 胸径 Mean DBH/cm	平均 树高 Mean tree height/m	平均单 株材积 Average volume per plant/ m ³	密度/ (株·hm ⁻²) Density/ (tree·ha ⁻¹)	平均 胸径 Mean DBH/cm	平均 树高 Mean tree height/m	平均单 株材积 Average volume per plant/m ³	密度/ (株·hm ⁻²) Density/ (tree·ha ⁻¹)	平均 胸径 Mean DBH/cm	平均 树高 Mean tree height/m	平均单 株材积 Average volume per plant/m ³
A	4	468	20.54	17.22	0.26	462	24.93	19.45	0.42	343	32.03	22.34	0.76
A1	4	688	0.77	0.78		460	7.57	6.52	0.04	493	9.68	9.65	0.09
B	4	1 243	18.69	16.16	0.20	781	20.42	17.15	0.25	656	26.54	20.17	0.48
C	4	1 237	18.35	15.96	0.19	1 212	20.28	17.07	0.25	1 000	23.85	18.93	0.37

注: A.近自然化改造林分, A1.近自然化改造珍贵树种, B.常规经营林分, C.对照林分。下同。调查数据自2008年开始,每2年复测一次,2013年常规经营林分数据由2014年调查数据依照各树种生长率^[29]预测得到。2008年林分中珍贵树种胸径均小于5 cm,无法计算平均单株材积。Notes: A, near-naturalized transformation stand; A1, precious tree species under near-naturalized transformation; B, stand under rotation management; C, control stand. The same below. The survey data have been retested every two years since 2008, the data of rotation management stand in 2013 are obtained from the survey data in 2014 according to the growth rate forecast of each tree species^[29]. In 2008, the DBH of precious tree species in the stand is less than 5 cm, so it is impossible to calculate the average volume per plant.

1.4 数据处理

按照马尾松、补植阔叶树种进行分类整理,以2 cm为径阶距绘制径阶-株数曲线图,比较分析3种经营方式林分水平结构差异。按照相关标准^[30]将林木划分为大、中、小径材以及苗木,计算3种经营方式大、中、小径材木材价值以及苗木价值。

1.5 苗木价值计算

本研究采用重置成本法^[14]计算补植阔叶树种的苗木价值,计算公式为:

$$E_t = K \times \sum_{i=1}^a C_i \times (1+i)^{a-t+1}$$
 (1)

式中: E_t 为第 t 年苗木价值评估值, K 为林分质量综合调整系数, C_t 为第 t 年的生产成本, a 为林分年龄, i 为投资收益率。

按照《森林资源资产评估技术规范(LY/T 2407—2015)》^[31],林分质量综合调整系数 K 值由株数调整系数 K_1 和树高调整系数 K_2 确定,其表达式如下:

$$K = K_1 \times K_2$$
 (2)

株数调整系数 K_1 由株数保存率 r 确定,株数保存率 r 指某一年度的造林,达到有效造林标准或成林验收标准的造林株数与造林设计总株数的百分比。

$$r = \frac{N_1}{N_2} \times 100\%$$
 (3)

式中: N_1 为成活株数, N_2 为设计株数。

按照《造林技术规程(GB/T 15776—2016)》^[32]规定:当 $r \geq 85\%$, $K_1 = 1$;当 $r < 85\%$ 时, $K_1 = r$ 。

树高调整系数 K_2 根据林分平均树高(h)和参照

林分平均树高(L)确定,如下:

$$K_2 = \frac{h}{L}$$
 (4)

本试验在2008年补植阔叶树种生产成本(C_1)包括补植阔叶树种苗木费和营林费用, a 分别为2、4、6、8、10,按照广西省营林投资项目投资收益率(i)为12%^[33],将 n, i 代入式(1),求得第 n 年补植阔叶树种苗木价值评估值 E_n 。

1.6 单木材积计算方程

材积方程根据广西省二元材积表^[34]得到。

马尾松材积方程:

$$V_1 = 0.000\ 623\ 418\ 03 \times \text{DBH}^{1.855\ 149\ 7} \times H^{0.956\ 824\ 92}$$
 (5)

红锥、格木硬阔材积方程:

$$V_2 = 0.000\ 059\ 599\ 784 \times \text{DBH}^{1.856\ 400\ 5} \times H^{0.980\ 562\ 06}$$
 (6)

大叶栎、香梓楠、灰木莲软阔材积方程:

$$V_3 = 0.000\ 052\ 764\ 291 \times \text{DBH}^{1.882\ 161\ 1} \times H^{1.009\ 316\ 60}$$
 (7)

式中: V_1 、 V_2 、 V_3 为单木材积(m^3),DBH为林木胸径(cm), H 为林木高度(m)。

2 经济指标的确定

通过财务分析对热林中心3种经营方式马尾松人工林各项指标进行效益评估,需要确定营林收入、营林成本以及财务经济评价指标。

2.1 营林收入

产量 = 林分各材种总材积 $\times$ 林分各材种出材

率^[29]；产值 = 地区木材市场各材种木材销售单价 × 各材种木材产量。各材种木材销售单价参见表 2。

2.2 营林成本

营林投资成本主要由营林费用、苗木费用、采伐费用和税费构成，营林费用主要包括整地、幼林抚育、管护等费用，其中样地病虫害防治、防火费用每年共计 75.8 元/hm²(热林中心提供)，采伐费用主要包括间伐、运输等费用，税费依据广西省收取标准，为造林类投资项目总成本的 10%^[35](表 3)。

2.3 财务经济评价指标

财务经济评价指标选用静态指标投资利润率(return on investment, ROI)和投资利税率(investment tax rate, ITR)、动态指标内部收益率(internal rate of return, IRR)、净现值(net present value, NPV)和累计净现值(financial net present value, FNPV)，计算方法如下^[36]：

$$ROI = \text{年均利润} / \text{投资总额} \times 100\% \tag{8}$$

$$ITR = \text{年利税总额} / \text{投资总额} \times 100\% \tag{9}$$

$$FNPV = \sum_{t=1}^z (CI - CO)_t \times (1 + i_c)^{-t} \tag{10}$$

式中：CI 为现金流入量；CO 为现金流出量；(CI-CO)_t 为第 t 年的净现金流量；(1 + i_c)^{-t} 为行业基准收益率下第 t 年的折现系数；z 为项目周期。

内部收益率(IRR)指净现值为 0 时的贴现率，表 达式：

$$\sum_{t=1}^z (CI - CO)_t \times (1 + IRR)^{-t} = 0 \tag{11}$$

3 结果与分析

3.1 材种结构和苗木数量动态

近自然化改造林分、常规经营林分、对照林分马尾松径阶-株数曲线总体呈近似正态分布(图 1)，曲线随着年龄的增加向右移动。在第 2—10 年，近自然化改造林分、常规经营林分、对照林分中径材(14 ~ 20 cm)和小径材(6 ~ 12 cm)的株数随着年龄的增加而减少，大径材(20 cm 以上)株数逐渐增加。在第 2—10 年，近自然化改造林分马尾松中、小径材株数占比由 23.28% 减少至 2.63%，大径材株数占比由 76.72% 增长至 97.37%；常规经营林分马尾松中、小径材株数占比由 79.36% 减少至 15.38%，大径材株数占比由 20.64% 增长至 84.62%；对照林分马尾松

表 2 木材市场各材种木材销售单价 元/m³

Tab. 2 Sale unit price of all kinds of wood in the wood market CNY/m³

木材规格 Timber specification	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	红锥 <i>Castanopsis hystrix</i>	格木 <i>Erythrophleum fordii</i>	大叶栎 <i>Quercus griffithii</i>	灰木莲 <i>Manglietia glauca</i>	香梓楠 <i>Michelia hedyosperma</i>
小径材 Small diameter timber	400	750	750	700	700	700
中径材 Medium diameter timber	570	1 100	1 100	850	850	1 000
大径材 Large diameter timber	670	1 500	1 500	900	900	1 200

表 3 投资成本构成

Tab. 3 Composition of investment cost

项目 Project	明细 Definite and detailed	单价 Unit price
营林费用/(元·hm ⁻²) Silvicultural cost/(CNY·ha ⁻¹)	造林费用 Afforestation cost	9 595.20
	补植费用 Replanting cost	5 547.23
	管护费用 Management and protection cost	52.47
	施肥费用 Fertilization cost	2 848.58
采伐费用/(元·m ⁻³) Cutting cost/(CNY·m ⁻³)	间伐费用 Thinning cost	140.00
	运输费用 Transportation cost	2.25
税费 Tax cost/%	广西省营林投资项目“两金一费” “Two Funds and One Fee” for forestry investment project in Guangxi Province	10.00
苗木费用/(元·株 ⁻¹) Seedling cost/(CNY·tree ⁻¹)	马尾松 <i>P. massoniana</i>	1.00
	格木 <i>E. fordii</i>	2.00
	红锥 <i>C. hystrix</i>	2.00
	香梓楠 <i>M. hedyosperma</i>	2.00
	其他阔叶树 Other broadleaved trees	1.50

中、小径材株数占比由 69.94% 减少至 32.30%, 大径材株数占比由 30.06% 增长至 67.70%。在第 10 年, 近自然化改造林分马尾松大径材株数占比分别高于

常规经营林分 and 对照林分 12.75% 和 29.67%, 对照林分马尾松中径材株数占比为分别高于近自然化改造林分 and 常规经营林分 10.56% 和 16.92%。

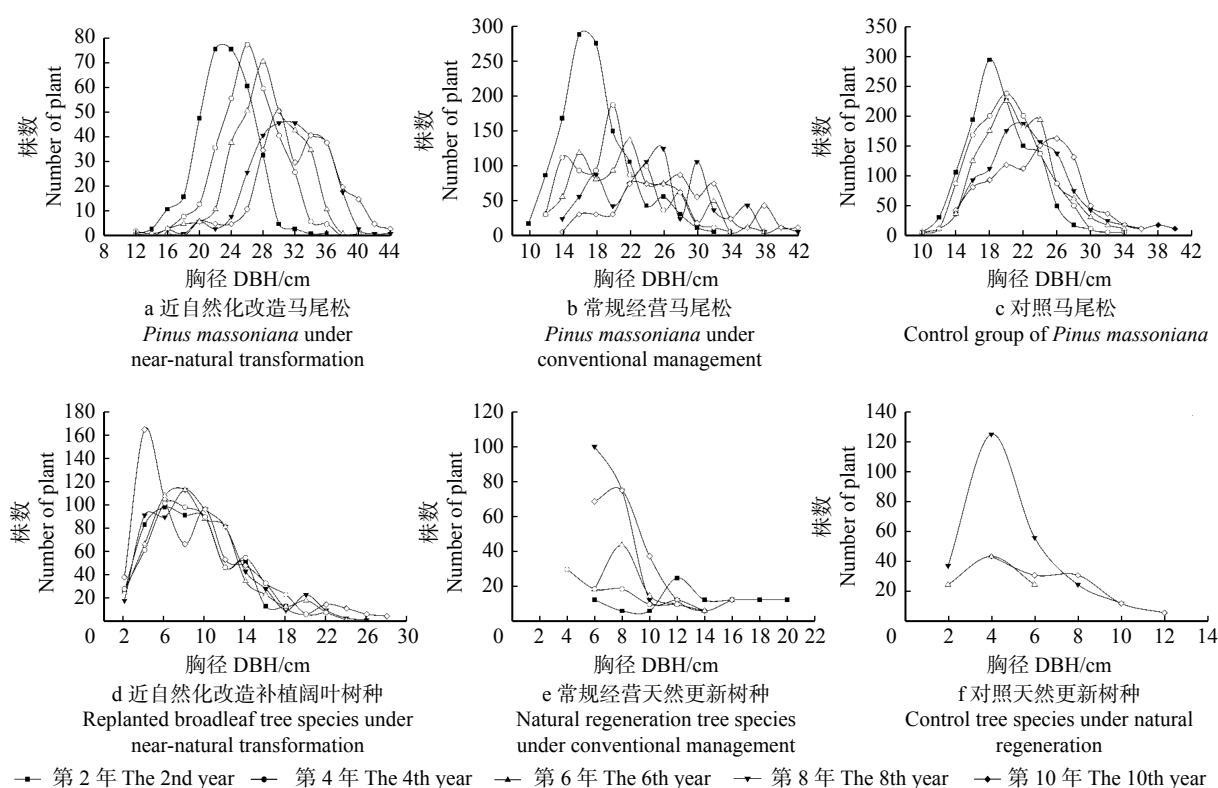


图1 3种经营方式马尾松、珍贵树种径阶分布图

Fig. 1 Diameter step distribution of *P. massoniana* and precious tree species under three management modes

3种经营方式中, 常规经营和对照林分只有少量天然更新树种鸭脚木(*Schefflera octophylla*)、山苍子(*Litsea cubeba*)和白背叶(*Mallotus apelta*)等, 这些树种不能作为用材树种, 不测算其经济价值。近自然化改造中, 人工补植的阔叶树种均为用材树种, 在第4年, 大叶栎、灰木莲等乡土速生树种达到中、小径材标准, 中、小径材株数占比分别为 7.82% 和 43.21%, 在第10年, 随着林木生长, 小径材逐渐达到大、中径材标准, 小径材株数占比减少至 38.21%, 中径材株数占比增长至 9.72%。在第8年, 红锥、格木、香梓楠等珍贵树种达到小径材标准, 小径材株数占比为 23.93%, 在第10年, 小径材株数占比增长至 63.29%, 但小径材林木还未生长至其他规格径材标准。

在第2—10年, 近自然化改造林分天然更新树种有安息香(*Styrax* spp.)、山苍子(*Litsea cubeba*)、鸭脚木(*Schefflera octophylla*)等 25 种, 常规经营林分天然更新树种有榆树(*Ulmus pumila*)、油桐(*Vernicia fordii*)、鸭脚木等 20 种, 对照林分天然更新树种有荷木(*Schima superba*)、黄毛榕(*Ficus esquiroliana*)、白背叶(*Mallotus apelta*)等 14 种。如图2所示, 近自

然化改造林分、常规经营林分、对照林分天然更新树种进界木株数曲线都随着时间的增加而增加, 在第6—8年, 近自然化改造林分天然更新树种进界木株数增长量为 105 株/hm², 常规经营林分天然更新树种进界木株数增长量为 98 株/hm², 对照林分天然更新树种进界木株数增长量为 89 株/hm²。

由图3可以看出, 10年间近自然化改造林分、常规经营林分、对照林分中小径材的成材量总体呈近正态分布趋势, 中径材和大径材的成材量呈单调递增趋势。第10年, 近自然化改造林分大径材的成材量为 56.85 m³/hm², 较第8年增长 16.43 m³/hm², 常规经营林分大径材的成材量为 38.97 m³/hm², 2年增长量为 14.38 m³/hm², 对照林分大径材的成材量为 27.97 m³/hm², 2年增长量为 15.70 m³/hm²。

3.2 财务分析

不同经营方式投资成本如表4所示: 3种经营方式的投資成本均以采伐费用为主, 其次为税费, 营林费用次之, 苗木费用最低。近自然化改造林分的采伐费用、税费、营林费用和苗木费用分别占 66.39%、26.50%、5.04% 和 2.07%, 常规经营林分的采伐费用、税费和营林费用分别占 70.02%、26.31% 和 3.67%,

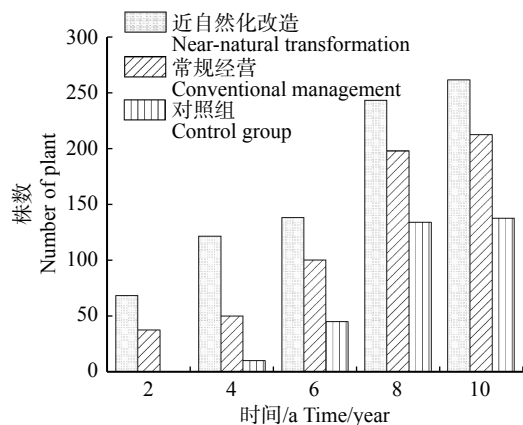


图2 3种经营方式天然更新树种进界木株数

Fig. 2 Number of trees entering the boundary of natural regeneration tree species under three management modes

对照林分的采伐费用、税费和营林费用分别占 69.61%、26.43% 和 3.96%。

由表 5 可知，在第 10 年，近自然化改造林分现金流收入和净利润分别为 151 860.25 和 87 384.96

元/hm²，常规经营林分现金流收入和净利润分别为 143 384.12 和 85 745.21 元/hm²，对照林分现金流收入和净利润分别为 133 623.54 和 71 935.09 元/hm²。3 种经营方式的现金流收入和净利润曲线趋势基本一致(图 4)，都呈单调递增趋势，随着时间的增加而增加。在第 2—6 年，对照林分现金流收入高于近自然化改造的林分现金流收入和常规经营的林分现金流收入，在第 8 年，常规经营林分现金流收入迅速增长，超过对照林分现金流收入，在第 10 年，近自然化改造林分现金流收入超过常规经营林分和对照林分。在第 2—4 年，对照林分净利润高于近自然化改造的林分 and 常规经营的林分，在第 6—8 年，常规经营林分净利润年均最高，在第 10 年时，近自然化改造林分净利润超过常规经营的林分和对照林分。

与常规经营的林分和对照林分不同，近自然化改造的林分包括木材价值和苗木价值两部分，由

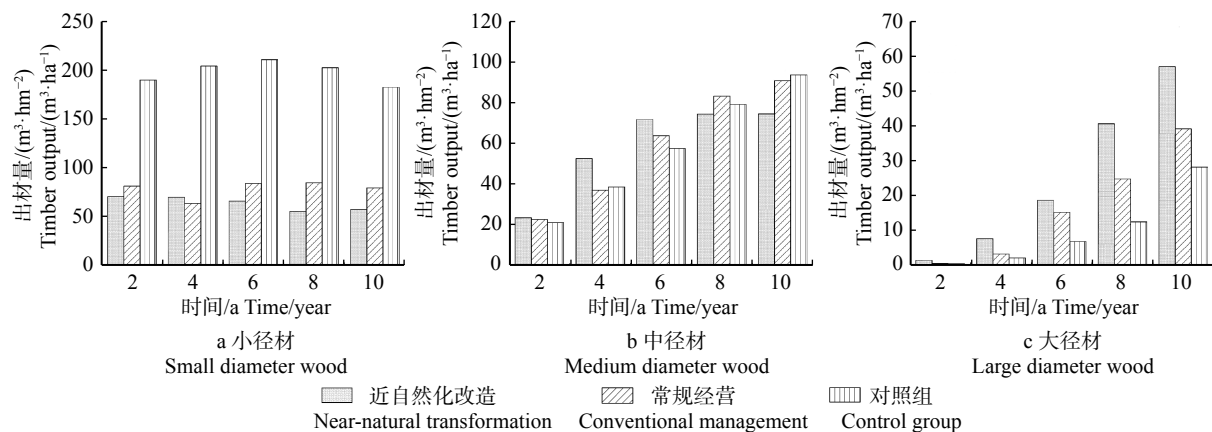


图3 3种经营方式大、中、小径材的成材量

Fig. 3 Output of large, medium, diameter wood under three management modes

表 4 不同经营方式投资成本					元/hm ²
Tab. 4 Investment cost under different management modes					CNY/ha
经营方式 Management mode	营林费用 Silvicultural cost	苗木费用 Seedling cost	采伐费用 Cutting cost	税费 Tax cost	总计 Total
A	2 888.4	1 185	38 036.76	15 186.02	57 296.18
B	2 000.4	0	38 155.10	14 338.41	54 493.91
C	2 000.4	0	35 193.19	13 362.35	50 555.94

表 5 3种经营方式财务收益表						
Tab. 5 Financial income statement under three management modes						
经营方式 Management mode	净现值 Net present value (NPV)	现金流收入/(元·hm ⁻²) Cash flow income/(CNY·ha ⁻¹)	净利润/(元·hm ⁻²) Net profit/(CNY·ha ⁻¹)	投资利润率 Return on investment (ROI)/%	投资利税率 Investment tax rate (ITR)/%	内部收益率 Internal rate of return (IRR)/%
A	594	151 860.25	87 384.96	8.02	7.22	8.53
B	265	143 384.12	85 745.21	7.92	8.04	13.56
C	193	133 623.54	71 935.09	5.95	7.06	12.79

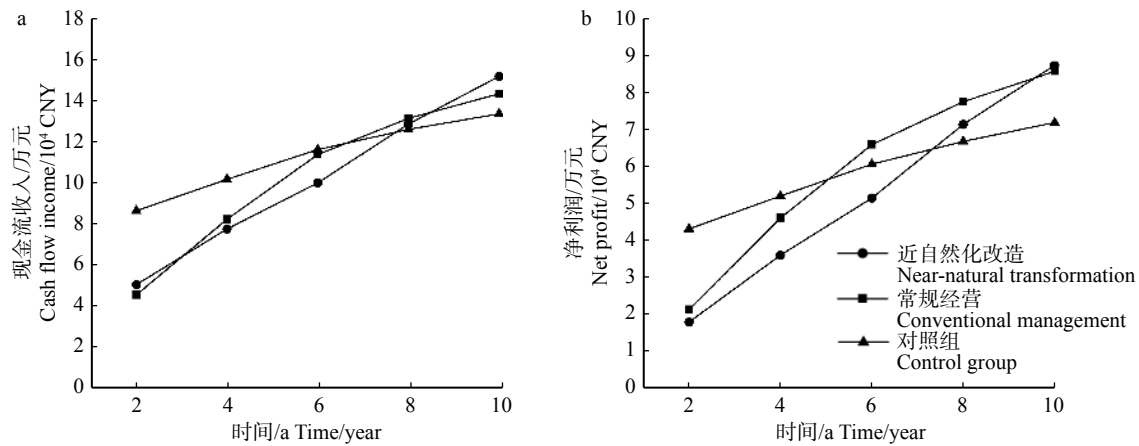


图4 3种经营方式现金流收入和净利润
Fig. 4 Cash flow income and net profit under three management modes

表6可知,在第2—10年,近自然化改造林分的木材价值(Y)、苗木价值(E)均呈单调递增趋势,近自然化改造林分木材价值由44 343.56元/hm²增长至133 043.53元/hm²,年均增长量为6.67%。近自然化改造林分苗木价值由5 973.99元/hm²增长至18 016.72元/hm²,在第6—8年,近自然化改造林分 E 值增长量最高,达到4 555.66元/hm²。在第2—4年,近自然化改造林分 W 值(补植阔叶树种苗木价

值占总现金流收入百分比)增长0.18%,在第4—6年,补植阔叶树种中的大叶栎、灰木莲等速生树种均达到中、小径材标准,近自然化改造林分 W 值降低至11.26%,在第6—8年,随着红锥、格木、香樟楠等珍贵树种苗木价值的持续积累,近自然化改造林分 W 值增长至12.29%,在第8—10年,部分红锥、格木、香樟楠等珍贵树种也达到小径材标准,近自然化改造的林分 W 值再次降低至11.93%。

表6 近自然化改造木材价值、补植树种苗木价值评估值

Tab. 6 Evaluation value of seedlings of precious tree species under near-natural transformation						
时间Time	$Y/(\text{元}\cdot\text{hm}^{-2})Y/(\text{CNY}\cdot\text{ha}^{-1})$	$r/\%$	K_1	K_2	$E/(\text{元}\cdot\text{hm}^{-2})E/(\text{CNY}\cdot\text{ha}^{-1})$	$W/\%$
第2年 The 2nd year	44 343.56	88.32	1	0.72	5 973.99	11.87
第4年 The 4th year	67 869.44	86.24	1	0.95	9 609.90	12.40
第6年 The 6th year	88 669.28	89.51	1	0.87	11 250.82	11.26
第8年 The 8th year	112 789.71	84.23	0.84	0.97	15 806.48	12.29
第10年 The 10th year	133 043.53	83.16	0.83	0.91	18 016.72	11.93

注: Y ,近自然化改造木材价值; r ,株数保存率; K_1 ,株数调整系数; K_2 ,树高调整系数; E ,补植阔叶树种苗木价值; W ,补植阔叶树种苗木价值占总现金流收入的百分比。Notes: Y , wood income under near-natural transformation; r , preservation rate of plant number; K_1 , adjustment coefficient of plant number; K_2 , adjustment coefficient of tree height; E , seedling value of replanted broadleaved trees; W , percentage of value of replanted broadleaved tree seedlings to total cash flow income.

近自然化改造林分ROI、IRR曲线呈单调递增趋势(图5),常规经营林分ROI、IRR曲线呈先上升,再下降趋势,对照林分ROI、IRR曲线呈单调递减趋势。在第2—8年,常规经营林分ROI值高于近自然化改造林分 and 对照林分,在第10年,近自然化改造林分、常规经营林分 and 对照林分ROI值分别为8.02%、7.92%和5.95%。近自然化改造林分ROI值略高于常规经营林分。在第2—8年,近自然化改造林分IRR值一直低于常规经营林分 and 对照林分,在第10年,近自然化改造林分、常规经营林分、对照林分IRR值分别为8.53%、13.56%和12.79%。

3.3 敏感性分析

如表7所示:在木材价格波动范围为±20%时,近自然化改造林分ROI、对照林分ROI、对照林分IRR受影响最明显,变化幅度为5.01%、5.04%和2.71%。在投资成本波动范围为±20%时,近自然化改造林分IRR和常规经营林分IRR所受影响较高,变化幅度为2.57%和2.91%。在单位出材量波动范围为±20%时,仅有常规经营林分ROI受其影响,变化幅度达到5.12%。

4 结论与讨论

通过对3种经营方式马尾松人工林短期(10年)

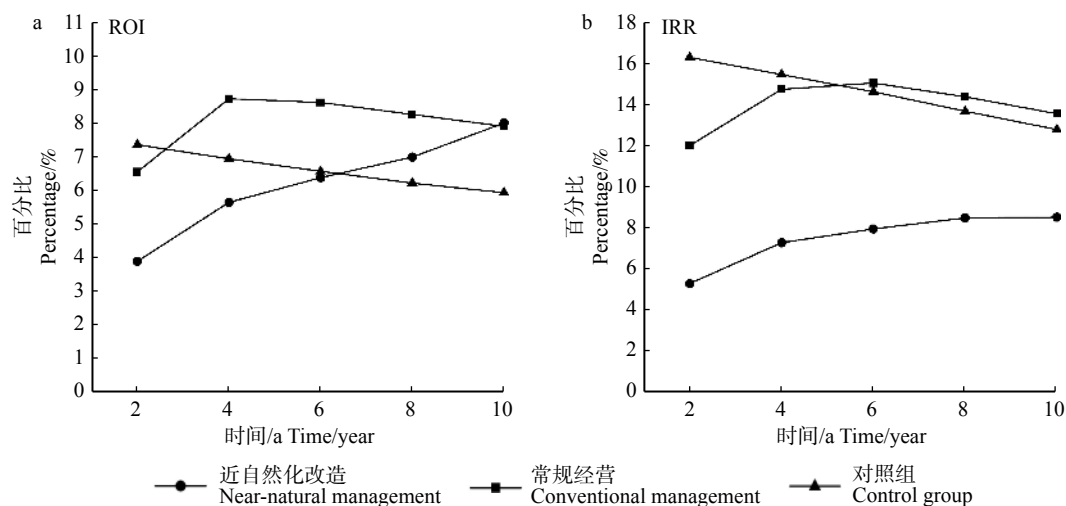


图 5 3 种经营方式利润率和内部收益率
Fig. 5 ROI and IRR under three management modes

表 7 3 种经营方式敏感性分析

Tab. 7 Sensitivity analysis of three management modes

影响因素 Influence factor	变化幅度 Amplitude of variation/%	ROI/%			IRR/%		
		A	B	C	A	B	C
投资成本 Investment cost	10	7.75	9.30	7.94	8.46	14.38	14.42
	-10	9.34	10.58	8.99	9.73	15.81	15.07
	20	7.03	8.69	7.32	7.87	13.70	14.07
	-20	10.21	11.21	9.90	10.44	16.61	15.37
木材价格 Timber price	10	9.78	11.32	9.84	9.62	15.68	15.37
	-10	7.27	8.55	7.32	8.47	14.38	14.04
	20	11.03	12.71	11.10	10.10	16.22	15.92
	-20	6.02	7.16	6.06	7.76	13.58	13.21
单位出材量 Unit output of timber	10	7.70	8.80	7.57	8.95	14.91	14.56
	-10	9.47	11.30	9.79	9.20	15.24	14.93
	20	6.98	7.83	6.70	8.81	14.73	14.37
	-20	10.57	12.95	11.25	9.33	15.40	15.11

经济效益的计算，近自然化改造、常规经营和对照组的净现值分别为 594、265、193，均为正值，说明短期内 3 种经营方式的马尾松人工林均具有经济可行性。第 10 年时，近自然化改造马尾松人工林的净利润为 87 384.96 元/hm²，高于常规经营林分 1 639.75 元/hm²，高于对照林分 15 449.87 元/hm² (表 5)，3 种经营方式中近自然改造林分经济效益最佳。

在近自然化改造第 4—10 年中，补植阔叶树种大、中径材株数增长量为 9.62%，均为大叶栎、灰木莲等乡土速生树种。补植阔叶树种小径材株数增长量为 11.85%，红锥、格木、香樟楠等珍贵树种小径材株数占 63.29%，其余为乡土速生树种小径材。在第 4—6 年，78.98% 的大叶栎、灰木莲等乡土速生树种

达到中、小径材标准，近自然化改造林分 *W* 值降低至 11.26%。在第 8—10 年，56.91% 的红锥、格木、香樟楠等珍贵树种达到小径材标准，近自然化改造的林分 *W* 值再次降低至 11.93%。速生树种虽然市场材种价格低于珍贵树种，但可以提前进入主林层，改善林分结构，影响林分中光、热和水分等环境因子的分配，驱动林下植被多样性及土壤理化性质的变化，有利于促进上层马尾松大径材的形成和补植树种的生长^[37-38]。

虽然试验初期近自然化改造较大强度降低主林层马尾松林木株数、并补植大量幼苗，两者在一定程度上降低了林分大、中径材材种株数比例，但上层疏伐改善林分主林层林木间竞争关系，并促进林下补植的大叶栎、灰木莲等乡土速生树种生长和大径材

培育^[39-40], 10年后3种经营方式中, 近自然化改造下的林分大径材株数占比和大径材出材量均高于其他2种经营方式。

在传统同龄纯林轮伐作业下, 林分经济效益主要源于抚育间伐和主伐收获的木材, 常忽略对未成材阶段的苗木价值核算^[41-43]。随着森林经营由单一木材生产向多种功能综合发挥、森林永续覆盖的转化, 林木资源价值评估除了符合造材规格的木材价值外, 次林层和林下层存在的多树种更新资源也将成为评估的一个重要内容。国外学者对未成材阶段苗木价值的研究, 明确了苗木价值在森林资产和林业投资评估方面的重要性^[44-45]。

3种经营方式中, 近自然化改造采取强度较大的间伐和人工补植, 前期营林成本较高。本研究前5年近自然化改造林净利润一直低于常规经营林和对照林, 且近自然化改造林IRR值一直低于常规经营林和对照林, 这与张丹丹研究近自然经营成本投入相对高于轮伐期经营相似^[46]。但随着林分生长, 近自然化改造林的年现金流收入逐渐高于另两种经营方式, 在第10年, 近自然化改造林净利润、投资利润率均高于其他2种经营方式。此外, 研究中未达材种规格的补植阔叶树种苗木价值采用重置成本法测算, 其得到的评估值普遍低于实际价值, 还需开展多种苗木价值测算方法的比较研究, 以提高苗木价值评估的可靠性^[14]。当潜在的生态、社会效益被经济化时, 近自然化改造的优势可能会更加明显, 但由于本研究采用数据为10年连续观测数据, 观测周期较短, 近自然化改造经济效益方面的优劣还有待深入研究。

参 考 文 献

- [1] 田佳. 浅谈新形势下林业经济发展创新[J]. 国家林业和草原局管理干部学院学报, 2021, 20(1): 8-14.
Tian J. Introduction to forestry economy development innovation under the new situation[J]. National Academy of Forestry and Grassland Administration Journal, 2021, 20(1): 8-14.
- [2] 张云波. 林业生态环境保护与林业经济建设策略研究[J]. 新农业, 2021(2): 68.
Zhang Y B. Forestry ecological environment protection and forestry economic construction strategy research[J]. Xin Nongye, 2021(2): 68.
- [3] Olander L, Warnell K, Warziniack T, et al. Exploring the use of ecosystem services conceptual models to account for the benefits of public lands: an example from national forest planning in the united states[J]. *Forests*, 2021, 12(3): 267.
- [4] Larsen J B, Nielsen A B. Nature-based forest management: where are we going?: Elaborating forest development types in and with practice[J]. *Forest Ecology and Management*, 2007, 238(1-3): 107-117.
- [5] 葛兆轩, 苑美艳, 单博文, 等. 塞罕坝华北落叶松人工林不同经营模式效果评价[J]. 林业科学研究, 2020, 33(5): 28-47.
Ge Z X, Yuan M Y, Shan B W, et al. Evaluation of management modes on *Larix principis-rupprechtii* plantations in Saihanba of Hebei Province, China[J]. *Forest Research*, 2020, 33(5): 28-47.
- [6] 陆元昌, Werner S, 刘宪钊, 等. 多功能目标下的近自然森林经营作业法研究[J]. *西南林业大学学报*, 2011, 31(4): 1-6.
Lu Y C, Werner S, Liu X Z, et al. Study on operation system towards close-to-nature forest based on multi-function purposes[J]. *Journal of Southwest Forestry University*, 2011, 31(4): 1-6.
- [7] 陆元昌, 栾慎强, 张守攻, 等. 从法正林转向近自然林: 德国多功能森林经营在国家、区域和经营单位层面的实践[J]. 世界林业研究, 2010, 23(1): 1-11.
Lu Y C, Luan S Q, Zhang S G, et al. From normal forest to close-to-nature forest: multi-functional forestry and its practice at national, regional and forest management unit levels in Germany[J]. *World Forestry Research*, 2010, 23(1): 1-11.
- [8] 谢阳生, 陆元昌, 雷相东, 等. 德国下萨克森州长期生态林业发展规划实施效益评价及启示[J]. 世界林业研究, 2021, 5(34): 98-102.
Xie Y S, Lu Y C, Lei X D, et al. Benefit evaluation and enlightenment of implementation of long-term ecological planning of forestry development in Lower Saxony, Germany[J]. *World Forestry Research*, 2021, 5(34): 98-102.
- [9] Kang B, Liu S, Cai D, et al. Species composition and correlation of understory woody plants in Chinese fir plantation in the lower subtropical area[J]. *Frontiers of Biology in China*, 2006, 1(4): 423-429.
- [10] Wang Q K, Wang S L, Xu G B, et al. Conversion of secondary broadleaved forest into Chinese fir plantation alters litter production and potential nutrient returns[J]. *Plant Ecology*, 2010, 209(2): 269-278.
- [11] 陆元昌. 近自然森林经营的理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
Lu Y C. Theory and practice of close to natural forest management[M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [12] 姜鹏, 孟京辉, 陆元昌, 等. 马尾松近自然改造初期的混交度与分布格局[J]. *西北林学院学报*, 2014, 29(5): 147-150, 155.
Jiang P, Meng J H, Lu Y C, et al. Minglings and spatial distribution of *Pinus massoniana* plantation in the initial stage of near-nature transformation[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2014, 29(5): 147-150, 155.
- [13] 王琼琳, 王文义, 林莎, 等. 青海东部人工生态公益林近自然经营的林分结构调整[J]. 生态学报, 2021, 41(12): 5004-5015.
Wang Q L, Wang W Y, Lin S, et al. Stand structure adjustment based on the near-natural management of plantation ecological public forests in eastern Qinghai[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(12): 5004-5015.
- [14] 张道卫, 皮特·H·皮尔森. 林业经济学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2013.
Zhang D W, Peter H P. Forest economics[M]. Beijing: China

- Forestry Publishing House, 2013.
- [15] 王富伟, 谢京湘, 聂耿青. 生态经济型防护林经济效益评价指标体系[J]. 北京林业大学学报, 1996, 18(增刊 2): 141-147.
- Wang F W, Xie J X, Nie G Q. Economic benefit evaluation index system of ecological and economic shelter forest[J]. Journal of Beijing Forestry University, 1996, 18(Suppl. 2): 141-147.
- [16] He Y, Qu H Q. Economics benefit evaluation of state-owned forestry region in China[J]. Advance Journal of Food Science & Technology, 2015, 7(4): 288-292.
- [17] Yang S L, Liu Y Z. Study on benefit evaluation of forestry investment project in China[C]//Proceedings of 2011 IEEE: the 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. Changchun: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011: 445-449.
- [18] Davis L S, Johnson K N, Bettinger P S, et al. Forest management: to sustain ecological, economic, and social values [M]. New York: Waveland Press, 2005.
- [19] Mishan E J, Euston Q. Cost-benefit analysis[M]. New York: Routledge, 2007.
- [20] Zhang D W, Li M, Maksym P. Determinants of the prices of bare forestland and pre-merchantable timber stands: a spatial hedonic study[J]. *Forest Science*, 2013, 59(4): 400-406.
- [21] 罗江滨, 陈平留, 陈新兴. 森林资源资产评估 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- Luo J B, Chen P L, Chen X X. Evaluation of forest resources assets[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2002.
- [22] 周显然. 重置成本法在森林资源资产评估中的应用分析[J]. *广西林业科学*, 2012, 41(2): 159-162.
- Zhou X R. Application analysis of replacement cost method in the evaluation on the forest resource assets[J]. *Guangxi Forestry Science*, 2012, 41(2): 159-162.
- [23] Jeffrey C S, David N B. Technical change in the north American forestry sector: a review[J]. *Forest Science*, 1992, 38(1): 134-159.
- [24] 冯立国. 重置成本法在幼龄林资产评估中的应用[J]. *商业经济*, 2008(16): 50-51, 113.
- Feng L G. The application of replacement cost method in asset evaluation of young forest growth[J]. *Business Economics*, 2008(16): 50-51, 113.
- [25] 孟祥江, 何邦亮, 马正锐, 等. 我国马尾松林经营现状及近自然育林探索[J]. *世界林业研究*, 2018, 31(3): 63-67.
- Meng X J, He B L, Ma Z R, et al. Current situation of Masson pine forest management and its practice of close-to-nature silviculture in China[J]. *World Forestry Research*, 2018, 31(3): 63-67.
- [26] 刘卓. 亚热带马尾松人工林生产力影响因素分析 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2019.
- Liu Z. Drivers of forest productivity of *Pinus massoniana* plantation in south subtropical area[D]. Changsha: Central South University of Forestry & Technology, 2019.
- [27] 王霞. 马尾松人工林近自然化改造初期效果分析研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- Wang X. The study on the initial effort of transforming *Pinus massoniana* plantation into close-to-nature forest[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2013.
- [28] 李婷婷. 热带林业实验中心森林资源监测和经营效果评价研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2014.
- Li T T. Valuation of forest resources monitoring and forest management effect of experimental center of tropical forestry[D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2014.
- [29] 林文龙, 黄修麟. 三明市杉木, 马尾松人工林材种出材率表编制的研究[J]. *福建林业科技*, 1995, 22(2): 19-24.
- Lin W L, Huang X L. Studies on the compilation of the timber: produced rate table of plantation timber assortment of *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus massoniana* in Sanming City[J]. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 1995, 22(2): 19-24.
- [30] 国家林业局. 马尾松速生丰产林: LY/T 1496—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- National Forestry Administration. Fast-growing and high-yielding plantation of *Pinus massoniana*: LY/T 1496—2009[S]. Beijing: Standards Press of China, 2009.
- [31] 国家林业局. 森林资源资产评估技术规范: LY/T 2407—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- National Forestry Administration. Norm of techniques for estimation of forest economic values: LY/T 2407—2015[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [32] 国家林业局. 造林技术规程: GB/T 15776—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- National Forestry Administration. Afforestation technical regulations: GB/T 15776—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [33] 覃德文, 云朝光, 韦中绵, 等. 青钩栲人工林经济效益评价[J]. *南方农业学报*, 2013, 44(9): 1524-1528.
- Qin D W, Yun C G, Wei Z M, et al. Economic benefit evaluation of *Castanopsis kawakamii* Hayata planted forest[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2013, 44(9): 1524-1528.
- [34] 广西林业勘测设计队, 广西农学院林学系. 森林调查手册 [G]. 南宁: 广西农学院林学系, 1974.
- Guangxi Forestry Survey and Design Team, Guangxi Agricultural College of Forestry. Forest survey manual[G]. Nanning: Guangxi Agricultural College of Forestry, 1974.
- [35] 唐继新, 韦中绵, 韦善华, 等. 马占相思人工林经济效益评价: 以广西南宁地区为例 [J]. *林业科学研究*, 2009, 22(6): 855-859.
- Tang J X, Wei Z M, Wei S H, et al. Evaluation of economic benefit of the *Acacia mangium* plantation: a case study in Nanning, Guangxi[J]. *Forest Research*, 2009, 22(6): 855-859.
- [36] 卢庸, 覃德文, 韦中绵, 等. 麻栎人工林经济效益分析[J]. *南方农业学报*, 2014, 45(7): 1242-1247.
- Lu Y, Qin D W, Wei Z M, et al. Evaluation of economic benefits of *Quercus acutissima* plantation[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2014, 45(7): 1242-1247.
- [37] 胡雪凡, 段光爽, 张会儒, 等. 蒙古栎次生林林木竞争对不同抚

- 育间伐方式的响应[J]. 林业科学研究, 2021, 34(1): 1-9.
- Hu X F, Duan G S, Zhang H R, et al. Response of tree competition in natural secondary *Quercus mongolica* forest to thinning treatment[J]. Forest Research, 2021, 34(1): 1-9.
- [38] 邢海涛, 陆元昌, 刘宪钊, 等. 基于近自然改造的马尾松林分竞争强度研究[J]. 北京林业大学学报, 2016, 38(9): 43-54.
- Xing H T, Lu Y C, Liu X Z, et al. Competition intensity of *Pinus massoniana* stand based on close-to-nature management[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2016, 38(9): 43-54.
- [39] 孙冬婧, 温远光, 罗应华, 等. 近自然化改造对杉木人工林物种多样性的影响[J]. 林业科学研究, 2015, 28(2): 202-208.
- Sun D J, Wen Y G, Luo Y H, et al. Effect of close-to-nature management on species diversity in a *Cunninghamia lanceolata* plantation[J]. Forest Research, 2015, 28(2): 202-208.
- [40] 李婷婷, 陆元昌, 庞丽峰, 等. 杉木人工林近自然经营的初步效果[J]. 林业科学, 2014, 50(5): 93-103.
- Li T T, Lu Y C, Pang L F, et al. Initial effect of close-to-nature management of Chinese fir plantation[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2014, 50(5): 93-103.
- [41] 蒙树权, 吴英, 梁海平, 等. 马尾松、杉木人工林经济效益评价: 以广西贵港市港北区为例[J]. 广西林业科学, 2010, 39(2): 88-92.
- Meng S Q, Wu Y, Liang H P, et al. Economic benefit evaluation of *Pinus massoniana* and *Cunninghamia lanceolata* plantations: a case study of Gangbei District, Guigang City[J]. Guangxi Forestry Science, 2010, 39(2): 88-92.
- [42] 李松海, 蒋军林, 吴敏. 29年生红锥人工林经济效益分析[J]. 南方农业学报, 2016, 47(6): 984-988.
- Li S H, Jiang J L, Wu M. Economic benefit evaluation of 29-year-old *Castanopsis hystrix* plantation[J]. Journal of Southern Agriculture, 2016, 47(6): 984-988.
- [43] Li Z, Xiao J, Lu G, et al. Productivity and profitability of *Larix principis-rupprechtii* and *Pinus tabulaeformis* plantation forests in northeast China[J]. Forest Policy and Economics, 2020, 121: 102314.
- [44] Bullard S H, Straka T J. Basic concepts in forest valuation and investment analysis[M]. Clemson: Clemson University, 2000.
- [45] Gunter J E, Haney H L. Essentials of forestry investment analysis[M]. Corvallis: Oregon State University Bookstores, 1984.
- [46] 张丹丹. 近自然林业的经营效益研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2008.
- Zhang D D. Study on management benefit of near natural forestry[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2008.

(责任编辑 孟 瑶
责任编辑 张会儒)