

中亚热带森林林分质量影响因子研究^{*}邓小玲¹ 宋玉龙²

(1. 肇庆市国有新岗林场, 广东 肇庆 526400; 2. 广东怀集大稠顶省级自然保护区管理处, 广东 肇庆 526400)

摘要 关键林分质量影响因子能够客观反映森林资源真实状况, 从而为森林质量精准提升和可持续经营管理提供依据。以典型中亚热带地区肇庆市国有新岗林场范围内约 1 100 个小班为研究对象, 选取 11 类指标进行分析, 运用因子分析法研究林分质量指标之间的相关性, 并对关键林分质量影响因子进行评估。结果表明: 平均株高与平均胸径呈极强相关关系, 公顷蓄积量、平均胸径、平均株高与郁闭度均呈强相关关系, 平均胸径、平均株高与公顷蓄积量呈强相关关系; 森林健康度与林地质量等级呈负相关关系; 树种结构与 11 个指标均呈负相关关系, 其在林分质量评价的过程中影响因素较小; 研究区域内的林分质量评价呈高度空间异质性, 北部区域的林分质量优于南部区域, 南坡林分质量多优于北坡; 受人为活动等因素的干扰, 林场边缘区域林分质量较差, 无林地周边小班林分质量分类多为中, 需要采取积极经营措施, 改善林分状况, 逐步达到良或优的等级。

关键词 林分质量; 因子分析法; 空间分布

中图分类号: S718.557 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2023) 06-0113-06

Study on the Influencing Factors of the Key Stand Quality of Forest
in the Middle Subtropical Region of ChinaDENG Xiaoling¹ SONG Yulong²

(1. State-owned Xingang Forest Farm in Zhaoqing City, Zhaoqing, Guangdong 526400, China;

2. Dachouding Provincial Nature Reserve of Huaiji in Guangdong, Zhaoqing, Guangdong 526400, China)

Abstract The influencing factors of the key stand quality of forest can objectively reflect the real condition of forest resources, and provide a basis for the precise improvement of forest quality and sustainable operation and management. Taking the forest land in the State-owned Xingang Forest Farm of Zhaoqing city, a middle subtropical region of China, as the research object, 11 types of indicators were selected for analysis. The correlation between forest quality indicators was studied by factor analysis, and the key forest quality influencing factors were evaluated. The results showed that there was a strong correlation between average plant height and average DBH, and there was a strong correlation between volume per hectare, average DBH, average plant height, and canopy density, and there was a strong correlation between average DBH, average plant height, and volume per hectare. There was a negative correlation between forest health degree and forest land quality grade. Tree species structure was negatively correlated with 11 indexes, and its influencing factors were small in the process of stand quality evaluation. The stand quality evaluation in the study area showed high spatial hetero-

^{*} 基金项目: 省级财政专项资金 (生态林业建设) 项目。

第一作者: 邓小玲 (1981—), 女, 助理工程师, 主要从事林场经营与管理以及森林可持续发展研究, E-mail: freegirl26d@163.com。

通信作者: 宋玉龙 (1988—), 男, 工程师, 主要从事森林生态以及自然保护区可持续研究, E-mail: 86211341@qq.com。

geneity. The stand quality in the northern region was better than that in the southern region, and the stand quality classification in the southern slope was mostly excellent. Affected by human activities and other factors, the quality of forest stands in the edge area of forest farms is poor, and the surrounding areas of no forest land are mostly medium. Active management measures need to be taken to improve the standing status and gradually reach a good or excellent level.

Key word stand quality; factor analysis; spatial distribution

1992 年世界自然基金会 (WWF) 提出了“森林质量”的概念,并解释为“森林在生态、社会和经济效益方面的所有功能与价值总和”^[1-2]。森林质量的评价结果能够客观反映森林资源质量状况,为森林质量精准提升和可持续经营管理提供依据。肇庆市国有新岗林场是我国中亚热带地区重要的国有林场之一,肩负保护、经营和管理国有森林资源的重任,其中包括培育、保护和合理利用森林资源,建设国家木材战略储备基地,林木良种生产等任务^[3]。对其关键林分质量影响因子研究,可以为分析林场区域内森林质量、改善森林资源结构、提高林木生长量等提供数据支撑。

目前,国内外各界学者们亦有关于林分质量影响因子大量研究,研究方式也由早期的定性评价转向量化评分转变,评价尺度也由较大区域景观尺度向林场、小班等经营单位逐渐深入。通常,森林质量等级评价方法常用层次分析法、综合指数法、模糊综合评价法等^[4-6]。相较于以上方法,本研究采用因子分析法对研究区内进行综合评价,有效减少主观因素的干扰,客观反映其林分质量关键影响因子,深入理解因子间相互关系,并利用制作林分质量等级分布地图,预测出研究区域内林分质量等级空间分布状况,为地区森林质量精准提升、森林资源管理和森林经营规划提供参考^[7-9]。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

研究区域位于肇庆市国有新岗林场,地处广东省肇庆市怀集县东北部,地理位置为北纬 23°28'07"~24°23'30",东经 110°52'09"~112°30'49",林场内的 大 稠 顶 是 肇 庆 市 最 高 山,海 拔 1 626 m;该区域属亚热带季风气候,气候温和,夏长冬短,雨量充沛,年平均气温 21.6℃,年高温日数(最高温度≥35℃的日数)26.5 d,年平均降雨量 1 646.8 mm,77%集中在雨季的 4 月—9 月,年降雨日数 160 d,82%集中在 2 月—9 月。自然土壤

成土母质较好,海拔高度较低,土层以厚层(80 cm 以上)及中层(40~80 cm)占大多数,比较肥沃,有机质含量一般达 3%~4%;以赤红壤最多,占近七成,基本是赤红壤地区,从非地带性垂直分布角度来看,由高至低海拔 1 300 m 左右为南方山地草甸土,1 300~700 m 为黄壤土;700~400 m 为红壤土;400 m 以下以赤红壤为主,间有小面积石质土、紫色土等。森林植被类型属亚热带常绿阔叶林,但因海拔(植被垂直带)、地形和人为因素的影响,形成的植被群落具有多样性,有高山矮林草坡、亚热带常绿阔叶林、针阔叶混交林、马尾松林、芒萁草坡、竹林、杉林植被和河流两岸植被等。

1.2 数据来源

本研究的主要数据来自 2021 年森林资源调查归档数据,选择林场范围内约 1 100 个小班,总面积 6 700 hm²林地中的郁闭度、植被覆盖度、公顷蓄积量、森林景观等级、龄组、林地质量等级、平均胸径、平均株高、森林健康度、树种结构、森林群落结构等 11 项林分质量因子,进行综合分析。

1.3 分析方法

将所有指标进行标准化处理,筛选出森林健康度、林地质量等级、森林景观等级、森林群落结构等指标进行正向化处理,根据龄组、树种结构按表 1、表 2 进行赋值。

表 1 肇庆市国有新岗林场林分类型按龄组评定标准
Table 1 Evaluation standard of stand type by age group in State-owned Xingang Forest Farm of Zhaoqing city

龄组 Age group	得分 Score
成熟林 Mature forest	1.00
近熟林、过熟林 Near-mature forest、over-mature forest	0.75
中龄林 Middle-aged forest	0.50
幼龄林 Young forest	0.25

数据输入、制表、作图和基础的统计计算使用 Excel 软件；利用 R 4.3.1 中“nFactors”包对林场范围内各林地小班进行因子分析，并进行特征向量排序，用“factoextra”包对因子分析的结果进行 k 值聚类。

表 2 肇庆市国有新岗林场林分类型按树种结构评定标准
Table 2 Evaluation standard of forest stand types according to tree species structure in State-owned Xingang Forest Farm of Zhaoqing city

树种结构 Forest stand types	得分 Score
混交林 Mixed forest	1.00
相对纯林 Relatively pure forest	0.50
纯林 Pure forest	0.25

注：表中纯林为优势树种蓄积大于 90%，相对纯林为优势树种蓄积为 65%~90% 之间，其它为混交林。

Note: The volume of dominant tree species in pure forests is greater than 90%, the volume of dominant tree species in pure forests is between 65% and 90%, and others are mixed forests.

2 结果与分析

2.1 林分质量因子间相关性

对 11 个林分质量因子进行 Pearson 相关性分

析，结果如表 3 所示：平均株高与平均胸径呈极强相关关系；公顷蓄积量、平均胸径、平均株高与郁闭度均呈强相关关系；平均胸径、平均株高与公顷蓄积量呈强相关关系；平均胸径、平均株高与植被覆盖度、龄组呈中等程度相关关系；森林健康度与林地质量等级呈负相关关系；树种结构与郁闭度、植被覆盖度、公顷蓄积量、森林景观等级、龄组、林地质量等级、平均胸径、平均株高、森林健康度均呈负相关关系；龄组、林地质量等级、平均胸径、平均株高、森林健康度、树种结构、森林群落结构与森林景观等级均呈无相关或负相关关系。

2.2 因子分析

2.2.1 因子载荷矩阵 根据因子分析法的数据算出了权重，计算结果如表 4 所示，因子 1 的权重占比较大，为 0.40，因子 2 的权重为 0.13、因子 3、因子 4 的权重占比均为 0.09，因子 5~9 的权重占比在 0.03~0.07 之间，因子 10 和因子 11 的权重占比均较小，均小于等于 0.01；因子 1~5 的累积量在 0.4~0.8 之间，因子 6~9 的累

表 3 肇庆市国有新岗林场评价指标相关性分析

Table 3 Correlation analysis of evaluation indexes of State-owned Xingang Forest Farm of Zhaoqing city

因子 Factor	郁闭度 Crown density	植被覆盖度 Vegetation coverage	公顷蓄 积量 Hectare volume	森林景观 等级 Forest landscape level	龄组 Age group	林地质 量等级 Forest quality level	平均 胸径 Mean DBH	平均 株高 Average height	森林 健康度 Forest health	树种 结构 Tree species structure
植被覆盖度 Vegetation coverage	0.51									
公顷蓄积量 Hectare volume	0.62	0.38								
森林景观等级 Forest landscape level	<0.01	0.01	-0.04							
龄组 Age group	0.39	0.25	0.51	<0.01						
林地质量等级 Forest quality level	0.08	0.08	0.19	<0.01	0.16					
平均胸径 Mean DBH	0.66	0.44	0.86	-0.03	0.56	0.24				
平均株高 Average height	0.67	0.45	0.87	-0.02	0.59	0.22	0.95			
森林健康度 Forest health	0.21	0.16	0.09	0.00	0.07	-0.01	0.10	0.09		
树种结构 Tree species structure	-0.38	-0.30	-0.36	-0.02	-0.32	-0.17	-0.48	-0.46	-0.06	
森林群落结构 Forest community structure	0.18	0.15	0.09	0.00	0.06	0.09	0.08	0.09	0.38	-0.03

积量在 0.8 ~ 1.0 之间，因子 10 和因子 11 的累积量则为 1。

使用因子分析对 11 个指标因子进行浓缩处理，浓缩为 4 个因子，选择权重 0.7 以上的因子，计算相关性，结果如表 5 所示，因子 1 对郁闭度、平均株高、平均胸径、公顷蓄积量、植被覆盖度、龄组的影响均高于其他因子；因子 2 对森林群落结构、森林健康度的影响高于其他因子；因子 3 对平均胸径、公顷蓄积量、平均株高的影响仅次于因子 1，对林地质量等级的影响高于其他因子；因子 4 对树种结构的影响高于其他因子；因子 1、因子 2、因子 3、因子 4 对森林景观等级均无较大影响。

表 4 因子载荷矩阵分析			
Table 4 Factor load matrix analysis			
因子 Factor	载荷 Load	权重 Weight	累积量 Accumulation
因子 1	4.38	0.40	0.40
因子 2	1.39	0.13	0.52
因子 3	1.01	0.09	0.62
因子 4	0.99	0.09	0.71
因子 5	0.78	0.07	0.78
因子 6	0.70	0.06	0.84
因子 7	0.60	0.05	0.90
因子 8	0.57	0.05	0.95
因子 9	0.38	0.03	0.98
因子 10	0.15	0.01	1.00
因子 11	0.05	<0.01	1.00

表 5 因子载荷矩阵				
Table 5 Factor load matrix				
指标 Index	因子 1 Factor-1	因子 2 Factor-2	因子 3 Factor-3	因子 4 Factor-4
郁闭度 Crown density	0.84	0.20	0.02	-0.05
平均株高 Average height	0.80	0.02	0.52	0.24
平均胸径 Mean DBH	0.78	0.01	0.54	0.19
公顷蓄积量 Hectare volume	0.73	0.04	0.41	0.34
植被覆盖度 Vegetation coverage	0.55	0.16	0.06	-0.14
龄组 Age group	0.45	0.01	0.38	0.07
树种结构 Tree species structure	-0.43	0.02	-0.38	0.32
森林群落结构 Forest community structure	-0.03	0.98	0.17	0.01
森林健康度 Forest health	0.16	0.40	-0.05	-0.04
林地质量等级 Forest quality level	0.07	0.03	0.35	-0.04
森林景观等级 Forest landscape level	-0.01	0	0	-0.09

2.2.2 因子得分 通过计算对林场范围内所有小班主要因子得分，结果如图 1 所示，因子 1 评价得分主要分布在 0.6 ~ 1.2 之间，少部分小班得分低于 -2，极少数小班得分高于 1.5；因子 2 评价得分主要分布 -0.3 ~ 0.5 之间，少数小班得分分布在 -5 ~ -7。

2.3 质量等级评价

用回归法计算每个小班在 4 个因子上的得分，并进行排序与聚类，将得分结果分为 4 个分类，各分类因子得分如表 6 所示。

2.4 质量等级空间分布

将林场林分质量划分为 4 个等级（表 7），其空间分布如图 2 所示，林分质量为优的区域占总面积的 37.5%，林分质量为良的区域占总面积的 25.3%，

表 6 指标因子矩阵				
Table 6 Index factor matrix table				
分类 Classification	因子 1 Factor-1	因子 2 Factor-2	因子 3 Factor-3	因子 4 Factor-4
差	-1.04	0.27	-1.48	0.24
中	-0.61	-0.03	0.38	-0.92
良	0.51	0.04	0.22	0.97
优	0.54	0.07	0.25	-0.32

林分质量为中的区域占总面积的 20.7%，林分质量为差的区域占总面积的 16.5%。根据图 2 林地质量等级空间分布图所示，研究区域内北部区域的林分质量优于南部区域，南坡林分质量多为优，林场边缘区域林分质量较差，无林地周边林分质量多为中。

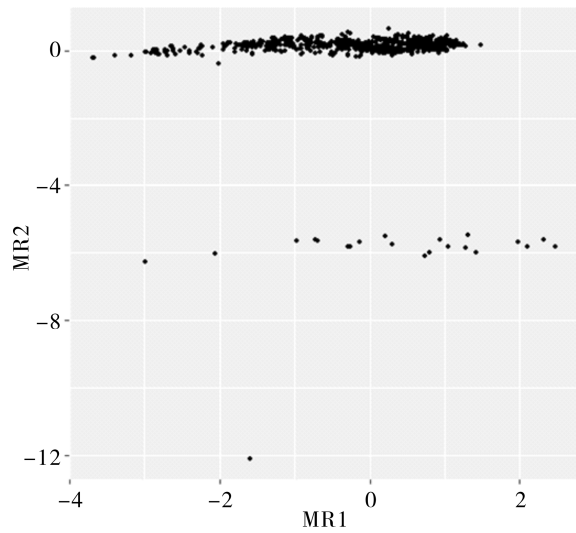


图1 主要因子得分分布
Fig. 1 Main factor score distribution

表7 肇庆市国有新岗林场林分质量占比
Table 7 Proportion of stand quality in State-owned
Xingang Forest Farm of Zhaoqing city

分类 Classification	占比/% Proportion
优	37.5
良	25.3
中	20.7
差	16.5

3 结论与讨论

本研究通过对林场范围内林分质量影响因子进行综合分析,并进行特征向量排序,对因子分析的结果进行k值聚类,可以看出平均株高与平均胸径呈极强相关关系,树高随胸径加粗而增高,并且相



图2 林地质量等级空间分布
Fig. 2 Spatial distribution map of forest land quality grade

关关系紧密;公顷蓄积量、平均胸径、平均株高与郁闭度均呈强相关关系,平均胸径、平均株高与公顷蓄积量呈强相关关系;森林健康度与林地质量等级呈负相关关系;树种结构与郁闭度、植被覆盖度、公顷蓄积量、森林景观等级、龄组、林地质量等级、平均胸径、平均株高、森林健康度均呈负相关关系,树种结构在林分质量评价的过程中影响因素较小。因子 1 对郁闭度、平均株高、平均胸径、公顷蓄积量、植被覆盖度、龄组的影响均高于其他因子;因子 2 对森林群落结构、森林健康度的影响高于其他因子;因子 3 对平均胸径、公顷蓄积量、植被覆盖度的影响仅次于因子 1,对林地质量等级的影响高于其他因子;因子 4 对树种结构的影响高于其他因子;因子 1、因子 2、因子 3、因子 4 对森林景观等级均无较大影响。

利用可视化分析成果,预测研究区域内林分质量等级空间分布状况,根据小班林分质量等级分布地图可以看出,研究区域内的林分质量评价呈高度空间异质性,林场北部区域的林分质量优于南部区域,从坡向上来看,南坡林分质量多为优,受人为活动等因素的干扰,林场边缘区域林分质量较差,无林地周边多为中。林分稳定性、林分对环境的影响、资源利用效率这三项标准是评价林分质量的重要依据,若林分质量评价结果落在中、差等级,说明森林生态效益不佳,要采取积极经营措施,改善林分状况,逐步达到良或优的等级。林分质量等级预测结果可以为肇庆市国有新岗林场的森林质量精准提升、森林资源管理和森林经营规划提供一定的参考依据^[10-13]。

参考文献

- [1] 莫可,赵天忠,蓝海洋,等.基于因子分析的小班尺度用材林森林质量评价:以福建将乐国有林场为例[J].北京林业大学学报,2015,37(1):48-54.
- [2] 庞正轰,张泽尧.广西桉树林分质量评价指标体系与评价方法[J].桉树科技,2023,40(1):65-71.
- [3] 孙睿,刘珉,魏巍,等.国家储备林研究进展及其林分质量精准评价研究[J].西部林业科学,2020,49(4):1-7,15.
- [4] 温雅婷.集体林区公益林等级标准与评价方法研究[D].杭州:浙江农林大学,2018.
- [5] 肖前辉,敬阳,龚召松.湖南省楠木天然林质量动态评价[J].中南林业科技大学学报,2019,39(10):7-11.
- [6] 蔡世锋.基于小班尺度的尤溪国有林场林分质量评价[J].福建林业科技,2023,50(2):89-94.
- [7] 杨文,陈立新,段文标,等.基于因子分析法的红松人工林立地质量评价及其应用[J].中南林业科技大学学报,2023,43(8):51-61.
- [8] 陈华.将乐国有林场用材林质量评价研究[D].北京:北京林业大学,2018.
- [9] 齐也,江瑶,张中瑞.广东蕉岭生态公益林质量评价[J].林业与环境科学,2021,37(4):91-95.
- [10] 晏姝,邓厚银,胡德活等.粤北生态公益林区杉木纯林与混交林的综合质量评价研究[J].林业资源管理,2022(5):69-75.
- [11] 庞正轰,张泽尧,何春,等.广西用材林林分质量评价指标体系与评价方法[J].桉树科技,2023,40(3):60-67.
- [12] 唐雅娟.基于小班尺度的永安市森林质量评价[J].林业与环境科学,2021,37(6):130-134.
- [13] 王珠娜,胡月,张亚昊,等.基于遥感影像的森林质量评价方法研究[J].湖北林业科技,2022,51(4):33-38.