

广东蕉岭生态公益林质量评价*

齐也 江瑶 张中瑞

(广东省森林培育与保护利用重点实验室/广东省林业科学研究院, 广东广州 510520)

摘要 生态公益林质量评价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。应用层次分析法和模糊综合评价法, 对广东蕉岭生态公益林进行森林质量评价, 构建生态公益林森林质量评价指标体系和等级划分标准, 计算得到综合质量评分值。结果表明: 采用林分对环境的影响和林分稳定性两大类 10 个评价指标(平均胸径、平均高、郁闭度、活立木公顷蓄积、龄组、优势树种、树种结构、森林群落结构、植被盖度、灾害等级)可以较为全面地反映该地区森林质量状况。其中, 植被盖度对森林质量影响较大, 郁闭度和树种结构次之, 优势树种影响较小。总体来看, 蕉岭生态公益林资源质量等级为中等, 主要表现为植被盖度较高, 郁闭度良好, 活立木公顷蓄积量、平均胸径、平均树高均处于中等水平, 受灾程度轻, 森林群落结构较完整, 优势树种以本地优势树种为主, 树种结构以相对纯林和纯林居多、混交林较少, 林分以中龄林和过熟林居多。蕉岭生态公益林经营管理应加强森林抚育, 注重林分结构调整。

关键词 森林质量评价; 层次分析法; 模糊综合评价法; 生态公益林

中图分类号: S718.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2021) 04-0091-05

Evaluation of the Quality of Ecological Public Welfare Forest in Jiaoling County, Guangdong Province

QI Ye JIANG Yao ZHANG Zhongrui

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract Ecological public welfare forest quality evaluation can objectively reflect the quality of forest resources and provide a basis for accurate improvement of forest quality and sustainable management. Applying the analytic hierarchy process and fuzzy comprehensive evaluation method to evaluate the forest quality of the ecological public welfare forest in Jiaoling county, Guangdong, the system of the ecological public welfare forest quality evaluation index system and the classification standard are constructed, and the comprehensive quality score is calculated. The results showed that the two categories of 10 evaluation indicators (mean diameter at breast high, average height, crown density, hectare accumulation of standing trees, age group, dominant tree species, tree species structure, forest community structure, vegetation coverage, disaster level) were more comprehensively reflect the forest quality status in the area. Among them, vegetation coverage has a greater impact on forest quality, followed by crown density and tree species structure, and dominant tree species have less impact. In general, the quality level of ecological public welfare forest resources in Jiaoling county is medium, which is mainly reflected

* 基金项目: 广东省生态公益林效益补偿资金省统筹项目“森林生态科技研究推广”、“广东省生态公益林可持续经营研究与示范”, 广东省科技计划项目(2019-07)

第一作者: 齐也(1992—), 女, 助理工程师, 主要从事森林经理研究, E-mail: 599076177@qq.com。

通信作者: 张中瑞(1987—), 男, 工程师, 主要从事森林经理研究, E-mail: zhangzhongrui126@126.com。

in the high vegetation coverage, good crown density, and the accumulation of standing trees in hectares, average diameter at breast height, and average tree height are all at a medium level, and the disaster situation is light. The forest community structure is relatively complete. The dominant tree species are mainly local dominant tree species. The tree species structure is mostly relatively pure and pure forests, and there are few mixed forests. The forest stands are mostly middle-aged forests and over-mature forests. The management of the ecological public welfare forest in Jiaoling county should strengthen forest tending and pay attention to the adjustment of forest stand structure.

Key words forest quality assessment; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation method; ecological public welfare forest

生态公益林是指以发挥生态效益和社会效益为主导功能的森林类型。提升生态公益林管理、保证森林资源量与质的统一是改善生态环境、实现森林可持续经营的重要基础^[1]。蕉岭县是广东省林业生态最好的县之一,具有“世界长寿乡”的美名。根据统计局2020年的数据^[2],蕉岭县全域森林覆盖率达79.4%,活立木总蓄积量为709.4万 cm^3 ,已建成生态公益林3.75万 hm^2 。对广东蕉岭生态公益林质量进行科学合理的定量评价,能够客观反映森林资源质量状况,为森林资源规划和森林经营方案编制提供依据。

目前已有不少学者运用多种评价方法分别对小班、县级、省级等不同尺度森林质量进行了评价。如孙敏等^[3]基于小班尺度对南京市老山林场进行了森林资源质量评价,指出该林场需改善林分结构。张峰等^[4]运用层次分析法构建了县域森林质量评价指标体系。彭岩等^[5]采用主成分分析法提出了新疆森林质量评价指标,宏观把握全省森林质量变化情况。虽然尚未形成统一的森林质量评价标准,但对于评价指标的选取和评价方法的使用具有重要的参考价值。本研究借鉴前人经验,以广东省森林资源二类调查数据为基础,对广东蕉岭生态公益林进行质量评价,运用层次分析法构建蕉岭生态公益林质量评价指标体系和等级划分标准,并最终计算森林质量等级,为蕉岭县生态公益林管理提供参考。

1 研究区概况

广东省梅州市蕉岭县位于东经 $116^{\circ}01' \sim 116^{\circ}22'$ 、北纬 $24^{\circ}25' \sim 24^{\circ}53'$ 之间,总面积 961.64 km^2 。蕉岭属亚热带季风气候区,北部为中亚热带气候区南缘,南部为南亚热带气候区,四季气候明显夏长冬短,夏涝冬旱,春、秋气温多变,均有不

同灾害天气出现。生态公益林的优势树种主要有桉树 *Eucalyptus* spp.、相思 *Acacia* spp.、杉木 *Cunninghamia lanceolata*、马尾松 *Pinus massoniana*、湿地松 *Pinus elliottii* 等。

2 材料与方法

2.1 数据来源

本研究以2018年完成的广东省梅州市蕉岭县森林资源二类调查小班数据为主要数据源,选取蕉岭县林地小班3376个,小班的属性主要包括小班号、地类、小班面积、优势树种、树种结构、森林群落结构、郁闭度、植被盖度、平均胸径、平均树高、平均年龄、龄组、灾害等级、活立木公顷蓄积量等,小班数据信息满足森林质量指数评价的要求。

2.2 层次分析法

层次分析法是将与决策总是有关的指标分解成目标、准则、方案等层次,通过主观判断和两两比较,得到决策因素对于目标的重要性总排序,最终根据得出的排序结果进行决策和选择解决问题的措施^[6]。本研究采用层次分析法,确定森林质量评价目标层(A)、评价约束层(B)、评价指标层(C)。对生态公益林质量评价指标体系所列评价指标采用1~9标度法^[7],并检验判断矩阵是否具有满意一致性,将一致性指标和随机一致性指标进行比较,得出检验系数,公式如下:

$$CR_i = \frac{CI_i}{RI_i}$$

式中, CR_i ($i=1, \dots, n$) 为检验系数, n 为指标总数。 CI_i 为第 i 指标单排序一致性检验指标, RI_i 为第 i 指标对应的平均随机一致性指标。当 $CR_i < 0.10$ 时,则认为该判断矩阵通过一致性检验,具有满意一致性,否则就不具有满意一致性。

层次总排序一致性检验是根据单排序一致性指标与相应的平均随机一致性指标及约束层总排序随机一致性比例，公式如下：

$$CR = \frac{\sum_i^n CI_i a_i}{\sum_i^n RI_i a_i}$$

式中：CR 为层次总排序一致性检验系数， a_i 为层次总排序权重。当 $CR < 0.10$ 时，认为层次排序结果具有较满意的一致性并接受该分析结果。

2.3 模糊综合评价法

模糊综合评价法是在模糊数学的基础上，将一些边界不清、不易定量的因素用数学方法进行量化，从多个因素对被评事物隶属等级状况进行评价的一种方法^[8]。由于森林资源质量往往受多种因素、多个层次影响，难以直接定量评价，通常采用模糊综合评价法建立评价指标体系进行评价。

首先为构建隶属矩阵，对指标层的单指标 C_i ($i = 1, 2, \dots$) 作单指标评价，指标 C_i 对应优、中、差 3 个等级的隶属度为 R_{i1} 、 R_{i2} 、 R_{i3} ($i = 1, 2, \dots$)，并得到第 i 个指标 C_i 单指标隶属度集 R_i 。本研究的指标采用频率法，即用各个指标的值得落在优、中、差 3 个等级上的小班面积占总面积比重，以构建约束层下的指标层指标的隶属矩阵，公式如下：

$$R_i = \begin{bmatrix} R_{i1} & \cdots & R_{i3} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \cdots & & \cdots \end{bmatrix}$$

进一步合成运算，在同一层次计算的权重矩阵 W_{C_i} 与隶属矩阵 R_i 进行合成运算，得到约束层隶属矩阵 E_{B_i} ，公式如下：

$$E_{B_i} = W_{C_i} \times R_i$$

然后将约束层隶属矩阵乘以约束层的权重矩阵 W_B 得到目标层隶属矩阵 E_A ，公式如下：

$$E_A = W_B \times E_{B_i}$$

最终将目标层隶属矩阵 $E_A = (x, y, z)$ 中 x 、 y 、 z 分别对应优、中、差 3 个等级， x 、 y 、 z 中最大的值即为评定的森林资源质量等级。

3 结果与分析

3.1 评价指标体系构建

生态公益林是以发挥生态效益为主要目的的森林类型，其森林质量的高低直接影响到人类生存和发展的环境质量^[9]。在进行生态公益林资源质量评价时，主要考虑林分对环境的影响和林分稳定性两方面的指标^[10]。林分对环境的影响这类指标不易获得，可以采用林分对环境所产生的生态效益、经济效益等方面的间接指标表示，本研究选取平均胸径、平均高、郁闭度、活立木公顷蓄积、龄组 5 个指标。林分在相当长时间内能够保持林分组成、层次结构等相对稳定，便能持续不间断发挥生态效益。因此选择优势树种、树种结构、森林群落结构、植被盖度、灾害等级 5 个指标来反映林分稳定性。

3.2 评价指标权重确定及检验

对评价指标体系各项指标构造两两比较判断矩阵，确定各评价指标的相对权重，经过一致性检验后，得出生态公益林质量评价指标权重及一致性检验值见表 1。由检验结果可知，约束层单排序一致性检验系数 $CR_1 = 0.0081 < 0.10$ ， $CR_2 = 0.0152 < 0.10$ ，表明约束层单排序结果均具有满意一致性。层次总排序一致性检验系数 $CR = 0.0175 < 0.10$ ，表明层次总排序结果具有较满意一致性，本文分析结果具有可接受性。由结果可知，林分对环境的影响方面，评价指标权重由大到小依次为植被盖度 0.42，郁闭度 0.26，活立木公顷蓄积量 0.15，平均胸径 0.09，平均树高 0.09。林分稳定性方面，评价指标权重由大到小依次为树种结构 0.42，森林群落结构 0.26，龄组 0.16，灾害等级 0.10，优势树种 0.06。

3.3 评价指标等级划分

为直观展现森林质量评价结果，本研究参考广东省森林资源二类调查的相关规定和相关文献将各指标均划分为优、中、差 3 个等级，指标等级划分标准见表 2。

根据计算结果，得到约束层 $W_B = (0.67 \ 0.33)$ ；指标层林分对环境的影响下 $W_{C_1} = (0.41 \ 0.26 \ 0.15 \ 0.09 \ 0.09)$ ，林分稳定性下 $W_{C_2} = (0.42 \ 0.26 \ 0.16 \ 0.10 \ 0.06)$ 。构建隶属度矩阵如下：

表 1 生态公益林质量评价指标权重及一致性检验值

Table1 The weight and consistency test value of ecological public welfare forest quality evaluation index

目标层 Target layer	约束层 Constraint layer	约束层权重 Constraint layer weight	单排序一致性检验 Single sort consistency test	指标层 Index layer	指标层权重 Index layer weight	总排序权重 Total sort weight	总排序一致性检验 Total sort consistency test		
森林质量评价 Forest quality assessment	林分对环境的影响 Impact of stands on the environment	0.67	0.008 1	植被盖度	0.42	0.28	0.017 5		
				郁闭度	0.26	0.17			
				活立木公顷蓄积量	0.15	0.10			
	林分稳定性 Stand stability	0.33	0.015 2	平均胸径	0.09	0.06			
				平均树高	0.09	0.06			
				树种结构	0.42	0.14			
					森林群落结构	0.26		0.09	
					龄组	0.16		0.05	
					灾害等级	0.10		0.03	
				优势树种	0.06	0.02			

表 2 生态公益林质量评价指标等级划分标准

Table2 Standard for grading of quality evaluation index of ecological public welfare forest

指标 Index	等级划分标准 Division standard		
	优 High	中 Middle	差 Low
植被盖度 Vegetation coverage	≥ 0.7	0.3~0.6	< 0.3
郁闭度 Canopy density	0.6~0.8	>0.8	<0.6
活立木公顷蓄积量 cm ³ /hm ² Stock of living wood in hectare	≥ 150	50-150	<50
平均胸径 /cm Average DBH	≥ 18	10~18	<10
平均树高 /m Average tree height	≥ 15	8~15	<8
树种结构 Tree species structure	混交林	相对纯林	纯林
森林群落结构 Forest community structure	完整结构	较完整结构	简单结构
龄组 Age group	近熟林、成熟林	中龄林、过熟林	幼龄林
灾害等级 Calamity grade	无灾害、轻度	中度	重度
优势树种 Dominant tree species	针叶混交林、针阔混交林、阔叶混交林	桉树、速生相思等树种	其它软阔、其它硬阔

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.57 & 0.43 & 0 \\ 0.84 & 0.07 & 0.10 \\ 0.09 & 0.78 & 0.13 \\ 0.11 & 0.83 & 0.06 \\ 0.12 & 0.80 & 0.08 \end{bmatrix} \quad R_2 = \begin{bmatrix} 0.27 & 0.44 & 0.29 \\ 0.15 & 0.84 & 0.01 \\ 0.34 & 0.57 & 0.09 \\ 1.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.27 & 0.37 & 0.36 \end{bmatrix}$$

林分对环境的影响方面，各指标评价等级分别为：植被盖度、郁闭度为优等；活立木公顷蓄积量、平均胸径、平均树高均为中等。林分稳定性方面，各指标评价等级分别为：仅灾害等级为优等，树种结构、森林群落结构、龄组、优势树种均为中等。

3.4 森林资源质量等级评价

森林资源质量等级计算结果如下。根据最大隶属度原则，约束层林分对环境的影响对应评价等级为优，林分稳定性对应评价等级为中等，总体森林质量等级为中级。

$$E_{B_1} = W_{C_1} \times R_1 = (0.48 \quad 0.46 \quad 0.06)$$

$$E_{B_2} = W_{C_2} \times R_2 = (0.32 \quad 0.52 \quad 0.16)$$

$$E_A = W_B \times \begin{pmatrix} E_{B_1} \\ E_{B_2} \end{pmatrix} = (0.43 \quad 0.48 \quad 0.09)$$

4 结论与讨论

从评价指标权重来看，植被盖度、郁闭度是评价林分对环境的影响的重要指标，树种结构和森林群落结构对生态公益林林分稳定性的影响较大。广东地区降雨量较大，一定的植被盖度和较大的森林郁闭度能够影响林冠截留和树干径流，减轻降水对表层土壤的冲刷^[11]，有利于土壤表层养分的维持。丰富的树种结构和完整的森林群落结构有利于森林资源的有效利用^[12]。

从评价结果来看，蕉岭生态公益林资源质量等级为中等，总体表现为林分对环境所产生的效益较优，而林分稳定性一般。具体来说，林分对环境的影响方面，森林植被覆盖度，郁闭度良好，活立木公顷蓄积量、平均胸径、平均树高均处于中等水平，即林分生长量处于中等水平。可能的原因是缺乏合理的森林抚育，导致森林质量提升有限。林分稳定性方面，目前森林受灾情况轻，森林群落结构较完整，优势树种以本地优势树种为主，树种结构以相对纯林和纯林居多、混交林较少，林分以中龄林和过熟林居多。相比较而言，简单的林分结构更易受到病虫害的侵袭，而混交林具有较高的森林稳定性和较强的自然演替能力^[13]。要使森林质量得到大幅改善，必须注重林分结构的调整。

本研究结果客观反映了广东蕉岭生态公益林资源质量状况，能够为森林质量精准提升和可持续经营管理提供依据。总体来说，广东蕉岭生态公益林质量处于中等水平，具有一定的可持续发

展性，但仍有较大提升空间。建议加强森林抚育，有效提升森林生长量。在尽量不改变现有植被盖度和郁闭度的情况下，适当间伐、补植、补造，提高林木质量，优化林分结构。森林资源质量评价涉及内容众多，难以统一标准、适用性强的评价方法，本研究评价指标选择及评价等级划分均以广东省森林资源二类调查的相关规定为依据，具有一定的适用性，但若用于不同类型的生态公益林质量评价，其评价指标体系还需完善。

参考文献

- [1] 毛淑娟, 胡月明. 森林质量评价研究探讨[J]. 广东林业科技, 2007, 23(2): 67-71.
- [2] 梅州市蕉岭县统计局. 2020年蕉岭县国民经济和社会发展统计公报[R]. 梅州: 梅州市蕉岭县统计局, 2021.
- [3] 孙敏, 周春国. 小班尺度森林资源质量评价: 以南京市老山林场为例[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(2): 101-104.
- [4] 张峰, 张丽君, 胡炜, 等. 基于小班尺度的县域森林质量评价研究[J]. 林业与环境科学, 2020, 36(1): 21-29.
- [5] 彭岩, 田雪邻, 张新平, 等. 基于森林连续清查数据的新疆森林质量评价[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(5): 96-102.
- [6] 肖水根. 福建将乐生态公益林质量评价[J]. 福建林业科技, 2015, 42(3): 220-222.
- [7] 张会儒, 雷相东, 张春雨, 等. 森林质量评价及精准提升理论与技术研究[J]. 北京林业大学学报, 2019, 41(5): 1-18.
- [8] 张邦文, 郑世跃, 欧阳勋志, 等. 基于森林资源二类调查数据的森林资源质量评价: 以江西安福县明月山林场为例[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(6): 1155-1159.
- [9] 赵惠勋, 周晓峰, 王义弘, 等. 森林质量评价标准和评价指标[J]. 东北林业大学学报, 2000(5): 58-61.
- [10] 梅浩, 余宇晨, 陆翔. 基于小班尺度的生态公益林质量评价指标筛选研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2019, 39(11): 14-22.
- [11] 王乃江, 张文辉, 同金霞, 等. 黄土高原蔡家川林场森林质量评价[J]. 林业科学, 2010, 46(9): 7-13.
- [12] 盘李军, 王明怀, 冼干标, 等. 云勇生态公益林树种选择及配置研究初报[J]. 广东林业科技, 2013, 29(5): 1-6.
- [13] 张中瑞, 王炳煌, 何东进, 等. 不同森林经营模式物种多样性特征比较: 以“永林公司”为例[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(5): 32-37; 56.