

## 浙西北马尾松公益林分类研究与评价

周子贵<sup>1</sup>, 夏淑芳<sup>2</sup>, 梅丽<sup>3</sup>, 吴家胜<sup>3</sup>

(1. 浙江省林业生态工程管理中心, 浙江 杭州 310020; 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023;  
3. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 为了研究浙江省西北部马尾松 *Pinus massoniana* 公益林的生态效益及高效马尾松的群落结构特征, 以浙江西北重点区域马尾松公益林群落为对象, 利用典型样地调查方法, 在聚类分析、多样性分析、相似性分析的基础上对马尾松公益林进行全面剖析。结果表明: 浙江省西北部马尾松公益林可分为 7 个类型, 其中以常绿阔叶为主的阔松复合混交林类型(类型 VII)多样性较大、生态效益较高; 选用常绿阔叶林和以常绿阔叶为主的阔松复合混交林(类型 VII)等 2 个类型作为优质高效公益林目标类型, 并利用相似性分析将除以常绿阔叶为主的阔松复合混交林类型以外的马尾松公益林类型(类型 I~VI)划分为马尾松低效公益林。通过各森林类型物种丰富度、物种多样性分析, 对马尾松公益林从演替理论进行剖析, 为低效马尾松公益林分类建设提供科学依据。图 1 表 8 参 20

**关键词:** 森林生态学; 马尾松; 群落结构; 分类; 评价

中图分类号: S718.5

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2014)04-0611-08

## Classification and evaluation of the ecological public welfare forest of *Pinus massoniana* in northwest Zhejiang

ZHOU Zigui<sup>1</sup>, XIA Shufang<sup>2</sup>, MEI Li<sup>3</sup>, WU Jiasheng<sup>3</sup>

(1. Ecological Project Management Center of Zhejiang Province, Hangzhou 310020, Zhejiang, China; 2. Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, Zhejiang, China; 3. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** Based on a field investigation of *Pinus massoniana* ecological public welfare forests in the northwest of Zhejiang Province and using cluster analysis, diversity analysis and similarity analysis, the ecological benefits of *P. massoniana* forests and the community structure characteristics of efficient *P. massoniana* forests were fully analyzed. The results indicated that the *P. massoniana* forests in the northwest of Zhejiang Province could be classified into 7 types by cluster analysis. Among the *P. massoniana* forests, the mixed forest (Type VII) with the evergreen broadleaf trees as the dominant species had a larger diversity and higher eco-efficiency. Using evergreen broadleaf forest and the type VII forest as high quality and efficient public welfare forest criteria, types I - VI could be sorted as low efficient type through similarity analysis. The *P. massoniana* forest succession was analyzed through species diversity analysis to provide scientific foundation for the improvement of ecological public welfare forests of *P. massoniana*. [Ch, 1 fig. 8 tab. 20 ref.]

**Key words:** forest ecology; *Pinus massoniana*; community structure; classification; evaluation

马尾松 *Pinus massoniana* 是中国亚热带地区特有的乡土树种和荒山恢复的先锋树种, 广泛分布于南方多省(区)。据 2007 年浙江省重点生态公益林建设与效益公报显示<sup>[1]</sup>, 浙江省以马尾松为优势的松林

收稿日期: 2013-08-09; 修回日期: 2013-12-23

作者简介: 周子贵, 高级工程师, 从事林业生态和林业碳汇、公益林管理等研究。E-mail: zhouzigui5188@sina.com。通信作者: 吴家胜, 教授, 博士, 博士生导师, 从事经济林培育与利用研究。E-mail: wujs@zafu.edu.cn

面积已达 237.1 万  $\text{hm}^2$ , 已划为公益林的达 82.4 万  $\text{hm}^2$ 。从全省公益林的面积组成分析, 针叶林分布广泛, 大部分为次生的马尾松林, 面积大, 具有一定涵养水源、保持水土、调节小气候和碳汇等生态服务价值。马尾松林的自然分布区通常又是常绿阔叶林的自然分布区, 它是常绿阔叶林演替系列中的一个演替阶段, 处于常绿阔叶林演替过程中一个不稳定的过渡类型, 因此, 其林分类型复杂, 群落结构不稳定。许多研究表明<sup>[2-13]</sup>, 与常绿阔叶林相比, 马尾松林存在物种多样性低, 群落结构不合理, 林分质量差, 地力衰退严重, 松毛虫 *Dendrolimus punctatus* 和松材线虫病 *Bursaphelenchus xylophilus* 危害严重, 生态功能相对低等问题, 从而表现出生态功能低效的特点, 严重影响公益林对应生态功能的发挥。因此, 对马尾松公益林进行分类改造研究, 对于促进浙江公益林的健康建设具有重要意义。浙江省从 2001 年开展公益林区划界定, 2004 年确定 200.0 万  $\text{hm}^2$  重点公益林并实施 120.00 元· $\text{hm}^{-2}$  的补偿, 直至 2009 年扩大为 260.0 万  $\text{hm}^2$  并将补偿标准提高到 285.00 元· $\text{hm}^{-2}$ , 但公益林界定建设仅有 10 a 时间, 保护管理工作做得多, 群落划分、林分改造、功能研究等做得相当较少。本研究重点从马尾松公益林的群落结构特征出发, 探讨马尾松公益林的主要类型、群落结构及相似程度、物种多样性组成, 并进行低效马尾松公益林类型划分与群落特征分析, 以期对浙江省马尾松公益林的健康经营提供基础理论和科学依据。

## 1 研究区概况

研究区地处天目山地区、浙皖赣中低山立地亚区与浙皖低山、丘陵立地亚区, 属中亚热带湿润气候区, 温和湿润, 年平均气温为 15.0  $^{\circ}\text{C}$  左右, 年降水量 1 600.0 mm 左右, 无霜期 220~240 d。地貌以低山丘陵为主, 夹有天目山、黄山、九华山等中山, 地势高峻, 山系之间地势较低, 以低山丘陵为多, 地带性植被较典型的是常绿阔叶林。主要树种有青冈 *Cyclobalanopsis glauca*, 苦槠 *Castanopsis sclerophylla*, 甜槠 *Castanopsis eyrei*, 木荷 *Schima superba* 等, 但由于多种原因, 现在多为马尾松和杉木 *Cunninghamia lanceolata* 林, 亦有相当面积的灌丛。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置

在浙江省西北区的淳安、常山、龙游、浦江、临安等 5 县(市)划定的公益林地, 选择典型的马尾松林, 布设面积为 20 m × 20 m 的固定样地开展调查, 详细记录样地海拔、坡度、坡向、坡位、土壤类型、土层厚度、林分郁闭度等环境因子及群落特征因子。为便于分析比较, 在淳安和浦江两地设置了 6 个典型常绿阔叶林样地。共计样地数量 34 个(表 1)。

在样地内用样线“十字”型等分成 4

个 10 m × 10 m 的乔木样方, 对样方内胸径  $\geq 3$  cm 或树高  $\geq 2.5$  m 的树木进行每木调查, 记录树种名称、胸高直径、树高、活枝下高和冠幅等。在样地内的四角分别设置 1 个 4 m × 4 m 的灌木样方, 调查记录灌木或下木的名称、株数(或丛数)、平均高度(最高、最低)、盖度。在灌木样方内的右下角设置 1 个 2 m × 2 m 的草本样方, 调查记录草本植物的名称、高度(最高、最低)、株数(或丛数)、盖度。

### 2.2 数据处理

2.2.1 重要值计算 重要值=(相对频度+相对密度+相对优势度)/3。其中, 相对频度=(某种的频度/全部种的频度之和)×100%; 相对密度=(某种的个体数/全部种的个体数)×100%; 相对优势度=(某种的优势度/全部种的优势度之和)×100%。其中乔木的优势度以胸高断面积计, 灌木和草本的优势度以盖度计<sup>[14]</sup>。

2.2.2 聚类分析 以欧氏距离( $d_{jk}$ )计算群落间的相似系数, 进行样地间的聚类分析。 $d_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2}$ 。

其中:  $n$  为样地数,  $x_{ij}$  和  $x_{ik}$  分别是第  $i$  个种在样地  $j$  和  $k$  中的重要值。

表 1 公益林调查样地分布情况

Table 1 Distribution of public welfare forest quadrats

样地区	马尾松林样地数量/个	常绿阔叶林样地数量/个
常山县	6	0
浦江县	2	2
龙游县	7	0
临安市	2	0
淳安县	11	4
合计	28	6

2.2.3 群落相似度 采用离差标准化后的内积，以取值为 0 与 1 之间的相关系数  $R$  来表达：

$$R_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}}$$

其中： $R_{jk}$  是  $j$  与  $k$  2 个比较样地的相似系数； $n$  是 2 个比较样地合计的植物种数； $x_{ij}$  是第  $i$  种在样地  $j$  中的重要值； $\bar{x}_j$  为样地  $j$  所有种重要值的平均值； $x_{ik}$  是第  $i$  种在样地  $k$  中的重要值； $\bar{x}_k$  为样地  $k$  所有种重要值的平均值。

2.2.4 物种多样性 根据群落调查样地资料，分别选取物种丰富度指数( $S$ )，Simpson 指数( $D$ )，Shannon-Wiener 指数( $H$ )和 Pielou 指数( $J_H$ )进行植物多样性统计<sup>[6,15-16]</sup>。其中，物种丰富度指数，即样地中物

种总数。物种多样性指数采用下式统计： $D=1-\sum_{i=1}^s p_i^2$ ； $H=-\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$ ； $J_H = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{-\sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)}{\ln(s)}$ 。其中： $S$  为样地中出现的植物种类数量； $p_i$  为第  $i$  种的个体数占总个体数的比例。本研究以重要值表示，即  $p_i$  为第  $i$  物种的重要值。

### 3 结果与分析

#### 3.1 马尾松公益林分类

通过聚类分析，共将马尾松公益林划分为 7 个类型，即马尾松纯林类型(类型 I)，马尾松和高灌木复层混交林类型(类型 II)，人为干扰较大的特殊混交类型(类型 III)，马尾松与落叶阔叶复合混交林类型(类型 IV)，马尾松与常绿和落叶阔叶复合混交林类型(类型 V)，以马尾松为主的松常绿阔叶复合混交林类型(类型 VI)，以常绿阔叶为主的阔松复合混交林类型(类型 VII)(图 1)。

3.1.1 马尾松纯林(类型 I) 马尾松纯林类型(类型 I)包括 3 号，4 号，5 号，7 号，9 号，10 号，13 号，23 号，24 号，25 号和 28 号样地，其乔木层物种单一，均为马尾松。

3.1.2 马尾松和高灌木复层混交类型(类型 II) 马尾松和高灌木复层混交类型(类型 II)包括 17 号和 18 号样地，乔木层优势物种为马尾松(重要值为 59.75)，主要伴生种为灌木型的赤楠 *Syzygium buxifolium*，欆木 *Loropetalum chinensis*，山矾 *Symplocos sumuntia*，四川山矾 *Symplocos setchuensis* 和短尾越橘 *Vaccinium carlesii* 等小乔木，在乔木层还缺乏木荷和苦槠等地带性常绿阔叶乔木树种。

3.1.3 人为干扰较大的特殊混交类型(类型 III) 人为干扰较大的特殊混交类型(类型 III)包括 27 号，11 号，2 号和 14 号样地。根据其物种组成分析，归为特殊类型。样地中部分以马尾松(重要值为 78.02)为优势种优势，部分以杉木，樟树 *Cinnamomum camphora* 为优势种。样地中有许多物种具有明显的人工栽培的迹象，如毛竹 *Phyllostachys edulis*，油桐 *Vernicia fordii*，杉木，樟树，泡桐 *Paulownia tomentosa* 等。

3.1.4 马尾松与常绿和落叶阔叶复合混交类型(类型 V) 马尾松与常绿和落叶阔叶复合混交类型(类型 V)包括 6 号和 21 号样地。2 个样地的距离较近，样地内乔木层马尾松为优势种群(重要值为 71.15)，乔木亚层主要伴生种为枫香 *Liquidambar formosana*，合欢 *Albizia kalkora* 等落叶阔叶乔木树种和樟树、冬青 *Ilex chinensis*，苦槠等常绿乔木树种(重要值为 71.20)。

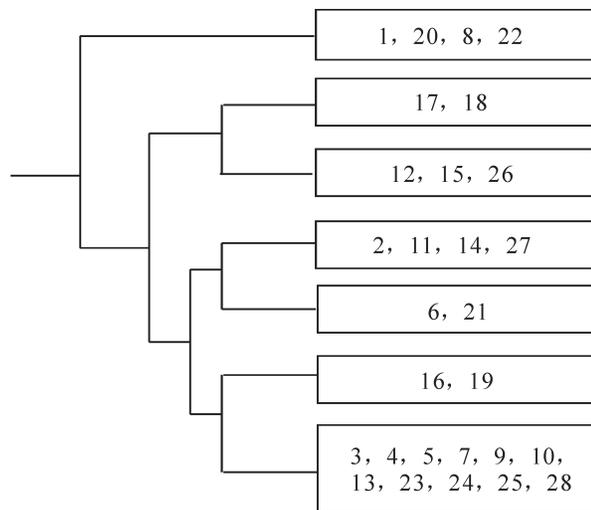


图 1 马尾松生态公益林聚类分析

Figure 1 Cluster analysis diagram of pine forest quadrats

3.1.5 马尾松-落叶阔叶混交类型(Ⅳ)及马尾松-常绿阔叶混交类型(类型Ⅵ) 马尾松-落叶阔叶混交类型(Ⅳ)包括16号和19号样地。该类型以马尾松为优势种(重要值为87.85),主要伴生种为短柄枹 *Quercus glandulifera*, 野柿 *Diospyros kaki* 等落叶阔叶树种。该类型为居于马尾松纯林和高灌木复层混交林类型→马尾松与常绿和落叶阔叶复合混交林类型之间的一种居间类型。马尾松-常绿阔叶混交类型(类型Ⅵ)包括26号、12号和15号样地。该类型样地也以马尾松为优势种(重要值为66.7),混交木荷、苦槠常绿阔叶树种及少量苦槠木 *Fraxinus insularis* 落叶阔叶树种,该类型为居于马尾松与常绿和落叶阔叶复合混交林类型→以常绿阔叶为主的阔松复合混交林类型之间的一种居间类型。

3.1.6 以常绿阔叶为主的阔松复合混交林(类型Ⅶ) 以常绿阔叶为主的阔松复合混交林(类型Ⅶ)包括1号,20号,8号和22号样地。该类型样地在聚类图中相对比较集聚,4个样地的马尾松重要值只有14.05,而石栎 *Lithocarpus glabra*, 青冈, 苦槠和木荷常绿阔叶树种的重要值合计达42.12,远大于马尾松的重要值。白栎 *Quercus fabri*, 枫香和黄檀 *Dalbergia hupeana* 落叶阔叶树种的重要值合计为12.02,不仅小于马尾松,更小于常绿阔叶树种。

### 3.2 马尾松公益林群落植物多样性分析

物种多样性是植物群落稳定性的基础<sup>[17-18]</sup>,同时也是优质公益林生态综合效益的具体体现。森林群落物种多样性的高低直接影响到群落的生态效益,具有较高物种多样性的森林群落,能形成更稳定有序的耗散结构,使生态功能达到稳定和持续<sup>[19]</sup>。

马尾松公益林各类型多样性统计表明:在乔木层(表2)中,多样性最高的是类型Ⅶ(以常绿阔叶为主的阔松复合混交林类型),物种丰富度  $S$  为14;  $D$ ,  $H$  和  $J_H$  指数分别为0.912 6, 2.867 3和0.813 4。多样性最低的无疑是马尾松纯林。多样性相对较低的是类型Ⅳ(马尾松-落叶阔叶混交类型),物种丰富度只有3。 $D$ ,  $H$  和  $J_H$  指数分别只为0.219 8, 0.444 5和0.405 3,这可能是由于正处在马尾松林演替的初级阶段,只有短柄枹、苦槠、野柿等少量乔木树种进入乔木层。值得注意的是常绿阔叶林的多样性指数显著地低于类型Ⅶ,这是由于类型Ⅶ正处在快速的自然常规演替过程,一些阳性物种,如野桐 *Mallotus japonicus*, 化香 *Platycarya strobilacea*, 白花龙 *Styrax fabri* 等落叶性灌木型小乔木尚有存在,但不久将会在自然演替或在激烈的自然竞争中逐步淘汰。从乔木层多样性分析表明,类型Ⅰ~类型Ⅳ相对不稳定。

灌木层的多样性测定表明(表3):各类型的灌木层物种多样性都比较高,其中以马尾松纯林最高, $D$ ,  $H$  和  $J_H$  多样性指数分别为0.929 6, 3.374 9和0.846 1。而类型Ⅲ,类型Ⅶ和常绿阔叶林尽管丰富度指数远低于马尾松纯林(类型Ⅰ),但 Simpson 多样性指数( $D$ )并不比马尾松纯林低,这可能与物在各样地中的分布较为均匀有关。灌木层物种多样性相对较低的是类型Ⅱ和类型Ⅳ,前者为马尾与高灌木复层混交林的类型,后者为居于马尾松和高灌木复层混交林类型→马尾松与常绿和落叶阔叶复合混交林类型之间的居间类型,造成这一现象的原因一方面可能由于样地偏少(均只有2个样地),另一方面是因为组成的物种多数为阳性树种,林内小气候条件相对较差,导致灌木层的物种多样性较低。

表2 马尾松公益林群落乔木层植物多样性

Table 2 Tree species diversity of different types of pine forests

群落类型	$S$	$D$	$H$	$J_H$
类型(Ⅰ)	1	0	0	0
类型(Ⅱ)	4	0.592 6	1.609 8	0.730 4
类型(Ⅲ)	5	0.843 9	1.114 4	0.789 5
类型(Ⅳ)	2	0.219 8	0.444 5	0.405 3
类型(Ⅴ)	6	0.483 2	1.028 3	0.528 5
类型(Ⅵ)	3	0.733 7	0.783 6	0.834 6
类型(Ⅶ)	14	0.912 6	2.867 3	0.813 4
常绿阔叶林	6	0.566 7	1.480 9	0.555 7

表3 马尾松公益林群落灌木层植物多样性

Table 3 Shrub species diversity of different types of pine forests

群落类型	$S$	$D$	$H$	$J_H$
类型(Ⅰ)	15	0.929 6	3.374 9	0.846 1
类型(Ⅱ)	12	0.856 1	2.286 0	0.806 9
类型(Ⅲ)	11	0.939 5	3.089 4	0.908 3
类型(Ⅳ)	11	0.880 1	2.402 1	0.847 8
类型(Ⅴ)	12	0.924 4	2.790 4	0.847 8
类型(Ⅵ)	9	0.901 3	2.642 0	0.847 8
类型(Ⅶ)	11	0.940 4	3.183 0	0.882 4
常绿阔叶林	7	0.935 8	2.999 9	0.956 8

从草本层的物种多样性分析(表4)可知:马尾松纯林的草本层多样性最高,物种丰富度为8;  $D$ ,  $H$  和  $J_H$  多样性指数分别为0.831 6, 1.862 9和0.644 5; 类型Ⅶ和常绿阔叶林群落也相对较高; 类型Ⅴ最

低，在调查的 2 个样地中，只见有 3 种草本植物， $D$ 、 $H$  和  $J_H$  多样性指数分别为 0.500 4，0.830 6 和 0.756 0。

### 3.3 马尾松公益林评价

3.3.1 树种重要值 根据 GB/T 18337.1-2001《生态公益林建设：导则》公益林防护林建设质量考核评价指标<sup>[14]</sup>规定要求(表 5)，以 I 级生态公益林中“生物多样性达到阔叶林、阔叶为主的针阔混交林、动植物物种丰富；林分郁闭度 $>0.8$ ；群落层次要求群落复杂结构或完整结构”等为主要指标为标准，选择常绿阔叶林(典型样地)类型(主要树种组成和重要值统计见表 6)和以常绿阔叶为主的阔松复合混交林类型(类型 VII、主要树种组成和重要值统计见表 7)2 个类型，作为优质高效公益林目标类型，其他类型通过与目标类型进行群落相似性分析，确定其林分质量的优劣。

表 4 马尾松公益林群落草本层植物多样性

Table 4 Herb layer species diversity of different types of pine forests

群落类型	S	D	H	$J_H$
类型(I)	8	0.831 6	1.862 9	0.644 5
类型(II)	3	0.661 4	1.290 7	0.801 9
类型(III)	4	0.782 3	1.859 0	0.748 1
类型(IV)	4	0.782 3	1.874 5	1.046 2
类型(V)	2	0.500 4	0.830 6	0.756 0
类型(VI)	3	0.717 0	1.446 8	0.807 5
类型(VII)	3	0.830 1	1.885 9	0.907 0
常绿阔叶林	3	0.802 4	1.736 8	0.835 2

表 5 生态公益林防护林建设质量考核指标及等级特征

Table 5 Indicators and grade characteristics table of ecological shelterbelt forest construction quality assessment

指标因子	级别与标准		
	I	II	III
物种多样性	阔叶林、阔叶为主的针阔混交林、动植物物种丰富	针阔混交林，混交比 $\geq 30\%$ ，物种较丰富	建群树种为针叶树
林分郁闭度	$>0.8$	0.5~0.7	0.2~0.4
群落层次	群落复杂结构或完整结构	森林群落，结构较完整	森林群落，结构简单
植被盖度	植被高度 $\geq 1.0$ m，盖度 $>0.8$	植被高度 0.5~1.0 m，盖度 0.5~0.7	植被高度 $\leq 0.4$ m，盖度 $<0.4$
枯枝落叶层	枯枝落叶层厚度 $>5$ cm	枯枝落叶层厚度 2~4 cm	枯枝落叶层厚度 $<1$ cm

说明：引自 GB/T 18337.1-2001《生态公益林建设：导则》。

3.3.2 马尾松公益林群落相似性分析 采用离差标准化后的内积，按照上述确定的 2 个优质公益林目标类型，分别针对各类型马尾松公益林进行群落相似性分析，结果表明(表 8)：针对常绿阔叶林的目标类型，以常绿阔叶为主的阔松复合混交林类型(类型 VII)与常绿阔叶林目标类型比较相似，相似系数为 0.396 0，其次为类型 VI，相似系数为 0.063 1，其他各类型与常绿阔叶林的相似性相差很大，相似系数均为负值。针对以常绿阔叶为主的阔松复合混交林类型(类型 VII)，类型 I，类型 II，类型 III，类型 IV，类型 V，类型 VI 均与其有一定的相似性，这主要表现在马尾松的贡献上，因为各类型均有马尾松分布，并且往往随着马尾松重要值的变化而变化。但这些类型与常绿阔叶为主的阔针混交林生物多样性等质量指标比较，相似性仍有较大的差距(相似系数均 $\leq 0.5$ )。

3.3.3 马尾松低效公益林划分 马尾松林处于常绿阔叶林演替过程中的一个不稳定的过渡类型<sup>[10]</sup>，与常绿阔叶林、阔针混交林相比，其生态效益相对较低<sup>[3,11]</sup>。结合公益林建设质量评价指标，分析比较各类型与类型 VII 和常绿阔叶林相似性，相似系数最大的为 0.500 5，最小的为-0.383 7，相似性相差很大；其相似性排序均为类型 VI $>$ 类型 V $>$ 类型 IV $>$ 类型 III $>$ 类型 II $>$ 类型 I，认为马尾松各类型公益林与类型 VII 和常绿阔叶林相似性越低，其生态效能也越低。说明这些类型与常绿阔叶林自然森林群落的树种结构与组成还有相当大的距离，这些类型均为低等级或低效的，因此，可将研究区内的类型 I~类型 VI 确定为低效马尾松公益林。

综合乔木层、灌木层、草本层的物种多样性分析，类型 VII 和常绿阔叶林群落 3 个层次的物种多样性指数都相对较高，说明其群落结构复杂且相对稳定、生态综合效益较高，符合优质林分的要求。其他类型 I~类型 IV 的物种多样性指数相对较低，群落较简单，说明类型 I~类型 IV 相对不稳定，相对于阔叶林生物多样性质量等指标，也是比较低效的。虽然马尾松纯林(类型 I)灌木层、草本层的物种多样性很

高,但其乔木层指数均为0,仍是极不稳定的。

表6 常绿阔叶林样地主要树种重要值

Table 6 Major tree species composition and importance values of evergreen broadleaf forest plots

树种名称	重要值					
	淳安县			浦江县		
	样地 1	样地 2	样地 3	样地 4	样地 5	样地 6
木荷 <i>Schima superba</i>	15.77	46.35	27.92	27.48	25.52	29.58
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	0	0	0	0	57.83	61.24
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	15.82	26.73	13.67	40.62	6.40	0
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	9.35	0	48.87	27.70	0	4.34
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	47.67	12.75	0	0	0	0
冬青 <i>Ilex chinensis</i>	3.04	0	3.01	0	0	0
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	3.10	5.52	0	4.20	0	4.84
连蕊茶 <i>Camellia fraterna</i>	1.30	3.32	3.04	0	0	0
隔药铃 <i>Eurya muricata</i>	0	2.25	1.24	0	0	0

表7 以常绿阔叶为主的阔松复合混交林类型(类型VII)主要树种重要值

Table 7 Structure and significant values of major tree species of evergreen broad-leaved mixed forests (type VII)

树种名称	重要值			
	样地 1	样地 20	样地 8	样地 22
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	5.30	14.50	7.50	28.9
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	27.80	39.00	7.20	0
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	31.70	7.60	8.10	0
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	13.20	12.30	0	3.40
木荷 <i>Schima superba</i>	0	0	18.20	0
白栎 <i>Quercus fabri</i>	0	9.40	0	15.20
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	6.80	0	8.00	0
黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	0	8.70	0	0
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	0	0	7.1	0
山合欢 <i>Albizia kalkora</i>	0	0	3.0	3.7
红皮树 <i>Styrax suberifolius</i>	6.10	0	0	0
短柄枹 <i>Quercus glandulifera</i>	0	0	0	6.2
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0	0	5.3	0
野漆树 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	0	0	5.0	0
隔药铃 <i>Eurya muricata</i>	0	2.70	14.70	0
欏木 <i>Loropetalum chinensis</i>	0	0	3.60	13.20
化香 <i>Platycarya strobilacea</i>	0	0	0	9.60
野桐 <i>Mallotus japonicus</i>	0	0	0	5.1

表8 马尾松群落与目标群落的相似性

Table 8 Similarity between two target communities and different pine forests

目标类型	群落类型						
	类型(I)	类型(II)	类型(III)	类型(IV)	类型(V)	类型(VI)	类型(VII)
常绿阔叶林	-0.383 7	-0.215 5	-0.205 1	-0.179 7	-0.160 3	0.063 1	0.396 0
类型VII	0.268 1	0.410 7	0.447 0	0.455 9	0.480 0	0.500 5	1.000 0

## 4 结论与讨论

通过聚类分析,首次将马尾松公益林划分为马尾松纯林类型(类型I),马尾松和高灌木复层混交林类型(类型II),人为干扰较大的特殊混交类型(类型III),松-落叶阔叶复合混交林类型(类型IV),马尾

松与常绿和落叶阔叶复合混交林类型(类型 V), 以马尾松为主的松-常绿阔叶复合混交林类型(类型 VI), 以常绿阔叶为主的阔松复合混交林类型(类型 VII)等 7 个类型。

利用物种多样性分析发现, 马尾松纯林类型(类型 I)具有较高的林下植物多样性, 但以常绿阔叶为主的阔松复合混交林类型(类型 VII)无论是乔木、灌木、草本层均表现出多样性指数较高的结果; 结合 GB/T 18337.1-2001《生态公益林建设: 导则》中的生态公益林防护林建设质量考核评价指标要求(表 5), 选择常绿阔叶林类型和以常绿阔叶为主的阔松复合混交林类型(类型 VII)等 2 个类型, 作为目标类型。

根据公益林建设目标类型, 对马尾松公益各类型进行群落的相似性分析, 分析表明各类型与目标类型相似性仍有较大的差距(相似系数均 $\leq 0.5$ ), 说明其生态效能较低。因此, 将类型 I~类型 VI 划分为马尾松低效公益林。同时, 通过各类型物种丰富度、物种多样性分析, 对马尾松公益林从演替理论进行剖析, 揭示了各类型在自然演替过程中的物种多样性变化以及低效马尾松公益林形成的原因, 为浙江省低效马尾松公益林分类建设提供科学依据。

本研究仅从浙江西北区 5 县(市)调查的马尾松林分及其群落结构、物种多样性方面, 对马尾松公益林进行分类和低效林划分。然而对低效公益林分类及其研究, 是一个极其复杂的过程, 受地域、区位、立地、气候、林分结构、树种特性、经营管理等综合条件的影响。这些都有待进一步深入研究。

**致谢:** 本研究还得到李土生教授、胡绍庆教授、洪利兴教授、徐高福教授、鲁小珍教授等的指导和帮助, 在此一并感谢!

#### 参考文献:

- [1] 浙江省林业厅. 浙江省重点公益林建设与效益公报[R]. 杭州: 浙江省林业厅, 2007.
- [2] 陈建仁, 秦国峰. 马尾松林[G]//王景祥. 浙江森林. 北京: 中国林业出版社, 1993: 40 - 43.
- [3] 洪利兴, 王泳, 杜国坚, 等. 我国南方马尾松林生态系统的退化特征和改造对策研究[J]. 浙江林业科技, 2000, **20**(2): 1 - 9.  
HONG Lixin, WANG Yong, DU Guojian, *et al.* Retrograde characteristics of ecosystem of *Pinus massoniana* forest and its transformation countermeasures [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2000, **20**(2): 1 - 9.
- [4] 王希华, 王良衍, 宋永昌. 马尾松林恢复为常绿阔叶林的研究[J]. 生态学杂志, 2001, **20**(1): 30 - 32.  
WANG Xihua, WANG Liangyan, SONG Yongchang. Study on restoration of evergreen broad-leaved forest from *Pinus massoniana* forest [J]. *Chin J Ecol*, 2001, **20**(1): 30 - 32.
- [5] 程煜, 陈灿, 洪伟, 等. 不同恢复类型木荷马尾松林优势种群空间分布格局分析[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2009, **10**(5): 448 - 452.  
CHENG Yu, CHEN Can, HONG Wei, *et al.* On spatial distribution pattern in different restoration processes of dominant population in *Schima superba* and *Pinus massoniana* forest [J]. *J Beihua Univ Nat Sci*, 2009, **10**(5): 448 - 452.
- [6] 杨清培, 李鸣光, 张伟银. 黑石顶自然保护区未受干扰与人为干扰马尾松林物种多样性比较[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2000, **39**(Z2): 87 - 92.  
YANG Qingpei, LI Mingguang, ZHANG Weiyin. Studies on the species diversity of the undisturbed stable and the disturbed *Pinus massoniana* forests in Heishiding Natural Reserve [J]. *Acta Sci Nat Univ Sunyat*, 2000, **39**(Z2): 87 - 92.
- [7] 王巧珍. 马尾松林下套种阔叶树的物种多样性研究[J]. 福建林业科技, 2003, **30**(3): 47 - 49, 58.  
WANG Qiaozhen. Studies on the species diversity of *Pinus massoniana* forest interplanted with broad-leaved trees under stands [J]. *J Fujian For Sci Technol*, 2003, **30**(3): 47 - 49, 58.
- [8] 胡正华, 吴芳芳, 刘巧辉, 等. 古田山自然保护区马尾松林主要种群生态位研究[J]. 林业科学研究, 2009, **22**(3): 330 - 334.  
HU Zhenghua, WU Fangfang, LIU Qiaohui, *et al.* Niche of dominant populations in *Pinus massoniana* forest in Gutian Mountain National Nature Reserve of Zhejiang Province [J]. *For Res*, 2009, **22**(3): 330 - 334.
- [9] 王献溥, 蒋高明. 广西马尾松林分类、分布和演替的研究[J]. 植物研究, 2002, **22**(2): 151 - 155.  
WANG Xianpu, JIANG Gaoming. Study on classification, distribution and succession of *Pinus massoniana* forest in Guangxi [J]. *Bull Bot Res*, 2002, **22**(2): 151 - 155.

- [10] 欧祖兰, 李先琨, 苏宗明, 等. 桂林漓江流域马尾松林演替动态[J]. 福建林学院学报, 2005, **25**(4): 373 – 378.  
OU Zulan, LI Xiankun, SU Zongming, *et al.* Successional dynamics of *Pinus massoniana* forest in Lijiang River Watershed, Guilin [J]. *J Fujian Coll For*, 2005, **25**(4): 373 – 378.
- [11] 黄承才, 葛滢, 朱锦茹, 等. 浙江省马尾松生态公益林凋落物及与群落特征关系[J]. 生态学报, 2005, **25**(10): 2507 – 2513.  
HUANG Chengcai, GE Ying, ZHU Jinru, *et al.* The litter of *Pinus massoniana* ecological public-welfare forest in Zhejiang Province and its relationship with the community characters [J]. *Acta Ecol Sin*, 2005, **25**(10): 2507 – 2513.
- [12] 樊后保, 林德喜, 苏兵强, 等. 林下套种阔叶树的马尾松林凋落物生态学研究( I )凋落物量及其动态[J]. 福建林学院学报, 2002, **22**(3): 209 – 212.  
FAN Houbao, LIN Dexi, SU Bingqiang, *et al.* Forest litter ecology in *Pinus massoniana* stand and its mixed forests formed by inter-planting with hardwood tree species ( I ) litterfall and its seasonal dynamics [J]. *J Fujian Coll For*, 2002, **22**(3): 209 – 212.
- [13] 郭清和, 康文星. 湖南省马尾松林公益效能的经济评估[J]. 中南林学院学报, 2005, **25**(3): 1 – 6.  
GUO Qinghe, KANG Wenxing. Economic evaluation of the public benefits of masson pine stands [J]. *J Cent South For Univ*, 2005, **25**(3): 1 – 6.
- [14] 陈亚锋, 余树全, 严晓素, 等. 浙江桐庐3种森林类型群落结构[J]. 浙江农林大学学报, 2011, **28**(3): 408 – 415.  
CHEN Yafeng, YU Shuquan, YAN Xiaosu, *et al.* Community structure of three different forests in Tonglu, Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2011, **28**(3): 408 – 415.
- [15] 沈年华, 万志洲, 汤庚国, 等. 紫金山栓皮栎群落结构及物种多样性[J]. 浙江林学院学报, 2009, **26**(5): 696 – 700.  
SHEN Nianhua, WAN Zhizhou, TANG Gengguo, *et al.* Community structure and species diversity of a *Quercus variabilis* forest on Mount Zijinshan [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2009, **26**(5): 696 – 700.
- [16] 汤孟平, 周国模, 施拥军, 等. 天目山常绿阔叶林群落最小取样面积与物种多样性[J]. 浙江林学院学报, 2006, **23**(4): 357 – 361.  
TANG Mengping, ZHOU Guomo, SHI Yongjun, *et al.* Minimum sampling area and species diversity of evergreen broadleaved forest community in Mount Tianmu [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, **23**(4): 357 – 361.
- [17] BASKIN Y. Ecosystem function of biodiversity [J]. *BioScience*, 1994, **44**(10): 657 – 660.
- [18] EWEL J J, MAZZARINO M J, BERISH C W. Tropical soil fertility changes under monocultures and successional communities of different structure [J]. *Ecol Appl*, 1991, **1**(3): 289 – 302.
- [19] 岳军伟, 朱恒, 龙蔚, 等. 红壤低丘马尾松低效林主要植物群落物种多样性[J]. 林业科技开发, 2010(5): 14 – 17.  
YUE Junwei, ZHU Heng, LONG Wei, *et al.* Species diversity in main communities of the deteriorated *Pinus massoniana* forests in red soil low hilly [J]. *China For Sci Technol*, 2010(5): 14 – 17.
- [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 18337.1–2001 生态公益林建设: 导则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.