

# 马尾松正常木与应压木基本密度的变异规律研究\*

李金国 刘盛全

(安徽农业大学森林利用学院, 合肥, 230036)

**摘要** 利用6株马尾松伐倒木作为研究材料(其中三株通直,另外三株弯曲),分析马尾松正常木与应压木木材基本密度的变异规律。结果表明,正常试样的木材基本密度的径向变异表现为:在各断面高度距髓心年轮数的增加而增大,到一定年轮数后增加趋缓,而对于应压木应压部位的基本密度径向变异则有所不同,靠近髓心处的基本密度最大,随着年轮数的增大反而略微下降;所有试样的纵向变异则为自干基向上迅速下降,3-5m以上保持相对稳定。本文还特别研究了应压木圆周上4个不同方位的木材基本密度的差异,结果发现,应压区的密度明显高于其他三个部分。在研究中还发现基本密度与晚材率联系紧密,基本密度随着晚材率的提高而增加。

**关键词** 马尾松 基本密度 变异规律 应压木 晚材率

## Studies on the Wood Variation Pattern of Basic Density of Normal wood and Compression wood in Masson Pine

Li Jinguo Liu Shengquan

(Forest Utilization College, Anhui Agricultural University, Hefei, 230036)

**Abstract** : Six masson pine trees were cut down as analysis trees for the determination of wood basic density(there are 3 trees which are straight,and the other 3 trees are much curver),The within-tree variations of basic density were studied in details. The results showed that there existed radial variation and vertical variation of the basic density.For the normal wood,the radial variation from pith to bark is that the basic density increases from pith outward for about the first 17 rings,and then levels out,but for the tension wood sample,the thing is all different from that,that is,the basic density is highest near pith,and then decreases slightly with the number of ring age increasing;the vertical variation from trunk base to top is that the basic density is the highest near the base and decreases fast upward within 3-5m butt and then stays essentially constant with increasing height.

This article also studied the variation on the four different cardinal sides of basic density of innormal wood.The results shows that the basic density of tension wood is the highest on all the four sides.Investigation also shows that there are significant correlation between basic density and late wood percentage .Basic density increases with the late wood percentage increasing.

**Key words** masson pine, basic density, variation pattern, compression wood, late wood percentage

马尾松[1](*Pinus Massoniana* Lamb.)是我国特有的亚热带速生树种之一,主要产于长江、珠江流域,为我国南方地区一种非常丰富的木材资源,约占全国中龄用材林蓄积量的11.1%。

该树种生长迅速,是我国重要的纸浆造纸、人造板生产原料,应用于建筑、枕木、桥梁、车辆、门窗等诸方面。

木材基本密度用以表示细胞物质的多少,是木材重要的材性指标之一,它和木材很多性质存在着密切的关系。例如,木材密度越大,木材强度也越大。同时又在很大程度上决定了纸张的质量和单位体积木材的纸浆产量以及人造板板材的质量。因此,研究木材密度,对了解木材构造、木材性质及其对纸浆产量、板材质量的影响程度十分重要。

马尾松作为广泛栽种的人工林,国内不少学者对此展开了较全面而深入的研究,本文利用国产成年材样木材料,对木材基本密度的变异规律进行了探讨。

\*安徽省自然科学基金和安徽省优秀青年基金资助项目

## 1. 材料与方法

**1.1 试样采集与制取** 根据国家标准[2]《木材物理力学性质实验方法》GB1927-45-91 采集试材于滁州市沙河集总场大柳分场, 土质为石灰岩沙壤, 气候温暖湿润。6 株马尾松生长情况如表 1。伐倒后作生长解析, 然后每株锯成 4-6 段原木, 从每段原木中取 1.3、3.3m 及以上各 2m 段处截取 30cm 厚圆盘至顶部。另在 2、4、5 号树中弯曲段再截取圆盘作为应压木试样。各圆盘自髓心向外取试条 (2cm × 2cm 端面), 正常木包括南北 2 个方位, 应压木则分为应压区 Compression wood(C)、对应区 Opposite wood(O)、两侧区 Left side wood(L)、Right side wood(R) 四个方位。再从每个试条中取 3 个年轮为一组的试块, 最外组可能为 3、4、5 个年轮, 用排水法测定各年轮组试材的基本密度。

表 1 6 株树木的生长情况

Table 1 The growth conditions of six trees

| 树号 | 胸径<br>(cm) | 树高<br>(m) | 年轮数<br>(胸高处) | 年轮平均宽度<br>(mm) | 树形 |
|----|------------|-----------|--------------|----------------|----|
| 1  | 23.34      | 14.98     | 30           | 6.28           | 通直 |
| 2  | 23.31      | 16.38     | 31           | 7.13           | 弯曲 |
| 3  | 22.52      | 19.99     | 32           | 6.54           | 通直 |
| 4  | 21.40      | 14.38     | 27           | 7.50           | 弯曲 |
| 5  | 22.70      | 16.06     | 32           | 6.78           | 弯曲 |
| 6  | 21.42      | 18.18     | 31           | 6.29           | 通直 |

**1.2 实验方法** 木材基本密度是指单位体积饱和水分的木材在烘干后的重量。利用排水法测定各试块的基本密度。其具体方法如下: 将试块浸入清水中, 使充分吸收水分至饱和状态, 完全沉入水中为止。然后利用排水法测定体积, 先用装有适量水的烧杯放在精确到 0.001 的电子天平上, 清零后用细线将饱和水分的试材悬挂放入烧杯中, 试块要求浸没水中, 但不准碰烧杯低部和四壁。此时用电子天平测得的数值即为体积。测量后放入烘箱中, 开始在设定温度 60 的情况下烘 6 个小时后, 将温度调到 103, 烘干约 8 小时后, 拿出在电子天平上测量记下数值 1, 再放入烘箱烘 2 小时后测量记下数值 2, 如此反复, 直到前后两个数值之差小于 0.002 克, 最后测量出试块的重量[10]。

**1.3 实验仪器** 精度为 0.001 克的电子天平和电热恒温鼓风干燥箱

**1.4 数据处理** 主要是利用 EXCEL 软件对马尾松基本密度的数据进行统计分析。将统计数据进行处理并进行绘制变异曲线。利用 analysis de variance 软件进行方差分析木材基本密度在不同部位间的变异情况。

## 2. 结果与分析

### 2.1 木材基本密度的径向变异

#### 2.1.1 正常木基本密度的径向变异

对各类树种的木材基本密度个体内的径向变异前人有过大量的研究。Pashion[9]等曾将木材密度的径向变异分为三种类型：(1) 自髓心至树皮，密度值呈直线或曲线增加，或在成熟材区域趋向平缓及在老树皮外侧有所下降；(2) 密度值自髓心向外减小，继而在靠近树皮时增大；(3) 近髓心木材的密度值高于近树皮木材，呈直线或曲线下降。对于正常木的马尾松，基本属于第一类。具体情况是：木材基本密度随距髓心年轮数的增加而增大，一定年轮后增加趋势变缓。只不过趋缓的速度和时间在株间和高度间有所不同（图 1-2）。图中所示 6 株样木胸高盘木材基本密度自近髓心向树皮增加趋缓的年轮数是第 12-17 年轮间，对 6 株样木不同高度各方位测定值的合并均值分析表明，各高度盘从髓心向外均呈现木材基本密度相应增加的趋势，当然由于各高度盘所含年轮数不一样，基本密度的内外梯度亦不同。

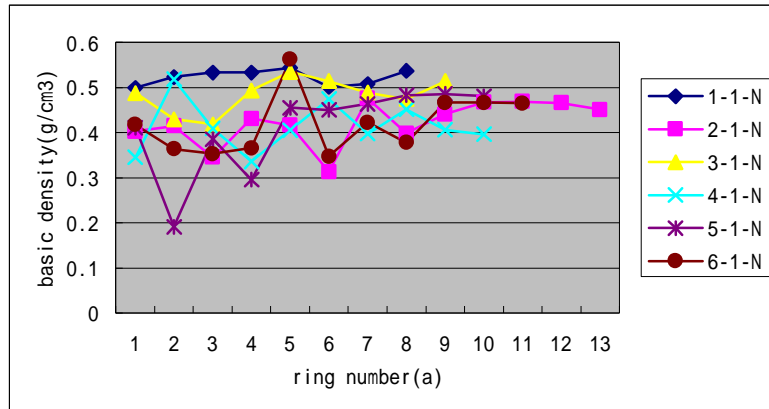


图 1 木材基本密度在不同株间的径向变异(1.3m 处)

Figure 1 The radial variation of wood basic density of different trees (at the breast height 1.3m)

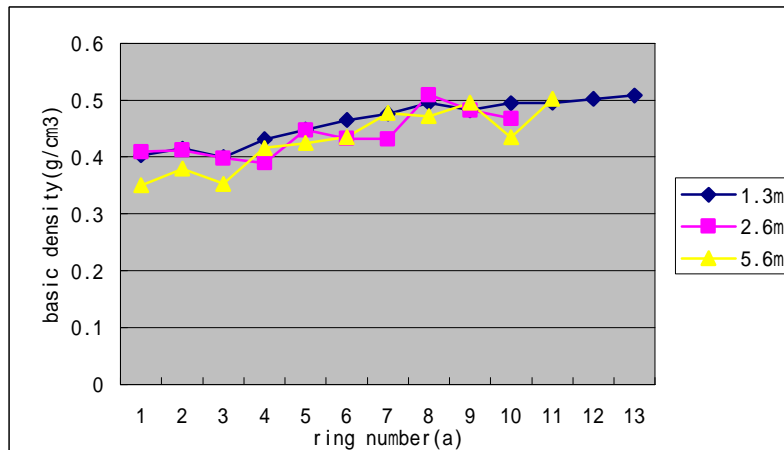


图 2 木材基本密度在不同高度上的径向变异

Figure 2 The radial variation of wood basic density in different heights

但木材基本密度自内向外的径向增加趋势并非是平滑的线形，而是有着年轮部位间的波动。有些部位的测定值低于其内年轮组，可能是内层未抽提物有较多的松脂积聚，也有可能是由于自然或人为（如施肥、间伐）因素使木材在该年内生长旺盛，生长率增加，导致早材比列增加，晚材率变小，早晚材转变得缓慢等缘故[4]。

木材基本密度从近髓心向树皮缓慢增加。Bamber [8]等认为主要由于从内向外年轮的晚材率的提高。晚材率密度一般大于早材密度，当晚材率变化时，生长轮密度也要发生相应的变化。本研究分析也表明，密度和晚材率两者之间呈正相关关系。

而 Pashion 和 Zeeuw[9]等在解释木材基本密度从内向外渐渐增加时，认为胞壁厚度增加速度大于

管胞直径，因而木材基本密度自髓心向外递增。这种解释与晚材率径向变异模式所反应出来的情况相吻合。

树干中央部分的木材基本密度低且变化急剧，构成所谓的幼龄材，此外区域基本密度高且相对均一，是为成熟材[6]。经模拟回归分析，干基段处样木幼龄材向成熟材的过度区大致平均为第 15 年轮，所以木材基本密度的径向变异在第 12-17 年轮逐渐趋缓[7]。

### 2.1.2 应压木基本密度的径向变异

应压木通常产生于木材分枝或弯曲度比较大的部位，其生长情况与正常木有很大的差异，其内部分布有不等的应力，严重影响了木材加工利用。应压木径向变异情况也很复杂，对于应力产生的机理与合理应用也有待进一步的研究。但对于应压部位的径向变异还是很有规律的。如图 3，近髓心处木材的基本密度值高于近树皮处，随着年轮数的增加呈下降趋势，其相对差异（相对差异为近髓心处与近树皮处的密度值之差与整个平均值比值的百分数）为 12.23%。但是其它三个部位的变化非常复杂。

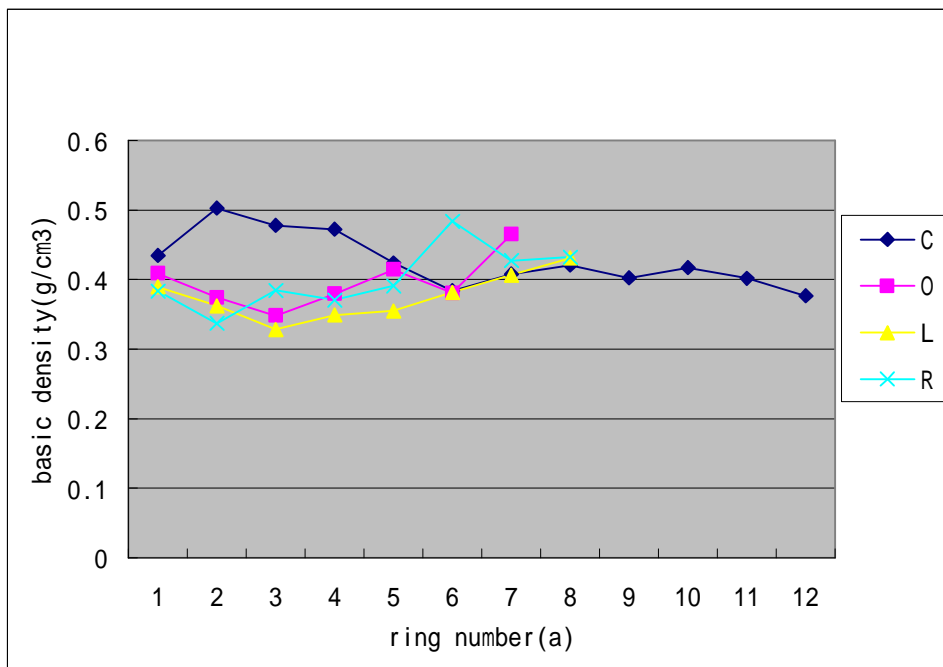


图 3 应压木基本密度的径向变异 (C-应压区, O-对应区, L/R -左/右两侧区)

Figure 2 The radial variation of wood basic density of compression wood (C-compression area, O-corresponding area, L/R-left/right two side area)

## 2.2 株内不同方位上木材基本密度的变异

### 2.2.1 正常木南北方位上木材基本密度的差异

通常年轮宽度南向较北向宽约 10%左右，但由 2.1 方差分析可知，南北方位上的基本密度差异并不显著，如图 4，这是因为木材基本密度与年轮宽度关系不大，而与晚材率关系很大，虽然南北向年轮宽度差异很大，但它们的晚材率基本是一样的，所以木材的基本

密度差异并不大。

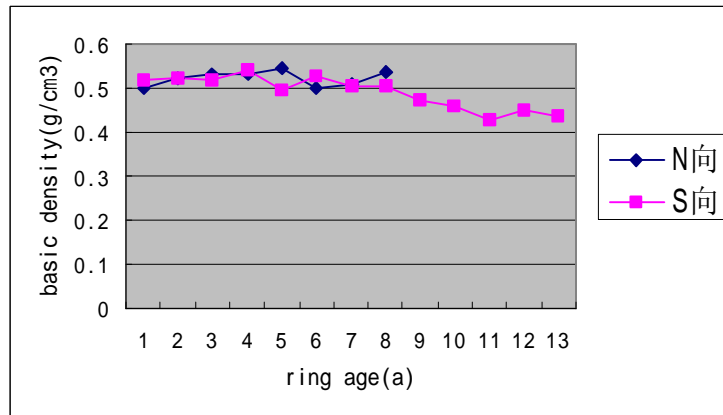


图4 木材基本密度在南北方位上的比较

Figure 4 The comparison of basic density of wood in north-south direction

### 2.2.2 应压木 4 个不同圆周方位上的基本密度的变异

由于应压木上的应力分布不均，在生长上造成了生长量的分布不均，引起了基本密度的显著差异，如图 5 所示，应压部分上的木材密度明显高于应拉部分，而两边上的差异不是很明显。

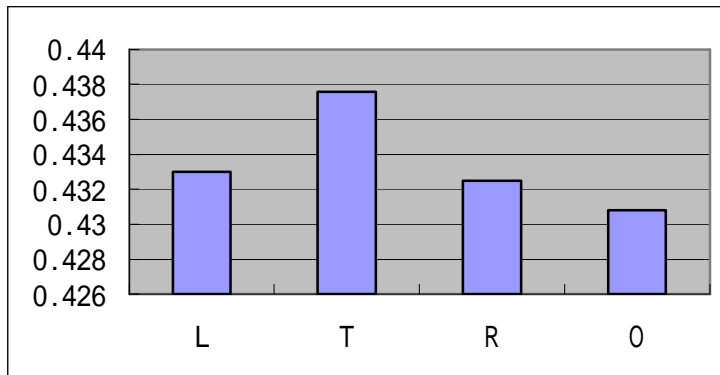


图5 应压木不同圆周方位上的木材密度的差异

Figure 5 The variability of basic density of compression wood in different directions

### 2.3 株内不同高度上木材基本密度的变异

不同高度上木材密度的变异规律总体上是干基至胸高处基本密度最高，向上至 3.6m 处急剧下降，变化较大，之后保持相对稳定。为了分析它们之间的差异程度，我们选取胸高 1.3m 处、3.6m 处、5.6m 处三个能反映变化趋势的平均密度值作出图 6。但由于试材未经抽提，干基段含有较多的抽提物，不可避免会影响变异规律的准确性。

同一年份所形成的木材基本密度明显表现出沿树干自下而上减小，Lasson(4)认为，在生长季节中，晚材管胞的产生始于茎基，沿树干方向上开始逐渐延迟，从而同一生长轮下部具有较高的晚材率和较高的密度。

幼龄材的含量从干基到干顶逐渐增加，而 3.6m 以上部位幼龄材区由距髓心相对固定数目的年轮构成，基本上与高度无关。所以 3.6m 以上木材密度的高度方向上变异不大。

同时，我们在研究中还发现，木材密度在高度上的变化并不总是遵循这一规律，特别是 2、4、5 株弯曲度比较大的树，其高度上的密度变异规律非常复杂。树木上部有些盘位的密度值高于其下盘位置，原因可能是应压木含量较高。另外，在树干分枝处的木材基本密度要大于周围的基本密度 [5]。

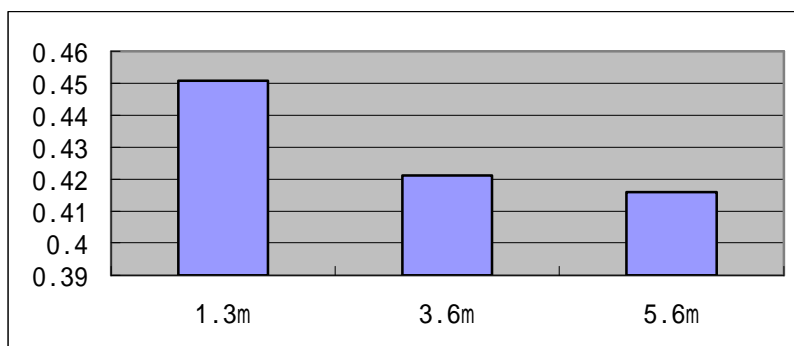


图6 木材基本密度在不同高度上的差异

Figure 6 The variability of basic density of woods in different heights

## 2.4 基本密度的方差分析

对6个正常样木的胸高盘径向南北2个方位、若干个年轮组的测定值间,不同高度圆盘的全断面的测定值间,对5个非正常木的不同高度圆盘径向4个方位的测定值间等的差异作方差分析[3],结果表明(表2):各种测定值都存在着个体间的显著差异,不同年轮组间、树木的不同高度间、非正常样木圆盘圆周上4个不同方位间均存在着显著差异。而正常样木圆盘径向南北2个方位之间的差异不很明显。

表2 木材基本密度的方差分析结果

Table 2 The variance analysis of the wood basic density

| 材料              | 变因      | 离差来源 | 离均差平方和 | 自由度 | 均差     | F      | alpha     |
|-----------------|---------|------|--------|-----|--------|--------|-----------|
| 胸高盘             | 方位(南北)  | 组间   | 0.0061 | 1   | 0.0061 | 1.0022 | 0.31875ns |
|                 |         | 组内   | 0.7408 | 121 | 0.0061 |        |           |
|                 | 个体(6)   | 组间   | 0.1379 | 5   | 0.0275 | 5.2980 | 0.0002*** |
|                 |         | 组内   | 0.6090 | 117 | 0.0052 |        |           |
|                 | 年轮组(10) | 组间   | 0.0961 | 9   | 0.0106 | 1.7471 | 0.0375*   |
|                 |         | 组内   | 0.6358 | 104 | 0.0061 |        |           |
| 1.3、3.6、5.6m处圆盘 | 高度(3)   | 组间   | 0.0150 | 2   | 0.0075 | 2.4532 | 0.0416*   |
|                 |         | 组内   | 0.2782 | 91  | 0.0030 |        |           |
| 应压木圆盘           | 方位(4)   | 组间   | 0.0175 | 3   | 0.0058 | 2.3049 | 0.0389*   |
|                 |         | 组内   | 0.4006 | 158 | 0.0025 |        |           |

\* 5%水平显著差异, \*\*\*0.1%水平显著差异, ns 不显著

### 3. 结论

- (1) 马尾松木材基本密度存在着显著的部位间差异,即同一高度上的方位差异、年轮组间差异、同一年轮上的从干基到干顶的纵向差异。
- (2) 各高度的径向变异总的规律是各部位木材基本密度随距髓心年轮数的增加而增大,到一定年轮数后,增加趋缓。
- (3) 距髓心年轮数相同的年轮基本密度自下而上的变化表现为干基段值高,至 3.6m 迅速下降,之后即保持相对稳定。
- (4) 应压木作为非正常试样,其基本密度变异规律非常复杂,但圆周方位上应压木的基本密度要大于其它三个部位的木材密度,同时也大于正常试样的基本密度。
- (5) 各部位的木材基本密度与其距髓心的距离(年轮数)及其高度位置有关,与生长轮的宽窄及生长量并无肯定的正或负的相关关系,其内因是基本密度主要与晚材率密切相关,树干外层和干基段的晚材率高,基本密度大。而自然或人为的外部因素能使其基本密度的径向变化出现年轮间波动。
- (6) 树干中央部位的低密度幼龄材和此外区域的高密度且稳定均一的成熟材是正常的生理生长过程的结果,是引起部位间差异的重要原因。

### 参考文献

- 1 鲍甫成,江泽慧主编。短周期工业用材林木材性质研究,世界林业研究,第八卷专集;
- 2 木材物理力学性质实验方法 1991 中国标准出版社;
- 3 骆秀琴,文小明,管宁。木材材性株内径向变异模式初探。林业科学,1997,33(1);
- 4 克累默尔 P J,考兹洛夫斯基 T T。木本植物生理学。汪振儒等译。北京:中国林业出版社,1985;
- 5 姜景民,孙海菁。火炬松木材基本密度的株内变异。林业科学研究 1999,12(1);
- 6 Zobel.B J,Van Buijtenen J P.wood variation:its causes and control.Berlin:Springer,1989;
- 7 Loo J A,Tauer C G,Mcnew R W.Genetic variation of the time of transition from juvenile to mature wood in loblolly pine.Silvae Genetica,1985,34(1);
- 8 Bamber,R.K.and Burley,J.The wood properties of radiata pine.Common.Aric Bureaus ISBN,Isted,published 1983,84pp.
- 9 Panshin A J.Carl de zeeuw.Textbook of wood technology,4th Edition,WeGraw-Hiu Book Company,NewYork,1980;
- 10 周志春等 影响马尾松天然样木胸高木材密度的分析,南京林业大学学报,1989,13(2)