

不同海拔高度对毛竹主要物理力学性质的影响*

汪佑宏¹, 田根林², 刘杏娥², 王传贵¹, 柯曙华¹

(1. 安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036; 2. 国际竹藤网络中心, 北京 100102)

摘要:就不同海拔高度对毛竹主要物理力学性质影响的研究, 为竹材资源合理开发、高效科学加工利用有着十分重要的意义。结果显示: (1)气干密度、基本密度, 都随毛竹自身轴向高度及海拔高度增加而增加。山脚与山顶的毛竹基本密度分别为 0.699、0.715 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$; 气干密度分别为 0.798、0.827 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 在 0.05 水平上经 T -检验差异显著。(2)山脚与山顶毛竹的抗弯弹性模量、顺纹抗压强度、抗弯强度分别为 12 368.28、11 934.07、55.858、59.840 和 183.203、196.293 MPa, 海拔高度对顺纹抗压强度、抗弯强度影响, 在 0.05 水平上经 T -检验差异显著。

关键词:毛竹; 海拔; 密度; 抗弯弹性模量; 顺纹抗压强度; 抗弯强度

中图分类号: S781.29

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2007)02-0222-04

Effects of different altitudes on main physical and mechanical properties of bamboo

WANG You-hong¹, TAN Gen-lin², LIU Xing-e², WANG Chuan-gui¹, KE Shu-hua¹

(1. School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100102)

Abstract: The main physical and mechanical properties of bamboo was measured to investigate the effects of different altitudes on those properties. The results show that both of the air-dry density and basic density increase along with axial height and the altitude increasing. The basic density of bamboo at foot and top of the hill are 0.699 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ and 0.715 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, and the air-dry density are 0.798 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ and 0.827 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ respectively. Both the density differences between the bamboo at foot and top of the hill are significant. The modulus of elasticity in static bending, the compressive strength parallel to grain and the bending strength of bamboo at foot and top of the hill are 12 368.28 MPa & 11 934.07 MPa, 55.858 MPa & 59.840 MPa and 183.203 MPa & 196.293 MPa respectively. Among them, the differences between the compressive strength parallel to grain, the bending strength of bamboo at foot and top of the hill are also significant.

Key words: bamboo; altitude; density; modulus of elasticity in static bending; the compressive strength parallel to grain; the bending strength

我国是一个木材资源相对缺乏的国家,而作为竹业资源大国,大力发展竹材资源,推广以竹代木,是解决目前森林资源严重匮乏,缓解木材供需矛盾的最佳途径。

竹子素有“世界第二大森林”之称,全球竹林面积约 2 200 万 hm^2 ,年产竹材 1 800 万 t 以上^[1]。我国有竹类植物 48 个属 500 余种,竹林面积 720 多万

hm^2 ,其中纯林 420 万 hm^2 ,原始高山竹林 300 万 hm^2 。我国竹类资源中加工利用价值最高的毛竹有 300 万 hm^2 ,每年砍伐约 3 亿多株,砍伐量约为 800 ~ 900 万 t ,其中商品材 600 万 t ,产量约占世界总产量的 90%,相当于 600 多万 m^3 木材。与木材相比,竹子有一个十分显著的特点:生长周期短、强度高、韧性好、硬度大的特点,是工程结构材料的理想原

* 收稿日期: 2006-11-16

基金项目:安徽省高校“十五”优秀人才培养计划资助科研项目。

作者简介:汪佑宏(1970-),男,博士,副教授。

料^[2,3]。竹材可制造中高级纸张、活性炭、装饰性竹地板等竹材人造板的开发和使用,不仅提高了竹材的使用价值,也在相当程度上缓解了我国木材供需矛盾^[4]。

从研究现状来看,自从 1971 年开始,国内外学者对竹类的维管束等显微和超微结构、密度及力学性质方面进行了相关的研究^[2,5-9]。但就不同坡度生态环境因子对毛竹密度及抗弯强度等主要物理力学性质有何影响以及不同生态环境下各种性质间进行比较分析,至今未见报道。为此,作者通过对该方面的内容系统地分析研究,为生物质材料毛竹材的定向培育和更好利用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

毛竹 (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. de Lehaie)是我国南方重要竹种之一,属于禾本科竹亚

科刚竹属的一种,常绿挺拔,竹杆高大通直,翠绿多姿,是我国竹类资源中数量最多,面积最大,用途最多,经济价值最高的竹种之一。毛竹为浅根性,喜生于土层深厚肥沃,气候温暖湿润,日照不强,蒸发量不大的环境里。

毛竹的采集和试材锯制,是按国家标准规定采于安徽省石台县占大镇^[10],竹林面积 4 hm²,海拔 200 m,坡度 20 的低山。山地土壤为 pH 值 6.5 的黄红壤,土层深度 1 m,排水状况良好。采集区竹林郁闭度 0.8,平均竹龄 6 年,平均竹高 11 m,无主要病虫害。毛竹生长状况见表 1。

实验设备有瑞士制 4 t 万能力学实验机、数控式 5 t 万能力学实验机、电子天平 (准确至 0.001 g)、数显游标卡尺、烘箱、玻璃干燥器等。

1.2 试验方法

竹材含水率、密度、顺纹抗压强度、抗弯弹性模量及抗弯强度,按国标规定测定^[11]。

表 1 毛竹生长状况
Table 1 The growth situations of bamboo

项目 Item	海拔高度 /m Altitude	生材含水率 /% Reen MC	胸径 /cm DBH	高 /m Height	枝下高 /m Height of branch
山脚 (HF) Foot of hill	200	96.2	7.824	13.5	5.6
山顶 (HT) Top of hill	300	82.3	8.092	14.4	5.8

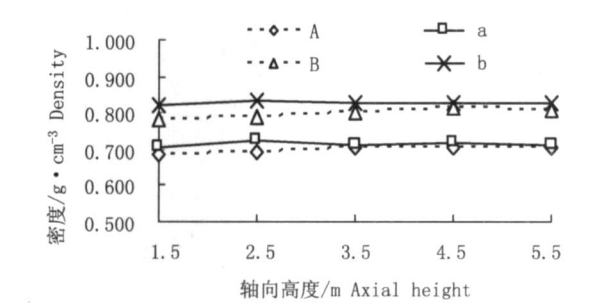
2 结果与分析

2.1 不同海拔高度对毛竹密度的影响

不同海拔高度对毛竹密度的影响比较显著,从图 1 可知,无论是基本密度,还是气干密度,大体上都随着毛竹轴向高度的增加而增加^[12-14]。在竹段高度分别为 1.5、2.5、3.5、4.5 和 5.5 m 的竹段位置上,山顶毛竹的基本密度相对于山脚毛竹的基本密度来说,对应位置的值分别增加了 0.7%、1.6%、1.4%、4.3%和 2.8%;而气干密度来也分别增加了 2.4%、1.8%、2.6%、6.1%和 4.5%。

山脚毛竹的平均基本密度为 0.699 g · cm⁻³,山顶毛竹的平均基本密度为 0.715 g · cm⁻³,其基本密度相对于山脚毛竹的基本密度增加了 2.3%,二者均较大^[15]。山脚毛竹的气干密度为 0.798 g · cm⁻³,山顶毛竹的平均气干密度为 0.827 g · cm⁻³,其气干密度相对于山脚毛竹的气干密度增加了 3.6%。经 T-检验,毛竹气干密度: $t_{\text{stat}} = -5.405$, $t_{0.05} = 1.981$,在 0.05 水平上差异显著;毛竹基本密度: $t_{\text{stat}} = -3.704$, $t_{0.05} = 1.981$,在 0.05 水平上差

异显著。



A. 山脚毛竹基本密度 Basic density at HF; a. 山顶毛竹基本密度 Basic density at HT; B. 山脚毛竹气干密度 Air-dry density at HF; b. 山顶毛竹气干密度 Air-dry density at HT

图 1 不同海拔高度对毛竹密度的影响

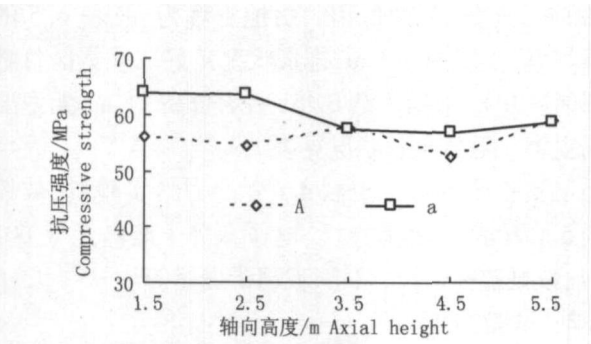
Figure 1 Effects of different altitudes on bamboo density

这是由于山脚毛竹生长地土壤肥沃,水分充足,立地条件较好,适宜毛竹的生长,毛竹生长快,维管束稀疏,故竹材密度较小;而山顶相对来说土层较薄、土地贫瘠,水分含量少,立地条件较差,不太适宜毛竹生长,毛竹生长慢,维管束密集,故竹材密度较

大,所以山脚毛竹密度比山顶毛竹密度小^[12-14]。

2.2 不同海拔高度对毛竹主要力学性质影响

2.2.1 不同海拔高度对毛竹顺纹抗压的影响 山顶毛竹的顺纹抗压强度随轴向高度的增加大体上呈下降趋势,而山脚毛竹的顺纹抗压强度随轴向高度的增加呈波动变化。从图 2 可以看出,山顶毛竹对应高度的顺纹抗压强度值均比山脚毛竹的值要大。

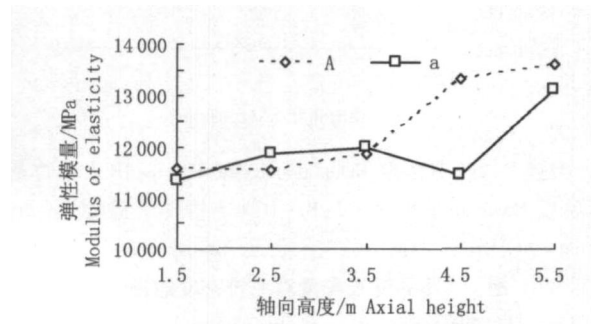


A. 山脚毛竹顺纹抗压强度 Compressive strength parallel to grain at HF; a. 山顶毛竹顺纹抗压强度 Compressive strength parallel to grain at HT

图 2 不同海拔高度对毛竹顺纹抗压强度的影响

Figure 2 Effects of different altitudes on compressive strength parallel to grain of the bamboo

山脚毛竹的平均顺纹抗压强度为 55.859 MPa;山顶毛竹的平均顺纹抗压强度为 59.840 MPa,其平均顺纹抗压强度要高于山脚毛竹的平均顺纹抗压强度,大约高 7.1%。在 0.05 水平上经 T -检验差异显著 ($t_{\text{stat}} = -2.802$, $t_{0.05} = 1.981$)。这是由于山顶相对来说土层较薄、土地贫瘠,水分含量少,立地条件较差,不太适宜毛竹生长,毛竹生长慢,密度大,所以山顶毛竹的顺纹抗压强度比山脚的毛竹大^[12-14]。



A. 山脚毛竹弹性模量 Modulus of elasticity in static bending at HF; a. 山顶毛竹弹性模量 Modulus of elasticity in static bending at HT

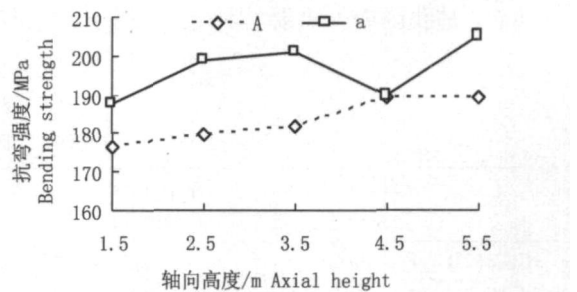
图 3 不同海拔高度对弹性模量的影响

Figure 3 Effects of different altitudes on modulus of elasticity in static bending of bamboo

2.2.2 不同海拔高度对弹性模量的影响 通过对图 3 的分析可以得到,海拔高度对毛竹弹性模量的影响不大。从该图中也可以发现,在毛竹基部和梢部的竹段,山顶毛竹的弹性模量要高于山脚毛竹的弹性模量,而在 2.5 ~ 5.5 m 之间的竹段,山脚毛竹弹性模量要明显高于山顶毛竹的弹性模量。

山顶的毛竹的平均弹性模量为 11 934.07 MPa;山脚的毛竹的平均弹性模量为 12 368.28 MPa,其平均弹性模量要高于山顶毛竹的弹性模量,大约高 3.5%。在 0.05 水平经 T 检验差异不显著 ($t_{\text{stat}} = 1.443$, $t_{0.05} = 1.981$)。

2.2.3 不同海拔高度对抗弯强度的影响 山顶和山脚毛竹的抗弯强度随轴向高度的增加,大体上均呈增加的趋势,而且山顶毛竹的抗弯强度要明显高于山脚毛竹抗弯强度,如图 4 所示。



A. 山脚毛竹抗弯强度 Bending strength at HF; a. 山顶毛竹抗弯强度 Bending strength at HT

图 4 不同海拔高度对毛竹抗弯强度的影响

Figure 4 Effects of different altitudes on bending strength of the bamboo

山脚的毛竹的平均抗弯强度为 183.203 MPa,而山顶毛竹的平均抗弯强度为 196.293 MPa,其平均抗弯强度比山脚毛竹的平均抗弯强度增加了 7.1%,但二者的值均较大^[15]。在 0.05 水平上经 T -检验差异显著 ($t_{\text{stat}} = -3.880$, $t_{0.05} = 1.981$)。这是由于山脚毛竹生长地较山顶毛竹所在地土壤肥沃,水分充足,所以山脚毛竹生长比较快,密度小,所以一般山脚毛竹顺纹抗压强度比山顶毛竹顺纹抗压强度低。

3 小结与讨论

气干密度、基本密度,都随毛竹本身轴向及海拔高度增加而增加。山脚与山顶毛竹的基本密度为 $0.699 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $0.715 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$;气干密度为 0.798 , $0.827 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。山顶毛竹平均基本密度相对于山脚毛竹的平均基本密度增加了 2.3%,平均气干密

度增加了 3.6%。海拔高度对基本密度和气干密度的影响,在 0.05 水平上经 T -检验显著。

山脚与山顶毛竹的顺纹抗压强度、抗弯强度分别为: 55.858 MPa、59.840 MPa 和 183.203 MPa、196.293 MPa,海拔高度对顺纹抗压强度、抗弯强度影响较大,随海拔高度增加而增加,山顶毛竹顺纹抗压强度、抗弯强度要均比山脚毛竹高出 7.1%,在 0.05 水平上,经 T -检验差异均显著。海拔高度对弹性模量的影响不大,其中山脚与山顶毛竹的弹性模量为 12 368.28 MPa、11 934.07 MPa,山顶毛竹的平均弹性模量反而比山脚毛竹下降了 3.5%,但在 0.05 水平上,经 T -检验差异不显著。

由于山脚立地条件较好,适宜毛竹的生长,竹材密度较小,力学强度也较小;而山顶立地条件较差,毛竹生长慢,竹材密度较大,力学强度也较大。所以在山脚生长的毛竹用来造纸,产量较高,而生长在山顶的毛竹更适合做工业用材。当然,若培育工业用材竹林,宜适合在海拔高的地区种植;而培育造纸用竹林,一般宜在低海拔的专区造林。

参考文献:

- [1] 徐有明,郝培应,刘清平. 竹材性质及其资源开发利用的研究进展 [J]. 东北林业大学学报, 2003, 31 (5): 71-77.
- [2] 江泽慧. 世界竹藤 [M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002: 9.
- [3] 张齐生. 竹类资源加工的特点及其利用途径的展望 [J]. 中国林业林产, 2004 (1): 9-11.
- [4] 张齐生. 以竹代木, 以竹胜木 [J]. 中国木材, 1990, 4 (4): 31-34.
- [5] 杨云芳, 刘志坤. 毛竹材顺纹抗拉弹性模量及顺纹抗拉强度 [J]. 浙江林学院学报, 1996, 13 (1): 21-27.
- [6] Gmsser D, Liese W. On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to their vascular bundles [J]. Wood Sci Technol, 1971, 5: 290-312.
- [7] Suzuki K, Itoh T. The changes in cell wall architecture during lignification of bamboo [J]. Phyllostachys Aurea Carr Trees, 2001, 15: 137-147.
- [8] Kumar S, Dobriyal P B. Treatability and flow path studies in bamboo [J]. Wood and Fiber Science, 1992, 24 (2): 113-117.
- [9] Mansur Ahmad Analysis of calcutta bamboo for structural composite materials Dissertation for the degree of doctor of philosophy [C] // Wood Science and Forest Products Blacksburg, Virginia, 2000.
- [10] 中华人民共和国国家标准. 竹材物理力学性质试验方法 [S]. GB/T 15780-1995.
- [11] 中华人民共和国国家标准. 毛竹材 [S]. GB/T 2690-2000.
- [12] 北京林业大学. 森林利用学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
- [13] 伊思慈. 木材学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1996.
- [14] 徐有明. 木材学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [15] 刘一星, 赵广杰. 木质资源材料学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.