

# 竹材四面铣削三面剖分加工方式的出材率分析

杨春梅,包玉莹,马 岩\*,任洪娥

(东北林业大学 林业与木工机械工程技术中心,黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘 要:**针对目前市场上竹材资源初加工领域利用率低的问题,提出全新的四面铣削三面剖分的加工方式,提高目前竹材初加工领域竹材的利用率和出材率(即出板率),实现竹材刨切去青齐边铣削去黄的提质增效的目的,同时获得竹条、细竹条和竹青不同类型的材料。在理想状态下,建立竹材的理想模型,分析利用四面铣削三面剖分加工方式后竹材横截面有效面积,再根据几何体体积之间的关系可计算出竹材的出材率(即出板率)。进行实际的试验测量,按照上述理想状态下竹子的状态计算出通过四面铣削三面剖分加工后各竹子的出材率(出板率)高达 92.43%,远远超过目前市场上竹材初加工的出材率,不仅达到竹材刨削去青齐边铣削去黄的提质增效的效果,而且避免竹材资源的浪费。

**关键词:**竹材加工;四面铣削;三面剖分;理想模型;出材率

**中图分类号:**S776.3      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2015)05-0230-05

Outturn Rate of All Side Milling and Three Side Spliting of Bamboo Timber Processing

YANG Chun-mei, BAO Yu-ying, MA Yan\*, REN Hong-e

(Forestry Woodworking Machinery Engineering Technology Center, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040, China)

**Abstract:** Aiming to solve the problems of low productivity of bamboo timber processing, a new processing method was developed to improve the bamboo utility and outturn rate of plates. By this method, different bamboo raw products were obtained during removing outer and inner parts to produce high quality bamboo plates. The paper first set up an ideal model of the bamboo, then analyzed the bamboo's active area of the cross section after treated by the new method, and to calculate the outturn percentage of bamboo (i. e., the output rate of plate). By the new method, the outturn percentage of bamboo was as high as 92.43%, far more than the traditional method.

**Key words:** bamboo processing; all the milling; three side split; ideal model; outturn percentage

竹材是世界认可的可持续发展的绿色材料<sup>[1-2]</sup>。竹材不仅能制造各种高档竹板材、工艺品,还可用作建筑模板、家具面板等。竹材的开发加工有利于弥补我国木材资源的缺乏<sup>[3]</sup>。

竹加工机械发展至今也种类繁多<sup>[4]</sup>,主要利用与发展在南方各省,且竹材加工机械企业的分布又有地域性差异<sup>[5]</sup>。其竹材加工方式主要有:剖分竹条法、竹材碎料法和复合法。剖分竹条法是先使用剖竹机器将竹子剖分成等份的竹片,进一步加工成

竹条,可用来制作竹集成材制品、牙签、竹帘等;竹材碎料法是使用削片、刨片、热磨等方法将竹材制成竹刨花或竹纤维,再经机械加工,制作成竹刨花板或竹纤维板<sup>[6]</sup>;复合法是将竹材与其他材料进行重组,制成新的材料,该方法有利于发挥竹材与其他材料的综合特性。后 2 种方式属于比较新的加工方式,还存在诸多问题,需要持续的研究开发,因此常用于工业机械化生产的是剖分竹条法。

收稿日期:2015-03-26    修回日期:2015-05-10

基金项目:林业公益性行业科研专项(201204715);国家自然科学基金项目(31070500、31170517)。

作者简介:杨春梅,博士,副教授,研究方向:林业与木工机械。E-mail: ycmnefu@126.com

\* 通信作者:马岩,硕士,教授,研究方向:林业与木工机械,木竹材加工。E-mail: myan@vip.163.com

# 1 材料与方法

## 1.1 材料

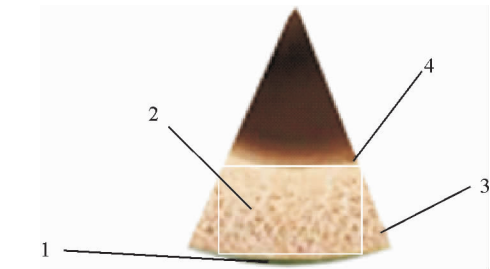
竹材不同于木材,它直径小、壁薄中空、中间有节、表面含有蜡质和有机硅<sup>[7]</sup>,易劈裂致竹材利用率低<sup>[8-9]</sup>,因此竹材不能像木材那样直接通过锯切加工制成板件、方材,再加工成木制品,竹材一般需要先经过剖分加工,进行进一步的刨削加工,获得竹条,才能用来制作其他竹制品<sup>[10]</sup>。引用剖分竹条法所获得的竹条,在其刨削加工的过程中,由于产品品种单一,生产规模下导致竹材的原料利用率低,常常产生废料。在如今我国森林资源紧缺的形势下,如何减少竹材废料,及充分有效地利用这些废料<sup>[11]</sup>,已成为竹材综合利用的一个急需解决的问题,而基于此对竹材加工机械的研究和废料的充分利用也具有广阔的市场前景<sup>[12]</sup>。

## 1.2 方法

1.2.1 竹片加工方式 剖分后的竹片常规的加工方式是四面平整铣削加工,即是使用正常平整的铣刀将竹片四面铣掉,只留下中间的竹条,再将之加工成竹篾<sup>[13]</sup>、竹丝<sup>[14]</sup>、竹集成材等,最后加工成竹席、牙签、竹地板、竹家具等产品,而将竹片的竹青、竹黄刨切掉,废弃不用,造成竹材的极大浪费。

针对竹材常规的加工方式,重新提出一种新的加工方式,即四面铣削三面剖分加工方式(图 1、图 2),具体工艺流程如图 3 所示。相比竹片常规的四

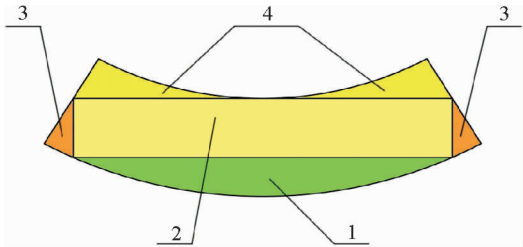
面平整铣削加工,用四面铣削三面剖分加工方法所得的竹片的各部分都可用于不一样的用途:劈刀切下来的竹青,因其背面的青色十分漂亮,在经过处理后,可用来制作竹帘或其他饰品;左右两侧劈出来的细竹条,可用于制作牙签;将竹材刨切去青,铣削去黄后齐边,加工成的竹条,用于制作竹集成材。



1. 竹青,2. 竹条,3. 细竹条,4. 竹黄

图 1 竹片横截面

Fig. 1 Cross-section view of bamboo



1. 竹青,2. 竹条,3. 细竹条,4. 竹黄

图 2 竹片四面铣削三面剖分加工方式

Fig. 2 Bamboo processing way of all side milling and on three sides splitting

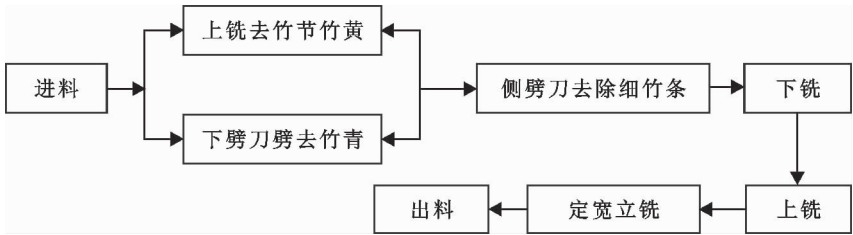


图 3 竹片四面铣削三面剖分加工流程

Fig. 3 Bamboo processing flow chart of all side milling and three sides splitting

1.2.2 竹材四面铣削三面剖分加工后竹片的截面计算 竹材大多是近似圆柱形的有节壳体<sup>[15-16]</sup>,在理想状态下,将某一段竹材看成横截面为圆环状,具有一定尖削度的圆台体<sup>[17]</sup>。设竹材最小横截面的圆环外径为  $R$ ,内径为  $r$ ,用剖分竹条的方法将竹材剖分成  $n$  等份,根据现在市场上现有的刀具的规格要求<sup>[18]</sup>, $6 \leq n \leq 16$ 。四面铣削三面剖分加工的竹片横截面扇面图如图 4 所示。

则剖成  $n$  分的竹片扇面的角度  $2^\circ$  为:

$$2\theta = \frac{360^\circ}{n} \tag{1}$$

扇面的面积  $S_0$ :

$$S_0 = \frac{\pi(R^2 - r^2)}{n} \tag{2}$$

设竹片加工后的竹条的长为  $a$ ,宽为  $b$ ,则:

$$a = 2r \tan \theta \tag{3}$$

$$b = \sqrt{R^2 - \frac{a^2}{4}} - r \tag{4}$$

将式(3)代入式(4)得:

$$b = \sqrt{R^2 - (r \tan \theta)^2} - r \tag{5}$$

则竹条的面积  $S_2$  为:

$$S_2 = a \times b = 2r \tan \theta (\sqrt{R^2 - (r \tan \theta)^2} - r) \tag{6}$$

切去竹黄面积  $S_4$  为:

$$S_4=\frac{1}{2}a\times r-\frac{\pi r^2}{n}\tag{7}$$

将式(3)代入式(7)得:

$$S_4=r^2\left(\tan\theta-\frac{\pi}{n}\right)\tag{8}$$

切去竹青的面积  $S_1$

$$S_1=\frac{2\theta_1}{360^{\circ}}\times\pi R^2-\frac{1}{2}a\times(r+b)\tag{9}$$

由图 4 可知,

$$\theta_1=\arcsin\frac{a}{2R}=\arcsin\frac{r\tan\theta}{R}\tag{10}$$

将式(3)、式(5)、式(10)代入式(9)得:

$$S_1=R^2\arcsin\left(\frac{r\tan\theta}{R}\right)-r\tan\theta\sqrt{R^2-(r\tan\theta)^2}\tag{11}$$

细竹条的面积  $S_3$ :

$$S_3=S_0-S_1-S_2-S_4\tag{12}$$

将式(2)、式(6)、式(8)、式(11)代入式(12)得:

$$S_3=R^2\left[\frac{\pi}{n}-\arcsin\left(\frac{r\tan\theta}{R}\right)\right]+r\tan\theta\left[r-\sqrt{R^2-(r\tan\theta)^2}\right]\tag{13}$$

利用常规四面铣削方式加工出来的竹材的出材面积

$$S'=S_2=a\times b=2r\tan\theta\left(\sqrt{R^2-(r\tan\theta)^2}-r\right)\tag{14}$$

利用四面铣削三面剖削方式加工出来的竹材的出材面积为:

$$\begin{aligned} S &= S_0 - S_4 = \frac{\pi(R^2 - r^2)}{n} - r^2\left(\tan\theta - \frac{\pi}{n}\right) \\ &= \frac{\pi R^2}{n} - r^2\tan\theta \end{aligned}\tag{15}$$

1.2.3 竹材出材率(出板率)计算分析 竹材的出材率指的是竹材经过剖分,在进行再加工过程中对竹材的利用程度,或者说是竹制品净重与生产竹制品所消耗的竹材的总重量的比重,即:

竹材综合出材率(出板率):

竹材综合出材率=

$\frac{\text{竹条+细竹条+竹青所产生的半成品量}}{\text{生产中消耗的竹片量}}$

$=\frac{\text{竹条+细竹条+竹青半成品体积}}{\text{生产中消耗的竹片总体积}}$

传统铣削加工竹材出材率(出板率):

竹材普通出材率= $\frac{\text{竹条}}{\text{生产中消耗的竹片量}}$

$=\frac{\text{竹条}}{\text{生产中消耗的竹片总体积}}$

从上述两个公式中可见,四面铣削三面剖分的

加工方式能有效的收集利用细竹条和竹青部分材料,显然其出材率(出板率)高于普通铣削加工。

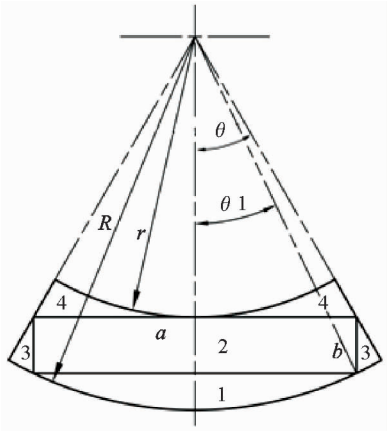


图 4 四面铣削三面剖分加工的竹片横截面扇面

Fig. 4 Circle graph of bamboo's cross-section view by all side milling and three sides splitting

在理想状态下,将剖分前的竹子看作是具有一定尖削度的圆台体。选择符合加工需求的一段竹材的长度为  $L$ ,沿着纵向方向剖切竹材,可得竹材剖面图,如图 5 所示,竹材的大端外径为  $R_1$ ,内径为  $r_1$ ;小端外径为  $R$ ,内径为  $r$ 。

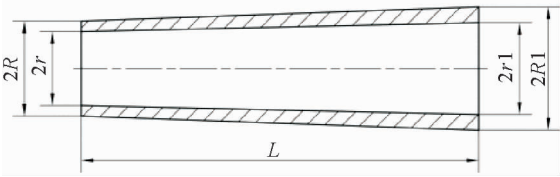


图 5 理想状态竹材的剖面

Fig. 5 Bamboo section under the ideal state

已知圆台体积公式为:

$$V_{\text{台}}=\frac{1}{3}\pi h(R^2+Rr+r^2)\tag{16}$$

式中: $V_{\text{台}}$ :圆台体积; $h$ :圆台高度; $R$ :圆台大端半径; $r$ :圆台小端半径。

由式(16)可算得理想状态下竹材的体积  $V$  为:

$$V=\frac{1}{3}\pi L[(R_1^2+R_1R+R^2)-(r_1^2+r_1r+r^2)]\tag{17}$$

通过四面铣削三面剖分的方法,可以得到竹材的竹条、竹青、细竹条三部分有效产物,如图 6、图 7 以竹材剖分时  $n=6$  为例竹材横截面图,其中阴影部分分别表示大小头横截面的有效面积,相关参数如图中所示。由此可知竹材外圆台体积减去内多棱棱台的体积就是竹材经过剖分后的有效体积(图 8)。通过有效体积除以竹材总体积就可以得到相应的出材率(出板率)。

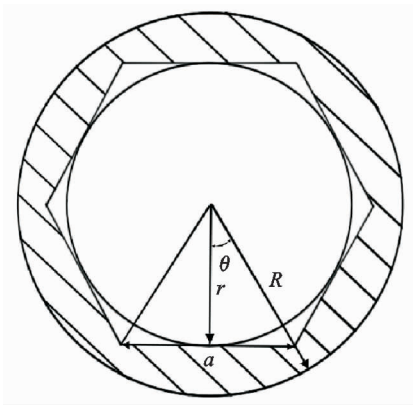


图 6 小头横截面  
Fig. 6 Cross-section of little head

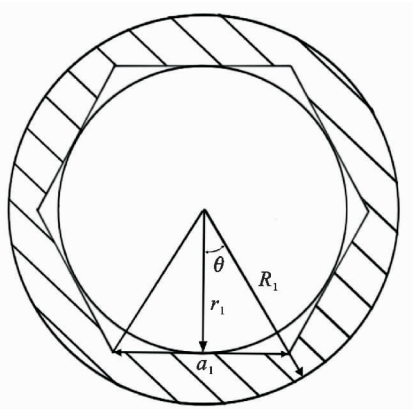


图 7 大头横截面  
Fig. 7 Cross-section of big head

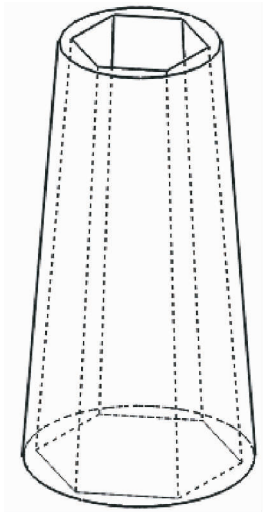


图 8 竹材四面铣削三面剖分后的有效体积  
Fig. 8 Bamboo's effective volume after all side milling and three sides splitting

已知棱台的体积计算公式为:

$$V_{\text{棱台}} = \frac{1}{3}h(S_{\text{上}} + S_{\text{下}} + \sqrt{S_{\text{上}} S_{\text{下}}}) \quad (18)$$

式中:  $V_{\text{棱台}}$ : 内多边形棱台体积;  $h$ : 棱台的高度;  $S_{\text{上}}$ :

小头横截面多边形面积;  $S_{\text{下}}$ : 大头横截面多边形面积。

由图 6 和图 7 可知,

$$S_{\text{上}} = \frac{1}{2}arn \quad (19)$$

$$S_{\text{下}} = \frac{1}{2}a_1r_1n \quad (20)$$

将式(3)代入式(19)、式(20)可得:

$$S_{\text{上}} = nr^2 \tan \theta \quad (21)$$

$$S_{\text{下}} = nr_1^2 \tan \theta \quad (22)$$

将式(21)、式(22)代入式(18)可得:

$$V_{\text{棱台}} = \frac{1}{3}nL \tan \theta (r^2 + r_1^2 + rr_1) \quad (23)$$

由式(16)可得大小头外径圆台的体积为:

$$V_{\text{外圆台}} = \frac{1}{3}\pi L (R^2 + R_1^2 + RR_1) \quad (24)$$

由式(23)、式(24)可知竹材经过西面铣削三面剖分后的有效体积为:

$$V_{\text{有效}} = V_{\text{外圆台}} - V_{\text{棱台}} = \frac{1}{3}L [\pi (R^2 + R_1^2 + RR_1) - n \tan \theta (r^2 + r_1^2 + rr_1)] \quad (25)$$

竹材的出材率(出板率)为:

$$\eta = \frac{V_{\text{有效}}}{V} \quad (26)$$

将式(17)、式(25)代入式(26)可得:

$$\eta = \frac{\pi (R^2 + R_1^2 + RR_1) - n \tan \theta (r^2 + r_1^2 + rr_1)}{\pi [(R^2 + R_1^2 + RR_1) - (r^2 + r_1^2 + rr_1)]} \quad (27)$$

利用式(27)即可对每段的竹材的出材率进行估算, 根据自己所需的竹材的半产品量, 计算好所投入的竹片量, 进一步避免竹资源的浪费。

## 2 结果与分析

通过对竹材的实际测量, 获得相应参数, 从而计算出通过四面铣削三面剖分加工后竹材的出材率(出板率)。为更充分地利用竹材提供实际依据, 节约资源。下面是选取了 5 根竹子作为测量对象, 相关参数如表 1 所示。

根据试验发现, 竹材横截面为椭圆形, 将其转化为理想状态下的圆形, 可求得相应的大小端外圆半径。大小端壁厚取平均壁厚计算出大小端内圆半径。所劈瓣数计算出相应的  $\theta$ 。将这些数据代入式(27)可求得每根竹子经过四面铣削三面剖分加工后的出材率(出板率)。计算结果分别为 84.57%、86.99%、95.15%、97.13%、98.30%。可见, 经过四面铣削三面剖分加工后的平均出材率(出板率)高达 92.43%, 有效地提高了竹材的利用率。

表 1 试验测得 5 根竹子的相关参数

Table 1 Experiment measured the related parameters of five bamboo logs mm

编号	1	2	3	4	5
实测材长	2 257	2 339	2 432	2 499	2 467
小头短径 <i>B</i>	51.84	56.12	69.76	79.46	96.98
小头长径 <i>A</i>	53.64	57.22	70.70	88.50	97.50
大头短径 <i>B</i> <sub>1</sub>	73.82	77.02	84.32	100.88	109.22
大头长径 <i>A</i> <sub>1</sub>	74.22	77.26	85.32	104.34	111.16
小头壁厚	6.23	8.31	6.81	8.12	10.71
大头壁厚	8.19	8.72	7.12	16.08	15.04
竹龄	4	4	4	4	4
竹种	毛竹	毛竹	毛竹	毛竹	毛竹
所劈瓣数 <i>n</i>	6	6	12	12	16

3 结论

通过竹材的性能特点及应用范围的了解,通过研究竹材的加工方式,找出可以提高竹材的出材率(出板率)的方法,与常规的四面铣削的竹材加工方式相比,四面铣削三面剖分的加工方式,对竹材的利用率更高,可实现竹材刨削去青齐边铣削去黄的提质增效的效果;利用竹材的出材率公式,可根据实测竹材相关数据计算出出材率(出板率)平均高达 92.43%。可见,通过四面铣削三面剖分的加工方式的竹材出材率(出板率)比较高,有效地提高了竹材的利用率。同时通过出材率可预估竹材的投入与产出,解决竹材领域竹资源的浪费问题。

参考文献:

[1] 任明亮,宋维明. 国内外竹产业研究的现状与未来[J]. 林业经济,2008(6):33-37.  
REN M L, SONG W M. The bamboo's the research status and the future at home and abroad[J]. Forestry Economics, 2008(6):33-37. (in Chinese)

[2] 李琴. 我国竹材人造板发展现状与研究方向[J]. 浙江林业科技, 2000,20(3):79-84.  
LI Q. The artificial bamboo's the developing situation and the research direction in China[J]. Zhejiang Forestry Science and Technology,2000,20(3):79-84. (in Chinese)

[3] 邱尔发,洪伟,郑郁善. 中国竹子多样性及其利用评述[J]. 竹子研究汇刊, 2001,20(2):11-14.  
QIU Q F, HONG W, ZHENG Y S. Review on diversity and utilization of bamboo in China [J]. Journal of Bamboo Research, 2001,20(2):11-14. (in Chinese)

[4] 钟统海. 谈谈竹工机械和竹产品的加工生产[J]. 广西林业科学,1995, 24(2):27-29.  
ZHONG T H. Discuss the processing production of the bamboo's industry machinery and products[J]. Guangxi Forestry Science, 1995, 24(2):27-29. (in Chinese)

[5] 刘星雨,傅万四,周建波. 我国竹工机械区域布局及未来走势分析[J]. 木材加工机械, 2012(1):22-25.

LING X Y, FU W S, ZHOU J B. The current status and the development trend of bamboo processing machinery in China [J]. Wood Processing Machinery, 2012(1):22-25. (in Chinese)

[6] 黄晓东. 竹胶合板阻燃性能的研究[J]. 西北林学院学报, 2006,21(2):146-149.  
HANG X D. A study on fire-retardant property of the bamboo plywood[J]. Journal of Northwest Forestry University,2006, 21(2):146-149. (in Chinese)

[7] 张齐生. 我国竹材加工利用要重视科学和创新[J]. 浙江林学院学报,2003, 20(1):1-4.  
ZHANG Q S. Attaching importance to science and innovation in the processing and utilization of bamboo timber in China[J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2003,20(1):1-4. (in Chinese)

[8] 窦营,余学军,岩松文代. 中国竹子资源的开发利用现状与发展对策[J]. 中国农业资源与区划, 2011,32(5):65-70.  
DOU Y, YU X J, YANSONG W D. The current situation and countermeasures of bamboo resource development and utilization of China[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2011,32(5):65-70. (in Chinese)

[9] 张建,汪奎宏,李琴. 我国竹材利用率现状分析与建议[J]. 林业机械与木工设备, 2006,34(8):7-9.  
ZHANG J, WANG K H, LI Q. Status analysis and suggestions for bamboo utilization rate in China[J]. Wood Processing Machinery, 2006.34(8):7-9. (in Chinese)

[10] 崔成法,高代卫,赵丽红. 竹材刨切工艺的初步研究[J]. 林产工业,2001, 28(1):23-25.  
CUI C F, GAO D W, ZHAO L H. A preliminary study on technology of bamboo fineline veneer manufacturing[J]. Forest Products Industry, 2001, 28(1):23-25. (in Chinese)

[11] 伍子和,薛汉清. 我国竹材废料利用的现状与前景[J]. 竹子研究汇刊, 1988,7(3):73-79.  
WU Z H, XUE H Q. Status and prospect for bamboo wastes utilization in China[J]. Journal of Bamboo Research,1988,7(3):73-79. (in Chinese)

[12] 赵奇,王琦. 林业装备技术展望[J]. 林业机械与木工设备, 2005,33(6):115-117.  
ZHAO Q, WANG Q. The outlook of the forestry equipment and technology [J]. Wood Processing Machinery, 2005, 33(6):115-117. (in Chinese)

[13] 赵仁杰,赵星,尹忠健. 竹篾层积材的制造新工艺——一种径向竹篾帘层积材[J]. 中南林学院学报,2004,24(5):57-60.  
ZHAO R J, ZHAO X, YIN Z J. Technical innovation of bamboo strip laminated board: a kind of radial laminates board [J]. Journal of Central South Forestry University, 2004,24(5):57-60. (in Chinese)

[14] 李双跃,陈运逢,李进春. 竹片分丝机设计与应用[J]. 农业机械学报,2006, 37(7):204-205.  
LI S Y, CHEN Y S, LI J C. Bamboo silk machine design and application[J]. Journal of Agricultural Machinery, 2006, 37(7):204-205. (in Chinese)

WEI M Y,ZHAO H. Structural analysis on Duyun city street trees disposition[J]. Qiannan Normal College of Nationalities, 2004(6):40-44. (in Chinese)

[8] 赵连俊.呼和浩特市行道树树种规划的探讨[J]. 内蒙古林业科技,2001(Supp.):71.

[9] 崔同林,马献良,缪永新. 道路绿化树种选择的基本原理及其应用[J]. 林业建设,2005(1):38-40.

[10] 刘振威,孙丽,沈军. 校园不同树种行道树生态效应研究[J]. 中国生态农业学报,2007,15(4):208-210.

LIU Z W, SUN L, SHEN J. Ecological effect of growing different street tree species in institutional campuses[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2007, 15(4):208-210. (in Chinese)

[11] 刘振威,孙丽,马杰,等. 校园不同绿化树种片林生态效应研究[J]. 安徽农业科学,2005,33(5):822-823.

[12] 陈高娃,马秀枝,李长生. 校园内不同树种行道树及不同类型绿地遮光效应的比较[J]. 内蒙古农业大学学报,2012,33(2):63-67.

CHEN G W, MA X Z, LI C S. Research on the shading effect of different street trees and green lands in Inner Mongolia Agricultural University[J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2012,33(2):63-67. (in Chinese)

[13] 马秀枝,李长生,陈高娃,等. 校园内行道树不同树种降温增湿效应研究[J]. 内蒙古农业大学学报,2011,32(1):125-130.

MA X Z,LI C S,CHEN G W, *et al.* The effects of reducing temperature and increasing humidity of greenery trees in Inner Mongolia Agricultural University[J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2011,32(1):125-130. (in Chinese)

[14] 吴菲,朱春阳,李树华.北京市 6 种下垫面不同季节温湿度变化特征[J]. 西北林学院学报,2013,28(1):207-213.

WU F, ZHU C Y, LI S H. Seasonal changes of temperature and humidity of six urban underlying surfaces in Beijing[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013,28(1):207-213. (in Chinese)

[15] 韩焕金,周用武. 不同绿化树种的降温增湿效应[J]. 河北农业科学,2007,11(5):28-30.

HAN H J, ZHOU Y W. Cooling and moisturizing effect of different afforested tree species in July[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2007,11(5):28-30. (in Chinese)

[16] 宋丽华,曹兵,吴李. 银川市几种绿化树种降温增湿效应的比较[J]. 西北林学院学报,2009,24(3):46-48.

SONG L H, CAO B, WU L. Comparison of air temperature and relative humidity adjusting effects for several urban tree species in Yinchuan[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009,24(3):46-48. (in Chinese)

[17] 谭伯禹. 园林绿化树种选择[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1980.

[18] 宋兆民,陈建业,康立新,等. 林带与风向成不同交角时防风效果和透风系数关系的探讨[J]. 江苏林业科技,1982(2):44-47.

[19] 刘梅,于波. 人体舒适度研究现状及其开发应用前景[J]. 气象科技,2002,30(1):11-14.

(上接第 234 页)

[15] 苏文会,范少辉,彭颖,等. 车筒竹、簕竹和越南巨竹竹材的主要物理性质研究[J]. 西北林学院学报,2012,27(3):205-209,228.

SU W H, FAN S H, PENG Y, *et al.* Study on the main physical properties of *Bambusa sionspinosa*, *Bambusa blumeana* and *Dendrocalamus yunnanicus*[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012,27(3):205-209,228. (in Chinese)

[16] 周芳纯. 毛竹秆形结构的研究[J]. 南京林产工业学院学报,1981(1):16-69.

ZHOU F C. The study of the bamboo's stem structures[J]. Journal of Nanjing Technological College of Forest Products, 1981(1):16-69. (in Chinese)

[17] 林华. 毛竹工业用竹材林高效培育技术效果分析[J]. 竹子研究汇刊,2008, 27(2):42-47.

LI H. Analysis of the effects of high-benefit cultivation techniques for industrial bamboo timber moso forest[J]. Journal of Bamboo Research, 2008, 27(2):42-47. (in Chinese)

[18] 李南南,李黎. 劈切角度对黄竹表面粗糙度影响的研究[J]. 林业机械与木工设备, 2013,41(5):31-34.

LI N N, LI L. Study on impact of rift-cutting angles on surface roughness of yellow bamboo[J]. Wood Processing Machinery, 2013,41(5):31-34. (in Chinese)