

整形竹的研究

唐君畏

(四川农业大学林学园艺学院, 四川雅安 625014)

摘要: 用自行设计和制造的高温成型设备试制作了横截面为矩形的整形竹。整形竹竹壁完好, 竹内填充如稻草类低质材料。这种保持了天然竹特点的复合材料可直接用于木结构建筑, 室内装修和家具制作。是一种新的竹材利用方式。压缩整形时的温度, 时间, 压缩率和填充材料的性质都直接影响整形竹的尺寸稳定性。吸湿性和吸湿线湿胀率同天然竹材相近, 吸水率和吸水线湿胀率高于天然竹材, 但是有明显的时间滞后现象。在 200°C 温度时, 处理周期为 20min 的整形竹的吸湿率, 吸水率, 湿胀率和压缩回复率明显低于周期为 15min 的试样。随处理时间增长, 颜色加深。整形竹的尺寸稳定性比压缩木更均匀。

关键词: 竹材 压缩整形 热处理 稻草 尺寸稳定性

Study on Orthopaedy Bamboo

Tang Jun—wei

(Horticulture and Forestry College,Sichuan Agriculture University,yaan.Sichuan.625014)

Abstract: This paper deals with a square orthopaedy bamboo made in a high temperature treating equipment designed and manufactured by ourselves. The orthopaedy bamboo keeps the bamboo wall well and is filled with inferior material,such as rice straw.This composite material keep the nature bamboo material characters,it can be used directly as decorating and furniture .This is a new use of bamboo material.The temperature,time,the rate Of compression of compressive orthopaedy and filled material directly influence the dimensional stability of orthopaedy bamboo. The rate of the thickness swelling and hygrosopicity of the orthopaedy bamboo are simlar to the nature bamboo. The rate of the thickness swelling and the water-absorption are higher than those of nature bamboo,but “time-hysteresis” is obvious.The rate of the thickness swelling ,the hygrosopicity and the water-absorrption rate of the orthopaedy bamboo of treating 20min are obvious lower than those Of treating 15 min while the temperature is 200 C.and so is the recovery of the orthopaedy bamboo. The treating time increase,the orthopaedy bamboo darken.The dimensional stability of the orthopaedy bamboo is more even than the dimensional stability of compressive wood.

Key words: Bamboo, compressive orthopaedy, Heat-treatment, Rice straw, Dimensional stability

竹子是一种生长迅速, 强度高, 表面硬度大, 很有特色受人喜爱的天然材料。但由于竹子壁薄, 空心, 表面含硅质不利于胶合, 大大影响了竹材的加工利用。目前竹材的利用除造纸, 烧碳外, 通常劈成竹片或竹篾, 涂胶压制或编织。这种方式, 工效和原料利用率都较低。日本科技工作者曾经用装置对生长中的竹笋进行处理, 改变竹子横断面形状以求扩大用途。国内外也有科技工作者进行压缩木和压缩整形木研究, 希望无切削改变木材横断面形状, 并提高木材物理力学性能, 达到高效利用低质小径材的目的。同样, 如果竹子不劈开, 仅把横断面压缩整形成方形或矩形就可以用作方材或拼成板材。这不仅可以提高工效和原料利用率, 而且可以保留竹子特色, 尤其适合于竹木结构建筑, 室内装修和家具制作。本文将对制作整形竹的工艺特点和整形竹材的尺寸稳定性作初步探讨。[1~3]^λ

1 工艺特点

^λ第一作者简介: 唐君畏, 1948 年生, 男,四川农业大学林学园艺学院, 副教授,主要从事生物木材学, 竹材加工利用方面研究。电话: 0835-2885487; 电子邮件 TangJW@sicau.edu.cn

1.1 填充

整形竹同压缩整形木有很大区别，竹子横纹受压变形时，竹壁外部受压内部受到拉应力，故竹筒内必须用适当材料填充，既可避免竹壁破裂，增加强度，又便于使用时联接。填充料可用竹篾，木屑和秸秆等低质材料，也可用无机材料，这样的整形竹就成为一种复合材料。显然填充整形竹比木材更易于制成防腐，阻燃等用于室内的功能性材料。从几何学知道，周长相同时，圆形面积比正方形面积大 22% 左右，比长方形面积更大。另一方面竹材整形时含水率较高，收缩大，填充物含水率低收缩小，甚至无收缩。因此有足够的空间使填充易于进行。

为了可持续发展，人们对农业剩余物的利用日益重视。尤其是稻草和麦草，全球产量不低于 10 亿吨，而中国占了 30%。很多地方稻（麦）草已是一种负担，在无人用它们作饲料，燃料和造纸原料后，每年大量焚烧都威胁到交通安全。而稻草绳是一种廉价，有效，无污染的包装材料，已有较成熟的生产工艺和设备。其结构和性能也正适合作整形竹的填充材料。限于篇幅，本文主要探讨用稻草作填充料（不用胶粘剂）的整形竹的尺寸稳定性。为了便于测试，只选用了直径 30~35mm 的小径竹。

1.2 冷进热出

压缩木产品进入市场已有大半个世纪，其压缩变形的永久固定仍在不断探索中。加热法和水蒸气处理法因未使用化学药品，近来更受关注。压缩木在 180℃ 温度下，加热处理 20h 或水蒸气处理 10min，压缩变形基本可被固定。但压缩前的高温预热和压缩后的冷却使生产周期变得很长，这种“热进冷出”工艺必然大影响压缩木的成本和使用。竹材整形时主要是竹壁需要预热软化，竹壁一般只有几个毫米厚，高湿高温下极易软化，整形压力和整形后的反弹力可由填充量调节。整形装置可采用高温接触加热，软化，成型一体方式。在 200℃ 高温下，冷竹进热竹出，中小径竹处理周期只需 20~30min。这种高温高湿压缩整形竹材的方法实际上是加热和水蒸气混合处理法，只要对竹材两端作适当处理，就能在一定程度上控制水气的排除速度，达到控制蒸气压力的目的。

2 整形竹材的尺寸稳定性

2.1 实验设备，材料和方法

2.1.1 实验设备

自制可处理 2 m 长竹段的整形装置，电加热，自动控温。柄长 1.2 m，直径 20mm 铣刀。

2.1.2 实验材料

由农户购取的 3 年生，直径 30~35mm 的西风竹 (*Bambusa multiples*)，包装用稻草绳。

2.1.3 实验方法

试样制备：

每根样竹切取 2 m 长一段，从距大头 50 cm 处起。用长柄铣刀铣平内节，置于通风处，使含水率降到 30%~40%。将稻草绳切断，每段 2.5 m，视竹子内径大小，将 3~4 段草绳并拢，旋转牵引穿入竹段。松紧应适当，太紧，整形阻力大反弹也大，将增加整形时间，太松，整形时竹壁易内陷破裂。一般整形后密度 0.55~0.65 为宜。将竹段放入已升温至 200℃ 的整形装置，整形成厚 2cm，宽度随竹段直径变动的竹方。处理时间分 15 分钟和 20 分钟，各三个样本。每个样本从大头开始到 1m 处每 25cm 取 20mm 长 6 个试样，按顺序编号，作尺寸稳定性检测。其中 3 个用于测吸湿线湿胀率，3 个测吸水线湿胀率。余下竹段用于力学性能测试（另文讨论）。所有试样都可前后移动避开竹节。取三根未整形样竹按同样方法取样作对照。对照试样用相互垂直的两直径的平均值为计算值。

尺寸稳定性评价方法：

横纹压缩率 C 以原竹直径为初始厚度尺寸，将经过压缩整形后的竹方材两边中心点之间的距离作为压缩后的尺寸。分别计算各个面的压缩率，计算公式为：

$$\text{横纹压缩率 (C)} = (T_0 - T_c) / T_0 \times 100 \% \quad (1)$$

式中: T_0 —— 整形前原竹段直径; T_c —— 整形后竹方材两边中心点之间的距离。

将试样烘干 (50℃ 4h, 105℃ 8h), 测定质量, 厚度和宽度, 因整形竹是按定厚压制, 不同方向横纹压缩率差别大, 应有标记。

吸湿试样先置于温度 (20±2) °C, 相对湿度 65% 的密闭容器中吸湿处理 15 天, 测定宽度, 厚度和质量。然后将试样再置于同样温度, 相对湿度 80% 密闭容器中处理 15 天, 测定厚度, 宽度和质量。按下式计算:

$$\text{吸湿率或吸水率 (X)} = (M - M_0) / M_0 \times 100\% \quad (2)$$

式中: M —— 试样吸湿后质量; M_0 —— 试样绝干质量。

$$\text{线湿胀率 (Y)} = (L - L_0) / L_0 \times 100\% \quad (3)$$

式中: L —— 试样气干时 (或吸水后) 的边长; L_0 —— 试样绝干时的边长。

吸水试样浸入 20℃ 水中, 分别测定浸水 4, 14, 38, 62, 100 小时时的厚度, 宽度和质量。按 (2), (3) 式计算:

压缩变形回复率测定采用煮沸法。将测定吸水率的试样在水中继续浸泡至完全饱和, 然后放置于沸水中, 煮 30min, 取出烘干, 测量宽度和厚度。按下式计算:

$$\text{压缩变形回复率 (R)} = (T_r - T_c) / (T_0 - T_c) \times 100\% \quad (4)$$

式中: T_r —— 回弹后干试样的厚度或宽度。

2.2 结果与讨论

2.2.1 气干线湿胀率, 吸水线湿胀率

表 1 吸湿率, 线湿胀率, 压缩率和压缩变形回复率

Table 1 The hygroscopicity, the rate of the Swelling, compression and the recovery of orthopaedy bamboo

| 编号 | 65% 相对湿度(Relative humidity) | | | 80% 相对湿度(Relative humidity) | | | | 压缩率 (compression) | | 压缩变形回复 率(recovery) | | |
|----|-----------------------------|------|-------------------------|-----------------------------|------|-------------------------|------|----------------------|-------|-----------------------|-------|-------|
| | 线湿胀率 (swelling) | | 吸湿率 (hygroscopicity) | 线湿胀率 (swelling) | | 吸湿率 (hygroscopicity) | | | | | | |
| | W | T | 均值 | W | T | 均值 | | W | T | W | T | |
| 11 | 3.36 | 3.88 | 3.62 | 7.55 | 8.15 | 8.78 | 8.47 | 10.68 | 23.17 | 33.35 | 23.60 | 34.42 |
| 12 | 3.12 | 3.59 | 3.36 | 7.16 | 7.55 | 8.11 | 7.83 | 10.24 | 25.68 | 34.64 | 16.20 | 33.61 |
| 13 | 2.98 | 3.81 | 3.26 | 6.89 | 6.31 | 7.58 | 6.95 | 9.40 | 25.32 | 35.06 | 12.04 | 28.65 |
| 14 | 2.23 | 3.34 | 2.79 | 6.23 | 5.37 | 6.60 | 5.99 | 9.17 | 28.60 | 33.42 | 11.36 | 24.17 |
| 均值 | | | | 6.96 | | | | 9.87 | 25.69 | 34.42 | 15.80 | 30.21 |
| 21 | 2.73 | 2.99 | 2.86 | 6.95 | 4.70 | 5.18 | 4.94 | 9.50 | 23.27 | 37.50 | 5.87 | 12.46 |
| 22 | 2.54 | 2.67 | 2.61 | 6.76 | 4.54 | 4.97 | 4.76 | 9.23 | 24.11 | 36.21 | 6.13 | 13.31 |
| 23 | 2.33 | 2.48 | 2.41 | 6.43 | 3.98 | 4.35 | 4.17 | 8.39 | 24.95 | 37.60 | 6.45 | 14.20 |
| 24 | 2.10 | 2.54 | 2.32 | 6.31 | 3.54 | 3.84 | 3.69 | 7.42 | 27.33 | 38.94 | 6.78 | 15.21 |
| 均值 | | | | 6.61 | | | | 8.64 | 24.92 | 37.56 | 6.31 | 13.81 |
| 3 | | | 3.51 | 10.03 | | | 4.73 | 13.76 | | | | |

注: W—宽度 (width) T—厚度 (thickness)

11、12、13、14 处理 15min (Treating time), 部位(Location)0cm、25cm、50cm、75cm.

21、22、23、24 处理 20min (Treating time), 部位(Location)0cm、25cm、50cm、75cm.

3 对照(nature bamboo): 直径为两个垂直方向的平均值。Average of diameter

* 表 1、表 2 均同。Table 2 are same as table 1

从表 1 和图 1 可看出整形竹同对照竹相比, 吸湿率降低了 3~4 个百分点, 吸湿湿胀率在湿度为 65% 时均低于对照, 在 80% 时, 处理 20min 的同对照相当, 处理 15min 的高于对照。整形竹从中部到端部吸湿率和湿胀率有逐渐增加的趋势, 处理时间增长差别减小。处理时间比压缩率对吸湿率和吸湿湿胀率影响大

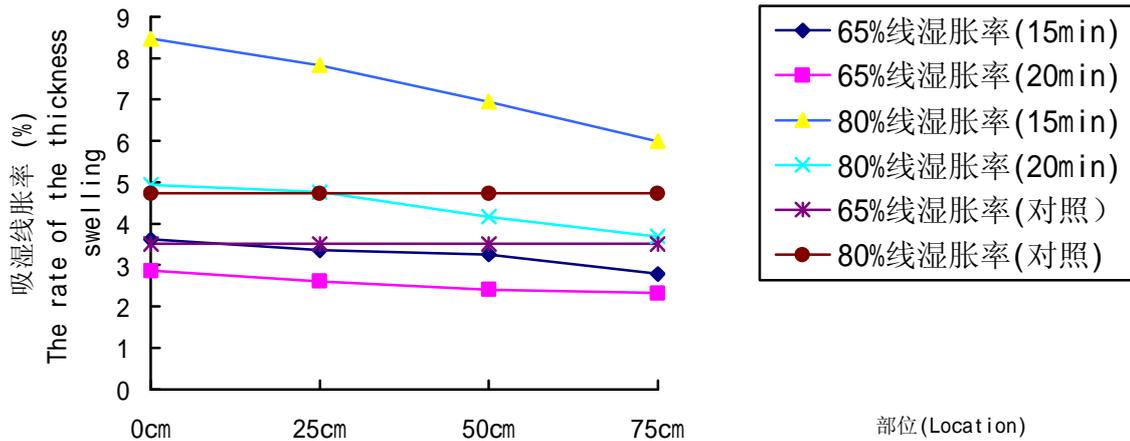


图1 处理时间、部位、相对湿度对吸湿膨胀率的影响
Fig.1 Influence of the treating time, location and relative humidity on the rate of the thickness swelling

表 2 吸水率和吸水线湿胀率

Table 2 The rate of water absorption, and the rate of swelling

| 编号 | 吸水率 (WA) | | | | | 吸水线湿胀率 (swelling) | | | | | | | | | |
|----|----------|-------|--------|--------|--------|-------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | 4 | 14 | 38 | 62 | 100 | 4 | | 14 | | 38 | | 62 | | 100(h) | |
| | | | | | | W | T | W | T | W | T | W | T | W | T |
| 11 | 50.10 | 98.05 | 111.51 | 113.21 | 116.21 | 5.00 | 4.99 | 19.43 | 26.39 | 24.11 | 33.13 | 24.85 | 34.09 | 25.27 | 35.58 |
| 12 | 44.95 | 84.86 | 103.71 | 106.23 | 108.24 | 4.15 | 4.83 | 15.79 | 20.85 | 23.32 | 36.22 | 24.92 | 37.13 | 25.21 | 38.90 |
| 13 | 61.90 | 86.56 | 108.21 | 110.15 | 112.16 | 4.54 | 4.53 | 14.68 | 24.78 | 20.55 | 37.13 | 21.97 | 38.26 | 23.26 | 39.78 |
| 14 | 47.66 | 87.13 | 104.32 | 106.31 | 109.70 | 4.74 | 4.60 | 16.33 | 23.68 | 22.31 | 33.19 | 23.47 | 34.62 | 24.54 | 35.19 |
| 均值 | 51.15 | 89.15 | 106.94 | 108.98 | 111.58 | 4.61 | 4.78 | 16.56 | 23.94 | 22.57 | 34.92 | 23.80 | 36.03 | 24.57 | 37.54 |
| 21 | 47.14 | 67.52 | 88.33 | 90.54 | 91.21 | 3.13 | 3.22 | 9.29 | 10.50 | 10.55 | 13.46 | 11.21 | 14.02 | 11.80 | 14.31 |
| 22 | 40.77 | 63.21 | 85.14 | 87.11 | 88.79 | 2.92 | 2.98 | 8.58 | 9.23 | 9.61 | 12.88 | 10.72 | 13.21 | 11.23 | 13.83 |
| 23 | 38.29 | 60.34 | 81.23 | 83.33 | 82.66 | 2.67 | 2.71 | 7.26 | 8.21 | 9.46 | 11.99 | 10.49 | 13.00 | 10.99 | 13.50 |
| 24 | 36.18 | 56.33 | 74.56 | 76.91 | 78.49 | 2.34 | 2.31 | 6.49 | 7.44 | 9.25 | 11.69 | 10.31 | 12.87 | 10.70 | 13.15 |
| 均值 | 40.59 | 61.58 | 82.32 | 84.47 | 85.29 | 2.77 | 2.81 | 7.91 | 8.85 | 9.72 | 12.49 | 10.69 | 13.28 | 11.18 | 13.70 |
| 3 | 34.35 | 53.22 | 65.93 | 79.37 | 81.77 | 5.61 | 7.48 | 8.41 | 8.80 | 8.95 | | | | | |

从表 2 和图 2 可以看出用稻草填充的整形竹吸水湿胀性能表现出一种竹草复合材料特性。浸 4 小时, 对照竹达到纤维饱和点, 而整形竹吸水率已达 40%~50%, 湿胀率仍较低, 随后才快速增长, 有明显时间滞后现象。如果结合稻草刨花板的湿胀特点, 就容易理解这点。徐信武等人建议用吸着

饱和点 (SSP) 代替纤维饱和来描述异氰酸脂胶制作的稻草刨花板吸水变形特性, 因含水率到 70%~110% 板子变形才不明显。整形竹中稻草间隙很适合水分移动, 而竹壁薄, 断面小, 吸水主要由内外表面, 但竹外表面致密, 水分移动慢, 只有相邻的稻草吸足水, 才会有较多水通过内壁进入竹内。20min 处理的整形竹湿胀率略高于对照, 压缩率的影响很小。15min 处理的吸水湿胀率较高, 压缩率影响明显。木材被压缩后, 水蒸气移动不畅, 而同样温度下水蒸气比加热更能影响湿胀率。整形竹内稻草间隙大阻力小, 易于水气通行, 故整形竹湿胀率比压缩木更均匀。整形竹吸水湿胀率介于稻草刨花板和未处理竹材之间, 处理时间长接近后者, 反之, 接近前者。在实际使用中, 通常通过表面处理提高定向结构板 (OSB) 和稻草刨花板的防水性能, 相比之下整形竹材更易于进行防水处理, 只要两端封闭, 致密表面稍加涂饰, 即可有效地提高防水性能。[4~5]

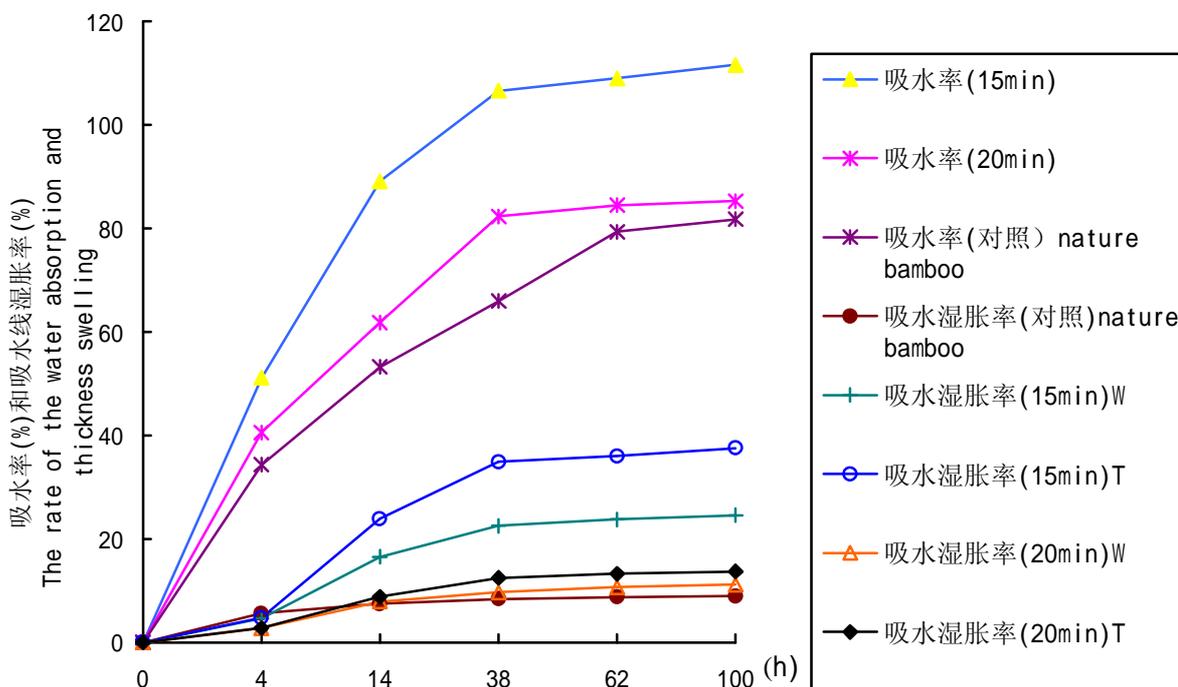


图2 处理时间、压缩率 (W、T)、吸水时间对吸水率吸水膨胀率的影响, 吸水线湿胀率对吸水率的时间滞后现象

Fig.2 Influence of the treating time, the rate of compression and the time of water absorption .the time-hysteresis of the rate of swelling with the rate of water absorption

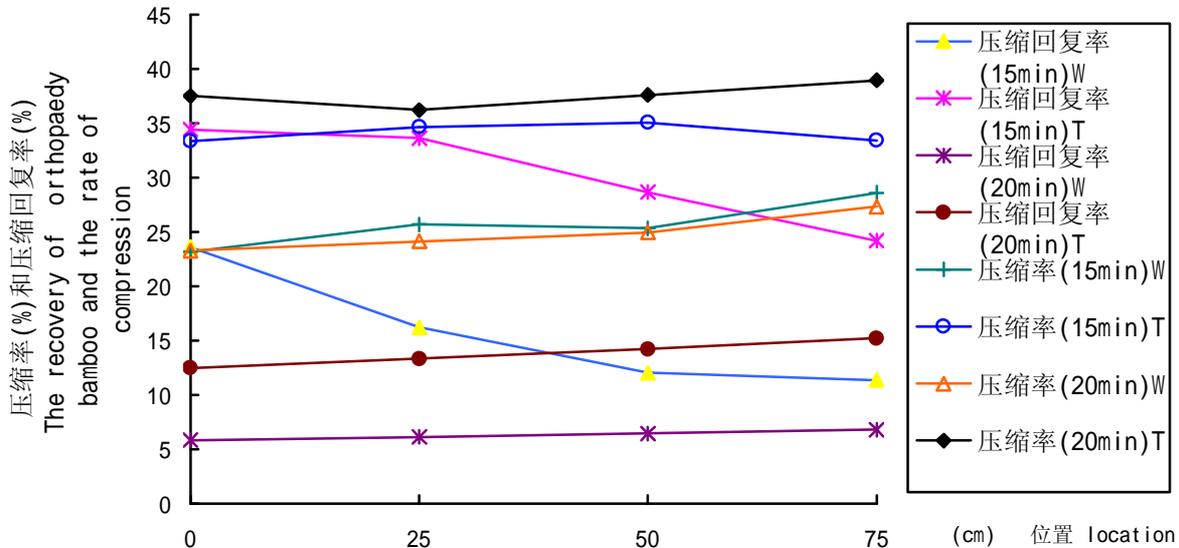


图3 处理时间、部位、压缩率 (W、T)对压缩回复率的影响

Fig.3 Influence of the treating time, the rate of compression and the time of water absorption .the time-hysteresis of the rat of swelling with the rate of water absorption

2.2.2 压缩变形回复率

从表 1 和图 3 可以看出，处理时间，压缩率和部位对变形回复率都有影响，随处理时间增加，部位影响变小。处理 20min 的整形竹回复率小而均匀，线条基本呈水平，处理 15min 的变化较大，端部变形回复率很大，中部则较低，达到处理 20min 的水平。这可能同压缩木一样，压缩加热时，中部较高的蒸气压所致。处理 20min 的无此现象，原因有待进一步分析。

3 小结

竹子经填充后，可以用专用设备在高温高湿下，不破坏竹壁完整性，进行横向压缩整形。整形竹不但保持了天然竹的优点，而且便于利用和联接。生产上可以采用高效率的“冷进热出”工艺和使用低质填充材料。

用稻草填充的整形竹吸湿率和吸湿线湿胀率同天然竹材相近，处理条件为 200℃，20min 时低于天然竹材，15min 时则高于。

整形竹的吸水率和吸水线湿胀率也可用吸着饱和点来描述，但有明显的时间滞后现象。不加任何化学品的整形竹吸水率和吸水湿胀率都偏高，可通过涂封，加防水剂或在整形时更好控制蒸气排出速度，加强高温蒸气处理效果来加以改进。压缩回复率随处理时间增长而显著减小。整形竹尺寸稳定性比压缩木更均匀。

整形竹是一种有利于环保，可持续发展的复合材料，比木材更易于进行改性处理，值得研究。

参考文献

- 1 李 坚，刘一星，刘君良。加热，水蒸气处理对木材横纹压缩变形的固定作用。东北林业大学学报，2000，28（4）：4~8
- 2 刘一星，李 坚，刘君良，沈 隽。水蒸气处理法制作压缩整形木的研究（1）——构造变形和尺寸稳定性。东北林业大学学报，2000，28（4）9~12
- 3 胡赫良斯基 著（苏）申宗圻译。北京，农业出版社，1965
- 4 徐信武，吴请林，周定国，周晓燕。改性异氰酸酯稻草刨花板的吸湿特性。林产工业，2003，30（3）：18~21
- 5 贺微粒，卢晓相，华毓坤。涂饰定向结构板的防水性能，木材工业，2000，14（6）28~29。