

竹材防腐防霉处理研究

汤宜庄 袁亦生

(中国林科院木材工业研究所)

摘 要

本文论述了三种处理方法和七种防腐剂配方处理毛竹(片材)和浙江淡竹(竹竿)。气干材用热冷槽法和常压浸渍法,生材采用竹液置换法。这些方法很适合我国的国情。

热冷槽法采用1.5小时热煮,48小时冷浸;常压浸渍20天左右;竹液置换法约8天,均能达到预期的药剂吸收量和透入度。

此外,还进行了防腐处理竹材的室内抗霉试验和力学强度试验。野外抗腐试验正在进行中。

关键词 热冷槽法;常压浸渍法;竹液置换法;防腐(霉)剂

前 言

竹子速生高产,是重要的森林资源组成部分。我国竹材资源比较丰富,年产量可达六七百万吨,而大部分尚未充分利用。为此,开展竹材的合理利用和综合利用,提高竹材的使用价值是有重要的经济意义。

国内外对竹材防腐(霉)防蛀已有不少研究。其中印度^[5,8]对此研究较多,并有一些成功经验。我国从五十年代起先后有中央建筑技术研究所^[3]、福州竹器研究所(1965),以及郑止善^[6]、周慧明^[7]、张厚培^[9]等人均进行过此类研究。但至今防腐处理竹材作结构材用还不多见,多数使用二三年后即行报废。

本文着重对冬夏季采伐的两种常用竹材用不同防腐药剂和处理方法,研究其处理效果以及对力学强度的影响。还进行了室内外防霉防腐试验。

一、试验材料和方法

试验用竹材于1987年2月和7月分别采自浙江省安吉和富阳县,毛竹(*Phyllostachys pubescens*)七年生,浙江淡竹(*Ph. meyeri*)三年生。毛竹从基部1米以上连续截取1米长竹筒4段,劈开成800×40×壁厚(6—11)毫米的竹片;淡竹从基部0.5或1米以上连续截取1米长竹竿2段,再截成800毫米长的竹竿为试材。试材均为无疵健康的气干材。此外,竹材生材还用竹液置换法(*stepping method*)作处理试验。

试验用防腐剂参照我所已研究成的配方^[1],再选一种国外防腐剂作比较。采用的七种防腐剂如表1。

处理方法采用常压浸渍法、热冷槽法和竹液置换法。含铬或酚化合物的防腐剂采用常压浸渍法;含硼、氟盐的用热冷槽法;水溶性铜盐用竹液置换法处理。工艺条件的

本文于1989年12月19日收到。

本课题为加拿大IDRC项目(竹子研究第二期)的一部。

高超英参加部分试验工作。

表1 防腐剂配方简介

序号	配方代号	使用浓度 (%)	主要化学成分	来源
1	BB	5, 10	硼化合物合剂	自配
2	BBF	3, 5	硼、氟化合物合剂	自配
3	BBF	3, 5	硼、酚合剂	自配
4	CCB	3, 5	铜、铬、硼合剂	自配
5	FCAP	3, 5	氟、铬、砷、酚合剂	商品(英国)
6	CCA(C)	5	铜、铬、砷合剂	自配
7	C	9.1	铜盐单剂	国产

选择按不同药剂和要求达到的吸收量(保持量)为依据。参照木结构防腐剂用量在竹片(竿)中含硼盐为10公斤/立方米左右,含铬盐为6公斤/立方米以上。要达到上述吸药量,常压浸渍在室温(15℃)条件下约20、30天;热冷槽法的热槽温度95℃,浸1.5小时,自然冷却48小时。为使处理条件尽可能取得一致,同一防腐剂、不同部位的竹材一并处理。竹液置换法处理在浙江竹材产区进行。

室内抗霉试验选在湿热季节,气温25—29℃、相对湿度90%左右,用一铁槽,底部盛清水若干,其上放数片已霉竹片,再将防腐毛竹片平码成垛,每层有间隙,槽口用塑料薄膜封盖,经二、三月内定期观察,按表2标准评定效果。

表2 抗霉效果的等级评定标准^[13]

等级	毛竹试片霉变程度	评价值
I	完好、无致霉现象	0
II	轻微致霉, 侵染面积小于1/4	1
III	中等致霉, 侵染面积1/4—2/4	2
IV	较重致霉, 侵染面积2/4—3/4	3
V	严重致霉 侵染面积大于3/4	4

按此标准评出各组试材的评价值,再按下式求得各(防腐剂处理)组的抗霉效力^[13]

$$100 - \frac{\text{处理试材平均评价值}^*}{\text{对照试材平均评价值}} \times 100$$

*各组试材按加权平均求得,野外埋插试验正在进行中。

防腐处理竹材的力学强度试验,按照李源哲等^[4]所拟定的试验方法进行,测试顺纹抗压、弦向抗弯和抗弯弹性模量。测定结果按公式换算为含水率12%的强度。

二、试验结果与讨论

(一) 竹材生长高度与吸药液率的关系。从热冷槽法和常压浸渍法处理的结果可以看出各高度段与吸液率有一定相关(表3、表4)。

表3 竹材用热冷槽法防腐处理结果

试材种类	竹高(米)	BB		BBF		BBP	
		浓度 (%)	吸液率 (%)	浓度 (%)	吸液率 (%)	浓度 (%)	吸液率 (%)
冬采毛竹	1—2	10	33.9±5.6	5	41.6±5.7	5	36.4±8.0
	2—3	5	41.5±8.5	3	48.5±5.1	3	43.3±8.1
	3—4	10	44.3±5.5	5	54.3±6.2	5	48.0±5.9
	4—5	5	48.9±6.1	3	51.3±4.6	3	50.4±5.0
夏采毛竹	1—2	10	37.4±5.1	5	56.0±4.9	—	—
	2—3	5	51.7±4.6	3	57.0±5.0	—	—
	3—4	10	45.9±2.1	5	59.7±4.4	—	—
	4—5	5	47.5±4.5	3	58.2±4.8	—	—
冬采浙江淡竹	1—2	10	33.7±7.5	5	26.2±2.1	5	26.7±4.2
	2—3	5	35.7±5.0	3	19.5±3.4	3	41.4±9.0
	3—4	10	39.8±7.5	5	38.2±5.4	5	39.7±5.4
	4—5	5	38.1±4.5	3	24.1±4.5	3	46.2±8.2
夏采浙江淡竹	1—2	10	75.3±9.1	5	77.2±16.1	—	—
	2—3	5	57.8±7.1	3	77.9±12.4	—	—
	3—4	10	81.6±8.6	5	82.3±16.5	—	—
	4—5	5	62.0±6.4	3	83.7±11.6	—	—

表4 竹材用常压浸渍法处理结果

试材种类	竹高(米)	浓度(%)	吸 液 率 (%)			
			CCB	FCAP	CCA (C)	BBP
浸渍时间						
19天			16天		14天	
冬采毛竹	1—2	5	41.8±7.1	42.4±9.1	37.9±4.9	—
	2—3	3	53.2±5.0	47.6±10.2	38.6±7.1	—
	3—4	5	44.6±5.1	41.7±3.7	42.3±6.6	—
	4—5	3	50.1±5.3	44.3±5.3	43.4±6.9	—
26天						
24天			14天		21天	
夏采毛竹	1—2	5	23.1±3.7	30.4±3.5	26.8±1.3	30.7±3.1
	2—3	3	33.0±5.5	38.7±5.2	27.0±3.5	33.3±3.4
	3—4	5	25.5±3.4	31.9±4.2	28.9±3.5	28.7±1.4
	4—5	3	34.9±2.5	44.8±3.9	30.0±4.3	37.4±4.
19天						
16天						
冬采浙江淡竹	1—2	5	12.3±2.9	32.4±4.4	—	—
	2—3	3	12.5±2.4	38.7±5.7	—	—
	3—4	5	23.0±5.8	39.8±3.8	—	—
	4—5	3	25.5±5.2	41.5±5.1	—	—
26天						
24天			21天			
*夏采浙江淡竹	1—2	5	33.4±5.4	30.3±5.2	—	41.0±7.6
	2—3	3	31.5±5.8	28.1±6.8	—	51.5±9.3
	3—4	5	27.7±5.8	37.5±4.7	—	43.6±7.7
	4—5	3	37.7±4.9	36.1±7.6	—	61.8±8.1

*夏采浙江淡竹是打通竹节浸渍

表5 毛竹的高度与各药剂吸收率的相关关系

药 剂	冬 采 毛 竹		夏 采 毛 竹	
	相关系数	相关方程式	相关系数	相关方程式
BB	0.981	$Y=30.2+4.78x$	0.527	$Y=39.5+3.35x$
BBF	0.968	$Y=43.35+1.63x$	0.718	$Y=55.8+0.81x$
BBP	0.977	$Y=32.8+4.67x$	0.533	$Y=28.65+1.55x$
CCB	0.407	$Y=43.35+1.63x$	0.631	$Y=22.15+27.9x$
FCAP	0.598	$Y=41.65+0.58x$	0.708	$Y=27.35+3.64x$
CCA	0.963	$Y=35.5+2.02x$	0.963	$Y=25.30+1.15x$

冬采毛竹的高度与药剂的吸收率多数呈紧密关系,而夏采毛竹则仅有CCA处理的呈紧密相关,其他为大部分相关。从 F_0 来看冬采毛竹 F_0 为4.82,介于 $F_{0.05}$ 与 $F_{0.01}$ 之间,属于关系显著。而夏采毛竹的 F_0 为0.742,小于 $F_{0.10}$,表示影响不大。淡竹不论冬采或夏采的,上部的吸收率比基部的约高10.28%。这些可能与竹材的维管束密度(个

数/平方厘米)由下至上渐增^[4]有关。由于输导组织维管束增多有助于药剂的吸收。

(二) 不同药剂的浸渍效果

用BB和BBF两种扩散型防腐剂以热冷槽法处理冬采和夏采毛竹。结果夏采毛竹吸液率比冬采的高,而含铬盐固着型防腐剂正好相反(见表6),两者差异较大。夏采毛

竹的浸渍时间比冬采的长，而吸液率比冬采的少。这可能是毛竹中内含物或其他原因影响含铬盐防腐剂的透入量。

表6 不同季节采伐的毛竹的吸液率结果 比较

防腐剂	处理方法	平均吸液率 (%)	
		冬 采	夏采
BB	热冷槽法	42.2	45.6
BBF	热冷槽法	48.7	57.7
CCB	浸渍法	47.4(19)	29.1(26)
FCAP	浸渍法	44.0(16)	36.5(24)
CCA	浸渍法	40.6(14)	28.2(14)

注：括号内数字为浸渍天数

(三) 竹液置换法处理

确切地说是生理竹液置换^[1]，将夏采的生毛竹基端浸入防腐液中，利用枝叶的蒸腾和毛细管作用将防腐剂吸入，10米高毛竹大致8天可以处理完毕，平均吸液量3.1公斤/株，不同高度断面上各层的铜离子的百分含量见表7和图1。

表7 不同高度的毛竹秆各层的铜离子含量

部 位	不同高度 (米) 竹秆中铜离子含量 (%)				
	2	4	6	8	10
竹 青	0.27	0.18	0.22	0.21	0.13
竹 肉	0.56	0.35	0.27	0.44	0.34
竹内壁	0.98	0.76	0.57	0.53	0.37

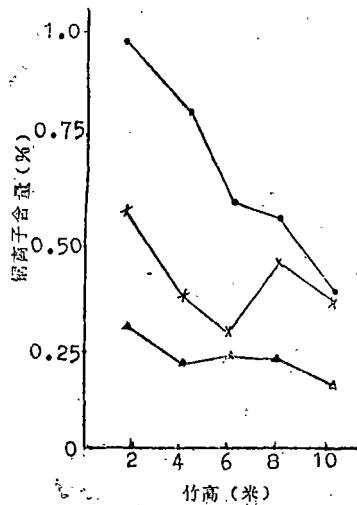


图1 毛竹不同高度的铜离子含量

▲竹青 ×竹肉 ●竹内壁 (黄)

由此可以看出：药剂随竹高由下向上递减，形成纵向药剂含量的梯度；在同一高度的断面上竹内壁中含量最高，竹青中最低，形成横向药剂含量梯度。这与CCB浸渍处理的横向药剂含量分布相同，见表8。这是因为竹材各层次解剖构造分子不同的关系。

表8 CCB药剂处理毛竹中二种离子含量

部 位	金属离子含量 (%)	
	铜	铬
竹 青	0.13	0.06
竹 肉	0.25	0.07
竹 内 壁	0.48	0.12

(四) 竹材的浸注性

竹材的浸注性与竹种、竹龄、含水率、处理方法^[12, 14]特别是竹材解剖构造有很大关系^[16]。竹材几乎全部由轴向管状细胞组成，防腐剂透入的主要通道是维管束中导管、筛管和细胞间隙，而这些输导组织只占全部组成分子的6—10%，竹材缺少横向细胞，不利于横向透入。竹材多数组成为厚壁纤维细胞和薄膜细胞，多数薄膜细胞已木质化，两端封闭。液体的透入是通过它细胞弦壁上为数不多的单纹孔，透过能力低^[13]，有时导管中充满防腐液，而没有扩散到相邻的细胞中^[14]。有些在导管或筛管有拟填充体和细胞间隙中有空气存在也是阻碍防腐剂透入的原因 (Grosser D.和Liese W. 1971)，所以竹材较木材难浸注。竹材轴向透入远较其他方向为大，用毛竹试块测定如下：

表9 毛竹各面的吸液率

各 个 面	30小时浸渍的吸液量		每平方米吸液量 (克)
	均值 (克)	比值 (%)	
端 面	0.47	62	0.144
竹内壁面	0.17	22	0.047
径侧面	0.25	32	0.064
竹 青	—	—	—
对 照	0.76	100	0.07

由表 9 可知毛竹端面吸液量大, 占对照的62%, 径侧面次之, 内壁也较少。径侧面的透入可能依赖于细胞间隙和筛管等^[12], 竹青表皮有多层厚壁细胞, 外被蜡质, 水分很难透入。按试验结果测知浙江淡竹壁厚度仅为2.8毫米左右, 药液基本全透, 毛竹壁较厚, 只能透入到竹肉的一部分, 药剂分布在输导组织中居多, 因此认为竹材防腐浸注以选用扩散性防腐剂较为适宜。

(五) 防腐竹材的室内抗霉试验

经三个月定期观察, 按要求评出各组试材抗霉评价值, 并求得防霉效力值, 见表 10。

由表10可见不同防腐剂处理的毛竹的抗霉效力很不一致, 通常认为^[13]药剂经三个月抗霉试验其效力值在70以上可称较好。有的^[10]以被害度低于30 (即效力值70) 为合格。本试验结果 5 %BBP和FCAP 处理的抗霉效果较好, 3%BBP、FCAP和 5 %CCA的次之, 其余均较差, 由此可知含酚成分防腐剂具有一定的防霉效力。经水煮(1.5小时)的毛竹无防霉效果。

表10 各防腐剂处理毛竹片的抗霉效力

防腐剂	浓度 (%)	抗霉效力值 (%)	
		冬采毛竹	夏采毛竹
BB	5.0	55	70.1
	10.0	50	75.0
BBF	3.0	30.0	75.0
	5.0	33.3	75.0
BBP	3.0	56.3	85.0
	5.0	80.0	100
CCB	3.0	68.8	75.0
	5.0	81.3	75.0
FCAP	3.0	68.7	92.8
	5.0	93.8	87.5
CCA	5.0	83.8	83.3
水煮	—	0	2.5
对照	—	0	0

(六) 防腐处理对竹材力学强度的影响

选用CCB防腐剂处理的冬夏两季采伐的毛竹为代表与水煮1.5小时和对照材作比较。测定顺纹抗压、抗弯强度和抗弯弹性模量, 以衡量防腐处理对竹材力学强度的影响。试验结果见表11。

表11 防腐处理后毛竹的抗压、抗弯强度和抗弯弹性模量

采伐季节	试材	竹高 (米)	样本数	顺纹抗压强度 (MPa)			样本数	抗弯强度 (MPa, 弦向)			抗弯弹性模量 (GPa, 弦向)		
				均值	比值	协方差		均值	比值	协方差	均值	比值	协方差
冬 季	5%CCB处理材	3—4	24	72.8	111	5.08	21	102.7	91	8.2	13.2	87	0.76
	3%CCB处理材	4—5	20	68.9	105	1.96	21	112.0	99	6.5	13.8	91	1.14
	水煮处理材	3—4	30	67.0	102	6.64	24	115.8	102	7.4	14.8	98	1.38
	对照材	3—4	25	65.7	100	4.34	22	113	100	5.9	15.2	100	0.73
夏 季	5%CCB处理材	3—4	20	81.3	107	2.27	16	151.0	99	2.81	—	—	—
	水煮处理材	3—4	20	71.2	93	2.54	15	142.9	93	8.03	—	—	—
	对照材	3—4	20	76.2	100	3.45	15	153.0	100	14.45	—	—	—
	3%CCB处理材	4—5	20	77.5	102	2.81	16	152.5	95	1.64	12.7	95	1.64
	水煮处理材	4—5	20	76.6	100	2.57	12	150.5	94	1.15	12.8	96	1.15
	对照材	4—5	15	76.3	100	2.81	11	160.9	100	1.94	13.4	100	1.94

由表11可知经3%和5%CCB常压浸渍处理的毛竹, 其顺纹抗压强度比对照材稍高。5%CCB处理的抗压强度又高于3%处理的。这可能是防腐剂的渗入增加了毛竹密度, 抗压强度因之也增高。但抗弯 (弦向) 强度和

抗弯弹性模量与对照材相比都有降低, 分别降低 5 %和10%, 这可能是由于呈酸性的CCB, 使纤维受到一定程度的降解。其程度取决于防腐药液的酸值和吸收量^[3]。水煮的毛竹的强度与对照材相比无明显的变化。

四、结 论

(一) 竹材较难防腐(霉)处理。毛竹片和浙江淡竹科用热冷槽法处理, 热煮1.5小时后冷浸48小时或用常压浸渍20天左右能达到防腐剂吸收量要求, 整株生竹可用竹液置换法处理。

(二) 竹材对防腐剂的浸注与它生长高度相关, 随着竹子高度递增, 吸液率也随之增加。以冬采毛竹为显著。

(三) 硼盐扩散型防腐剂处理毛竹的吸液率: 夏采的比冬采的高, 而含铬盐固着型防腐剂正好相反。

(四) 防腐剂在竹材端向透入最大, 其次为径侧面和内壁(竹黄), 竹青部分难透入。药剂在内部形成两种分布梯度。

(五) 含酚类防腐剂处理竹材具有一定的抗霉效力, 使用浓度以5%为好。

(六) 防腐处理对竹材力学强度影响。以CCB防腐剂处理毛竹为例, 抗压强度稍有增加, 但不明显, 抗弯强度和抗弯弹性模量有些降低。大致在10%左右。

参考文献

- [1] 木结构防腐剂研究组, 1984, 木结构防腐剂的研究, 中国林科院木材所研究报告。
- [2] 中央建筑技术研究所, 1956, 竹材的简易防腐处理, 研究报告。
- [3] 北京林学院主编, 1983, 木材学, 中国林业出版社。
- [4] 李源哲, 1986, 中国七种竹材的物理力学性质, 中国林科院木材工业研究所研究报告。
- [5] 林业部赴印竹子栽培考察组, 1987, 印度竹子生产和科学研究, 竹子研究汇刊, 6(2)。
- [6] 郑正善, 1959, 竹材和杉木的保存处理, 浙江农业大学学报, 3.(1-2)。
- [7] 周慧明, 1986, 竹材防霉防蛀技术, 竹类研究, 5(1)。
- [8] 张 倬, 1958, 竹材(防腐、干燥、强度、胶合、混凝土), 建筑工程出版社。
- [9] 张厚培, 1984, 竹制品防霉防虫研究, 木材保护学术讨论会论文。
- [10] 中村 嘉明, 1986, JWP法たとの最近の防霉性能评价, 木材保存, 12(2)。
- [11] Achmad Suthoui, 1985, Traditional preservation of bamboo in Java, Indonesia, Proc. of the Inter. bam. workshop.
- [12] Findlay, W.P.K., 1985, Preservation of timber in the tropics, Martinus Nijhoff-Dr. W. Junk Publisher.
- [13] Haywood, P., 1984, IRG/WP Document NO. 3307.
- [14] Liese, W., 1980, Preservation of bamboo, Bamboo Research in Asia, Proc. of the Inter. bam. workshop.
- [15] Liese, W., (1986), 竹子的特性及其利用, 竹类研究5(1)。

Study on preservative treatment of bamboo

Tang Yizhuang Yuan Yisheng

(Inst. of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry)

Abstract

This paper deals with 3 methods for bamboo preservation treatments and 7 preservatives applied on green or air dried bamboo (*Phyllostachys pubescens* and *Ph. meyeri*). The air-dried bamboo was treated with soaking and hot and cold bath process, and the green ones with stepping process.

In order to find out absorption rate and depth of preservatives in bamboo, a series of tests have been carried out. The absorption of preservative is related to the height of bamboo, moisture content and harvest seasons. In addition, some tests on treated bamboo against to mould and stain as well as the measurement of its mechanical properties have also been done. Its decay resistance in field test will be continued.

Keywords Hot and cold bath process; Soaking; Stepping process; preservative