

脲醛树脂改性木材的研究

罗建举 向仕龙 方文彬

(中南林学院 湖南株洲 412006)

摘要 文中介绍了将缓冲式脲甲醛溶液浸注到木材内部后聚合而形成固化脲醛树脂的木材改性方法。通过实验,研究分析了处理材抵抗干燥收缩、吸湿膨胀和吸水膨胀的效果。结果表明,脲醛树脂改性处理可显著提高木材干燥、吸湿和吸水时的尺寸稳定性,并对木材有明显的增硬作用。

关键词 木材改性;脲醛预缩液;木材尺寸稳定性

吸湿与解吸是木材的最大缺点,它引起木材的干缩与湿胀,导致木材制品尺寸不稳定,严重时产生变形或干裂现象。因此,降低木材的干缩与湿胀性,提高木材尺寸稳定性,防止木材的干燥开裂与变形是木材改性的首要任务,也是木材加工生产中切实需要解决的关键技术问题之一。提高木材尺寸稳定性主要有热稳定、表面涂刷、化学交联、乙酰化和化合物充胀等方法。本研究所讨论的脲醛树脂改性属于化合物充胀法。Stamm^[1]在总结木材尺寸稳定方法时,认为化合物充胀法是对木材材质影响最小而尺寸稳定效果最好的一种方法。这种处理方法所采用的化合物通常有石蜡、聚乙二醇、盐类、糖类和树脂类等物质。用石蜡处理不利于木制品的胶合和油漆。经聚乙二醇、盐类和糖类处理的木材在高湿空气中呈潮湿状态^[2,3]。直接采用树脂溶液处理木材常常因树脂分子太大难以渗入木材细胞壁内部而影响处理效果。本研究拟采用脲醛预缩液进行木材改性处理。这种低分子量的树脂预缩液对木材具有较高的渗透性,加上采用真空浸注方法,可望充分渗入木材内部而获得好的处理效果。

1 实验方法

1.1 材料 试验用材为杉木(*Cunninghamia*

lanceolata), 华山松(*Pinus armandi*), 猴欢喜(*Sloanea sinensis*) 和水青冈(*Fagus longipetiolata*)。试材经长期气干后,切制成20mm×20mm×20mm,侧面呈标准径、弦面的试件。每树种的试件数为40块,其中处理和对照试件各20块。

1.2 改性处理 将被水浸泡达饱和的待处理试件放入真空处理罐内,首先抽真空使罐内绝对压力达2000Pa以下,保持30分钟以排除木材细胞腔中水分和空气。然后向罐内注入处理药液。待试件全部被药液淹没后,卸除真空,在常压下浸泡试件24小时。达到时间后将试件取出放在空气中凉干一天,再在80℃下烘至绝干。为使树脂溶液能够充分渗入木材内部,处理药液为一种以尿素和甲醛为主要成分的树脂预缩液。

1.3 测试与计算方法 将全部试件首先在105±1℃下烘至绝干,再用清水浸泡至饱和,并分别测定各试件在绝干和水饱和状态下的重量和尺寸,精确度分别为1mg和0.005mm。处理试件经脲醛预缩液处理后,再分别测定其湿态和绝干态的重量和尺寸。根据以上测定的数据,计算各处理试件的干增重率(试件绝干重的增量除以处理前绝干重)、湿增重率(试件湿重的增量除以处理前绝干重)、干体积增加率(试件绝干体积的增量除以处理前绝干体积)、湿体积增加率

收稿日期 1992-11-25

(试件湿态体积增量除以处理前绝干体积)、全干缩率(处理前浸水饱和尺寸与处理后绝干尺寸之差除以处理前浸水饱和尺寸^[4])、抗收缩系数(对照试件与处理试件全干缩率之差除以对照试件全干缩率)和差异干缩(试件弦向干缩率与径向干缩率的比值)。将绝干的处理试件和对照试件同时置于恒温恒湿箱中,在温度35℃、湿度93%的条件下调湿处理一周,再测定各试件的重量和尺寸,并计算它们的吸湿率和抗吸湿膨胀系数(对照试件与处理试件吸湿膨胀率之差除以对照试件吸湿膨胀率)。此后,把每一树种的处理试件和对照试件分别分为两组,其中一组测定抗吸水性能,另一组测定增硬效果。将测抗吸水性能的试件烘干后放入清水中浸泡24小时,然后测其重量和尺寸,计算吸水率和抗吸水膨胀系数;端面硬度测定在4吨万能力学试验机上进行。测定方法参照《木材物理力学试验方法》GB1941—80。由于试件尺寸较小,为避免压头压入时将试件劈开,压头的压入深度定为2.5毫米。

2 结果与分析

2.1 处理材重量和体积的增加 对比分析试件在处理前后的重量和尺寸,可见脲醛树脂改性木材有增加重量和体积的作用。处理材的增重用试件处理前单位绝干重的干增重和湿增重表示;体积的增加用试件处理前单位绝干体积的干体积增加和湿体积增加来表示。测定结果列于表1。表1表明,木材经脲醛树脂改性处理后,重量和体积都有所增加。就体积来看,干体积的增加远大于湿体积的增加。干体积增加平均约为10%,而湿体积增加都小于1%。干体积增加反映了木材细胞壁内固化树脂所起的充胀作用,说明处理后确有一定量的树脂进入到木材细胞壁内部。就重量增加而言,干增重率与湿增重率相差甚小,干增重略大于湿增重。湿增重主要是由于树脂溶液比重大于水的比重,试件中水被树脂溶液置换而

表1 处理材重量和体积的增加(%)

树种	基本密度 (g/cm ³)	干增重率	湿增重率	干体积 增加率	湿体积 增加率
杉木	0.317 (0.013)	64.0 (2.84)	56.8 (8.26)	11.7 (1.45)	0.91 (0.21)
华山松	0.333 (0.019)	77.6 (5.54)	64.3 (9.05)	9.77 (0.72)	0.73 (0.14)
猴欢喜	0.458 (0.022)	48.1 (3.01)	45.0 (8.30)	9.10 (0.61)	0.65 (0.15)
水青冈	0.598 (0.039)	28.3 (4.03)	24.4 (6.28)	9.09 (1.02)	0.54 (0.15)

注:表中数据为同类试件的平均值,括号内为标准差。其余各表均同。

使试件重量增加;干增重则是由于处理药液具有一定的固体含量,浸注到试件中的药液干燥后形成了固化的树脂。从表1中还可看出,除华山松木材外,重量和体积的增加都与木材密度呈负相关性,即木材密度愈大,重量和体积增加百分数愈小。在同一种木材的不同试件之间也同样存在这一规律。这一规律可用木材的渗透性来解释。一般来说,木材的密度愈大,溶液对它的渗透性愈小,故渗入到木材内部的药液量也就愈小。华山松木材处理增重率之所以达最大,这很可能是因为木材内部存在树脂道的作用。纵横贯通的树脂道腔当有助于处理药液的渗入。

2.2 改性处理的尺寸稳定效果 关于处理材的尺寸稳定性这里分为干燥收缩性、吸湿膨胀性和吸水膨胀性来讨论。

2.2.1 干燥收缩性 处理试件和对照试件从饱和状态到绝干状态的干缩测定结果经统计分析列于表2。在表2中从抗缩系数来看,这四种处理材都获得了较大的抗收缩效果。最大者为华山松,弦向抗收缩系数达88.4%;最小者为水青冈,弦向抗收缩系数为58.2%。与表1联系起来看,可见抗收缩系数与增重率呈正相关性,即处理增重愈大,木材的抗收缩效果愈好。差异干缩是衡量木材干燥时开裂性大小的指标之一。差异干缩大者干燥时开裂性大,反之则小。从表2中数据可知,经改性处理后木材的差异干缩有所减小。这样,经脲醛树脂改性处理的木

表2 脲醛树脂改性木材的抗收缩性

树 种	全 干 缩 率 (%)				差 异 干 缩		抗收缩系数 (%)	
	弦 向		径 向		处理试件	对照试件	弦向	径向
	处理试件	对照试件	处理试件	对照试件				
杉 木	1.17 (0.25)	6.63 (1.23)	0.84 (0.13)	2.70 (0.51)	1.42 (0.35)	2.47 (0.30)	82.4	69.0
华山松	0.65 (0.13)	5.62 (0.30)	0.37 (0.10)	2.76 (0.18)	1.74 (0.44)	2.06 (0.13)	88.4	86.5
猴欢喜	2.20 (0.61)	7.65 (0.60)	0.95 (0.21)	2.77 (0.28)	2.33 (0.44)	2.72 (0.46)	71.0	65.9
水青冈	4.27 (0.84)	10.22 (0.76)	2.18 (0.71)	4.37 (0.61)	1.93 (0.28)	2.52 (0.54)	58.2	50.1

材,一方面具有较大的抗收缩系数,使干燥时收缩量降低,另一方面因差异干缩减小使木材能够比较均匀地收缩。所以脲醛树脂处理能够有效地防止木材的干燥开裂。该技术已在广西平乐立木拼花装饰板厂推广应用,并获得很好的实际应用效果。

2.2.2 吸湿膨胀性 绝干后的处理试件和对照试件同时在温度35℃、湿度93%的恒温恒湿箱中吸湿一周后测定它们的吸湿性和吸湿膨胀性。结果列于表3。由表3可知,经脲醛树脂改性的木材虽然吸湿率略有增大,但吸湿后木材的尺寸膨胀性都明显减小,即处理后木材具有抗吸湿膨胀性。处理增重最小的水青冈,其抗吸湿膨胀系数亦最小,弦向为30.7%;处理增重最大的华山松,其抗吸湿膨胀系数亦最大,径向达71.9%。

2.2.3 吸水膨胀性 绝干的处理试件和对

照试件同时放入清水中吸水一天后测定它们的吸水膨胀性,结果列于表4。由表4可知,木材经脲醛树脂改性处理后,其吸水率和吸水膨胀性都有较大程度降低,所以处理材吸水时的尺寸稳定性有较大的提高。

2.3 改性处理的增硬效果 将处理和对照试件调至含水率为12%,测试它们的端面硬度,结果见表5。据表5可知,木材经脲醛树脂改性处理后硬度显著增大。干增重率为28.3%的水青冈处理材,其端面硬度增加55%。然而,不利的一方面是在硬度增加的同时,木材的脆性也有所增大,这是在试验中所发现的。在20mm×20mm×20mm的小试件的端面,当直径为11.28mm的半球形压头压入深度至2.5mm时,未处理的对照试件没有发生压裂;而处理试件约有40%出现被压裂现象。

表3 脲醛树脂改性木材的抗吸湿膨胀性 (%)

树 种	吸 湿 率		吸 湿 膨 胀 率				抗吸湿膨胀系数	
	处理试件	对照试件	弦 向		径 向		弦向	径向
			处理试件	对照试件	处理试件	对照试件		
杉 木	18.7 (1.32)	15.9 (0.99)	2.89 (0.32)	4.49 (0.52)	0.90 (0.12)	2.00 (0.16)	35.6	55.0
华山松	20.0 (1.04)	15.5 (0.52)	1.83 (0.24)	3.82 (0.11)	0.50 (0.11)	1.78 (0.13)	52.1	71.9
猴欢喜	17.5 (1.52)	15.6 (1.02)	3.06 (0.47)	5.12 (0.50)	1.04 (0.22)	1.79 (0.18)	40.2	41.9
水青冈	16.2 (1.47)	15.4 (1.08)	4.08 (0.48)	5.90 (0.52)	1.98 (0.23)	3.06 (0.31)	30.7	35.3

3 结论

3.1 脲醛树脂原料来源广泛,价格便宜,是适于工业生产中木材改性的材料。采用缓

冲式脲醛树脂溶液配方和真空浸注方法,可以使树脂预缩液进入木材后再聚合并形成固化树脂。

3.2 经脲醛树脂改性处理的木材,一方面

表4 脲醛树脂改性木材的抗吸水膨胀性 (%)

树 种	吸 水 率		吸水率 降低	吸 水 膨 胀 率				抗吸水膨胀系数	
	处理试件	对照试件		弦 向		径 向		弦向	径向
				处理试件	对照试件	处理试件	对照试件		
杉 木	69.7 (3.52)	105.0 (5.51)	33.6	2.91 (0.30)	6.75 (0.61)	0.88 (0.05)	2.56 (0.15)	56.9	65.6
华山松	84.7 (1.91)	147.9 (5.32)	42.7	1.78 (0.15)	5.94 (0.21)	0.44 (0.09)	2.72 (0.10)	70.0	83.8
猴欢喜	45.1 (2.75)	77.1 (3.56)	41.5	2.81 (0.22)	8.15 (0.36)	1.00 (0.10)	2.97 (0.10)	66.3	66.5
水青冈	28.9 (2.85)	36.5 (4.01)	20.8	4.39 (0.42)	9.55 (0.52)	2.01 (0.11)	4.04 (0.18)	54.0	50.2

表5 脲醛树脂改性木材的增硬效果

树 种	杉 木		华 山 松		猴 欢 喜		水 青 冈	
	处理试件	对照试件	处理试件	对照试件	处理试件	对照试件	处理试件	对照试件
处理前基本密度 (g/cm ³)	0.319 (0.013)	0.316 (0.011)	0.334 (0.019)	0.333 (0.021)	0.454 (0.022)	0.456 (0.024)	0.599 (0.039)	0.597 (0.038)
压入载荷 (N)	3320 (213)	1984 (67)	4080 (313)	2354 (66)	6144 (311)	3540 (213)	7125 (381)	4596 (325)
端面硬度增加 (%)	67.7		73.3		73.6		55.0	

可获得明显的抗收缩性,干燥时的收缩量减小。当处理增重达30%时,木材弦向抗收缩系数可达60%;另一方面木材的差异干缩也有所减小,木材在干燥过程中的干燥应力降低,可有效地抑制木材干燥时的开裂和变形。

3.3 木材经改性处理后吸湿率略有增大,但吸湿膨胀性却明显减小。当处理增重达30%时,木材抗吸湿膨胀系数可达30%以上。

3.4 改性处理还可降低木材的吸水性和吸水膨胀性。当处理增重达30%时,木材的吸水率可降低20%,吸水膨胀率可降低50%。

3.5 除提高木材的尺寸稳定性外,改性处

理还具有使木材增重和增硬的效果。当处理增重达40%时,端面硬度可增加50%以上。

4 参考文献

- 1 Stamm A J. Stabilization of wood..... A review of current method. Forest Prod. J., 1962, 12(4): 58~160
- 2 Roger M R. The chemistry of solid wood. American Chemical Society, 1984, 259~260
- 3 杨秉国译. 木材学与木材工艺学原理. 中国林业出版社, 1984, 111~115
- 4 尹思慈. 聚乙二醇处理木材的研究. 南京林学院学报, 1984(4): 61~74

A study on UF prepolymer modified wood

Luo Jianju Xiang Shilong Fang Wenbin

(Central-South Forestry College, Hunan Province 421006)

Abstract The test results showed that the dimensional stability of UF prepolymer modified wood were improved notably compared with untreated wood. Furthermore, the treated wood was much harder than untreated wood.

Keywords Wood property improvement; Solution of urea-formaldehyde prepolymer; Wood dimensional stability