

小试件预测板材在干燥过程中的含水率 ——非稳态水分扩散规律的应用

苗平, 史伯章

(南京林业大学木材工业学院, 南京 210037)

摘要: 利用木材中的非稳态扩散原理及其近似计算公式预测板材的含水率,方法是先测出该种板材的小试件在干燥过程中的含水率,计算出平均扩散系数,再利用该扩散系数计算出板材在干燥过程中各个相应时间内的含水率。

关键词: 非稳态扩散; 扩散系数; 含水率

中图分类号: TH82.31 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2000)03-0024-03

Predicting Moisture Content of Lumber during Wood Drying with Small Samples

—— Applying unsteady-state diffusing of water in wood

MIAO Ping, SHI Bo-zhang

(College of Wood Industry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract Moisture content (*MC*) is predicted by unsteady-state diffusion principle of water in wood and its approximate calculation equations. The method is that first, the *MC* of small samples of the species is measured during drying and diffusion coefficient is calculated, then the *MC* of each periods during drying can be calculated with diffusion coefficient.

Key words Unsteady-state diffusion; Diffusion coefficient; Moisture content

确定木材在干燥过程中含水率的变化是制定木材干燥基准的基础。目前大多数木材加工厂采用含水率检验板进行含水率测定,测量时需打开窑门,热量损失较大,而且无法用计算机进行操作和控制。如果根据木材干燥过程中的扩散系数原理,通过求出木材小试件在干燥过程中的扩散系数,来预测板材在干燥过程中不同时间内的含水率,就可避免上述不足。

1 原理和公式

木材的水分扩散是指木材内水分在一定条件下在木材内部的移动,分为稳态扩散和非稳态扩散两种类型。稳态扩散指木材内的水流量(单位时间内流过单位面积的水的质量)和含水率梯度在一定的环境温度和湿度下不随时间变化,而非稳态扩散指木材内的水流量和含水率梯度随时间和空间而变化。无论

是干燥中的加热排湿,还是用液体浸泡吸湿,都属非稳态水分扩散过程,因此,研究非稳态的水分扩散规律更具实际意义。在实际干燥过程中,板材的表面积远大于侧面和端面,水分蒸发主要是在板材的表面,水分的扩散也主要是沿板材的厚度方向进行,故纵向和侧面的水分扩散可以忽略不计。木材中水分的非稳态扩散规律由斐克(Fick)第二定律决定^[1],其一维形式的水分运动数学公式由以下方程表示:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} \dots\dots\dots (1)$$

其中: *M*—木材的含水率 %;

t—时间 /s;

X—试件表面到板厚一半的距离 /cm;

D—与木材平均含水率相对应的水分平均扩散系数 /($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)。

根据 Crank 对一维非稳态水分扩散的微分方程解的叙述,平行平面木材的非稳态扩散是基于以下 4

收稿日期: 1999-12-16 修改稿: 2000-02-14
作者简介: 苗平(1963-),女,南京林业大学木材工业学院工程师,博士研究生。

点假设:
为 0.001的 MP120-1型电子天平和台称。

2.2 试验方法

锯出的试件测厚度、称重,并另锯一块称重,放入烘箱烘至绝干,用以计算小试件和板材的含水率。为了测取较大范围的含水率,可将小试件用水浸泡透,放进调温调湿箱中预热一段时间,然后记录调温调湿箱中的干、湿球温度。为每块小试件称重,并每隔 30 min重复一次,直至其含水率 <6%。最后将小试件放入烘箱,用 (100±5)℃ 的温度烘至绝干,求出各个时间段的含水率,查出各相应的干、湿球温度下的平衡含水率,根据公式 (2)计算出 E 值,并根据时间计算出 τ 值。根据 τ 的大小由公式 (5)或 (7)计算出 D,最后分别将每块小试件的扩散系数和其厚度加权平均,得出用以计算板材含水率的平均扩散系数 (表 1) 必须注意,对含水率在纤维饱和点以上和纤维饱和点以下的扩散系数须分别计算。

表 1 小试件的扩散系数

Tab. 1 The diffusion coefficient of small samples

材料	含水率状态	扩散系数 D /($\text{cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$)
径切板	纤维饱和点以上	1.9×10^{-4}
径切板	纤维饱和点以下	3.84×10^{-4}
弦切板	纤维饱和点以上	1.75×10^{-4}
弦切板	纤维饱和点以下	2.87×10^{-4}

$$E = 1.0 - \frac{0.811}{\exp(2.47f)} \quad (4)$$

将 (3)式代入 (4)式,得

$$D = \frac{L^2}{9.88} \ln \frac{0.811}{1.0 - E} \quad (5)$$

当 $f < 0.2$ 时

$$E = 1.13f \quad (6)$$

将 (3)式代入 (6)式,得

$$D = \frac{E^2 L^2}{5.10t} \quad (7)$$

利用公式 (2)及 (5)或 (7),通过测定试件的初含水率 M_i ,在干燥介质中的平衡含水率 M_0 ,经时间 t 的平均含水率 M ,试件厚度 L ,可求出水分的非稳态扩散系数 D 。本研究是从板材中锯取若干块小试件,测定其非稳态扩散系数,然后将各试件的扩散系数加权平均,计算出板材含水率的扩散系数平均值。

2 试验材料和方法

2.1 试材

不同树种的木材其扩散系数不同,且同树种板材的径弦向扩散系数也有差别。以杨木为例,首先从一批待干燥板材中选取径切板和弦切板各一块,分别锯取 2~4 块小试件。试件的板面要足够大,如锯成 150 mm×120 mm×5 mm,使其水分主要沿厚度单向扩散。为了减少侧向和断面的水分损失,用硅橡胶封闭试件端头和侧面。

试验设备包括 302A 型调温调湿箱,烘箱,精度

根据扩散系数,可以预测板材在干燥过程中的任意时间内的含水率。这时只需知道板材的初含水率、厚度、干燥经过的时间,及该时间时的干、湿球温度,查出木材的平衡含水率,通过公式即计算出该干燥阶段的板材含水率。木材含水率在纤维饱和点以上时,用纤维饱和点以上的扩散系数计算;反之用纤维饱和点以下的扩散系数,同时计算时间必须从纤维饱和点以下算起。

3 结果和讨论

首先对小试件预测板材在干燥过程中的含水率的准确性进行抽样验证。测取弦切板 2 块,径切板 4 块,对含水率在纤维饱和点以上和以下分别进行测试,并根据表 1 对计算出的理论含水率 $M_{\text{理论}}$ 与实测含水率 $M_{\text{实际}}$ 作比较。含水率在纤维饱和点以下时,二者之间的误差最大在 10% 左右 (见表 2)。

产生误差的主要原因有以下几个方面:

① 由于木材的各向异性和变异性,使得树种相同的不同株或同一株树的不同部位的扩散性有所不同。因此,干燥在试件的各个方向上对称进行只是一种近似假设。

② 扩散系数是与试件厚度平方成正比。小试件

表 2 板材的理论计算含水率与实测含水率对比

Tab. 2 Comparison between of the *MC* of theoretical calculating and *MC* of data measuring

材料	时间 h	<i>M</i> _{实际} %	<i>M</i> _{理论} %	误差%
弦切板	0	20.02		
	3	16.18	15.41	5
	6	12.86	12.99	1.3
	7.5	11.29	12.07	6.4
弦切板	0	21.0		
	3	14.48	15.48	6.5
	6	11.79	12.64	6.6
	7.5	10.35	11.53	10.2
径切板	0	26.47		
	3	23.28	21.55	8.0
	6	20.10	18.88	6.0
	9	16.67	16.67	0
	10.5	15.44	15.79	2.2
径切板	0	28.51		
	3	25.34	22.97	10.3
	6	21.92	20.03	9.4
	9	18.50	17.61	5.0
	10.5	17.53	16.65	5.3
径切板	0	28.17		
	3	24.33	22.2	9.5
	6	19.46	19.32	0.7
	7.5	17.91	18.20	1.5
径切板	0	27.61		
	3	24.40	22.32	9.3
	6	20.64	19.49	5.9
	9	18.20	17.15	6.1
	10.5	17.05	16.22	8.3

(上接第 20 页)

支持和资金投入,使其风险不是由一个企业来负担。同时,定向结构刨花板还应加大应用技术研究的力度,制定相应的使用规范,使设计应用有法规作依据,从而拓宽 OSB在建筑业等领域的大量使用。

3.2 原料林工业基地建设应有政策的倾斜支持

过去原料采自天然林,它原先的种植培育是不需人工和资金的投入,而人工速生林的建设却要有人力、物力、资金的大量投入,两者在生产成本上大不一样。因此,在原料上应有政策的支持,降低原料价格,建基地的“育林费”等方面要争取林业主管和政府的优惠政策。

3.3 产品的宣传引导

定向结构刨花板在国内出现的时间不长,用户对其性能用途不是很了解,因而很少问津。因此需从产品性能、使用寿命等方面做好 OSB的宣传和使用引导,让用户真正了解和接受这性能良好、价格适宜的板种。

3.4 适时地引进国外先进技术和生产设备,以提高国内 OSB的技术和工艺管理等整体水平

目前世界上 OSB生产能力最大的有美国 Louisiana-Pacific公司,该公司的产量占世界 OSB产量的 23%,其次是 Weyerhaeuser 公司,产量占世界

厚度的均匀程度对测试结果有一定的影响。

③ 在纤维饱和点以下木材内只含有结合水,水分的移动是扩散过程;而在纤维饱和点以上木材中还存在有自由水的流动,因此单纯运用扩散理论会产生较大的误差。

④ 不排除少量水分沿侧向和从端头扩散的可能而影响试验结果的准确性。但这种预测方法在木材含水率在纤维饱和点以下时,基本上能满足生产需要。

4 结论

1) 试验证明了木材内水分的非稳态扩散规律基本符合木材干燥过程含水率的变化规律。在纤维饱和点以下,Crank的方程解公式(2)及其近似计算公式基本适用;

2) 用小试件预测板材在干燥过程中的含水率变化情况是可行的,值得在生产实践中作进一步的研究,为生产所用。

参考文献:

[1] Siau J F. Transport Processes in Wood [M]. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984.

产量的 9.9%。OSB设备的主要供货厂家有德国的 Senket公司、Sumparkamp公司和芬兰的 Raute公司等。在经历了近 30年的实践和改进,这些生产企业和设备生产公司都有成功的经验,在生产管理和经营等方面都值得借鉴和学习,使国内 OSB的产品质量和企业管理上一个档次。

4 结束语

我国人造板工业发展的原料将从以加工剩余物和采伐剩余物为主,转向以人工速生林和小径材为主要原料的利用,定向结构刨花板的生产符合这个发展方向。随着我国经济建设的健康发展和国家的住房改革的深化完善,房屋建筑、商品房装修等领域为定向结构刨花板的发展提供巨大的市场。

我国定向结构板与北美欧洲等人造板工业发达的国家在产品质量、技术水平和规模上有很大差距。它的发展需要政府、林业主管部门和建筑部门政策的优惠和观念的转变,进行必要的应用研究和制定相关的使用规范等。

引进先进的设备、技术和管理经验,是我国定向结构刨花板加快发展的一条可取之路。