

木材热物理性质测定方法的研究

张文庆 徐淑霞 陈锦芳

中国林业科学研究院木材工业研究所

1985年7月 北京

木材热物理性质测定方法的研究

张文庆

徐淑霞

陈锦芳

摘 要

DRM—I 型导热系数测定仪用的试样,为 $200 \times 200 \times 20 \sim 60$ 毫米,因国产木材直径通常较小,选取无疵试样困难。为缩小试样尺寸,进行大试样与小试样、小试样不同测试点、保温与不保温、不同试验时间以及热脉冲法与平板法五项比较试验。结果说明:试样缩小为 $120 \times 120 \times 12 \sim 40$ 毫米,在相应的条件下进行试验对试验结果无明显影响。据此,制定出木材热物理性质测定方法“(草案)”。

前 言

在木材加工和使用过程中,如结冰木材的解冻,旋切单板用木段的蒸煮,木材防腐、干燥、热压及木材作为建筑围护材料进行热工计算时,都需了解木材的热物理性质。

测定材料热物理性质的方法,大体可分为两类,即稳定热流法和非稳定热流法。

稳定热流法是经过试验材料的热流在数值上和方向上都不随时间而变,温度场是稳定的。可根据稳定的热流强度、温度梯度确定热导率(导热系数)。此法原理比较简单,计算方便。主要缺点是:仪器设备比较复杂,试验不良导体时所需时间长达四小时以上;由于试样两面长时间存在温差,会引起试样中水分迁移和变化,故不能用它测定潮湿材料的热导率;原则上不能用以测定热扩散率(导温系数)[1][2]。

五十~六十年代,我国一些单位测定常温条件下材料的热导率,常用属于稳定热流法类型的德国制“WEISS”平板导热仪。试样边长为 $160 \sim 250$ 毫米的方板,或直径为 $100 \sim 250$ 毫米的圆板,厚度随所测材料的热导率的大小而定,从2毫米至110毫米,材料的热导率愈大,试样的厚度也要愈大。但我国很多树种木材直径通常较小,选取上述无疵试样非常困难。因此根据我国情况,不宜采用“WEISS”平板导热仪进行木材热导率的测定。

非稳定热流法,是在不稳定的温度场上确定材料的热物理性质。

天津建筑仪器厂生产的 DRM—I 型导热系数测定仪,是一种利用非稳定热流原理测定材料热物理性质的仪器。主要优点是:设备简单,操作方便;试验精度高,误差小于5%;试验时间短,每次试验约10分钟左右;用“热脉冲法”可同时测出板状试样的热扩散率 a 、热导率 λ 、比热 c 、蓄热系数 S ;可测潮湿材料的热物理性质。试样由三块组成一组。一块薄试样为 $200 \times 200 \times 20$ 毫米,两块厚试样均为 $200 \times 200 \times 60$ 毫米(文中称大试样)。由于试样太大、太厚,

选取木材无疵试样更为困难。

在生产中对木材进行的各种热处理，大都属于非稳定传热过程。木材的比热和热扩散率是进行热工计算的重要依据。由于 DRM—I 型导热系数测定仪具有上述优点，适用于木材热物理性质的测定。关于试样尺寸，征求了仪器设计单位，国家建委建筑科学研究院建筑物理研究所的意见，并参照大试样各向尺寸的比例关系，将木材试样缩小为，厚试样两块，均为 $120 \times 120 \times 40$ 毫米，一块薄试样为 $120 \times 120 \times 12$ 毫米（文中称小试样）。为验证缩小试样尺寸对试验结果有无影响，进行了大试样与小试样，小试样不同测试点、保温与不保温、顺纹试样不同测试时间，及热脉冲法与平板法五项比较试验。拟在保证试验结果精度前提下，适当缩小试验尺寸，规定相应的试验条件、制订出“木材热物理性质测定方法”（草案）

一、试 材

在贮木场中，挑选木材干形较直，生产正常的东北产红松 *Pinus Koraiensis* Sib. et Zucc. 和水曲柳 *Fraxinus mandshurica* Rupr. 每种三根，长度均为6米，小头直径都在55厘米以上。按图1截取木段。

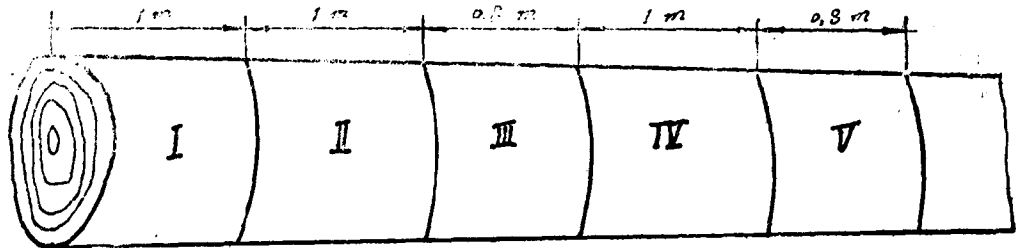


图1 试材分配

两种试材的 II、IV 木段〔注〕均按图2a截取 100 （长） $\times 250$ （宽） $\times 80$ （厚）毫米的径面板，供截制热流方向为木材横纹弦向试样。水曲柳 III、V 木段，再截成等长两段，在不同半径上选取横断面为 250×250 毫米，高 300 毫米，无明显缺陷的粗制试块，并按图2b锯制毛坯，供制作热流方向为木材顺纹试样。在试板和试样毛坯的端头涂上防裂材料，放在通风的室内气干。

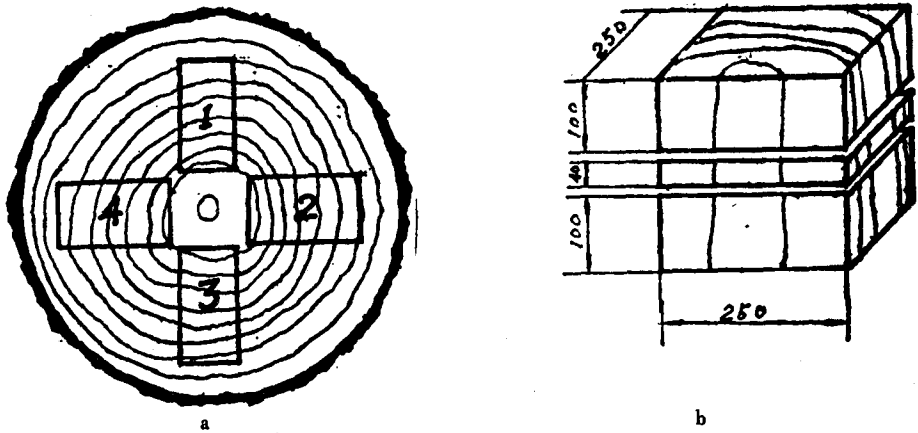


图2 试样分配

〔注〕还从中选取其他试样

二、试验条件的控制

1. 热脉冲法对试样的要求

为在试样中夹放加热器和测量温度用的热电偶，试样由三块组成一组。一块薄试样夹在两块厚试样中间。

热脉冲法是以无限厚物体的热方程解为基础，但试样的厚度是有限的，要满足无限厚物体热方程解的要求，必须对试样尺寸和试验时间有相应规定，使试验时间内热源面发出的热流尚未传至试样顶面之前试验就已结束〔1〕。要求试样的长度和宽度为薄试样厚度的8~10倍，厚试样的厚度为薄试样厚度的三倍以上〔1〕。本试验的小试样尺寸，符合上述要求。

2. 加热器

加热器的尺寸与试样尺寸应基本相同。仪器附带的加热器，加热面为 200×200 毫米，电阻值通常在35欧姆左右，符合大试样试验要求。小试样试验用的加热器相应缩小，参照资料〔1〕采用直径0.2毫米的镱铜丝按图3制作，加热面为 120×120 毫米。木材的热导率较小，为便于控制热流强度，镱铜丝采取三组等长并联，电阻值通长在28~29欧姆。

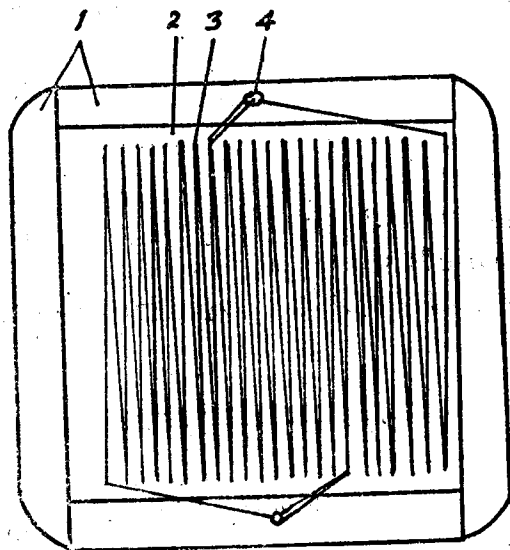


图2 加热器示意图

- | | |
|----------|----------|
| 1. 有机玻璃； | 2. 真丝绸布； |
| 3. 镱铜丝； | 4. 接线柱 |

3. 热电偶

试验时试样的温度变化情况是用热电偶通过电位差计和检流计进行测量。热电偶用直径0.1毫米的镱铜丝和铜丝组合而成。由北京市计量研究所检定出不同温度的热电势，计算编制出温度——毫伏对照表，精确至 0.1°C 供试验时查用。

4. 试样含水率

为避免因试样的含水率不同而影响试验结果，只作烘干材试验。将已气干的粗制试样放在烘箱中，开始以 50°C 烘5—7天，然后升温至 80°C 烘2—3天，最后升温至 $103 \pm 2^\circ\text{C}$ 烘至

接近恒定质量。将粗制试样从烘箱中取出放在密封的容器中，冷却后制作试样。试样加工过程中会吸收少量水分，应再放在 $103 \pm 2^\circ\text{C}$ 的烘箱中，烘至间隔10小时的两次称量质量损失等于或小于最后一次称量的0.1%时，可认为达到恒定质量。将试样放在有吸湿剂的玻璃干燥器内存放10天左右，使试样内残留的水分基本均匀分布。抽样检查，厚试样不同部位的含水率为0.4~0.8%，薄试样的含水率比厚试样略小。

5. 试样初始温度

将装有烘干试样的干燥器，放在 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温室内存放2~3天，使试样各处温度基本一致，在此温度条件下进行试验。

6. 试验时间

规定试验时间必须保证试验全过程试样符合“无限大”物体的传热要求。按沈疆元等^[1]计算热脉冲法试验控制时间“ τ 控”，可用K值进行控制。

$$K = \frac{q}{\lambda \theta(x, \tau)} \quad (1)$$

K为试样内热源面发出的热流强度q在 τ 时离热源面为x处的温度变化值。在厚试样顶面($x = d$)处，当K值很大时说明温度升高 $\theta(d, \tau)$ 很小。根据试验情况 $K = 1000$ 时能满足试验要求。

$$\tau_{\text{控}} = \frac{0.0842d^2}{a} \quad (2)$$

式中：d——厚试样的厚度，米；

a——材料的热扩散率，平方米每小时；0.0842——当K值=1000时的付立叶准数。

国产23种木材中，以南方泡桐 *paulownia australis* Gong Tong气干材横纹方向的热扩散率最大，为0.00073平方米每小时，红松气干材顺纹方向的热扩散率为横向的3倍^[4]。按式2推算“ τ 控”。

$$\text{木材横向大试样} \quad \tau_{\text{控}} = \frac{0.0842 \times 0.06^2}{0.00073} = 0.415 \text{小时 (25分58秒)}$$

$$\text{木材横向小试样} \quad \tau_{\text{控}} = \frac{0.0842 \times 0.04^2}{0.00073} = 0.185 \text{小时 (11分6秒)}$$

$$\text{木材顺纹大试样} \quad \tau_{\text{控}} = \frac{0.0842 \times 0.06^2}{0.00219} = 0.138 \text{小时 (8分2秒)}$$

$$\text{木材顺纹小试样} \quad \tau_{\text{控}} = \frac{0.0842 \times 0.04^2}{0.00219} = 0.0615 \text{小时 (4分18秒)}$$

只要试验时间 $\tau_2 < \tau_{\text{控}}$ 试验就符合要求。

三、试验方法

一、试样：按图4将试板制成A、B、C三块试样。各面应平整光滑，相邻面相互垂直，有一对相对面必须是正确的弦切面。不许有节子、腐朽、开裂等缺陷。

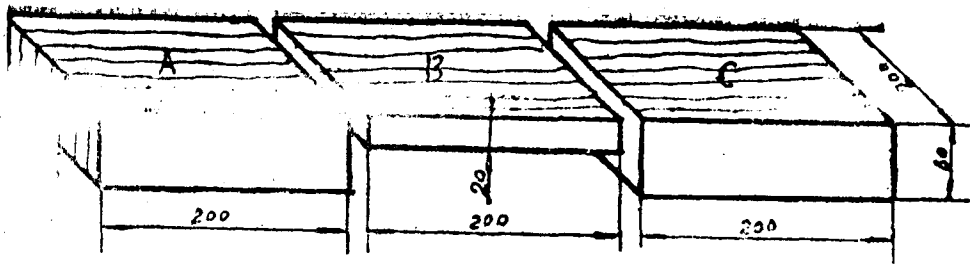


图4 大试样尺寸

2. 用千分尺测量每块试样的长、宽、厚，准确至0.01毫米。试样的厚度从靠近四边中部取4点测量，取平均值。

3. 称出每块试样的质量，准确至0.1克。

4. 由试样尺寸和质量，计算出每块试样的密度(ρ)，准确至1千克每立方米。因每组三块试样在同一试板或粗制试样上连接截取，其密度应比较一致。

5. 试样装置：按图5装置试样。三块试样的纹理和髓心的指向一致。将标有上、下两个热电偶的热端结点分别放在薄试样靠近加热器和相对面的中心位置，热电偶的冷端结点，和刻度值为0.1℃的玻璃温度计，插入盛满冰的保温瓶中，使瓶内温度保持0℃。通过温度计观测热电偶冷端温度。

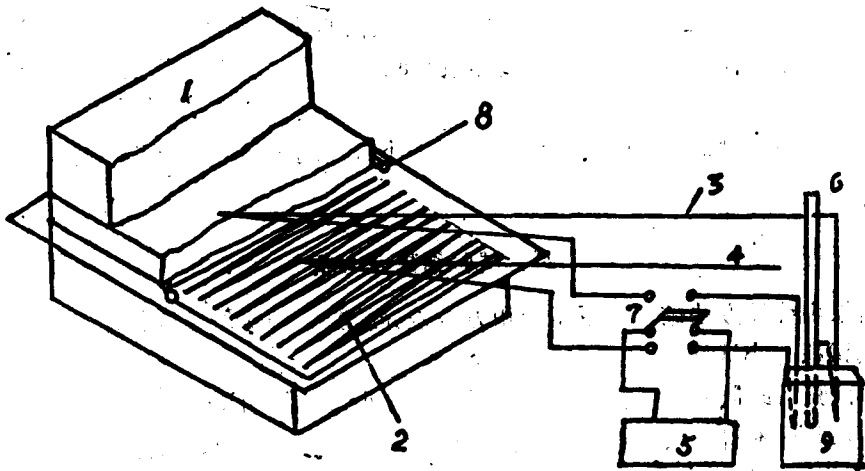


图5 试样装置示意图

1. 试样； 2. 加热器； 3. 热电偶（上）； 4. 热电偶（下）； 5. 电位差计； 6. 温度计； 7. 电偶开关； 8. 加热器电源插座； 9. 保温瓶。

6. 按每种木材试样的密度(ρ)，将 DRM-1 型导热系数测定仪的45伏电源，参照表1调到试验所需电压值。然后按导热仪的试验操作程序进行试验。试验控制时间 τ ，横纹大试样为12分钟，小试样为8分钟，顺纹小试样为3分钟。

表 1

加 热 器 电 阻 R (欧姆)	薄 试 样 厚 度 x (米)	木 材 密 度 ρ_0 (千克/立方米)	选 用 电 压 V (伏)	电 位 差 计 数 mv (毫伏)
约28	0.012	300以下	13以下	4.6以下
		300~400	13~16	4.6~5.6
		400~500	15~18	5.3~6.3
		500~600	17~20	6.0~7.0
		600~700	19~21	6.6~7.3
		700~800	20~23	7.0~8.0
		800~900	22~25	7.6~8.7
		900~1000	24~27	8.4~9.5
		1000~1100	26~29	9.1~10.1

7. 记录下列测试值：试样初始温度薄试样下表面的热电势 e_0 ，上表面的热电势 e_0' ，热电偶冷端温度 t_c ，试样加热后检流计指针回零时间 τ' ，和当时薄试样上表面的热电势 E （控制 E' 比 e_0' 大0.05~0.08毫伏，如超过此限度，可适当调整试验电压），试样加热时间 τ_1 ，试验时间 τ_2 ，（ $\tau_2 = 2\tau_1$ ），及当时薄试样下表面的热电势 E ，电流 I 。按记录表中计算公式，计算出试样的热扩散率（导温系数） a 、热导率（导热系数） λ 、比热 c 和蓄热系数 S_{24} 。

8. 每试样两次测试的间隔时间应不少于1小时，测试结果相差不超过5%为限，取平均值。

四、试验结果及分析

试验结果用统计方法进行均值差异和方差差异检验，判断差异显著程度。

1. 大试样与小试样

大试样试验后改制成小试样，再次烘干。大、小试样的测试点基本相同。从表2可以看出，红松、水曲柳木材，大试样与小试样的热导率 λ 、热扩散率 a 、蓄热系数 S_{24} ，及红松木材的比热 c 的均值差异和方差差异都不显著（ $u < u_{0.1}$ ， $F < F_{0.1}$ ），只有水曲柳木材的比热 c 的均值差异特别显著（ $u = 3.369$ ， $u_{0.01} = 2.25$ ， $u > u_{0.01}$ ）。

因水曲柳为环孔材，结构不均匀。木材部位不同，其年轮宽度、晚材率、密度往往差异较大。由于大、小试样的测试点基本相同，这种材质结构不均对 λ 、 a 、 S_{24} 的测试值影响较小，但对密度 ρ 的影响较大。据测定：大、小试样的烘干材密度，分别为537千克每立方米和528千克每立方米。因此可以认为，水曲柳木材大试样与小试样比热的均值差异特别显著，主要是材质结构不均，密度变化的影响，与试样尺寸关系不大。

2. 不同测试点

为观察小试样是否符合“无限大”物体的传热要求，将热电偶热端结点分别放在试样中

大试样与小试样热学性质差异检验(全干材) 表 2

树 种	试 验 项 目	试 样 数	大 试 样		小 试 样		均值差异检验		方差差异检验	
			均值 $\bar{x}_2$	标准差 σ_1	均值 $\bar{x}_1$	标准差 σ_2	u	$u_{0.010}$	F	$F_{0.01}$
红 松	热导率 λ (kcal/m.h.°C)	13	0.07650	0.00667	0.07534	0.006796	0.422	<1.645	1.03	<2.10
	热扩散率 $a \times 10^3$ (m ² /h)	13	0.6070	0.03696	0.5916	0.03810	1.002	<1.645	1.08	<2.10
	比热C (kcal/kg.°C)	13	0.310 ²	0.00635	0.310	0.00761	0	<1.645	1.13	<2.10
水曲柳	蓄热系数 S_{24} (kcal/m ² .h.°C)	13	1.528	0.1028	1.528	0.1059	0	<1.645	1.06	<2.10
	热导率 λ (kcal/m.h.°C)	19	0.09380	0.00391	0.09191	0.00435	1.181	<1.645	1.24	<1.82
	热扩散率 $a \times 10^3$ (m ² /h)	19	0.5950	0.02436	0.5953	0.02082	0.039	<1.645	1.36	<1.82
	比热C (kcal/kg.°C)	19	0.2019	0.00988	0.3921	0.00819	3.369	<1.645	1.45	<1.82
	蓄热系数 S_{24} (kcal/m ² .h.°C)	19	1.9517	0.10171	1.9861	0.11509	0.919	<1.645	1.28	<1.82

表 3
不同测试点热学性质差异检验

不同测试点热导率试验结果											
树种	试 验 项 目	试样数	测试点在试样中心		测试点偏离试样中心——厘米		均值差异检验		方差差异检验		
			均值 $\bar{x}_1$	标准差 σ_1	均值 $\bar{x}_2$	标准差 σ_2	u	$u_{0.10}$	F	$F_{0.10}$	
红松	热导率 λ (kcal/m.h.°C)	12	0.07617	0.00637	0.07512	0.00608	0.395	<1.645	1.09	<2.16	
	热扩散率 $a \times 10^3$ (m ² /h)	12	0.5974	0.0330	0.5935	0.0379	0.257	<1.645	1.33	<2.16	
	比热c (kcal/Kg.°C)	12	0.309	0.00785	0.308	0.00911	0.275	<1.645	1.34	<2.16	
	蓄热系数S ₂₄ (Kcal/m ² .h.°C)	12	1.588	0.1086	1.570	0.1017	0.401	<1.645	1.14	<2.16	
水曲柳	热导率 λ (kcal/m.h.°C)	19	0.09640	0.00457	0.09563	0.00464	0.501	<1.645	1.03	<1.82	
	热扩散率 $a \times 10^3$ (m ² /h)	19	0.6119	0.02398	0.6030	0.02559	1.07	<1.645	1.13	<1.82	
	比热c (kcal/kg.°c)	19	0.299	0.00922	0.301	0.00951	0.640	<1.645	1.06	<1.82	
	蓄热系数S ₂₄ (kcal/m ² .h.c)	19	1.988	0.1151	1.987	0.1117	0.529	<1.645	1.06	<1.82	

表 4

试样保温与不保温的热学性质差异检验

试样保温与不保温的临界点位置										
树 种	试 验 项 目	试样数	试 样 保 温		试样不加保温		均值差异检验		方差差异检验	
			均值 $\bar{x}_1$	标准差 σ_1	均值 $\bar{x}_2$	标准差 σ_2	u	$u_{0.10}$	F	$F_{0.10}$
红 松	热导率 λ (kcal/m.h.°C)	13	0.07540	0.00623	0.07534	0.00679	0.045	<1.645		1.18 < 2.10
	热扩散率 $a \times 10^3$ (m ² /h)	13	0.5911	0.03645	0.5916	0.03840	0.032	<1.645		1.11 < 2.10
	比热 c (kcal/kg.°C)	13	0.3109	0.00860	0.3101	0.00761	0.241	<1.645		1.27 < 2.10
	蓄热系数 S_{24} (kcal/m ² .h.°C)	13	1.5799	0.09497	1.5827	0.01059	0.068	<1.645		1.24 < 2.10

表5-1

顺纹试样不同试验时间的热学性质差异检验

顺纹试样不同试验时间的热学性质差异检验											
树 种	试 验 项 目	试验时间 $\tau_1 = 3$ 分钟		试验时间 $\tau_2 = 4$ 分钟		均值差异检验			方差差异检验		
		试 样 数	均值 $\bar{x}_1$	标准差 σ_1	均值 $\bar{x}_2$	标准差 σ_2	u	$u_{0.01}$	$u_{0.05}$	$u_{0.10}$	F
水曲柳	热 导 率 λ (kcal/m.h.°C)	10	0.26944	0.04393	0.31616	0.06180	1.853	<	1.95		1.05 < 2.32
	热 扩 散 率 $a \times 10^3$ (m ² /h)	10	1.599	0.1128	1.755	0.1945	2.616	>	2.57		1.55 < 2.32
	比 热 C (kcal/kg.°C)	10	0.322	0.0160	0.335	0.0251	1.309	<	1.645		1.31 < 2.32
	蓄热系数 S_{24} (kcal/m ² .h.°C)	10	3.467	0.447	3.854	0.609	1.511	<	1.645		1.08 < 2.32

表5-2

顺纹试样不同试验时间的热学性质差异检验

顺纹试样不同试验时间的热学性质差异检验											
树 种	试 验 项 目	试 样 数	试验时间 $\tau_1 = 3$ 分钟		试验时间 $\tau_2 = 2$ 分钟		均值差异检验			方差差异检验	
			均值 $\bar{x}_1$	标准差 σ_1	均值 $\bar{x}_2$	标准差 σ_2	u	$u_{0.10}$	F	$F_{0.10}$	
水曲柳	热 导 率 λ (kcal/m.h.°C)	10	0.26944	0.04393	0.26431	0.04592	1.09	<1.645	0.243	<2.32	
	热 扩 散 率 $a \times 10^3$ (m ² /h)	10	1.599	0.1128	1.545	0.1037	0.270	<1.645	1.10	<2.32	
	比 热 c (kcal/kg.°C)	10	0.322	0.0160	0.320	0.0186	0.244	<1.645	1.35	<2.23	
	蓄热系数 S_{24} (kcal/m ² .h.°C)	10	3.467	0.4477	3.418	0.4821	0.223	<1.645	1.16	<2.23	

心与同年轮层偏离中心一厘米处进行比较试验。结果证明，两个测试点测得的热扩散率 a 、热导率 λ 、比热 c 、蓄热系数 S_{24} ，相差仅1%左右，比通常重复试验允许差异5%小得多；均值差异和方差差异均不显著（ $u < u_{0.1}$ ， $F < F_{0.10}$ ）。说明试样中心直径2厘米范围内，热的传导受外界影响不大。

3. 试样保温与不保温

用红松小试样先进行不加保温措施的正常试验。试样温度恢复正常后，再放在封闭的木制保温箱中重复试验。箱子内壁附有3厘米厚的泡沫塑料，箱壁离试样约0.5厘米，以减小外界气温对试验结果的影响。

由表4可以看出，对试样保温与不保温，测得的热扩散率 a 、热导率 λ 、比热 c 、蓄热系数 S_{24} 的均值都非常接近，均值差异和方差差异均为 $u < u_{0.1}$ ， $F < F_{0.1}$ ，无明显影响。因此，采用小试样进行试验，不需对试样采取保温措施。

4. 顺试样不同试验时间

试验时间“ τ_2 ”的长短与试样的厚度和材料的热扩散率 a 、热导率 λ 有关。木材是各向异性材料，顺纹方向的热导率、热扩散率比横纹方向大2.5倍左右〔4〕〔5〕。为保证热源面发出的热流尚未传至厚试样顶面之前试验就已结束，顺纹试样的试验时间要比横向试验时间短。

用水曲柳顺纹小试样，试验时间分别采用4、3和2分钟进行比较试验，以确定木材顺纹试样的合理试验时间。

表5—1结果说明，4分钟与3分钟试验时间测得的各项热物理性质间的均值差异显著水平很不规律，热扩散率为 $u = 2.616 > u_{0.01} = 2.57$ ，说明不同试验时间对试验结果影响显著；热导率为 $u < u_{0.05}$ ，试验时间对结果有一定影响；而比热和蓄热系数的均值差异，均为 $u < u_{0.10}$ ，说明试验时间影响不显著。3分钟与2分钟比较试验测得的 a 、 λ 、 c 、 S_{24} 值，均比较接近，均值差异和方差差异均不显著，为 $u < u_{0.10}$ 和 $F < F_{0.10}$ ，说明不同试验时间对试验结果没有明显影响（表5—2）。以上试验证明，将全干材顺纹小试样的试验时间“ τ_2 ”，定为3分钟，符合试验要求。

5. 热脉冲法和平板法

用红松全干材同组大试样，在DRM—I型导热系数测定仪和德国制“WEISS”平板导热仪上进行比较试验。从表6可以看出，两种测试方法测得的热导率很相近，均值差异和方差差异分别为 $u < u_{0.10}$ ， $F < F_{0.10}$ ，差异均不显著。所以，只要试样含水率相同，热脉冲法和平板法测得的试验结果可以相互比较。

热脉冲法与平板法测试结果比较

树种：红松

表 6

测试方法	试样数	热 导 率 λ (kcal/m·h·°C)		差 异 检 验			
				平板法与热脉冲法(大试样)		平板法与热脉冲法(小试样)	
				均值差异检验	方差差异检验	均值差异检验	方差差异检验
平板法	3	均值 $\bar{X}$	0.0780	$u = 0.058 < u_{0.05} = 1.64$			
		标准差 σ	0.00685				
热脉冲法	大试样 3	均值 $\bar{X}$	0.0775	$F = 1.29 < F_{0.10} = 5.39$			
		标准差 σ	0.00780				
	小试样 3	均值 $\bar{X}$	0.0769	$u = 0.149 < u_{0.10} = 1.645$		$F = 1.47 < F_{0.10} = 5.39$	
		标准差 σ	0.00831				

五、结 论

1. 红松、水曲柳木材大试样与小试样的热扩散率 a 、热导率 λ 、蓄热系数 S_{24} ，及红松木材比热间的均值差异和方差差异都不显著($u < u_{0.10}$, $F < F_{0.10}$)，说明用小试样试验对这些试验结果无明显影响。只有水曲柳木材大、小试样的比热均值差异特别显著($u > u_{0.01}$)，主要是水曲柳木材结构不均匀，大、小试样密度有变化所引起。

2. 测试点在小试样中心，与偏离中心一厘米，测得 λ 、 a 、 c 、 S_{24} 值间的均值差异和方差差异都不显著($u < u_{0.10}$, $F < F_{0.10}$)。说明小试样中心测试点的热流受外界影响不大，符合试验要求。

3. 对小试样保温与不保温，测得的 λ 、 a 、 c 、 S_{24} 值间的均值差异和方差差异也都不显著，说明小试样尺寸符合试验要求，不需对试样采取保温措施。

4. 木材顺纹小试样试验时间为4分钟与3分钟测得的 λ 、 a 、 c 、 S_{24} 值间的均值差异和方差差异显著水平很不一致，从特别显著至不显著。3分钟与2分钟测得的 λ 、 a 、 c 、 S_{24} 值间的均值差异和方差差异都不显著。木材顺纹小试样的试验时间“ τ_2 ”，可定为3分钟。

5. 热脉冲法和平板法测得 λ 值间的均值差异和方差差异都不显著，说明试验方法不同对结果无明显影响。

6. 综上所述，可用DRM-I型导热系数测定仪“热脉冲”法测定木材热物理性质。试样尺寸可缩小，厚试样两块均为120×120×40毫米，薄试样一块为120×120×12毫米。加热器尺寸与试样尺寸相适应。试验时间“ τ_2 ”，横向试样为8分钟，顺纹试样为3分钟。试验结果符合要求。

参 考 文 献

- [1] 沈韞元等 建筑材料热物理性能 中国建筑工业出版社 1981年
- [2] 雷可夫 建筑热物理理论基 裘烈钧等译 高等教育出版社 1955年

〔3〕 建筑科学研究院建筑科学研究所 “WEISS” 平板导热仪应用技术 1968年

〔4〕 成俊卿等 木材学 中国林业出版社 1985

〔5〕 王弥康 木材热学性质试验研究 南京林产工业学院学报 1983年第3期

木材热物理性质测定方法 (草案)

用DRM-I型导热系数测定仪,以非稳定热流为基础的“热脉冲”法,测定木材的热扩散率 a 、热导率 λ 、比热 c 、蓄热系数 S_{24} 。只作热流方向为木材横纹弦向的气干材试验〔注〕。

一、试 材

在试材无明显缺陷部位,按图1a或b截取三个粗制试样为一组,写上编号。在粗制试样端头涂上防裂材料,放在通风的室内进行气干。木材含水率达到平衡状态后制作试样。

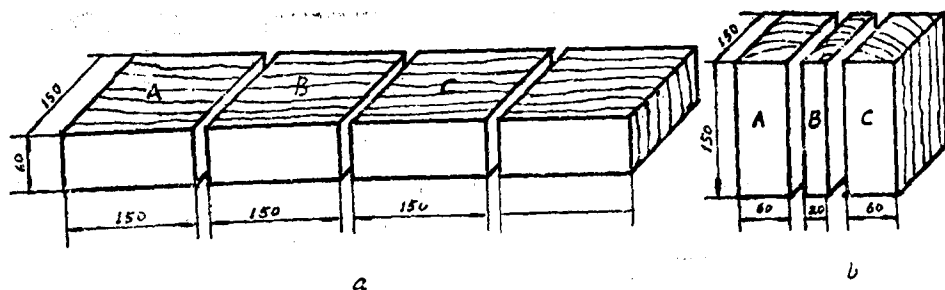


图1 试材锯解。

〔注〕试样大,很多树种烘干时易开裂、变形,所以只作气干材试验。

二、试 样

1. 两块厚试样均为 $120 \times 120 \times 40$ 毫米,一块薄试样为 $120 \times 120 \times 12$ 毫米,厚度基本均匀。三块试样在木段上的年轮范围大致相同。

2. 试样各面应刨光,其中有一对相对面必须是正确的弦切面。不许有节子、腐朽、开裂等缺陷。

3. 制作精度,相邻面均应成直角。尺寸允许误差,长度、宽度为 ± 1 毫米,厚度为 ± 0.5 毫米。

三、试 验 条 件

1. 加热器用直径0.2毫米的镍铜丝制成,采用三组并联。加热面为 120×120 毫米,电阻值约为28欧姆左右。

2. 试样应放在远离热源,不受阳光直射的地方。试验室的温度和相对湿度应比较稳定。

3. 试样加热时间“ τ_1 ”为4分钟,试验时间“ τ_2 ”为8分钟。

四、试验步骤

1. 开启导热系数测定仪的总电源。根据木材密度的大小，将45伏电压参照表1调到试验用电压。接通稳压电源，输入电压为6伏，予热30分钟。
2. 用卡尺测量每块试样的长、宽、厚，准确至0.1毫米。在靠近四边中部取四点测量厚度，取平均值。
3. 称出每块试样的质量，准确至0.1克。计算出每块试样的密度，准确至1千克每立方米。
4. 将试样放在测试台上，薄试样夹在两块厚试样中间。三块试样的纹理和髓心指向必须一致。按图2加放加热器和热电偶。把标明上、下两个热电偶的“热”端结点，分别放在薄试样靠近加热器和相对面的中心点；“冷”端结点和精度0.1℃的玻璃温度计，插入盛满水或冰的保温瓶中。将试样夹（压）紧，使接触紧密。把两个电源插头插入加热器的插座上。
5. 校正检流计光点指示“零”的位置。将电位差计转换开关指向“标准”。把“粗”、“细”按钮按下，调整工作电流，使检流计光点指“零”。
6. 将电位差计转换开关指向“未知1”，按下电偶开关“3”，移动电位差计读盘，使检流计光点指“零”，测出试样下表面的热电势 e_0 ；按下电偶开关“1”测出试样上表面的热电势 e' 。如 e_0 和 e' 相等或相差0.004毫伏以下，可继续试验。

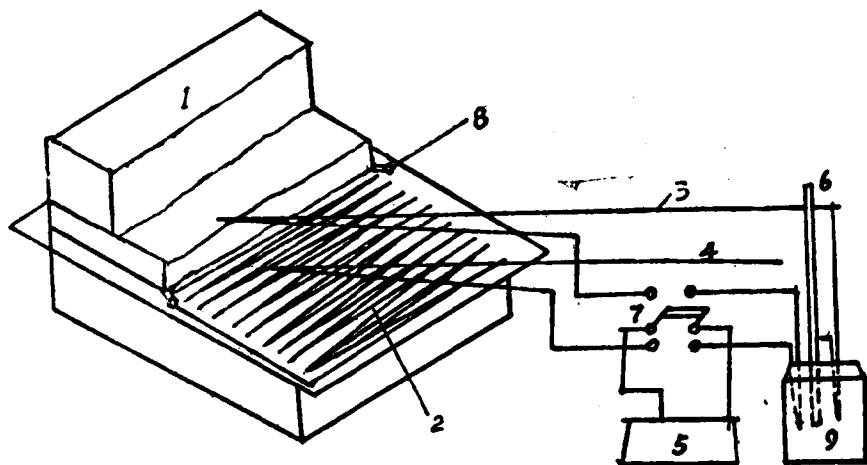


图2 试样装置示意图

- 1.试样；2.加热器；3.热电偶上；4.热电偶下；5.电位差计；
6.温度计；7.电偶开关；8.加热器电源插座；9.保温瓶。

7. 按下“加热”开关，同时启动两个秒表。随着试样温度升高，检流计光点偏移。移动电位差计读盘，控制加热时间约4分钟，使检流计光点指“零”，立即停止加热。准确记录此时秒表读数，即时间“ τ' ”，电位差计刻度盘读数“ E' ”和试样加热时间 τ_1 。

8. 按下电偶开关“3”，移动电位差计读盘，使读盘的刻度值比薄试样下表面的实际

热电势低某个数值。随着热源面上的温度下降,检流计的光点逐渐回移。移动电位差计读盘,控制试验时间“ τ_2 ”约为8分钟,使检流计光点指“零”,准确记录此时秒表读数,即试验时间“ τ_2 ”,和电位差计度盘的刻度值,即“E”。

9. 测量电流 将电位差计“细”按钮断开,把转向开关指向“未知2”。按下“加热”开关,根据试验选用的电压,参照表1,把电位差计度盘移到适当位置。将按钮“细”按下,移动度盘使检流计光点回到零点。记录电位差计度盘刻度值,即 $V_{\text{标}}$ 。电流 $I = \frac{V_{\text{标}}}{10}$ (安培)。

将按钮“细”断开,关闭加热电源,将电位差计度盘回零,转向开关指向“断”,试验结束。

也可在第7节按下“加热”开关后,在试样加热过程中测量电流 I 。

10 每试样两次测试间隔时间,应不少于4小时。两次测试结果相差应不超过5%,取平均值。

11. 试验后立即自每块试样中部,截取断面为 20×20 毫米的木块,按 GB 1931—80《木材含水率测定方法》,测定每套三块试样的含水率,取平均值。

五、结果计算

按记录表中的计算公式,计算出试样的热扩散率 a 、热导率 λ 、比热 C 、蓄热系数 S_{24} 。

整 理 记 录

$\theta = \frac{0.86I^2R}{S}$	$t' = t(x, \tau)^2 - t_0$	$t_2 = t(0, \tau_2) - t_0$	τ' (小时)	τ_1 (小时)	τ_2 (小时)	$\sqrt{\tau'}$	$\sqrt{\tau_2}$
394.684	1.63	5.95	0.0666	0.0666	0.1333	0.2580	0.3651
395.816	1.53	5.93	0.0666	0.0666	0.1333	0.2580	0.3651

$\sqrt{\tau_1 - \tau_2}$	$\sqrt{\tau_2} - \sqrt{\tau_2 - \tau_1}$	$B(Y) = \frac{\theta \tau_2 \sqrt{\tau_2 - \sqrt{\tau_2 - \tau_1}}}{0.2 \sqrt{\tau_1}}$	Y^2	$a = \frac{X^2}{4\tau' Y^2}$	$\sqrt{a}$
0.2582	0.1069	0.11350	0.840	0.0006282	0.02506
0.2582	0.1069	0.10690	0.885	0.0006062	0.02454

$\lambda = \frac{\theta \sqrt{a(\sqrt{\tau_2} - \sqrt{\tau_2 - \tau_1})}}{1772 \cdot \theta_2}$	$C = \frac{\lambda}{a \cdot \rho}$	$S_{24} = 0.51 \frac{\lambda}{\sqrt{a}}$	平 均 值
0.10028	0.299	2.040	$\lambda_{cp} = 0.09954$
0.09881	0.307	2.053	$a_{cp} = 0.0008174$
			$c_{cp} = 0.303$
			$S_{\lambda, CP} = 2.046$

附注:

测定者:

记录者:

计算者:

审核者:

附表二

时间计算表

τ' 及 τ_1	τ_2	τ' 小时	τ_1 (小时)	τ_2 (小时)	$\sqrt{\tau'}$	$\sqrt{\tau_2}$	$\sqrt{\tau_2 - \tau_1}$	$\sqrt{\tau_2} - \sqrt{\tau_2 - \tau_1}$
3'58"	7'58"	0.0560	0.0660	0.1327	0.2569	0.3642	0.2583	0.1060
	7'59"	0.0660	0.0660	0.1330	0.2569	0.3646	0.2588	0.1058
	8'	0.0660	0.0660	0.1333	0.2569	0.3651	0.2594	0.1057
	8'01"	0.0660	0.0660	0.1336	0.2569	0.3655	0.2600	0.1055
	8'02"	0.0660	0.0660	0.1339	0.2569	0.3659	0.2605	0.1054
3'59"	7'58"	0.0663	0.0663	0.1327	0.2574	0.3642	0.2576	0.1066
	7'59"	0.0663	0.0663	0.1330	0.2574	0.3646	0.2582	0.1064
	8'	0.0663	0.0663	0.1333	0.2574	0.3651	0.2588	0.1063
	8'01"	0.0663	0.0663	0.1336	0.2574	0.3655	0.2594	0.1061
	8'02"	0.0663	0.0663	0.1339	0.2574	0.3659	0.2600	0.1059
4'	7'58"	0.0666	0.0666	0.1327	0.2580	0.3642	0.2570	0.1072
	7'59"	0.0666	0.0666	0.1330	0.2580	0.3646	0.2576	0.1070
	8'	0.0666	0.0666	0.1333	0.2580	0.3651	0.2582	0.1069
	8'01"	0.0666	0.0666	0.1336	0.2580	0.3655	0.2588	0.1067
	8'02"	0.0666	0.0666	0.1339	0.2580	0.3659	0.2594	0.1065
4'01"	7'58"	0.0669	0.0669	0.1327	0.2586	0.3642	0.2565	0.1077
	7'59"	0.0669	0.0669	0.1330	0.2586	0.3646	0.2570	0.1076
	8'	0.0669	0.0669	0.1333	0.2586	0.3651	0.2576	0.1075
	8'01"	0.0669	0.0669	0.1336	0.2586	0.3655	0.2582	0.1073
	8'02"	0.0669	0.0669	0.1339	0.2586	0.3659	0.2588	0.1071
4'02"	7'58"	0.0672	0.0672	0.1327	0.2592	0.3642	0.2559	0.1083
	7'59"	0.0672	0.0672	0.1330	0.2592	0.3646	0.2565	0.1081
	8'	0.0672	0.0672	0.1333	0.2592	0.3651	0.2570	0.1081
	8'01"	0.0672	0.0672	0.1336	0.2592	0.3655	0.2576	0.1079
	8'02"	0.0672	0.0672	0.1339	0.2592	0.3659	0.2582	0.1077