

目 录

概 说	(1)
第一章 温度和湿度	(5)
§ 1. 温度	(5)
1. 液体温度计	(5)
2. 金属温度计	(6)
3. 热电温度计	(6)
4. 电阻温度计	(8)
5. 温度调节器	(8)
§ 2. 湿度	(11)
1. 蒸发与凝结	(11)
2. 湿度	(13)
3. 湿润空气的性质	(14)
4. 湿度图表	(15)
5. 湿度计	(19)
6. 湿度调节器	(21)
第二章 木材的水分和收缩膨胀	(23)
§ 1. 木材中的水分	(23)
§ 2. 纤维饱和点和平衡含水率	(27)
1. 纤维饱和点	(27)
2. 平衡含水率	(28)

§ 3. 含水率的测定	(29)
1. 干燥法	(30)
2. 抽出法	(31)
3. 根据湿度测定的方法	(31)
4. 电测定法	(32)
§ 4. 含有水分的结合力	(35)
§ 5. 收缩膨胀	(36)
1. 收缩膨胀的向异性	(36)
2. 容积膨胀率	(39)
 第三章 木材的热传导	 (42)
§ 1. 木材的热传导方程式	(42)
1. 比热	(42)
2. 导热率	(42)
3. 热扩散率	(46)
4. 热传导方程式	(47)
§ 2. 木材的内部温度	(48)
1. 板的加热	(48)
2. 方材的加热	(54)
3. 干燥中板的内部温度	(58)
 第四章 含有水分的移动	 (59)
§ 1. 干燥速度	(59)
1. 恒率干燥	(61)
2. 减率干燥	(62)
3. 木材的干燥特性	(62)
4. 影响干燥速度的因素	(65)

§ 2. 一次毛细管水的移动	(68)
§ 3. 由扩散引起的移动	(73)
§ 4. 在全含水率领域内水分的移动	(83)
§ 5. 影响水分扩散系数的因素	(85)
1. 比重	(86)
2. 含水率	(86)
3. 板的厚度	(86)
4. 温度	(87)
5. 相对湿度	(89)
6. 风速	(89)

第五章 干燥过程中木材内部应力和材质的变化

(90)

§ 1. 内部应力	(90)
§ 2. 温度和湿度所引起的材质变化	(96)
§ 3. 干燥所引起的木材畸变和损伤	(100)
1. 翘曲 (杯形、弓形、钩形)	(100)
2. 扭曲	(101)
3. 端面裂纹	(101)
4. 表面硬化	(101)
5. 表面裂纹	(102)
6. 内部裂纹	(103)
7. 皱缩	(103)
8. 变色	(103)
§ 4. 损伤的预防和去除	(105)
1. 表面硬化的判断	(106)
2. 扭曲、翘曲和端面裂纹的防止	(106)

3. 皱缩的防止	(107)
4. 表面裂纹、内部裂纹的防止	(108)
第六章 各种木制品的干燥度	(109)
第七章 大气干燥	(117)
§ 1. 材堆的排列	(117)
§ 2. 材堆	(119)
1. 基础	(119)
2. 材堆的种类	(121)
3. 材堆宽度	(122)
4. 材堆高度	(122)
5. 板的间隔	(123)
6. 隔条	(124)
7. 顶盖	(124)
§ 3. 材堆的堆积时期和损伤的防止	(125)
1. 材堆堆积时期	(125)
2. 损伤的防止	(128)
§ 4. 特殊的大气干燥法	(129)
1. 采用送风机的大气干燥	(129)
2. 采用材堆本身运动的方法	(131)
第八章 热空气干燥室的种类	(134)
§ 1. 自然循环式干燥室	(136)
§ 2. 强制循环式干燥室	(140)
1. 室外送风型干燥室	(140)
2. 室内送风型干燥室	(143)

§ 3.	火管式干燥室	(148)
§ 4.	其他	(152)
1.	连续式干燥室	(152)
2.	直热式干燥室	(153)
3.	装配式干燥室	(153)
第九章 热空气干燥的应用		(156)
§ 1.	材堆	(156)
1.	隔条	(156)
2.	材堆	(158)
§ 2.	检验板	(159)
§ 3.	湿、湿度的调节	(162)
1.	连续式干燥室	(162)
2.	分室干燥室	(163)
§ 4.	气流的调节	(170)
1.	气流的调节	(170)
2.	气流的观测	(175)
§ 5.	干燥标准表	(177)
1.	普通干燥标准表	(177)
2.	特殊干燥标准表	(203)
§ 6.	干燥过程	(213)
1.	预先处理	(213)
2.	干燥中的处置	(215)
3.	后处理	(216)
4.	材堆的冷却	(218)
§ 7.	干燥时间的推定	(218)
1.	由已知干燥时间的实例求干燥时间	

的方法	(218)
2. 由所给的干燥条件求干燥时间的方法	(222)
§ 8. 实际操作要点	(228)
1. 检验板	(228)
2. 干燥标准的选择	(228)
3. 干燥室的加热	(229)
4. 干燥中的处理	(230)
5. 大气干燥材进行人工干燥时	(231)
6. 杀菌、杀虫处理	(232)
7. 平衡与调湿处理	(232)
8. 含水率、表面硬化的测试	(233)
9. 连续干燥与间歇干燥	(234)
10. 干燥标准的修正	(234)
11. 干燥日志	(234)
12. 干燥作业中, 防止发生灾害所必须 注意的事项	(236)

第十章 热空气干燥室的设计 (238)

§ 1. 干燥室的位置、大小和配置	(238)
§ 2. 加热装置	(241)
1. 从木材中除去水分及其必要的空气量	(241)
2. 热量的计算	(241)
3. 加(放)热管的计算	(245)
4. 加热管	(249)
§ 3. 循环装置	(251)
1. 风管的压力损失	(251)
2. 通风机	(258)

3.	吸气筒、排气筒	(262)
§ 4.	干燥室壁体的构造	(263)
1.	基础和地板	(264)
2.	壁体	(264)
§ 5.	其他附属设备	(265)
1.	增湿装置	(265)
2.	减压阀	(265)
3.	蒸汽	(265)
4.	锅炉	(266)
5.	吊门	(266)
§ 6.	设计计算	(267)
1.	干燥时间和干燥室的大小	(267)
2.	加热装置	(268)
3.	循环装置	(272)

第十一章 特殊干燥法

§ 1.	高温干燥	(275)
1.	概述	(275)
2.	高温干燥机	(278)
3.	干燥方法	(280)
4.	高温干燥的特性	(284)
§ 2.	低温干燥	(286)
§ 3.	利用太阳能的干燥方法	(288)
§ 4.	热板干燥方法	(289)
§ 5.	真空干燥	(291)
§ 6.	高频干燥	(295)
§ 7.	利用有机化合物的干燥方法	(301)

1. 利用有机溶剂等干燥 (301)
2. 利用有机化合物的蒸汽进行干燥 (302)

第十二章 单板和碎片板的干燥 (305)

- § 1. 单板干燥的特性 (305)
- § 2. 单板干燥法 (308)
 1. 大气干燥 (308)
 2. 干燥室 (309)
 3. 滚筒式干燥机 (311)
 4. 带式干燥机 (316)
 5. 热板式干燥机 (317)
- § 3. 单板的干燥裂纹和翘曲 (318)
- § 4. 碎片板 (320)
 1. 转筒干燥机 (320)
 2. 涡轮式干燥机 (322)
 3. 带式干燥机 (322)
 4. 气流干燥机 (324)

附 表:

- (一) 木材的干燥标准 (326)
 - A. 日本产材 (326)
 1. 阔叶树(20~30毫米厚) (326)
 2. 针叶树(20~30毫米厚) (328)
 - B. 南洋产材 (330)
 1. 加里曼丹(印尼)产材 (27毫米厚、
样板、弦切) (330)
 2. 沙撈越(马来西亚)产材 (27毫米、

样板、弦切).....	(342)
3. 新几内亚产材(27毫米厚、样板、弦切)	(344)
4. 柬埔寨产材(1英寸厚、样板、弦切)	(348)
5. 所罗门产材(27毫米厚、样板、弦切)	(351)
6. 菲律宾产材(厚度1英寸左右、样板、 弦切).....	(352)
7. 新西兰产材(27毫米厚、样板、弦切)	(353)
8. 其他(27毫米厚、试板、弦切)	(354)
C. 南美哥伦比亚产材.....	(356)
(二) 木材的相对湿度表	(358)

概 说

原木的重量，其中水分约占30%至200%。木材放置空气中逐渐被干燥，但含水率降至30%以下后，在使用上最大的缺点是开始产生翘曲，其翘曲程度因方向而异。因此如在使用前不预先适当地调整其含水率，木制品往往发生翘曲、扭歪，甚至产生破裂。又，含水率高的木材，放置时间一长，易被变色菌、腐朽菌或昆虫等伤害。另外，由于下述原因，木材在使用前也需要进行干燥：

1. 根据木材的使用要求，调整其含水率，以防止木材的收缩和膨胀。

2. 木材含水率干燥至20%以下，则变色菌、腐朽菌等几乎不会产生。

3. 木材的干燥度在纤维饱和点（含水率约30%）以下，其强度等性能就可以提高。

4. 用钉或木螺丝连接时，干燥的木材接合力较强；而湿材在用钉子、木螺丝连接，或用螺栓连接后，木材一干，由于收缩，连接部的强度将显著下降。

5. 胶合高含水率的木材，其胶合强度很低。胶合时应有的含水率，因胶合剂的种类不同而略有上下，一般为5~12%。

6. 干燥的木材也会被昆虫所侵害；但高含水率木材则更易受害。木材经人工干燥后，虫及虫卵等因高温而被杀死。

7. 木材涂防腐剂及防火剂时，干燥的木材效果较好。
8. 降低木材的含水率，其绝缘性及保温性均能显著提高。因此，作为绝缘材料及保温材料的木材，必须经充分干燥。

9. 干燥的木材，涂漆性及加工性好。另外，由于减轻了重量，运输费可大大降低。

但是，木材的干燥，由于以下原因并不是简单的事：

1. 因树种不同，或同一树种而产地不同，则干燥难易不一。一般讲来，阔叶树比针叶树，心材比边材不易干燥；另外，厚度越大，干燥速度越难以提高。

2. 因使用的场所不同，木材所要求的含水率也不同。例如，室内家具含水率为6~12%，并要看室内有无暖气而定；木箱类如含水率达12~18%以上，则其强度将下降。另外，室外使用的建筑材料和各种结构件，要求有适当的风干含水率，并应根据当地气候条件及季节而调整。

3. 木材干燥时内部要产生应力，如不按木材的含水率改变其干燥条件，则干燥时木材易发生翘曲、扭歪，表面硬化、裂纹等损伤。

据以上原因，为了保证木材干燥时不受损伤，同时尽可能地减少干燥时间，节约干燥费用，对木材干燥必须具有充分的基本知识，丰富的实际经验，及良好的设备条件。

木材的干燥方法有多种，下面为其分类法之一，

1. 大气干燥法

利用大气的温度、湿度和风速对木材进行干燥的方法。

2. 人工干燥法

人工地调节干燥条件对木材进行干燥的方法。人工干燥法又可分为：

(1) 热空气干燥法 调节加热空气的温度、湿度和风速来进行干燥的方法；

(2) 高温干燥法 利用 100°C 以上的热空气或蒸气进行干燥的方法；

(3) 真空(减压)干燥法 将木材置于封闭的室内，进行加热、减压而进行干燥的方法；

(4) 高频干燥法 将木材置于高频电场中，利用其介质损耗来加热进行干燥的方法；

(5) 化学干燥法 将木材浸于吸湿性的溶液中，然后进行干燥。这是为了防止木材表面开裂的一种干燥方法。

目前，大多采用大气干燥和热空气干燥，其他干燥方法由于尚存在着经济或技术上的问题，除特殊情况下，一般不采用。因此本书的介绍也以大气干燥法和热空气干燥法为主。

为了更经济、更快地进行木材干燥，有必要研究干燥时水分在木材内部的移动机理和木材组织的关系。但现在对木材细胞腔内自由水的流动；微细毛细管内水的移动；以及通过细胞膜结合水的扩散等有很多现象尚不清楚。

近来，正积极地进行关于利用化学处理，或用振动的办法去除木材的纹孔膜以加快木材内部水分的流通性的研究。经用伽玛射线透视，可确认其渗透性有所提高，但尚未见用于实际。

另外，木材的强度等各种性能，与干燥的温度、水分、时间的关系；干燥时应力—应变的关系；木材表面粗糙度与热传导及水分蒸发的关系等，这些与木材干燥有关的问题也有更进一步研究的必要。

某些树种的木材，其髓线和相邻纵细胞间形成很大的收

缩差别，由此产生的剪切应力，与髓线和纵细胞的结合力有关。可认为这是干燥时对木材发生开裂有很大影响，这点在今后也有必要予以研究。

近来，关于木材干燥的必要基本知识已很清楚，干燥技术也有相当进步，但如上述，也还有很多问题尚未解决，技术上也有很多尚待改进。最近，对如何更有效地利用太阳能正认真地在研究中。

第一章 温度和湿度

§1. 温度

温度是表示寒暖感觉的程度。在物理学中规定1个大气压下蒸馏水的结冰温度及沸腾温度分别为0℃和100℃。温度t可利用物体某一固定性质P来测定：

$$t = \frac{P - P_0}{P_{100} - P_0} \times 100(^{\circ}\text{C}) \quad (1.1)$$

式中 P_0 、 P_{100} 分别为蒸馏水结冰和沸腾温度时的P值。例如水银温度计是利用一定量的水银，其体积随温度不同而发生规律性变化的这一性质P。又如，电阻温度计是利用金属丝的电阻性质P。温度计的分度有摄氏及华氏，0℃相当于32°F，100℃相当于212°F。二者的关系是：

$$\left. \begin{aligned} C &= (F - 32) \times 5/9(^{\circ}\text{C}) \\ \text{或} \quad F &= C \times 9/5 + 32(^{\circ}\text{F}) \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

1. 液体温度计

液体温度计是利用水银或酒精等液体的易感热性及有规律的热膨胀性的性质。其测定范围，水银为-39~300℃，酒精为-80~100℃。如在上部封入氮(N)或二氧化碳(CO₂)等气体，则可测定更高的温度。

液体温度计的精度，决定于玻璃的质量及毛细管的均匀度。一般为0.1℃。长期用于0℃或100℃的温度计，应经常进行检定。

作为这种温度计的特殊型式是能读出最高最低温度的所谓最高最低温度计 (图1.1)。通常有“6”字型及卢瑟福型 (Rutherford type) 二种。其中测最高温度的都用水银, 测最低温度的用酒精。最高温度的测定方法是: 开始水银柱与金属指标相接触, 当温度上升时, 水银柱将指标向上顶; 但温度下降时, 指标并不下降, 指标所指即为最高温度。最低温度计的原理是: 将搪瓷或玻璃指标浸于酒精内, 温度上

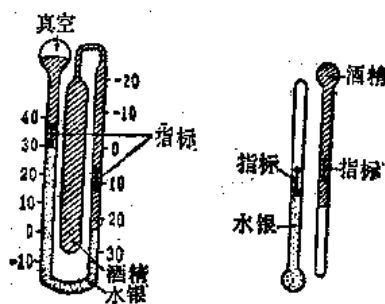


图1.1 最高最低温度计

升指标并不上升; 而温度下降时指标随水银下降, 因而显示出这期间的最低温度。

2. 金属温度计

这种温度计是利用热膨胀系数不同的两种金属, 如铁条和铜条, 将它们紧贴在一起并弯成螺旋状,

其一端固定, 另一端为自由端, 上面装一指针, 可在圆弧的刻度盘上移动。这种温度计常用于工业上。

3. 热电温度计

将两种不同的金属丝, 例如铜和康铜 (Ni40%, Cu 60%) 丝联接在一起, 如图1.2所示。如两个接点间有温度差 $T_1 - T_2$, 则回路中由于热电动势而产生电位差。电动势 e 与温度差之间的关系, 可用下式表示:

$$e = a + b(T_1 - T_2)^2 \quad (1.3)$$

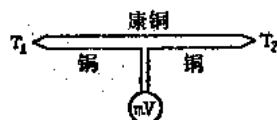


图1.2 热电偶

a、b——由材料决定的常数

热电耦温度计就是利用这一性质。如预先将毫伏计的刻度改为相对应的温度刻度，就可在表上直接读得 $T_1 - T_2$ 。又，如将低温端浸于冰水中，则 $T_2 = 0$ ，即可直接读出 T_1 值。高温端的接点称热（或高温）接点；低温端的接点称冷（或低温）接点。这种用不同金属丝接合的温度计，称为热电耦。用作热电耦的材料应当是热电动势大，电动势-温度曲线几乎成直线，以及材料的性能稳定。现在工业上使用的热电耦，其温度测定范围如下：

铜——康铜	-200~400℃
铁——康铜	0~800℃
铬镍——铝镍	-200~1200℃
铂铑——铂	0~1600℃

在工业上，为了提高测定精度，也有采用直接测定热电动势的方法，如图1.3所示。即在主电路中接一适当电阻AB，与

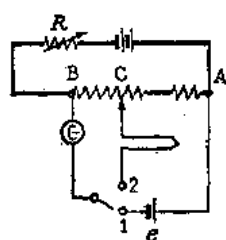


图1.3 电位差式温度计的基本线路

标准电池 e 并连，同时接一电流计 G 。首先为了使主电路的电流保持一定，调节电阻 R 使 AB 间的电压降与 e 的电动势相等，这时 AeB 电路中没有电流通过，电流计 G 指针为零。然后将开关与 2 接通，并调节电阻 C 再使电流计 G 的指针为

零。这时电阻 BC 即表示微小的温度差。

工业上为了使热电温度计的使用简单化，大多把地下水温或地温视为一定而作为冷接点，或采用补偿导线等办法。

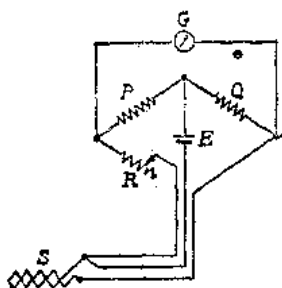


图 1.4 电阻温度计的基本线路

本线路之一例。由测温电阻管 S、电流计 G 及惠斯登电桥 (Wheatstone bridge) 组成。如调节电路使电路中的电流计 G 无电流通过，则 $P/Q = R/S$ 。今若 $P = Q$ ，则 $S = R$ 。因此如将 R 的刻度预先改为相应的温度值，则测温管的电阻 S 就可由 R 读得。

5. 温度调节器

(1) 气动温度调节器

图 1.5 所示为在加热管内调节流动的蒸气量，使干燥室内温度保持一定的温度调节器之一例。它由感温筒、导管，以及与皱皮膜或膜盒相连接的调节阀及弹簧所构成。感温筒内封有挥发性液体，如将感温筒置于干燥室内，当室温上升时，

4. 电阻温度计

金属丝的电阻随温度而变化，例如铂丝在温度 $-40 \sim 1000^\circ\text{C}$ 的范围内变化时，其电阻与温度的关系为：

$$R_t = R_0(1 + at + bt^2) \quad (1.4)$$

式中 R_t, R_0 ——温度为 t 及 0 时的电阻

a, b ——常数

图 1.4 所示为这种温度计的基本

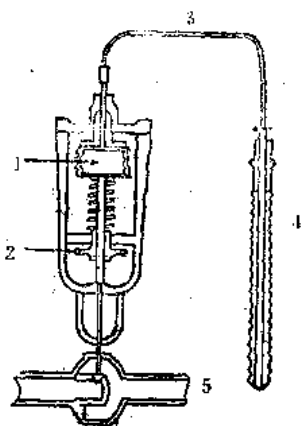


图 1.5 温度调节器

- 1—膜盒 2—温度调节手柄
3—导管 4—感温筒 5—加热热筒