

木材加工工人技术理论教材

木材干燥

林 梦 兰 编

中 国 林 业 出 版 社

木材加工工人技术理论教材

木 材 干 燥

林 梦 兰 编

中国林业出版社

木材加工工人技术理论教材

木材干燥

林梦兰 编

中国林业出版社出版（北京西城区刘海胡同7号）

新华书店北京发行所发行 工程兵机械学校印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 8.25印张 190千字

1990年4月第一版 1990年4月第一次印刷

印数1-1,200册 定价3.00元

（京）第033号 ISBN 7-5038-0459-9/TB·0112

前 言

为了提高木材加工工人的技术理论素质，不断增强企业的活力，林业部教育司邀集具有木材加工实践经验的工程技术人员和教师组成编审委员会，经过两年的努力，编写出一套《木材加工工人技术理论教材》。这套教材计有十二种，即：《机械基础》、《木材干燥》、《制材》、《木制品生产工艺》、《细木工机床》、《木工刀具与研磨》、《胶粘剂》、《胶合板制造》、《纤维板制造》、《刨花板制造》、《人造板表面装饰》、《人造板机械》。

这套教材主要供木材加工工人培训用，亦可供技工学校、职业中学选用。

编写木材加工工人技术理论教材在我国还是第一次。在编写中力求做到结合实际、通俗易懂、图文并茂，并注意体现新知识、新技术、新标准，由于南北方材种复杂，各厂设备和生产条件不同，工人文化技术水平亦有差异，因此在使用本教材时，应结合各厂实际具体掌握。

本书经黄景仁高级工程师审阅。

由于编者的水平和经验有限，不完善之处敬请读者批评指正。

木材加工工人技术理论教材

编审委员会

1985年5月

目 录

前 言	
第一章 木材干燥的意义和方法	(1)
第一节 木材干燥的意义	(1)
第二节 木材干燥的方法	(2)
第二章 干燥介质	(7)
第一节 干燥介质的作用和种类	(7)
一、干燥介质的作用	(7)
二、干燥介质的种类	(7)
第二节 湿空气	(8)
一、湿空气的温度和热含量	(8)
二、湿空气的压力和密度	(9)
三、湿空气的湿度和湿含量	(9)
第三节 常压过热蒸汽	(10)
一、水蒸汽	(10)
二、常压过热蒸汽	(11)
第三章 木材干燥的规律	(12)
第一节 木材中的水分	(12)
一、木材含水率	(12)
二、木材中水分的状态	(13)
三、木材纤维饱和点	(14)
四、木材平衡含水率	(15)
五、木材干湿程度的分类	(16)
第二节 木材的对流加热及内部水分的移动	(16)
一、木材的气体介质对流加热	(16)
二、木材表面水分的蒸发	(17)
三、木材干燥时内部水分的移动	(17)
第三节 木材在气体介质中的对流干燥过程	(18)
一、木材干燥曲线	(18)
二、影响木材干燥速度的因素	(19)
第四节 木材干燥过程中的应力与变形	(20)
一、木材的干缩、湿胀与变形	(20)
二、木材干燥中的内应力及其产生原因	(22)
三、不同干燥阶段的木材内应力	(22)
第五节 木材干燥的原则	(24)
第四章 木材干燥窑	(27)
第一节 木材干燥窑的分类和特点	(27)
一、按照干燥方式分类	(27)
二、按照干燥介质分类	(27)

三、按照干燥介质的循环特性分类.....	(28)
第二节 常用的木材干燥窑类型	(28)
一、周期式强制循环干燥窑.....	(29)
二、周期式自然循环干燥窑.....	(37)
三、连续式强制循环干燥窑.....	(39)
四、木材干燥窑的选用.....	(41)
第三节 木材干燥窑的设备	(41)
一、窑体.....	(41)
二、加热和喷蒸系统.....	(43)
三、通风系统.....	(47)
四、木材干燥生产应用的仪表.....	(49)
第四节 木材干燥窑的维修和保养	(52)
一、窑体的维护保养.....	(52)
二、设备的维护保养.....	(53)
三、仪表、仪器的维护保养.....	(53)
四、干燥窑的计划检修.....	(54)
第五章 木材窑干工艺及操作.....	(55)
第一节 木材干燥的技术质量要求	(55)
一、木材干燥的最终含水率.....	(55)
二、木材的干缩余量.....	(58)
三、木材干燥的质量要求.....	(56)
第二节 木材干燥基准和三期处理	(58)
一、干燥基准的种类和内容.....	(58)
二、木材干燥基准的制订和选用.....	(62)
三、干燥时间定额.....	(69)
四、干燥过程的三期处理.....	(71)
第三节 窑干木材的堆积	(75)
一、木材堆积的目的.....	(75)
二、木材堆积前的选配.....	(75)
三、木材堆积的方法.....	(77)
四、木材堆积、装卸及运输设备.....	(79)
第四节 木材窑干的实际操作	(81)
一、干燥检验板的制备.....	(81)
二、开动前干燥设备的检查.....	(85)
三、材堆的进窑和干燥窑的启动.....	(86)
四、干燥过程中温度、湿度的调节和通风操作.....	(87)
五、干燥过程中的观察、记录及试验.....	(92)
六、干燥结束和窑的停止.....	(97)
第五节 干燥质量的检验	(97)
第六章 木材天气干燥.....	(102)
第一节 大气干燥的原理	(102)
第二节 大气干燥的方法	(103)
一、板院.....	(103)
二、木材的堆积.....	(103)

三、气干过程的检查.....	(105)
第三节 大气干燥的延续时间	(106)
一、影响气干延续期的因素.....	(106)
二、我国一些地区的气干延续期.....	(106)
第四节 强制气干和两段干燥	(108)
一、强制气干.....	(108)
二、两段干燥.....	(109)
第七章 木材干燥生产的安全与防火	(111)
第一节 木材干燥安全生产的基本要求	(111)
一、干燥设备的安全操作基本要求.....	(111)
二、电气设备的安全操作基本要求.....	(112)
三、干燥生产中装卸、运输的安全操作基本要求.....	(112)
第二节 干燥生产中防火的基本要求	(113)
附表1 湿度表(气流速度等于或小于0.5m/s)	(114)
附表2 湿度表(气流速度等于或大于2m/s)	(115)
附表3 干饱和水蒸汽的参数	(116)
附表4 常压过热蒸汽特性	(116)
附表5 常压过热蒸汽与高温湿空气的湿度表	(117)
附表6 我国五十三个城市木材平衡含水率估计值	(118)
附表7 与干燥有关的木材性质	(120)
附表8 主要类型木材干燥窑技术性能表	(122)
附表9 干燥过程总结表	(123)
附表10 干燥过程记录表	(124)
参考文献	(125)

第一章

木材干燥的意义和方法

木材中含有一定数量的水分。木材中的水分虽然是木材生长所不可缺少的条件，但是过多的水分却会给木材的保存、加工和使用带来很多不利的影响。所以，采取适当的措施把木材中的水分降低到一定的程度，即进行木材的干燥是非常必要的。干燥的方法是多种多样的。

第一节 木材干燥的意义

木材干燥对于木材的保存、加工和使用有重要的意义。它可以概括为以下几个方面：

1. 防止木材的变质、腐朽，减少木材的浪费

木材由天然有机物质组成，富有营养，是某些菌类和害虫的食物。湿木材如果长时间堆放在露天空气中，由于水分、温度等条件的适宜，很容易受到菌类和害虫侵蚀而发生变色、腐朽、霉斑、虫孔、蛀道等缺陷。木材材质将受到不同程度的影响，降低甚至完全破坏木材的使用价值，造成木材的严重浪费。如果把木材干燥到含水率20%以下，就可以大大减少菌类和害虫的侵害与破坏，提高了木材的抗腐蚀能力，从而减少了木材的浪费。

2. 减少木材重量，节省运输费用

木材中含有水分的多少，对其重量有很大影响。例如，如果把含水率100%的湿材干燥到含水率20%，那么，它的重量就会比原来减轻40%。因此，运输干燥木材比运输湿材可大大减少运输重量，节省运输费用。由于木材运输量很大，这样做的经济效果也是明显的。

3. 提高木材强度，改善加工性能

干燥木材比湿木材具有较高的力学强度和保温、绝缘性能。在加工性能方面，干燥木材可以达到很高的表面加工精度和光洁度，而湿木材加工易出现表面起毛、不光等缺陷。现代木材加工所大量采用的胶合、粘接及表面装饰等工艺，对木材含水率都有严格的要求。木材必须干燥到一定程度，否则会出现胶粘不牢，表面装饰效果差等问题。因此，木材干燥是保证加工质量必不可少的重要条件。

4. 提高木材的稳定性，保证产品质量

湿木材长期暴露在空气中，会发生不均匀的干燥收缩，引起木材的开裂、变形等缺陷，影响木材的使用，造成浪费。用湿木材或没有干燥好的木材加工成的木制品，如门窗、地板、家具等，虽然刚制成时质量合乎要求，但是使用一段时间后，由于木材的干缩，制品就会发生变形、裂缝等缺陷，严重的会造成门框歪斜，接榫松脱，面板开裂，地板翘曲等问题，使制品不能继续使用。尤其在气候干燥地区和冬季取暖的室内，出现上述问题的可能性更大。为了提高木材的尺寸稳定性，必须把木材干燥到与使用环境相适应的含水率，这样加工出来

的制品就不会发生变形、开裂等缺陷，可以保证尺寸结构稳定，经久耐用，提高质量。

总之，木材经过干燥可以改善其性能，延长使用年限，保证产品质量。因此木材干燥是木材加工的一个重要环节，也是节约木材的一项重要措施，在我国木材资源严重缺乏的情况下，大力发展木材干燥具有重要的意义。

第二节 木材干燥的方法

木材干燥就是木材中的水分以汽化或蒸发的方式由木材中排出的过程。木材干燥的方法很多，通常分为自然干燥和人工干燥两大类。

1. 自然干燥

把木材堆积在空旷的场地或通风的棚舍内，利用空气作传热、传湿介质，利用太阳辐射的热量，使木材中的水分逐步排出，达到一定的干燥程度，这种干燥方法叫做自然干燥，又叫大气干燥，简称气干。

气干木材的干燥程度受自然条件的限制，随着地区、季节和树种的不同而变化。一般只能把含水率降到10—20%左右，达到与大气的平衡含水率相适应为止，而不可能再低。如果要求更低的最终含水率则必须进行人工干燥。

气干的优点是：不需要建造费用较大的干燥设施，不需要电力和蒸汽等能源，技术简单，容易实施，干燥成本低，可以满足气干含水率的干燥要求，因此在生产上仍广泛应用。

气干的缺点是：干燥条件如温度、相对湿度不能人为控制，干燥时间较长，不能干燥到较低的含水率，而且占地面积大，干燥期间木材易遭菌虫危害而发生变色、腐朽、虫蛀，以及产生开裂、变形等缺陷。

为克服上述缺点，缩短气干时间，在普通气干的基础上，又发展了强制气干，即在气干中采用人工的强制气流循环。它大大缩短了气干的周期，具有一定的优点，得到了推广应用。

2. 人工干燥

人工干燥是指在一定的设备内，用人工的方法造成适合木材干燥的条件，如温度、相对湿度、气流循环速度等，或用其他的加热、降湿方法使木材在人为控制下排出水分得到干燥。人工干燥可以保证干燥质量，缩短干燥时间，并能满足各种不同用途的干燥要求，甚至某些特殊的要求。下面介绍常用的人工干燥方法。

(1) 窑干

窑干是最常用的人工干燥方法。窑干是把木材放在特制的建筑结构或金属结构的干燥窑内，人为地控制干燥介质的温度、相对湿度和气流循环速度，主要利用气体介质的对流传热对木材进行干燥。因为干燥窑又称为干燥室或干燥炉，所以窑干又称室干或炉干。

窑干的优点是：

- ①可干燥到要求的任何最终含水率，不受自然条件的限制；
- ②具有较成熟的干燥理论和工艺技术，能保证干燥质量；
- ③与气干相比，干燥周期短，生产效率高，占地面积小；
- ④设备不太复杂，使用寿命长，安全可靠，经济效果好。

窑干的缺点是，

①需建造干燥窑，投资较大。

②需消耗热能、电能，而且能源利用率较低。

(2) 太阳能干燥

由于能源供应日益紧张，太阳能的开发利用越来越受到人们的重视。太阳能干燥就是利用太阳能作为干燥窑的热源来进行木材干燥。图1表示一种太阳能干燥窑的示意图。

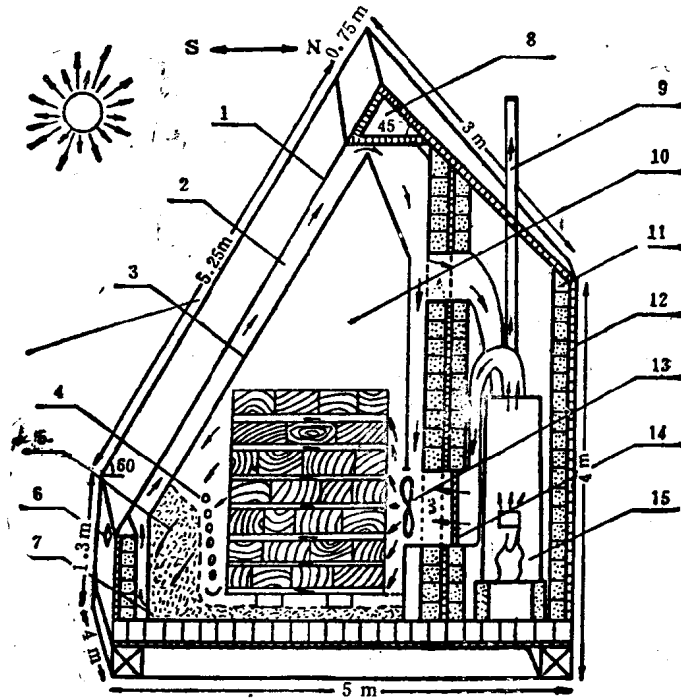


图1 太阳能木材干燥窑

1. 三层玻璃 2. 集热器 3. 金属薄板 4. 冷凝管 5. 石堆 6. 气管闸板 7. 通风机 8. 玻璃纤维
9. 烟囱 10. 干燥间 11. 混凝土块墙 12. 混凝土墙外层 13. 通风机 14. 过滤器 15. 炉灶

太阳能干燥的优点是：可利用太阳的无限能源，节约煤炭等不可再生的能源，而且可以降低生产成本。干燥周期比气干短。

太阳能干燥的缺点是：对气候的依赖性大，对太阳能的利用受日照时间的制约，干燥温度一般低于常规窑干，因此干燥周期较长。

太阳能干燥适用于日照时间长，晴天多的地区，随着科学技术的进步，太阳能干燥有广阔的发展前途。

(3) 红外线干燥

红外线干燥是利用木材在红外线（波长为 $0.72\text{--}1000\mu\text{m}$ 的电磁波）的辐射后，因吸收红外线而产生热，使木材温度升高，水分蒸发而进行干燥的。在工业上，把 $0.72\text{--}4\mu\text{m}$ 波段的红外线称为近红外线，把 $4\text{--}1000\mu\text{m}$ 波段的红外线称为远红外线。由于远红外线对湿木材辐射时比近红外线容易吸收，热效应高，因此得到广泛应用。红外线的穿透能力有限（一般为 $2\text{--}8\text{mm}$ ）更适合于薄木材和单板的干燥。对于成材干燥采用红外线与对流加热方式相结合

的干燥窑效果较好。图2表示一种远红外线干燥窑的示意图。

常见的远红外线辐射元件有电加热、煤气加热和蒸汽加热等几种形式。

远红外线干燥的优点是：设备较简单，可不用锅炉，易于投产。

远红外线干燥的缺点是：若用电作能源，电耗量较大，若无喷蒸调湿措施，难干的厚板不能保证干燥质量。

关于远红外线木材干燥的理论和应用还有待深入研究。目前只宜建小型干燥窑，在电力紧张地区不宜采用电热。

(4) 高频和微波干燥

高频一般是指波长1000—7.5m，频率0.3—40MHz的电磁波。微波是指波长1—1000mm，频率300至300000MHz的电磁波。

木材是一种电介质，把它放在高频或微波的电磁场中，由于电介质的耗损而使木材强烈地变热，木材中的水分汽化和蒸发而排出，使木材得到干燥。高频干燥和微波干燥都属于电介质干燥，其特点是：热量不是从木材外部传入，而是在木材内部直接发生的。木材内部温度高于木材表面温度。木材内部水分快速向外移动。其干燥速度比常规窑干快10倍以上。在同样的电磁场强度下，经微波辐射所吸收的能量比高频辐射高20倍，因此微波更适合于木材干燥。

高频干燥和微波干燥的优点是：干燥速度非常快，干燥均匀，可解决常规窑干难干的木材的干燥。缺点是：干燥设备技术复杂，投资大，电能消耗大，干燥成本高，只适于少量珍贵木材的干燥。

高频干燥目前已少用，微波干燥技术正在开发研究之中，图3为微波干燥设备示意图。

(5) 除湿干燥

除湿干燥又叫热泵干燥、致冷干燥或冷凝干燥。它用热泵带动致冷剂在密闭系统内循环，它利用致冷剂由气体变为液体时放出的热量将空气加热，热空气进行循环干燥木材。当致冷剂由液体变为气体时，它吸收空气中的热量，使空气中所带的从木材中蒸发出来的水分凝成液体排出窗外。热泵系统又称为除湿器。图4表示除湿干燥窑的示意图。

除湿干燥的优点是：设备较简单，不需锅炉，操作方便，热损失小。

除湿干燥的缺点是：干燥温度低，干燥周期长，无喷蒸调湿措施，干燥厚板难保质量。除湿干燥在国外已有较多应用，但在国内还是一项新技术，仍处于开发研究阶段。

(6) 真空干燥

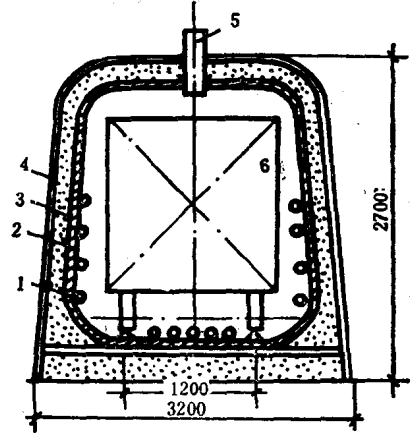


图2 远红外木材干燥窑

1. 电热远红外辐射器
2. 反射铝板
3. 保温填充材料
4. 钢板外壳
5. 排气孔
6. 材堆

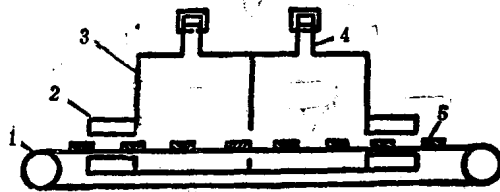


图3 微波木材干燥设备示意图

1. 传送带
2. 抑制器
3. 腔体
4. 连接波导
5. 被干木材

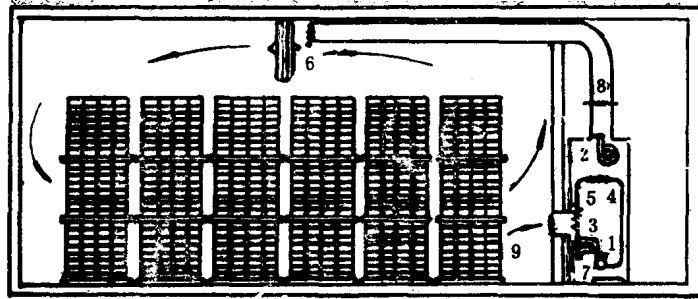


图4 木材除湿干燥室

1. 压气机 2. 鼓风机 3. 蒸发器 4. 冷凝器 5. 控制阀 6. 主风机 7. 排水管 8. 加热器 9. 材堆

真空干燥是将木材堆积在一定真空度的密封干燥设备内，一方面提高木材的温度，增大木材内部水蒸汽的压力，另一方面造成一定的真空度，降低干燥介质的压力，使木材内外压力差增大，加速木材内部水分移至表面并蒸发，因此加快了干燥速度。图5是木材真空干燥设备示意图。

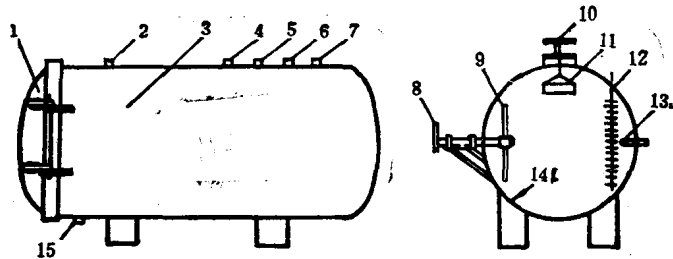


图5 木材真空干燥设备示意图

1. 容门 2. 样板称重孔 3. 容体 4. 湿球温度测量孔 5. 干球温度测量孔 6. 真空度测量孔 7. 抽气孔
8. 传动皮带 9. 风机 10. 台秤 11. 称量架 12. 电热器 13. 喷蒸管 14. 轨道 15. 排水口

木材真空干燥的优点是：对于难干燥的厚板可以大幅度缩短干燥周期，并能保证干燥质量。

木材真空干燥的缺点是：对设备要求高，干燥机容量小，只适合小批量生产。

真空干燥木材在国内尚属少见，有待开发研究。

(7) 液体干燥

液体干燥又称嫌水液体干燥。它是把木材置于高温嫌水液体（即不溶于水也不与水混合的液体）之中，木材中的水分由于迅速受热而剧烈蒸发并快速排出。

可作为木材干燥的嫌水液体有石蜡油、硫黄、杂酚油等，一般采用石蜡油。

石蜡油干燥是在特制的槽内进行，槽用钢板制成，槽底有加热管，使石蜡油保持温度。木材装在铁架内沉入槽底进行干燥。图6表示石蜡油干燥设备的示意图。

嫌水液体干燥的优点是：设备简单，投资省，操作方便，成本低，干燥后的木材具有一定的防湿、防腐性能。

嫌水液体干燥的缺点是：干燥不均匀，材料受污染，不利于进一步加工和装饰。因此只适合于数量少、规格多的建筑用材的干燥。目前应用很少。

除了上述介绍的各种方法之外，人工干燥方法还有接触干燥、离心力干燥、加压干燥、溶剂及化学药品干燥等方法。由于应用很少，这里不一一介绍。

总之，在人工干燥中除了窑干法在理论研究和生产实践方面最成熟，应用最广泛，因而称为常规干燥法之外，其余的可以通称特种干燥法。它们大部分是新技术在木材干燥中的应用。目前很多仍处于开发研究之中，还不很成熟。但是随着科学技术的进步，它们的应用会越来越广泛。

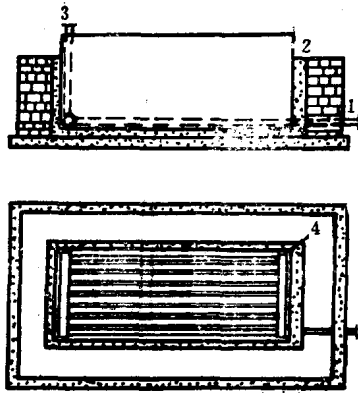


图6 石蜡油干燥设备示意图

1.回水管 2.保温层 3.进气管 4.加热器

思考题

- 1.木材干燥的意义有哪些？
- 2.木材干燥的方法有几种？各有什么特点？

第二章

干燥介质

木材干燥是木材吸收热量，木材内水分汽化和蒸发排出的过程。木材干燥过程需要有一个传热、传湿的媒介物质。我们称这个物质为干燥介质。干燥介质是木材干燥所不可缺少的。

第一节 干燥介质的作用和种类

具有什么样性质的物质可以作为干燥介质？干燥介质在木材干燥过程中起了什么样的作用？这是我们学习木材干燥所必须首先了解的。

一、干燥介质的作用

在木材干燥窑内进行木材干燥，首先要把木材加热，提高其温度，促进其表面水分的蒸发和内部水分向外移动。这就需要不断地向木材传递热量。由于热源（如蒸汽）一般不直接接触木材来传递热量，这就需要一种媒介物质从热源取得热量再把热量传递给木材。这就是干燥介质的传热作用。

例如在对流加热干燥窑中，空气流过加热器进行热交换，吸收加热器中的蒸汽所传递的热量，空气的温度上升。然后热空气流过材堆，和木材进行热交换，把热量传给木材。空气本身则因失去热量而降低温度。当空气继续循环流过加热器时，它又吸收热源的热量。热空气再次流过材堆时，它又把热量传给木材。这样空气不断循环流动，不断吸热、放热，不断地从热源把热量传给木材，从而起到热传递的作用。

木材干燥过程中，从木材中蒸发排出的水分必须有一种物质把它吸收和带走。否则木材表面的水分蒸发出来又不能带走，就会形成一个处于饱和状态的空气层，阻碍木材表面的水分继续蒸发，使干燥过程无法进行下去。所以能吸收和带走木材蒸发出来的水分是干燥介质的第二个作用，也就是传湿作用。

例如在对流加热干燥窑中采用的湿空气就具有很大的吸收水分的能力，直到饱和为止。而且气流不断循环流动，把吸收了大量水分的湿空气排出窑外，又吸入一部分干燥的新鲜空气继续进行循环，这样来保持空气的吸湿能力，不断地吸收木材蒸发出的水分并排到窑外。

总之，干燥介质在木材干燥过程中所起的就是传热和传湿的作用。

二、干燥介质的种类

能在木材干燥过程中起到传热、传湿作用的物质才能作为干燥介质。干燥介质分为气体介质、液体介质和固体介质三大类。在生产中最常用的是气体介质。它在干燥中能起到传热、传湿作用。液体和固体介质只起传热作用，因此还需要气体介质把蒸发出来的水分带走。

1. 气体介质

常用的气体介质有空气、炉气和常压过热蒸汽等。

(1) 空气

空气是应用最普遍的气体介质。它取之自然，用之不尽，清洁无害，最为方便。空气作为介质一般需经过热交换从热源取得热量。它可与各种热源如蒸汽、电热、煤气、红外线等相适应。空气介质性质稳定，容易控制。

(2) 炉气

利用木屑或其他燃料燃烧后产生的高温炉气与空气混合后可以作为干燥介质。炉气可以直接加热木材进行干燥，而不必经过热交换装置，所以比较简单方便。但是炉气有灰尘，会污染木材，而且常带有火星，易发生火灾。

(3) 常压过热蒸汽

常压过热蒸汽是在干燥过程中形成的。先在常压的干燥窑内喷入饱和蒸汽热透木材，蒸发水分，然后通过气流循环用加热器提高窑内蒸汽温度，使之超过 100°C 达到常压过热状态，形成常压过热蒸汽。

由于常压过热蒸汽温度高（超过 100°C ），可以传给木材大量的热量，吸收木材中大量蒸发出来的水分，因此可以大大提高干燥速度。但是常压过热蒸汽性质不稳定，较难控制。

2. 液体介质

在木材干燥中使用的液体介质是不溶于水，也不与水混合的嫌水性液体，如石蜡油等。在干燥过程中，它只把热量传给木材，而不和木材发生水分交换，并不吸收木材中蒸发出来的水分。

3. 固体介质

固体介质是指与木材接触并把热量直接传给木材的固体，如金属板等。接触干燥法就是把金属板加热，然后木材直接与它接触，受热干燥。固体介质在这里只起传热作用，不起传湿作用。

第二节 湿空气

空气的主要成分是氧、氮、氢和少量其他气体。空气中常含有水蒸汽。我们把含有水蒸汽的空气叫湿空气，不含水蒸汽的空气叫干空气。湿空气是干空气和水蒸汽的混合体。自然界的空气一般都含有水蒸汽，实际上都是湿空气。我们前面所说的空气介质，若更科学、更准确地说应该是湿空气介质。

湿空气具有传热、传湿的能力，是很好的干燥介质。常规窑干法采用的干燥介质主要是湿空气。下面介绍湿空气作为干燥介质的主要性质。

一、湿空气的温度和热含量

湿空气的温度是最重要的状态参数之一。它表示湿空气的冷热程度。通常采用摄氏温度单位($^{\circ}\text{C}$)。湿空气的热含量是指单位重量湿空气所含有的热量。热含量单位是： kJ/kg 。湿空气是由干空气和水蒸汽混合而成，湿空气的热含量是干空气的热含量与水蒸汽的热含量之和。

湿空气的温度与它的热含量有密切的关系。当湿空气的温度升高时，它的热含量增加。

即需要从外界吸收热量。当湿空气的温度降低时，它的热含量减少，即向外界放出热量。这一性质决定了湿空气可以作传热介质。在木材干燥中，我们把湿空气流过热交换器，从热源吸收热量升高温度，然后流过温度较低的木材，湿空气降低温度，放出热量给木材，使木材升温干燥，然后湿空气又流过热交换器被加热升温，如此循环下去，把热量不断地从热源传给木材，这就是湿空气的传热作用。

二、湿空气的压力和密度

空气有一定的重量，所以就产生了空气的压力。空气压力的单位是：Pa。在标准状态下，海平面上温度为 0°C 的压力的压力为 101.325kPa ，这叫做物理上的大气压。

湿空气是干空气和水蒸汽的混合物，因此湿空气的压力是干空气的分压力和水蒸汽分压力之和。

气体都占有一定的空间，这就是气体的容积。单位容积的气体的重量称为气体的密度，又叫重度或比重。在标准状态下，干空气的密度为 $1.293\text{kg}/\text{m}^3$ ，而水蒸汽密度为 $0.804\text{kg}/\text{m}^3$ 。可见水蒸汽比干空气轻。因此较湿的空气轻于较干的空气。湿空气的密度是单位容积内干空气重量和水蒸汽重量之和。其单位是： kg/m^3 。

干空气的密度和水蒸汽的密度都随着温度的高低而变化，因此湿空气的密度也随着温度的高低而变化。一般来说，温度升高时密度变小，温度降低时密度变大。湿空气的密度还随压力而变化。压力越大，密度也越大，压力越小，密度也变小。

三、湿空气的湿度和湿含量

湿空气是干空气和水蒸汽的混合物。但是湿空气中所含有的水蒸汽的数量是有一定限度的。当湿空气中水蒸汽的含量未达到这个极限时，它就能继续吸收水蒸汽，即具有吸湿能力。在木材干燥中，我们把吸湿能力较强的湿空气流过木材，吸收木材中蒸发出来的水蒸汽。当它由于吸收大量水蒸汽而降低吸湿能力时，我们将它排出窗外，同时补充进吸湿能力较强的新鲜湿空气，这样不断循环，把木材中蒸发出来的水分不断吸收和排走。这就是湿空气的传湿作用。湿空气的传湿作用取决于它所含的水蒸汽数量的多少，因此要了解这方面的湿空气的性质。

1. 空气的绝对湿度

单位容积的湿空气中所含有的水蒸汽的重量称为空气的绝对湿度。单位是： g/m^3 。

2. 空气的湿容量和饱和空气

空气中吸收水蒸汽的数量不可能无限增加。如果空气中还能吸收水蒸汽并能保持的，叫未饱和空气。不能再吸收水蒸汽的，叫饱和空气。饱和空气中再加入水蒸汽时，它不能与空气混合，会形成雾滴。

饱和空气的绝对湿度叫空气的湿容量。

3. 空气的相对湿度

单位容积湿空气中实际含有的水蒸汽重量和在相同条件下最多能容纳的水蒸汽重量（即湿容量）之比叫做空气的相对湿度。用百分比（%）表示。相对湿度越小，说明空气越干，具有较大的吸湿能力。相对湿度越大，说明空气越接近饱和空气，吸湿能力越小。饱和空气的相对湿度为100%。干空气的相对湿度为0。

在相同压力下，空气的相对湿度随着温度的变化而变化。温度升高时，相对湿度下降，温度降低时，相对湿度增加。也就是说，通过提高空气温度的办法，可以增加其吸湿能力。当空气温度降低到一定程度时，空气的相对湿度会增加到100%，即达到饱和状态，空气中开始出现雾滴，我们把这时的温度称为空气的露点。在北方冬季木材干燥时，木材表面结露的原因就是由于木材表面温度低于空气的露点而造成空气中水蒸汽过饱和而析出水滴。

测定空气的相对湿度最常用的方法是干湿球温度计。干湿球温度计由两支温度计组成。一支是测定空气温度用的，称为干球温度计。它与普通的温度计没有什么区别。干球温度计所测得的温度称为干球温度即空气的温度。另一支称为湿球温度计。温度计的水银球外包有纱布，纱布下端浸在清水里。由于毛细管作用，水不断地被吸到包在水银球外的纱布上，并不断向空气中蒸发水分。由于水分蒸发吸收了热量，湿球温度计测定的温度低于干球温度，这个温度称为湿球温度。图7表示干湿球温度计组成的湿度计。

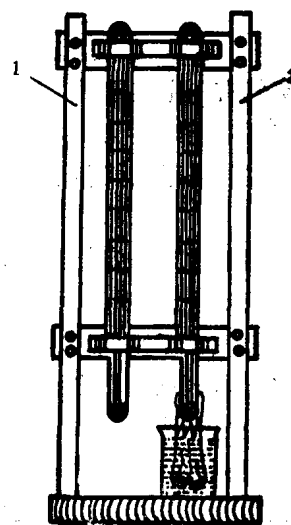


图7 温度计

1. 干球温度计 2. 湿球温度计

我们把干湿球温度之差值称为干湿球温度差。干湿球温度差的大小反映了空气的相对湿度的大小。当空气越干，相对湿度越小时，湿球温度计上的纱布的水分蒸发得越快，吸收的热量越多，湿球温度降得越多，干湿球温度差就越大。反之，空气越湿，相对湿度越大时，湿球温度计的纱布上的水分蒸发得越慢，吸收的热量越少，湿球温度降得越少，干湿球温度差就越小。当空气达到饱和状态时，干湿球温度差为0。

在生产中我们可以用干湿球温度计测定干球温度和干湿球温度差，然后从相对湿度表查出相对湿度。相对湿度表见附表1和2。下面举例说明如何使用该表。例如干燥窑内的干球温度为80℃，湿球温度为74℃，则干湿球温度差为6℃。查表可知，当干球温度为80℃，干湿球温度差为6℃时，相对湿度为77%。

4. 空气的湿含量

空气的湿含量是指一定重量的干空气所含的水蒸汽的重量。单位是：g 水分/kg 干空气。

第三节 常压过热蒸汽

常压过热蒸汽与一般的蒸汽有什么不同？它为什么能作为干燥介质？它有什么特性？这是我们需要了解的。

一、水 蒸 汽

水蒸汽是水汽化而生成气体，是一种透明无色无味的气体，一般简称蒸汽。

我们常见的水蒸汽有两种情况。一种是空气中的水蒸汽。这种水蒸汽是水经过汽化而生成并进入空气中。在任何温度下，水都会汽化为蒸汽，甚至冰也会升华而直接成为水蒸汽。一般来说，温度越高，水分蒸发越快。另一种是作为热载体的蒸汽。它是水在锅炉中加热到水的沸点100℃时开始沸腾而产生的蒸汽。作为热载体的蒸汽有两种。一种叫饱和蒸汽，一种