

林业实用技术丛书

附录 (90) 目録

木材干燥实用技术

木材干燥实用技术

艾沐野 崔兆玉 编著

东北林业大学出版社

2003 · 哈尔滨

前 言

木材干燥是木材加工生产的一个重要环节，它直接关系到木制产品的质量。改革开放以来，我国的木材干燥技术水平有了很大的提高，为发展我国的木材加工生产起到了积极的推动作用。随着木材加工生产技术的不断发展，木材干燥越来越被人们所重视，并逐步认识到了它的实际意义。在近二十年的时间里，我国从事木材干燥技术研究、设计和生产人员的队伍不断扩大，这很令人欣慰。然而，由于我国木材干燥技术起步比较晚，现实生产中又需要有相当数量的人员来从事这项工作。而从事这项工作的大部分人员又没有经过系统的学习和技术培训，使企业的木材干燥生产经常出现一些实际问题，影响了木材加工的顺利进行，有的甚至还带来了一些不应有的损失。因而，在木材加工领域普及和广泛传授木材干燥生产技术知识是十分必要的。目前，有关介绍木材干燥生产实用技术方面的书籍还不是很多，尤其是结合我国木材干燥生产实际来介绍相关的实用技术方面的书籍更少。尽快更好地编著这方面的书籍是广大从事木材干燥生产技术人员、管理人员和实际生产操作人员所希望的。本书编著的目的就

是使从事木材干燥生产的技术人员、管理人员和实际生产操作人员基本了解和掌握木材干燥实用技术,以保证企业的木材干燥生产,提高企业的经济效益,促进企业的不断发展。

在当前的木材干燥实际生产中,采用干燥介质为湿空气和采用蒸汽加热为热源的木材干燥室占 90% 以上。本书结合木材干燥生产的实际,着重向广大读者介绍以湿空气作为干燥介质,以蒸汽加热为热源的常规木材干燥为主的木材干燥生产实用技术,辅助介绍其他木材干燥方法的基本概念。包括木材干燥的基本概念、木材中的水分与木材干燥、木材干燥介质、常规木材干燥室、常规木材干燥工艺、常规木材干燥生产的操作过程、木材干燥质量的检查、常规木材干燥生产中出现问题的原因、小径级原木锯材干燥问题的探讨、几种进口木材干燥问题的探讨、木材干燥室的维护与保养、木材的其他干燥等部分。有些内容是作者经过多年的实践经验总结出来的,更多的是在木材干燥实际生产中通过学习得到,比较有实际意义,在此介绍给读者。

由于编著者的知识水平和理论水平有限,经验不足,书中难免有错误和不妥之处,请广大的读者给予批评指正。谢谢!

编著者

2002 年 6 月

目 录

第一章 木材干燥的基本概念	(1)
第一节 木材干燥的定义及目的	(1)
第二节 木材干燥的方法	(3)
第三节 木材干燥技术的发展	(5)
第二章 木材中的水分与木材干燥	(7)
第一节 木材中的水分和木材含水率	(7)
第二节 木材中水分的组成和对木材干燥的影响	(9)
第三节 木材的纤维饱和点和木材平衡含水率	(10)
第四节 木材的干缩和湿胀	(19)
第五节 木材内部水分的移动及影响因子	(29)
第六节 木材干燥曲线和木材干燥的三要素	(31)
第七节 木材干燥过程中产生应力的基本概念	(34)
第三章 干燥介质	(38)
第一节 湿空气	(39)
第二节 相对湿度的概念及测量	(39)
第三节 相对湿度与木材干燥的关系	(47)

第四章 常规木材干燥室	(48)
第一节 常规木材干燥室的基本概念	(48)
第二节 常规木材干燥室的简单工作原理	(50)
第三节 常规木材干燥室的组成及各部分的作用 ...	(51)
第四节 常规木材干燥室的选用	(66)
第五节 国外常规木材干燥室的特点	(72)
第五章 常规木材干燥工艺	(81)
第一节 木材干燥基准	(81)
第二节 木材干燥过程中的热湿处理	(114)
第三节 木材干燥基准确定示例	(122)
第四节 木材干燥基准的使用	(133)
第五节 木材干燥时间的参考确定	(140)
第六章 常规木材干燥生产的操作过程	(147)
第一节 木材干燥前的设备检查	(147)
第二节 被干木材的堆积	(152)
第三节 确定干燥质量要求和制订干燥工艺	(156)
第四节 木材干燥室的实际操作过程	(159)
第五节 木材干燥生产的基本管理	(177)
第七章 木材干燥质量的检查	(189)
第一节 木材干燥质量的指标	(190)
第二节 木材干燥质量指标的检测方法	(191)
第八章 常规室干生产中出现问题的原因	(205)
第一节 因木材干燥室设备方面产生问题的原因 ...	(205)
第二节 常见木材干燥缺陷产生的原因	(215)
第九章 小径级原木锯材干燥问题的探讨	(220)
第一节 小径级原木锯材的特点及干燥问题	(221)
第二节 小径木锯材干燥工艺条件的确定	(222)
第三节 小径木锯材在干燥过程中产生问题的原因	

及解决方法	(231)
第四节 干燥后的小径木锯材在生产中的合理搭配 使用问题	(233)
第十章 几种进口木材干燥问题的探讨	(235)
第一节 进口木材的干燥特点	(235)
第二节 木材干燥基准工艺条件的确定方法	(238)
第十一章 木材干燥室的维护与保养	(243)
第一节 木材干燥室主要设备的维护与保养	(244)
第二节 干燥室壳体、大门和运载装置的维护 与保养	(246)
第十二章 木材的其他干燥	(248)
第一节 木材大气干燥	(248)
第二节 木材的除湿干燥	(254)
第三节 木材的真空干燥	(258)
第四节 木材的高频与微波干燥	(262)
参考文献	(267)

第一章 木材干燥的基本概念

木材是由生长的树木锯割而成的。木材在国民经济建设和我们的家庭生活中都有着比较重要的作用。我们每天都要接触木材。木材中含有水分，但水分过多就要向空气中蒸发，会导致木材在一定环境下尺寸的不稳定性，给木材的加工和使用带来严重的影响，其产品质量不能得到保证，所以要使木材为我们所用，必须对它进行干燥。根据木材的用途和使用环境的不同，可将木材内的水分含量干燥到比较合适的状态。木材干燥是木材加工生产过程中的一项专业技术工作，它的理论性和实践性都很强。要做好这项工作，必须对木材干燥的基本概念有所了解或基本掌握。本章主要从这个角度向读者介绍一些与实际木材干燥生产有关的基本概念。

第一节 木材干燥的定义及目的

木材干燥通常指在热能作用下以蒸发或沸腾方式排除木材水

分的处理过程。

这个定义说明,若要使木材中的水分排除,在它的周围环境中必须要有一个热能存在,而这个热能一般就是产生热的热源。就像我们居住的房屋,要想使之具有合适的温度,必须要有一个热源来保证供热,如火炉、暖气、空调器、阳光等。在一定的温度下,木材中的水分就以蒸发的方式或沸腾的方式排到它周围的空气中,木材就得到了干燥。当木材中的水分降到一定程度时,我们就可以使用它来加工和制造我们所需要的产品。

木材之所以要经过干燥后才能使用,主要有以下几个原因:

(1) 防止木材产生开裂和变形。木材中的水分在向空气中排除时,尤其是当木材的水分含量在木材的纤维饱和点以下时,就会引起木材体积的收缩。如果收缩得不均匀,木材就会出现开裂或变形。若是将木材干燥到与使用环境条件相适应的程度或使用要求的状态,就能保持木材的体积尺寸的相对稳定,而且是经久耐用。

(2) 提高木材的力学强度,改善木材的物理性能和加工工艺条件。当木材的水分含量在纤维饱和点以下时,木材的物理力学强度会随其减低而增高;同时木材也易于锯割和刨削加工,减少了对木工机械的损失。

(3) 防止木材发生霉变、腐朽和虫蛀。木材中的水分含量在20%~150%范围时,极易产生霉菌,使木材发生霉变、腐朽和虫蛀。如果将木材的水分含量干燥到20%以下,木材内产生霉菌的条件就被破坏了,增强了木材抗霉变、腐朽和虫蛀的能力,保持了木材的原有特性。

(4) 减轻木材重量,提高运输能力。经过干燥后的木材,其重量能减少30%~40%。如果是在木材的供应地区集中制材和集中干燥木材,则可以大大提高木材的运输能力;同时也可以防止木材在运输途中产生霉变和腐朽,保证木材的质量。

总之,木材干燥是合理利用木材和节约木材的重要技术措施,是木材加工生产中不可缺少的一道重要工序。作为一种原材料,木材应用的领域很多,而且大都需要进行干燥,所以木材干燥对国民经济建设具有很重要的现实意义。

第二节 木材干燥的方法

木材的干燥方法主要分两大类,即天然干燥和人工干燥。按照对木材加热方式的不同又可分为对流干燥、电介质干燥、辐射干燥和接触干燥。木材干燥生产中主要采用对流干燥和电介质干燥。对流干燥主要包括大气干燥、常规室(窑)干、除湿干燥、真空干燥(间歇式)、太阳能干燥等。电介质干燥主要包括微波干燥和高频干燥。

天然干燥也称自然干燥,而大气干燥则是天然干燥的主要形式,简称气干。大气干燥是指将木材堆放在空旷场地或通风棚舍下,利用大气热能蒸发木材中的水分而进行的干燥。

自使用木材以来,人类最先使用的干燥方法就是大气干燥,甚至直到现在还使用着。实际上,一棵刚刚被伐倒的树木形成原木后,从它与树的根部完全脱离那一刻开始,它就处于被干燥的状态,而且是处于天然干燥状态。这是因为树木里边的水分比较多,它要向空气中蒸发。如果我们不去干预,它的水分会一直蒸发下去,直到其水分含量与它所在的环境空气中的水分基本相近或基本平衡了,它就不再向空气中蒸发水分了。此时,这根原木就可以被加工,并在这个环境下被使用。而人们在利用大气干燥的方法对木材进行干燥时,不是在原木的情况下进行的,而是根据产品的要求,将原木锯割成一定规格尺寸的锯材(板方材),然后再按天然干燥的技术工艺规程操作,对木材进行干燥。

大气干燥的优点是：节省能源，投资少，技术简单，操作方便，干燥成本低，能保持木材的本色基本不变。缺点是：占地面积大，干燥条件不能控制，干燥时间相对过长，木材易产生干燥缺陷，因为是在大气的环境中进行干燥，所以不能将木材中的水分含量干燥到人们所要求的数值。在现代的木材干燥生产中，大气干燥只是作为一种辅助性的方法，常规室干的方法目前是主要的干燥方法。

常规室（窑）干是指采用木材干燥室（窑）对木材进行干燥。它可以人为地控制干燥条件对木材进行干燥处理，简称室干或窑干。目前国内外的木材干燥生产中，常规室干占木材干燥生产的85%~90%。采用的热源是蒸汽加热器，需要配备蒸汽锅炉。常规室干的优点是能够保证任意树种和厚度的木材干燥质量，能将木材的水分含量干燥到所需要的任意状态，干燥周期短，设备操作灵活，干燥条件易于掌握，便于实现木材干燥生产的机械自动化。缺点是干燥设备比较复杂，一次性投资较大，能源消耗相对较多，干燥成本相对偏高。常规室干按干燥室内温度控制的范围，可分为45~60℃的低温干燥、60~100℃的常温干燥和大于100℃的高温干燥三种。一般情况下，对难干木材或易干但厚度较大的木材采用低温干燥和常温干燥两种相结合的方式居多；对易干且厚度较小的木材有的可以采用高温干燥。

大气干燥和常规室干都属于传统的木材干燥方法，它们统称为常规干燥。

除上述两种干燥方法外，还有除湿干燥、真空干燥、微波干燥和太阳能干燥等方法。它们各有其优势与不足，因它们的使用范围和条件等因素所限，目前还没有得到广泛的应用。因此本书所叙述的内容主要以常规室干为主。有关这几种干燥方法的一些相关内容将在本书的最后一章中向读者作简单介绍。

第三节 木材干燥技术的发展

建国以前和建国后的二十几年里,我国的木材干燥技术比较薄弱,生产的发展也是比较缓慢的,全国的木材干燥生产能力只能满足实际木材加工生产所需要的10%左右,用于加工实木产品的绝大多数木材都不能进行常规室干,造成木材浪费较大,产品质量不能满足要求。改革开放以来,我国的木材干燥技术无论是从理论方面还是从生产方面都取得了很大的成绩,为国民经济建设做出了重要的贡献,但是由于我国木材干燥生产的欠账较多,随着国民经济建设速度的不断加快,木材的年需求量也在迅速增加,使得木材干燥生产的能力还是没有达到实际需要的木材干燥生产量。在今后比较长的一段时间里,木材干燥生产将有很大的发展空间。尤其是我国实施了天然林保护工程,国外进口的木材和国内人工林的产量也逐年增加,木材加工生产技术逐渐被人们所重视,人们对木材干燥技术和生产质量的要求也越来越高。木材干燥技术必将进一步发展,以满足现代木材干燥生产的需要。结合我国的实际情况,木材干燥技术的发展将从以下几个方面进行:

(1) 气干和常规室干法联合干燥。充分利于它们各自的优点,尽量创造气干条件,做到先气干后常规室干,即采用气干将木材的水分降到20%左右,然后再用常规室干法将木材的水分干燥到所要求的数值。这样做可以节约能源,缩短常规室干周期,降低干燥成本,保证干燥质量。

(2) 干燥过程的全自动计算机控制。发展木材干燥设备的全自动计算机控制系统,利用高新技术手段加强木材干燥生产过程中的检测,减少人为误差,降低劳动强度,提高产品质量。

(3) 进一步研究和完善木材干燥工艺。研究适合于现代木材干燥生产的常规干燥工艺,特别是对一些主要进口木材、人工速生林树种和小径级原木锯材干燥工艺的研究,满足现代化实木产品加工生产的需要。

(4) 在条件允许的情况下,发展特种干燥和常规干燥的联合干燥方式。如除湿干燥和常规室干的联合、真空干燥和常规室干的联合、微波干燥和常规室干的联合、太阳能干燥和常规室干的联合等。它们对保证木材干燥生产质量都很有益处。

(5) 研究开发节能型的木材干燥设备。木材干燥在木材加工生产过程中是一个耗能较大的环节,开发研究节能型的木材干燥设备势在必行。如采用变频装置来控制通风机的转速,可以节约电能;采用散热效率高的金属材料制造加热器,以及采用密封性和保温性好的材料来制造干燥设备的壳体 and 大门,可以节约热能。

综上所述,木材干燥是木材加工生产中不可缺少的重要工序,也可以喻为木制品生产的“生命线”,它直接关系到产品的质量。所以重视木材干燥,也就是重视了木制品的产品质量。学习和了解木材干燥的技术知识,掌握和熟悉木材干燥的生产技术是很重要的。

第二章 木材中的水分与 木材干燥

当木材中含有的水分过多时，会影响其产品的质量，所以要对木材进行干燥处理。本章主要从木材中的水分及其与木材干燥的关系方面作一简单的介绍。

第一节 木材中的水分和木材含水率

一棵活着的树，它的根部要不断地从土壤中吸收水分，并通过树干输送到树叶，使树木枝繁叶茂。同时树干中也就含有了大量的水分。当这棵活树被砍伐并锯割成所要求的板（方）材后，一部分或大部分的水分仍然保留在木材中，这就是木材中水分的由来。

木材中所含水分数量的多少用“木材含水率”表示。它是木材中水分的重量与木材重量的百分比（%）。

含水率可以用绝干木材的重量作为计算基础，得到的数值叫做绝对含水率，并简称为含水率，用 W 表示（国外的一些相关

资料有的用 MC 表示), 单位是 %。计算公式是:

$$W = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100 \quad (2-1)$$

式中: W ——木材绝对含水率, %;

$G_{\text{湿}}$ ——湿木材重量, g;

$G_{\text{干}}$ ——绝干木材重量, g。

如果用湿材重量作为计算基础, 得到的数值叫做相对含水率, 用 W_0 表示, 单位是 %。计算公式是:

$$W_0 = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{湿}}} \times 100 \quad (2-2)$$

式中: W_0 ——木材相对含水率, %;

$G_{\text{湿}}$ ——湿木材重量, g;

$G_{\text{干}}$ ——绝干木材重量, g。

木材干燥生产中一般采用绝对含水率(即含水率)来计算和反映木材的实际含水率状态, 而相对含水率只用于木材作为燃料时的含水率计算。

木材按干湿程度可分为 5 级:

湿材: 长期放在水内, 含水率大于生材的木材。

生材: 和新采伐的木材含水率基本一致的木材。

半干材: 含水率小于生材的木材。

气干材: 长期在大气中干燥, 基本上停止蒸发水分的木材。这种木材的含水率因各地的干湿情况而有所不同, 变化范围一般在 8%~20% 之间。

室(窑)干材: 经过室(窑)干处理, 含水率为 7%~15% 的木材。

第二节 木材中水分的组成和对木材干燥的影响

木材是由细胞组成的,每个细胞又是由细胞腔和细胞壁组成的。细胞壁上所具有的纹孔,使每个细胞的细胞腔相互连接,构成了大毛细管系统;而细胞壁主要是由微纤维组成,微纤维又由微胶粒构成,微纤维之间及微胶粒之间具有的空隙构成了微毛细管系统,木材中的水分就存在于这两个毛细管系统之中。因水分存在的系统不同而分为三种:①自由水(毛细管水),存在于细胞腔中;②吸着水(吸附水、结合水、细胞壁水),存在于细胞壁中;③化合水:与细胞壁组成物质呈化学结合状态。它们均沿着系统的通路向纵横方向扩散。

细胞腔中的自由水被蒸发后,细胞便不能从空气中再吸收水分,因而影响木材的重量、燃烧力、干燥性、液体渗透性和耐久性。而细胞壁内的微毛细管则具有从空气中吸收和向空气中释放水分的能力,它直接影响木材的强度和胀缩(体积或尺寸的变化),即木材的稳定性。化合水在木材中极少,因而对木材的性质无影响,所以木材处于干燥状态时,自由水的蒸发只是减轻了木材的重量。而吸着水的蒸发则使木材产生了干缩,如果木材干缩不均匀,就会导致木材产生开裂和变形,影响了木材在后续加工中的正常使用和木制品的产品质量。

第三节 木材的纤维饱和点和 木材平衡含水率

当细胞腔内的自由水已蒸发干净而细胞壁中的吸着水处于饱和状态时,木材含水率的状态点叫做纤维饱和点。纤维饱和点的含水率随树种和温度的不同而存在着差异。但大多数木材,当空气的温度在常温(20℃)、相对湿度在100%时,其变化范围为23%~33%,平均值约为30%,所以人们习惯性地认为木材在纤维饱和点时的含水率为30%。但纤维饱和点是随着温度的升高而变小的。常温状态下为30%;60~70℃时降低到26%;100℃时降低到22%;120℃时降低到18%。

木材平衡含水率是指细碎木材的干燥状态达到与周围介质(如空气)的温、湿度相平衡的含水率。木材平衡含水率随空气的温、湿度变化而变化。当空气的温、湿度一定时,木材平衡含水率也一定。木材的实际含水率在纤维饱和点以下时,如果把木材放在这个环境中,木材的实际含水率将朝着与该环境下的木材平衡含水率数值相近的方向变化。因木材实际含水率不同,这个过程产生的现象是不一样的。因组成木材的细胞中细胞壁具有从空气中吸收和释放水分的能力,当木材的实际含水率高于该环境下的木材平衡含水率的数值时,木材就向空气中释放水分,这种现象叫做解吸。当木材的实际含水率低于该环境下的木材平衡含水率时,木材就从空气中吸收水分,这种现象叫做吸湿。无论是解吸还是吸湿,木材的实际含水率数值都将与空气中的木材平衡含水率相近后才能相对稳定不变。可以说,某一相对稳定的温、湿度环境条件就决定了该相对条件下木材的实际最终含水率。

空气中的温、湿度对木材平衡含水率的变化有决定性的作

用。因环境的不同,木材平衡含水率可分为人工不可调性和人工可调性两种情况。

在天然(气干)情况下,木材平衡含水率只能随着当地气候(温、湿度)的变化而变化,即人工不可调性。我国幅员辽阔,一年四季中各地的温、湿度情况相差较大,木材平衡含水率的数值也不一样(见表2-1)。

表2-1是我国165个主要城市一年里每个月和年平均的木材平衡含水率参考数值。由此可以看出,我国大部分地区气候潮湿,使木材平衡含水率数值偏高,所以这些地区采用气干的方法是不能把木材的含水率降到10%~13%或更低一些,只有依靠常规室干或其他人工干燥方法才能满足木制品的生产要求。表2-1不但对木材的气干有用,而且按地区要求,对常规室干也有比较重要的参考价值。比如,在黑龙江省哈尔滨市加工一批实木地板,然后到海南省海口市安装使用,那么这批实木地板的含水率就不能按哈尔滨市地区的木材平衡含水率数值13.3%进行干燥,而是要按照海口市的木材平衡含水率数值17.6%进行干燥,否则实木地板将会产生湿胀。再比如,在上海生产一批家具,要放到青海省的格尔木市使用。这批用于制作家具的木材,其含水率应干燥到与格尔木市地区的木材平衡含水率7.7%相近,而不能按上海地区的木材平衡含水率15.6%进行干燥,否则家具将会产生严重的干缩变形。

在常规室干情况下,干燥介质(如空气)的温、湿度是可以人工调整的,木材平衡含水率也随之变化,具有人工可调性。常规室干过程中,当温度一定时,木材平衡含水率的高低对木材干燥速度影响很大,所以木材平衡含水率的概念对木材干燥生产是很重要的。木材平衡含水率在干燥室内随空气温、湿度变化的具体数值见表2-2。