

中等林业学校試用教科书

木材干燥学



东北林学院主編

木材机械加工专业用

农业出版社

中等林業學校試用教科書

木 材 干 燥 学

東北林學院主編

木材机械加工专业用

农 业 出 版 社

中等林业学校试用教科书

木材干燥学

东北林学院主编

农业出版社出版

北京西便门胡同7号

(北京市书刊出版业营业许可部出字第106号)

辽宁省新华书店 各地新华书店经售

旅大文教印刷厂印刷装订

统一书号 15144·242

1961年7月第一次印刷

1961年7月初版

1961年7月第一次印刷

印数 1—1550册

开本 787×1092毫米

三十二分之一

字数 273千字

印张 十一又三十二分之三

插页 四

定价 (1) 九角八分

前 言

本書是供中等林业学校木材机械加工专业用的教材，書中全面介紹了有关木材干燥方面的理論和实践知識。編写时，考虑到我国目前木材干燥生产的情况是以对流室干为主，同时新的干燥技术也正在发展与应用，并根据以掌握生产工艺为主的专业培养目标，因此在全面介紹的基础上，突出了下述两点內容：即以成材室干的工艺、設備及有关理論基础为全書主要重点；同时在对流室干为重点的前提下适当地論述了其他木材干燥方法。目的是使学生对于木材干燥技术能够全面了解、重点掌握；使教材內容既結合当前生产，又照顧今后发展，以适应我国社会主义建設和科学技术发展的需要。

本教材是在东北林学院党委的直接领导下，由东北林学院木材热处理教研組教师朱政賢、洪魁斌、孙世良及在該組的进修教师汪社昌、李嘉齡、吳香青、陈德萍、刘汉元、汪太謙等九位同志，采取分工編写、集体討論的方法編写而成的。由于編者們的业务水平有限，同时由于時間仓促，匆匆付印，缺点在所难免。希望林校教师和学生，以及本書讀者从多方面提出宝贵意見，以便进一步修改。

編 者

1961年5月

目 录

前 言

緒 論	1
第一章 干燥介质的特性	7
§1-1 湿空气的性质	7
§1-2 湿空气的Id—图	12
§1-3 空气的加热和冷却、水分的蒸发	15
§1-4 不同状态空气的混合	18
§1-5 Id—图上理論干燥过程的編制	23
§1-6 爐气的性质, Id α —图	27
第二章 有关干燥的木材性质	34
§2-1 木材中水分的状态和数量	34
§2-2 木材的吸湿性与平衡含水率	37
§2-3 木材的干缩与容重	43
§2-4 木材的热学性质和电学性质	51
§2-5 木材的可塑性	57
第三章 木材干燥的理論基础	59
§3-1 木材干燥过程的物理现象	59
§3-2 干燥过程中木材内部的水分傳导	62
§3-2 木材干燥过程的机理	66
§3-4 干燥时木材发生的应力与变形	70
第四章 木材干燥室的类型和设备	78
§4-1 干燥方法, 干燥设备的分类	78

§4—2	周期式干燥室	81
§4—3	我国现时采用的几种简易干燥设备	98
§4—4	連續式干燥室	106
§4—5	各种类型干燥室的应用范围	111
§4—6	干燥室的建筑构件	113
§4—7	干燥室的热力设备	116
§4—8	干燥室的通风设备	135
§4—9	木料的运输及装卸设备	150
第五章 检查成材室干的仪表及方法		157
§5—1	测定空气状态的仪表及空气状态的调节	157
§5—2	自动调节器	166
§5—3	干燥介质流动速度的测定	173
§5—4	爐气成分的测定	175
§5—5	干燥过程中木料含水率与应力的测定	177
第六章 木材室干的工艺过程		186
§6—1	干燥程序	186
§6—2	干燥前木料的堆积	198
§6—3	干燥前准备情况的检查	203
§6—4	干燥室的开动, 木料的预热(最初处理)	205
§6—5	木材干燥过程的进行	207
§6—6	木料的中間处理	209
§6—7	木料的最終处理与干燥过程的結束	212
§6—8	木材在室干过程中可能产生的缺陷及其預防、干燥質量	214
§6—9	干燥期內的观测、记录与记录卡片	222
第七章 干燥車間的生产量和工作組織		231
§7—1	干燥車間生产量的确定	231
§7—2	干燥車間生产量的规划与統計	248
§7—3	干燥成本的分析与核算	252

§7-4 木材干燥室的技术经济指标	257
§7-5 干燥车间的编制, 实验室及劳动保护, 安全技术	258
第八章 木材干燥室的设计与计算	261
§8-1 设计的任务	261
§8-2 干燥方式与干燥室类型的选择、室数的计算、干燥车间的规划	262
§8-3 蒸汽干燥室的热力计算	263
§8-4 炉气干燥室的热力计算	277
§8-5 干燥室的空气动力计算	281
§8-6 进气道和排气道的计算	292
§8-7 轴流通风机纵向装在室内的周期式快速可逆强制循环蒸汽干燥室(仿苏 ЦНИМОД-23 型)的计算示例	293
第九章 成材的大气干燥	310
§9-1 大气干燥的特点	310
§9-2 板院的布置及木料的堆积	312
§9-3 大气干燥的组织与进行	316
§9-4 硬阔叶树成材及大材的干燥	317
§9-5 气干成材的防腐处理, 大气干燥和室干的联合	318
第十章 其他木材干燥法	320
§10-1 电介质干燥	320
§10-2 成材在石蜡油中的干燥	329
§10-3 红外线干燥(辐射干燥)	334
§10-4 木材的过热蒸汽干燥	339
§10-5 离心力干燥	341
§10-6 真空干燥	344
§10-7 碎小木料的干燥	345

附 录

附录 1 Id—图

附录 2 Id α —图

附录 3 湿度表

附录 4 干飽和水蒸气表

緒 論

木材干燥的目的及其对于国民經济的意义

木材，是我国社会主义建設中国民經济各部門所必需的重要原料之一。它本身含有大量的水分，使用时必須根据木材的用途把它的含水率降低到一定的程度。

采用蒸发及汽化的方式排除木材水分的过程，叫做木材干燥。

木材干燥的目的，概括有下列四方面：

一、預防木材在使用时发生变形和开裂，提高木制品和建筑物的强度与耐久性。因为木材的含水率在纖維飽和点以下的范围内变化时，木材就会因不均匀的干縮而引起变形和开裂；如将木材的含水率降低（干燥）到与使用場合相适应的程度，木材形状的完整性就有了保証。

二、提高和改善木材的力学强度和物理性質。含水率低于纖維飽和点时，木材的力学强度随着含水率的降低而提高；同时干燥木料、降低含水率，可以改善木材的工艺性質，提高胶合和裝飾的質量，减小木材的导电性和导热性，增加木材的发热值。

三、預防木材变質与腐朽。当木材的含水率低于 23—20% 或高于 100—150% 时，可以免除木腐菌与昆虫的危害。木材干燥通常是把含水率降低到 10% 左右，即在 20% 以下，这就給木材增强了抗腐性，保全木材固有的强度和性質。

四、減輕木材的重量。經過室干（在干燥室內干燥）的木材，重

量可以減輕30—40%。

在农具制造、建筑工程、机器制造、船舶制造、車輛制造、木器生产及其他有关企业中所使用的木材，不但要求經久耐用，保持原形；还須在最小重量上具有最大的强度，要能很好地承受加工（鉋削、胶合、裝飾等）；具有最小的导热性与导电性等。所有这些性質，虽然都是木材本身所固有的，但是只有在經過适当的干燥之后才能表現出来。

由此可见，木材干燥是發揮木材的优良特性，合理利用木材的重要措施之一，它是木材加工生产过程中的一道不可缺少的重要工序。

我国的森林資源，目前多集中在几个較大的林区，特别是东北，估計每年将有大量的成材从边远的林区經過长途运输外运，如果在各林区先将木料干到一定程度，減輕它的重量，然后外运，每年可节约大量运输力来支援其他建設。同时又可保証木材在运输过程中不受菌虫的危害，保証木材的質量和供应。

綜上所述，木材干燥对于国民經济來說具有很重要的意义。

木材干燥的方法

目前采用的木材干燥方法，概括有下列几种：

一、生理干燥法 这是利用树叶蒸发水分的生理作用，部分地排除立木及新伐倒木中所含水分的一种干燥方法；只适用于进行流送的落叶松材和其他木材含水率較大的針叶树材，目的在于减小它們在流送中因容重过大而沉沒的百分率。方法是在生长着的立木的适当高度上，环绕着树干将边材完全砍断，断絕水分由树根上升，使原先含在树干內的水分部分地上升到树冠，借树叶子的蒸发排除出去（在二、三个月內約可排除木材所含水分的15%）。或是将树木伐倒，保存树冠不打枝，放置一段時間，借树叶的蒸发，排

除树干内的水分。

二、大气干燥法 又叫天然干燥法，或简称气干法。即把木材堆放在空旷的板院内或棚舍下，使木料在自然条件下进行干燥。这种干燥方法需要根据当地的气候条件和季节变化来配置木堆，调节木料的堆积密度，以收既提高干燥速度又保持木材质量的效果。

大气干燥的缺点是占据场地较大，干燥时间较长，干燥条件不好用人工来控制，干燥程度有限(含水率只能干到15%左右)，容易发生开裂、腐朽等缺陷。大气干燥尽管有这些缺点，但由于设备和操作简单，成本低，直到目前仍为生产上所广泛采用。

三、室干法 在密闭的特种建筑物或设备内，用人工控制干燥介质(空气、炉气、过热蒸汽)的温度、湿度与气流的速度和方向的方式对木材进行干燥处理。室干法的特点是：干燥时间较短(比气干快很多倍)，干燥条件可以灵活调节，可以干到比气干程度低的任何最终含水率，干燥质量较好，装卸和搬运工作集中，便于实现机械化作业等。因此，室干法是目前生产上采用得最广泛和最主要的一种干燥方法。

四、接触干燥法 是使被干木材与加热的物体(热板、滚筒等)表面相接触，以导热方式把热量传给木材，蒸发水分。这种干燥方法的特点是热量传递快，干燥设备较轻便。但通常只用来干燥薄而平的木料，如单板、胶合板等。

五、高频电场干燥法 是将木材放在高频振荡电路的电容器内，从木料内部加热进行干燥。特点是干燥速度很快(比室干快很多倍)；干燥质量较好。尤其是适用于某些大断面木料的干燥。但是干燥设备复杂，电能消耗较大，干燥成本较高，大规模用之于生产目前还受到一定的限制，近年来开始与室干配合使用，效果良好。

六、红外线干燥法 是用辐射传热的方法使木料加热进行干燥。在木材加工工业中，多用来干燥油漆过的木料表面，以及较薄

的木料。

七、液体干燥法 是将木料浸沉在熔化的嫌水性液体（如石腊油、硫磺等）内，由于受到高温而蒸发水分的干燥方法。特点是干燥速度很快（比室干快很多倍），设备和操作简单，干燥质量也较好；但它对于木材的工艺性能（如胶合、装饰等）有一定的影响。一般适用于建筑用材的干燥。

八、离心力干燥法 是将木料堆放在可以廻轉的机械圆盘上，使木料跟着圆盘轉动，利用离心力和热力的作用排出木料的水分。特点是干燥效果比普通的室干法较好，干燥速度较快，但由于设备复杂，目前生产上还很少采用。

九、真空干燥法 是将木料放在具有一定真空度的密闭的干燥设备内，利用加大蒸汽压力差和热力扩散的作用对木料进行干燥。这种干燥方法比室干法的效果好，但由于设备复杂，目前在木材加工工业中应用较少，广泛应用在食品加工部門。

在上述各种干燥方法中，第一、二两种属于天然干燥法，以后几种属于人工干燥法。在生产上采用得最广泛的是气干法和室干法，而室干法尤为重要。本课程的内容即以室干法为主。至于其他干燥方法，或因本身特点所限，或因科学规律有待进一步去掌握，目前在木材加工企业中，特别是在成材干燥上，采用得还不普遍。但是其中的高频电场干燥和红外线干燥在发展应用上具有广阔的前途。

木材干燥技术在我国的发展

我国历史悠久，木工技艺丰富多采。作为木工生产组成部分的木材干燥技术，在劳动人民的多年实践中积累有很多经验。如将成材置于大气之中进行气干；利用地坑、炕床进行熏烟、火烤的人工干燥；将原木或大料长期貯存水中，而后锯开晾干使用；以及建立

干燥室进行室干等等。这些都閃爍着劳动人民的智慧结晶。

但是,旧中国在帝国主义、封建主义及官僚资本主义的压榨奴役和反动政权的黑暗统治下,整个国民經济萎縮崩潰,木材干燥技术也就陷于极其落后的状态。解放前不久,在上海寥寥可数的几家木工厂中只有一間强制循环周期式木材干燥室;在东北的車輛制造和木材加工工厂中,也只有为数不多而大半是旧式的自然循环周期式干燥室。这些在当时又都被帝国主义及官僚资本主义者用来作为掠夺剝削的工具,他們醉心于利潤,工人生活困苦,談不上改进技术,創造发明。

新中国成立后,随着国民經济的迅速发展与人民生活的不断提高,木材干燥技术也得到了高速度的发展,具体表现在:大批近现代化的木材干燥室兴建起来了,同时生产工艺也得到了迅速的改进与提高。在解放后发展成立的林业科学研究机关和設計单位,大都設有木材干燥的专业小組,专门从事研究与設計工作,它們在木材干燥技术发展做出了很多貢獻;在高等及中等林业院校中开设了木材干燥課程,培养专业人員等等。这些都是旧中国所沒有的,也是不可能有的。特别是大跃进以来,发展尤为迅速。高温干燥在室干中已得到普遍应用;学习苏联先进科学技术,应用爐气作为干燥介質来干燥木材,目前已取得显著成效。同时,在因地制宜,采取簡易的有效措施和設備,土洋結合的发展干燥生产方面,也創造积累了很多新的經驗等等。今后,随着我国社会主义建設持續的跃进,随着技术革新与技术革命运动的深入开展,木材干燥技术的发展也将是高速度前进的。

我国木材干燥事业虽已具有一定的規模,但还不能滿足社会主义建設发展的要求。根据党的社会主义建設总路綫,以及土洋結合和发展木材綜合利用的精神,木材干燥技术的发展今后應該注意到:发展和革新现有的木材干燥的方法和設備,加速生产

过程；逐渐实现装卸搬运作业机械化及干燥设备程序控制自动化，提高劳动生产率，提高干燥质量；系统研究与发展木材干燥的理论与技术，进一步促进生产实践。以此来满足国民经济日益增长的对于用材的需要。

学习木材干燥学的目的和要求

“木材干燥学”是一门综合性的技术科学。它的研究对象是指以热力、湿气及液体来处理木材的干燥生产过程。它是木材机械加工专业的专业课程之一，与其他专业课程有着密切的联系与配合。

学习本课程的目的，是使学生能全面的掌握木材干燥生产过程的工艺，了解有关的理论基础知识和有关木材干燥设备的一般设计知识。以便在实际工作中，用所学到的知识与技能，通过实践，解决实际生产问题，改进现有的工艺与设备，提高生产力，加速社会主义建设。

为了深入掌握本课程，须具备一定的数学、物理、热工、电工、木材学及有关机械方面的理论基础知识。课程中所介绍的理论、工艺、设备及有关数据等内容，都来自前人的实践，来自生产、试验的总结。但是科学是不断发展的，生产是不断提高的，因此，要求学生在学习过程中，能动地进行学习，做到理论联系实际，注意在生产实践中验证所学理论，总结生产经验，丰富生产知识，并进一步地去掌握生产规律，促进生产发展，达到学好本课程的目的。

第一章 干燥介质的特性

§ 1-1 湿空气的性质

空气(气体)具有把热量传给被干木料和排除由被干木料蒸发出来的水分的能力,这种能力对于干燥技术具有特殊重要的意义。干燥时,空气和炉气都是带热介质和带湿介质,因此称它们为干燥介质。

木材的干燥过程,在很大程度上决定于干燥介质的温度、湿度与流动速度。因此,熟悉空气和炉气的性质,对于正确、合理地组织干燥过程,对干燥室进行计算,都是非常必要的。

干空气是由氮(75.5%)、氧(23.2%)、氢(1.3%)和少量的其他气体所组成。空气内经常含有水蒸汽,极少绝对状态存在。含有水蒸汽的空气,叫做湿空气。

根据道尔顿定律:湿空气的气压表压力(P)等于干空气分压力(P_a)与水蒸汽分压力(P_w)之和,即:

$$P = P_a + P_w \quad (1-1)$$

在干燥技术中,压力 P 的数值一般采用745毫米水银柱或10128公斤/平方米(10128毫米水柱),也就是高出海平面约200米的平均实际大气压。

在木材干燥技术所采用的温度范围内,空气和水蒸汽都可当作理想气体看待,并从属于气体状态方程式(克拉贝龙方程式)。因此可以写出:

$$P_s v_s = R_s T \quad (1-2)$$

$$P_n v_n = R_n T \quad (1-3)$$

式中: P_s 及 P_n —干空气及水蒸汽的分压力(公斤/平方米);

v_s 及 v_n —干空气及水蒸汽的比容, 即1公斤气体的容积(立方米);

T —绝对温度($^{\circ}\text{C}$);

R_s 及 R_n —干空气及水蒸汽的气体常数, 表示1公斤气体在压力不变的条件下当它的温度升高 1°C 时因膨胀而作的功, 单位为公斤米/公斤 $^{\circ}\text{C}$; $R_s = 29.27$ 公斤米/公斤 $^{\circ}\text{C}$, $R_n = 47.07$ 公斤米/公斤 $^{\circ}\text{C}$.

由于 $v_s = \frac{1}{\gamma_s}$, 所以于空气的比重 γ_s 为:

$$\gamma_s = \frac{P_s}{R_s T} \text{ 公斤/立方米} \quad (1-4)$$

同理; 水蒸汽的比重 γ_n 为:

$$\gamma_n = \frac{P_n}{R_n T} \text{ 公斤/立方米} \quad (1-5)$$

空气的湿度 空气的湿度有两种概念: 即绝对湿度与相对湿度。

空气的绝对湿度 为1立方米湿空气中含有水蒸汽的重量。由于空气内水蒸汽占据的体积等于空气的体积, 所以空气的绝对湿度也就是空气内的水蒸汽的比重 γ_n 。它的数值是蒸汽比容 v_n 的倒数, 可用下式表示:

$$\gamma_n = \frac{1}{v_n} \text{ 公斤/立方米} \quad (1-6)$$

空气中含有水蒸汽的数量是有限度的。对于还有可能吸收水蒸汽并能将它保持住的空气, 叫做**饱和空气**; 对于不能再吸收水

蒸汽的空气，叫做**饱和空气**。向饱和空气内通入水蒸汽则形成**雾气**，水分则凝成水滴滴落下来（**冷凝**）。

饱和状态下的空气的绝对湿度，叫做**空气的湿容量**，用 r_n 表示。空气的湿容量表示为空气的吸湿能力，它随着温度的升高而急剧增大。例如， 20°C 温度时空气的湿容量是 20 克； 70°C 温度时就增大到 200 克。这就是说，1 立方米 70°C 的空气在干燥时能够吸收从木材中排出来的水蒸汽的能力，比 20°C 的空气大 9 倍。

空气的相对湿度 φ 是指空气的绝对湿度 r_n 对同温度下的空气湿容量 r_n 之比，即：

$$\varphi = \frac{r_n}{r_n} = \frac{P_n}{P_n} \quad (1-7)$$

空气的相对湿度，说明在一定温度下空气被水蒸汽所饱和的程度，常用百分率表示：

$$\varphi = \frac{r_n}{r_n} 100\% = \frac{P_n}{P_n} 100\% \quad (1-8)$$

$\varphi = \frac{P_n}{P_n}$ 又可称为**蒸气相对压力**。它和空气的相对湿度在数值上是相同的，但在概念上要来得广泛些。“蒸气相对压力”既适用于湿空气，也适用于纯蒸汽；“相对湿度”只适用于湿空气，对于纯蒸汽就没有意义。

P_n 为饱和蒸汽压力；当大气压力等于 745 毫米水银柱（10128 公斤/平方米）时，随着温度而变化的饱和蒸汽压的数值见表 1-1。

绝干空气的相对湿度等于零，饱和空气的等于 1。

空气的**湿含量** d 指在湿空气内所含有的以 1 公斤干空气为基础的**水蒸汽重量的克数**；等于：

$$d = \frac{G_n}{G_s} 1000 = \frac{r_n}{r_n} 1000 \text{ 克/公斤干空气} \quad (1-9)$$

式中： G_n 及 G_s — 水蒸汽及干空气的重量（公斤）