

木材工业 实用大全

木材干燥卷

中国林业出版社

木材工业实用大全

木材干燥卷

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

木材工业实用大全：木材干燥卷/《木材工业实用大全》编委会 《木材工业实用大全·木材干燥卷》编写组. —北京：中国林业出版社，1998. 5

ISBN 7-5038-1926-X

I. 木… II. 木… III. ①木材工业-手册②木材干燥 IV. S781-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 21993 号

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

北京卫顺印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1998 年 5 月第 1 版 1998 年 5 月第 1 次印刷

开本：787mm×1092mm 1/16 印张：17

字数：425 千字 印数：1600 册

定价：96.00 元

《木材工业实用大全》编辑出版领导小组

组 长：徐有芳

副组长：江泽慧 刘永龙 潘祉贤

组 员（按姓氏笔画为序）：

王 恺 王长福 任景阳 朱元鼎 李泽兴 吴 博

陈统爱 张久荣 周维明 钱或境 潘家傑

《木材工业实用大全》编辑委员会

主 编：王 恺

副主编：陈平安 刘茂泰

常务编委（按姓氏笔画为序）：

于夺福 卢庆曾 申宗圻 李继书 余松宝 陆仁书

张维钧 高家炽 梁世镇 韩师休

编 委（按姓氏笔画为序）：

丁美蓉 卜若馨 王天佑 王金林 王 愉 叶克林

史家忠 刘志福 汤宜庄 吕乐一 孙庆璋 孙新民

吴树栋 吴悦琦 汪华福 李永庆 余丽慈 张广仁

张守政 张国永 张熙中 林国梁 林梦兰 罗一国

赵莲生 季仁和 夏志远 顾炼百 诸葛俊鸿 黄艺文

葛仁滋 樊开凡 颜 镇 薛培安

策划编辑：马广仁 马爱锦

《木材工业实用大全·木材干燥卷》编写组

主 编：梁世镇 顾炼百

作 者（按姓氏笔画为序）：

庄寿增 李大纲 金咸璋 赵寿岳 顾炼百 翁文增

梁世镇

责任编辑：马爱锦

依靠科技進步
振興木材工業

田紀雲
一九九二年五月

提高木材工业水平
促进林业事业新发展

高德占

一九九二年十月

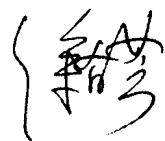
序 言

林业是国民经济的重要组成部分,既是一项社会公益事业,又是一项重要的产业,肩负着改善生态环境和为国家经济建设以及满足人民生活需要提供各种林产品的双重任务。在党和国家的高度重视下,通过广大林业职工和社会各界的共同努力,目前,我国已实现了全国森林资源总生长量大于总消耗量,消灭了森林“赤字”,扭转了长期以来森林蓄积量持续下降的局面,开始走向森林面积和森林蓄积双增长的新阶段,林业形势正在继续向好的方向发展。

林产工业是林业的重要组成部分,是国民经济中不可缺少的一个产业。培育、保护、经营和利用好森林资源是林业的主要任务。作为资源综合利用的林产工业,是实现森林资源再生的重要环节,是加工木材和各种林产品服务于经济建设和美化人民生活的重要行业。大力发展林产工业更是充分合理利用森林资源,从根本上减轻森林资源压力,壮大林业实力,实现以工养林、林工贸一体化的有效途径。

改革开放以来,林产工业得到了较快发展,无论是生产技术水平和装备水平,还是产品质量,都有明显提高。但其发展的总体水平与国民经济的发展还很不适应,与发达国家同行业相比还有很大差距,亟待急起直追。

振兴林业,科技先行,人才为本。目前,正是我国建立社会主义市场经济新体制,实现现代化经济建设第二步战略目标的重要时期,对林业的振兴,既是机遇又是挑战。我国林业要在国际、国内占有一席之地,从现在起就要十分重视人才的培养,把加强科技队伍建设,搞好技术培训放到重要地位,培养一支在国际、国内市场上具有竞争能力的跨世纪的科技队伍。《木材工业实用大全》的出版意在满足对现有科研、教育、设计和生产等领域的工程技术人员,对更新知识,推广应用新技术、新成果的需要起到积极的作用。因此,编写和出版这本《木材工业实用大全》是十分必要和及时的,希望这朵科技兴林之花,能结出社会主义现代化林业之果。



1994年3月25日

前 言

木材工业是指以木材和木质材料为原料，经机械或机械与化学方法加工为产品的加工工业。它包括自原木开始后的制材、木材干燥、防护和改性处理，人造板等复合材料制造以及木制品生产等方面。由于木材是有质量轻、强度高、弹性好、色调丰富、纹理美观、保温隔热、加工容易等优点，所以木材用途极为广泛；加以木材工业加工能源消耗低，环境污染少，资源有再生性，废弃产品又可多次重复利用，因此，木材工业也是环境的友好工业，对国家经济建设和人民生活有着密切的关系，在国民经济中占有重要位置。此外，木材工业在市场的牵引下不断健康增长的同时，亦有利于森林资源的优化和持续发展。

新中国成立以来，我国的木材工业有了很大的发展，特别是改革开放以来，无论是在产品品种、数量和质量上，还是生产技术、设备和管理水平上，更有了明显的提高，积累了不少可贵的经验和资料。为了反映我国木材工业现状，便于相互交流和促进其持续发展，以满足现有生产、设计、教育和科研等方面的工程技术人员和企业管理人员等对生产、技术、知识更新和新技术推广等的需要，中国林业出版社倡议编撰《木材工业实用大全》大型套书，得到了林业部领导的支持和中国林产工业公司的积极响应，成立了该书的编辑出版领导小组和编辑委员会，编委会由国内有关专家 50 人共同组成。

《木材工业实用大全》是以实用为主的手册性的大型工具书，主要供有关工程技术人员、企业管理人员和中级以上水平操作工人阅读。编写的原则是：1. 按产品分卷为主，各卷既要尽可能的保持其独立性，又要避免过多的重复；2. 既要撰写国内成熟的生产技术，又要适当介绍符合我国国情的国外技术；3. 内容阐述上以生产工艺为中心，设备为辅，设备又以主机为主；4. 内容表达上要求文字简洁，尽可能用图表、公式，力求充分体现手册性的特点。

《木材工业实用大全》的内容包括木材工业各种主要产品，如木材卷、胶粘剂卷、制材卷、木材干燥卷、木材保护卷、木制品卷、家具卷、涂饰卷、胶合板与胶合木卷、刨花板卷、纤维板卷及人造板表面装饰卷。各卷均具有其独立性，按分卷陆续出版，标示卷名，不列卷次，便于读者需要购买，也有利于分卷编辑出版。

《木材工业实用大全》在编写过程中得到领导小组的亲切指导，编委会编委的热情支持与辛勤工作，有关高等院校、科研单位、设计单位及生产部门的大力协助，香港嘉汉木业的巨额资助，特别是承前国务院副总理田纪云同志、前林业部部长高德占同志为本书亲笔题词，在此一并谨致诚挚的谢意。编写这样大型工具书，国内外尚不多见，我们缺乏经验，不妥之处，恳请读者批评指正。

王恺

1997年5月8日

本卷前言

木材经正确的干燥后，可以防止腐朽变质、变形和开裂；可以提高力学强度，改善物理和加工性能（如提高共鸣性和强重比；显现花纹和光泽；易于刨削、胶合和装饰等）；可以减轻重量，便于运输。因此，木材干燥是合理利用木材、节约木材的重要技术措施，是木材加工生产中一道不可缺少的重要工序。

木材干燥涉及的行业很广，如木工、建筑、车辆、造船、纺织、乐器、机械、文体用品、玩具等都需要木材干燥。随着国民经济的发展及木制品质量要求的提高，木材干燥技术越来越被人们重视。然而，目前国内有关木材干燥手册性的书籍尚缺，急需能反映国内外最新实用技术和成果的木材干燥工具书。为此，我们编写成《木材工业实用大全》中《木材干燥卷》。

本书是一本比较系统的木材干燥手册。它包括简要的基础知识，木材干燥方法、工艺及主要设备等内容。并将木材干燥最主要的设备及针、阔叶树锯材的典型干燥基准附于书末，供读者查阅。本书摒弃了烦杂的理论，突出实用性、时代性和中国特色。在较广泛地汇集国内外先进、实用资料的同时，收进了我们自己的多项经生产验证的科研成果，可供木材干燥生产、科研单位的工程技术人员、科研人员、技工及本专业的大专院校师生参考。

本书共 11 章，编写人员有：梁世镇（第 1 章），赵寿岳（第 2 章，第 4 章第 3、4 节和第 9 章），翁文增（第 3、7 章和第 8 章第 1 节），顾炼百（第 4 章第 1、2 节，第 6 章，第 8 章第 3 节和第 11 章第 1 节），金咸璋（第 5 章），李大纲（第 8 章第 2 节），庄寿增（第 10 章和第 11 章第 2、3、4 节）。全书先后由梁世镇和顾炼百汇总及整理。

由于编者水平有限，不当之处请广大读者指正。

编者

1997 年 6 月 14 日

目 录

本卷前言

1 木材与水分

- 1.1 木材含水率 (1)
- 1.2 自由水与吸着水 (2)
- 1.3 木材平衡含水率 (2)
 - 1.3.1 木材的解吸与吸湿 (2)
 - 1.3.2 木材平衡含水率图表 (4)
 - 1.3.3 我国各地木材平衡含水率估计值 (4)
- 1.4 木材中水分的移动 (6)
- 1.5 木材的干缩 (7)
- 1.6 木材的密度 (7)

2 木材干燥介质

- 2.1 水蒸汽 (14)
 - 2.1.1 湿饱和蒸汽 (15)
 - 2.1.2 干饱和蒸汽 (15)
 - 2.1.3 过热蒸汽 (16)
- 2.2 湿空气 (18)
 - 2.2.1 湿空气的状态参数 (18)
 - 2.2.2 湿空气的焓-湿图 (21)
- 2.3 炉 气 (27)
 - 2.3.1 木燃料的成分 (27)
 - 2.3.2 木燃料的发热量 (27)
 - 2.3.3 木燃料燃烧所需空气量 (28)
 - 2.3.4 炉气含有的水蒸汽量 (29)
 - 2.3.5 燃料燃烧生成的干炉气量 (29)
 - 2.3.6 炉气的湿含量 (29)
 - 2.3.7 炉气的热焓量 I (29)
 - 2.3.8 炉气内二氧化碳的含量 (29)
 - 2.3.9 炉气的温度 (30)

3 木材干燥的测量技术

3.1 温度、湿度和平衡含水率的测量	(31)
3.1.1 温度测量仪表	(31)
3.1.2 湿度测量仪表	(33)
3.1.3 温、湿度测量应注意事项	(35)
3.1.4 平衡含水率的测量	(36)
3.1.5 窑内温度分布场的测量	(36)
3.1.6 木材内部温度场的测量	(36)
3.2 木材含水率的测量	(38)
3.2.1 含水率测量的方法	(38)
3.2.2 木材在窑干过程中的含水率测量	(41)
3.2.3 含水率分布场的测量	(44)
3.3 干燥应力的检验	(46)
3.3.1 实测法	(46)
3.3.2 切片分析法与应力指数	(46)
3.3.3 叉齿分析法与应力指标	(47)
3.4 风速、风压、风量的测量	(48)
3.4.1 风速的测量	(48)
3.4.2 风压的测量	(49)
3.4.3 风量的测量	(50)
3.5 蒸汽流量的测量	(51)
3.5.1 孔板流量计	(51)
3.5.2 蒸汽旋涡流量计	(52)
3.6 木材窑干的热平衡测试	(53)

4 木材干燥主要设备及其选用

4.1 供热和调湿设备	(56)
4.1.1 蒸汽供热和调湿设备	(56)
4.1.2 炉气供热和调湿设备	(68)
4.2 气流循环设备	(71)
4.2.1 通风机的性能参数	(71)
4.2.2 离心通风机	(72)
4.2.3 轴流通风机	(74)
4.2.4 风机的传动和安装	(79)
4.3 木材运输与材堆装卸设备	(80)
4.3.1 木材的运输	(80)
4.3.2 木材的装卸	(82)

4.4 木材干燥过程的自动控制	(87)
-----------------	------

5 木材的气干及预干

5.1 木材大气干燥与强制气干	(92)
5.1.1 木材气干法	(92)
5.1.2 木材强制气干法	(99)
5.2 木材的预干燥	(101)

6 木材太阳能干燥

6.1 太阳辐射的基本知识	(103)
6.1.1 太阳常数	(103)
6.1.2 太阳辐射在大气中的衰减	(103)
6.1.3 太阳辐射的测量	(104)
6.1.4 我国的太阳辐射强度	(105)
6.2 太阳能集热器	(109)
6.2.1 集热器的分类	(109)
6.2.2 典型平板空气集热器的结构组成	(109)
6.2.3 平板型集热器的性能分析	(111)
6.3 木材太阳能干燥窑	(112)
6.3.1 暖房型干燥窑	(112)
6.3.2 半暖房型干燥窑	(113)
6.3.3 集热器与不透光的墙壁分开的干燥窑	(114)
6.4 木材太阳能干燥的工艺与应用	(116)
6.4.1 干燥工艺	(116)
6.4.2 太阳能干燥的实际应用范围	(117)

7 木材干燥窑

7.1 干燥窑的分类	(119)
7.1.1 按作业方式	(119)
7.1.2 按加热方式	(119)
7.1.3 按气流循环方式	(120)
7.1.4 按风机布置方式	(120)
7.2 连续式干燥窑	(120)
7.3 周期式自然循环干燥窑	(121)
7.3.1 自然循环蒸汽干燥窑	(121)
7.3.2 自然循环炉气干燥窑	(121)
7.4 周期式强制循环干燥窑	(122)

4 目 录

7.4.1	上风机型窑	(122)
7.4.2	侧风机型窑	(126)
7.4.3	端风机型窑	(129)
7.4.4	喷气型窑	(130)
7.4.5	过热蒸汽干燥窑	(132)
7.4.6	分离式炉气干燥窑	(133)
7.4.7	除湿干燥窑	(133)
7.4.8	预干窑	(133)
7.5	干燥窑的壳体结构及建筑	(134)
7.5.1	砖混结构窑体及建筑	(134)
7.5.2	金属装配式窑体	(137)
7.5.3	砖混结构铝内壁窑	(138)
7.5.4	窑 门	(138)
7.5.5	进排气装置	(139)
7.6	干燥窑的防开裂和防腐蚀措施	(140)
7.6.1	壳体防开裂措施	(140)
7.6.2	壳体防腐蚀措施	(140)
7.6.3	窑内设备的防腐蚀措施	(141)
7.7	干燥窑的技术经济分析和选用	(142)
7.7.1	干燥窑的技术经济分析	(142)
7.7.2	干燥窑的选用	(143)
7.8	干燥窑的保养和维修	(146)
7.8.1	干燥窑的正确使用和保养	(146)
7.8.2	干燥窑的维修	(147)

8 木材窑干

8.1	木材常规窑干	(149)
8.1.1	常规窑干的特点及适用范围	(149)
8.1.2	装 堆	(149)
8.1.3	干燥基准	(152)
8.1.4	干燥过程中的应力变化	(165)
8.1.5	干燥过程中的调湿处理	(166)
8.1.6	窑干过程的含水率测量和应力检验	(169)
8.1.7	窑干的实施	(169)
8.1.8	常见干燥缺陷	(173)
8.1.9	窑干质量检验与质量指标	(176)
8.2	木材的高温窑干	(177)
8.2.1	高温干燥对设备的要求	(177)

8.2.2	以湿空气为干燥介质的高温干燥	(177)
8.2.3	常压过热蒸汽干燥	(178)
8.2.4	高温窑干与气干或常规窑干相结合的联合干燥	(179)
8.2.5	高温干燥对木材性质的影响	(180)
8.2.6	高温干燥的优缺点及其适用范围	(181)
8.3	木材的炉气干燥和炉气间接加热干燥	(181)
8.3.1	木废料的性质及其燃烧分析	(182)
8.3.2	木材的炉气干燥	(186)
8.3.3	木材的炉气间接加热干燥	(189)

9 木材除湿干燥

9.1	主要设备和工作原理	(197)
9.1.1	设备组成	(197)
9.1.2	工作原理	(198)
9.2	除湿干燥工艺	(199)
9.2.1	干燥温度和湿度	(199)
9.2.2	干燥时间和质量	(200)
9.2.3	除湿机的功率选择和操作要点	(200)
9.3	除湿干燥的经济性和实用性	(201)
9.3.1	除湿干燥的经济性	(201)
9.3.2	除湿干燥的实用性	(202)
9.3.3	除湿干燥的改进措施	(202)

10 木材真空干燥

10.1	真空及真空干燥基本原理	(203)
10.1.1	真空与真空度	(203)
10.1.2	真空度与水的沸点温度	(203)
10.1.3	真空对木材内部水分流动的促进作用	(204)
10.2	真空干燥设备	(205)
10.2.1	干燥筒	(205)
10.2.2	真空泵	(205)
10.2.3	加热系统	(207)
10.2.4	控制系统	(212)
10.3	真空干燥的工艺流程	(212)
10.3.1	对流加热间歇真空干燥工艺	(213)
10.3.2	热板加热连续真空干燥工艺	(215)
10.3.3	高频加热真空干燥工艺	(216)
10.4	真空干燥的应用与发展	(217)

10.4.1 真空干燥的应用效果	(217)
10.4.2 对流加热连续真空干燥	(218)

11 其它特种干燥法

11.1 木材的高频干燥和微波干燥	(220)
11.1.1 高频干燥与微波干燥的基本特点	(220)
11.1.2 木材的高频干燥	(221)
11.1.3 木材的微波干燥	(224)
11.1.4 高频和微波干燥的应用	(226)
11.2 木材红外线干燥	(227)
11.2.1 红外线加热基本原理	(227)
11.2.2 红外线干燥设备	(227)
11.2.3 红外线加热技术在木材加工工业中的应用	(230)
11.3 木材的热压干燥	(231)
11.3.1 热压干燥的基本原理	(231)
11.3.2 热压干燥设备	(231)
11.3.3 热压干燥工艺	(232)
11.3.4 热压干燥的应用前景	(233)
11.4 木材化学干燥	(234)
11.4.1 溶剂(置换)干燥	(234)
11.4.2 嫌水性溶液沸腾干燥	(234)
11.4.3 有机溶剂蒸汽干燥	(235)
11.4.4 化学药品干燥	(235)
附录 1 SRZ 型散热器主要技术参数	(236)
附录 2 SRZ 型散热器技术性能	(237)
附录 3 SRL 型散热器	(237)
附录 4 SXL-A 型散热器	(238)
附录 5 S 型散热器	(240)
附录 6 U 型散热器	(241)
附录 7 T30 型轴流通风机性能规范表	(242)
附录 8 针叶树锯材窑干基准表	(244)
附录 9 针叶树锯材基准表的选用	(245)
附录 10 阔叶树锯材窑干基准表	(246)
附录 11 阔叶树锯材基准表的选用	(248)
参考文献	(249)

1

木材与水分

一棵活树，其根部不间断地把土壤中的水分通过树干输送到树叶，所以树干里含有大量的水分。活树被伐倒并锯制成各种规格的锯材后，水分的一部分或大部分仍然保留在木材内部，这就是木材中水分的由来。

用新采伐的树木制成的板材和方材叫生材。表 1-1 是东北林区五种主要树木的生材水分含量，由此也可了解一般树种的生材水分含量。

表 1-1 东北五种树木的生材水分含量

树 种	水 分 含 量, %		
	心 材	边 材	树种平均
红 松	70	200	135
臭冷杉	130	200	165
春 榆	125	100	113
色 木		90	90
紫 椴		130	130
五 种 树 种 总 平 均			127

1.1 木材含水率

木材中包含的水分的重量叫含水量。含水量用水分的重量对木材物质重量之比的百分率表示，叫做木材含水率。

含水率可以用全干木材的重量作为计算的基础，算出的数值叫做绝对含水率，并简称为含水率 ($W, \%$)。计算的公式是：

$$W = \frac{G_s - G_{g0}}{G_{g0}} \times 100\%$$

式中： W ——木材绝对含水率，%；

G_s ——湿木材重量；

G_{g0} ——绝干材重量。

若用湿材重量作为计算基础，算出的数值叫做相对含水率 ($W_0, \%$)。计算的公式是：

$$W_0 = \frac{G_s - G_{g0}}{G_s} \times 100\%$$

测定木材含水率的方法有多种，最常用的是烘干法和电动快测法。其测定步骤、要点与设备等见 3.2.1。

木材可按干湿程度分为 6 级：

湿材：长期放在水内，含水率大于生材的木材；