

木材干燥

—理论、实践和经济

〔法〕P.若利 F.莫尔-谢瓦利埃

86年4月14

中国林业出版社

68.82
4422

木材干燥

——理论、实践和经济

〔法〕P.若利 F.莫尔-谢瓦利埃 著

宋 闯 译

中国林业出版社

046515

封面设计: 袁力

P. Joly F. More-Chevalier
THEORIE, PRATIQUE & ECONOMI
du
SECHAGE DES BOIS

H. Vial 1980

根据法国 H. 维亚尔出版社 1980 年法文版译出

木材干燥

——理论、实践和经济

〔法〕P. 若利 F. 莫尔-谢瓦利埃 著

宋 闯 译

中国林业出版社出版 (北京朝内大街 130 号)

新华书店北京发行所发行 昌黎县印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 插图 1 页 393

1985 年 7 月第 1 版 1985 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—3,000 册

统一书号 15046·1140 定价 3.45 元

科技新书目 104—17

译 序

这本书是法国1980年出版的，主要内容包括木材干燥的一般原理、法国当前生产中采用的各种干燥方法和干燥经济问题三个部分。

其中以传统窑干法、除湿干燥法和真空干燥法为重点。从原理、设备到操作管理都作了详细的叙述，引用了一些最近的资料，反映了法国以及西欧一些国家近年来木材干燥技术的成就。除湿干燥法和真空干燥法以及窑干的自动控制系统近十几年来在欧洲一些国家发展较快，而系统的资料却不多，因此，书中在这些方面的系统介绍就显得更为有用。

干燥费用和能源利用是现实干燥生产中两个人们最关心的问题。作者对这两个问题作了充分的讨论，包括干燥成本分析方法、如何从经济和技术上来选择干燥方法和工艺、能源使用情况以及节能措施等重要方面。这方面的资料特别适合生产管理人员参考。尽管各国经济制度不同，经济上的分析方法和侧重点不一样，但一些基本的原则是共同的。

本书内容侧重于实践，阐述通俗易懂，并附有较多的插图，可供生产操作人员及管理人员参考。

何定华

1983年3月

前 言

这本著作不光是近年来关于木材干燥问题的研究总结，也不仅是最近出版的这方面书籍、论文及情报资料的综合，而是我们多年来从事木材干燥研究所取得的经验结晶，是所有进行木材干燥研究和生产的人们的实用工具。

我们的许多研究工作都是以广大的科研和生产场所作为实验基地的。多年来，我们参观了许多企业。在这里，我们应该感谢这些企业的负责人、工程师和干燥机的操作人员，他们为本书作出了贡献。我们在书中借用了他们的生产实例，有的是好的、值得推广的，也有的是失败的、不可取的。

我们在实验室亲手进行了多达两千次干燥试验。此外，我们还从各种课堂和会议中吸取了不少有益的东西。在许多讲习班、学术报告会及技术座谈会上，我们广泛地和各方面专家及企业家交换了意见。本书中很多内容是为了回答他们提出的问题而写的。

在谈到这些具体问题以前，在介绍各种干燥方法以前，我们先简略地叙述一下干燥理论，这就是第一章的目的。这一章比较复杂，但不读这一章，也不影响对其它章节的理解。因此，凡对第一章不感兴趣者，可从第二章开始阅读。第二章开始，涉及的概念比较简单，也较实际。

现在，不少实验室都在研究木材的物理性质。本书没有全部列入他们的研究成果。

本书的干燥实践部分，我们采用了许多插图和照片，以帮助读者理解木材干燥技术。

最后，关于木材干燥的经济问题，我们将以独特的论述方式，尽量帮助木材干燥企业或车间的管理人员掌握如何利用投资去获得最大经济效益。

我们知道，在木材干燥方面，我们还有许多东西需要学习。我们希望能继续和读者进行交流，了解大家的新经验，以便在本书再版时增补和修改。

作 者

目 录

前 言

1.干燥总论	(1)
1.1 各种干燥方式	(1)
1.1.1 机械干燥	(1)
1.1.2 化学干燥	(1)
1.1.3 热力干燥	(1)
1.2 热力干燥	(2)
1.2.1 热力干燥的定义	(2)
1.2.2 湿空气和湿空气图	(2)
1.2.3 多孔材料的吸湿平衡	(6)
1.2.4 干燥原理	(9)
2.木材干燥理论	(20)
2.1 木材的解剖学概念	(20)
2.1.1 木材的定义	(20)
2.1.2 木材的组织结构	(20)
2.1.3 木材的切面	(21)
2.2 木材的物理性质	(22)
2.2.1 木材的含水率	(22)
2.2.2 木材的吸湿平衡	(29)
2.2.3 木材的干缩和湿胀	(32)
2.2.4 木材的比重	(37)
2.3 木材干燥的规律	(40)
2.3.1 木材干燥的原理	(40)
2.3.2 影响木材干燥的因素	(42)
3.大气干燥	(44)
3.1 圆木的大气干燥	(44)
3.2 成材的大气干燥技术	(46)
3.2.1 木材的堆积和隔条的放置	(46)
3.2.2 材堆的布置和方向	(47)
3.2.3 气干场	(49)
3.2.4 其它堆积法	(49)
3.3 木材气干的延续期和影响延续期的因素	(51)

3.3.1	木材本身的因素	(51)
3.3.2	气候因素	(51)
3.3.3	木材堆积日期	(52)
3.3.4	若干树种木材的气干延续期	(52)
3.3.5	气干延续期计算公式的研究	(54)
3.4	木材大气干燥中可能出现的缺陷	(56)
3.5	木材大气干燥的改良	(56)
3.5.1	加设顶盖	(56)
3.5.2	改善通风条件	(57)
3.6	木材大气干燥的优点和局限性	(58)
4	木材窑干原理和工艺	(60)
4.1	人工干燥,干燥介质的调节	(60)
4.1.1	木材干燥,特别是人工干燥的技术原因	(60)
4.1.2	木材人工干燥的经济原因	(61)
4.2	干燥窑的主要结构	(62)
4.2.1	干燥室	(62)
4.2.2	通风系统	(70)
4.2.3	加热系统	(75)
4.2.4	空气介质湿度调节系统	(77)
4.2.5	干燥室条件控制方法	(77)
4.3	常规干燥窑	(78)
4.3.1	定义和原理	(78)
4.3.2	周期式干燥窑	(78)
4.3.3	木材预干室	(96)
4.3.4	隧道式连续干燥窑	(97)
4.4	热室干燥窑	(100)
4.5	除湿干燥窑	(104)
4.5.1	导言	(104)
4.5.2	定义和原理	(105)
4.5.3	除湿干燥窑的组成	(110)
4.5.4	除湿器的除湿原理	(122)
4.5.5	化学除湿干燥	(126)
4.6	真空干燥机	(128)
4.6.1	定义和原理	(128)
4.6.2	木材真空干燥设备和工艺	(128)
4.6.3	真空干燥法的优点和局限性	(133)
4.7	其它干燥方法及其发展前景	(134)
4.7.1	红外线干燥	(134)
4.7.2	焦耳效应干燥	(136)

4.7.3	电磁场干燥	(138)
4.7.4	高频电流干燥	(138)
4.7.5	微波干燥	(141)
4.7.6	化学干燥	(142)
4.7.7	太阳能干燥	(142)
4.8	木材干燥所需能量的生产和分配	(146)
4.8.1	各种可供利用的能量	(147)
4.8.2	木材干燥能量需求量的计算	(156)
5	木材人工干燥的控制	(159)
5.1	概论	(159)
5.2	常规干燥窑的控制	(161)
5.2.1	常规窑干的准备工作	(161)
5.2.2	木材干燥窑控制的基本原则	(163)
5.2.3	木材干燥控制方案的制定	(164)
5.2.4	常规干燥窑的手动控制	(178)
5.2.5	常规干燥窑的半自动控制	(179)
5.2.6	常规干燥窑的自动控制	(184)
5.2.7	若干具体问题及答案	(191)
5.2.8	木材常规窑干的故障和操作错误	(192)
5.2.9	关于干燥窑及控制系统保养的几点建议	(192)
5.3	几种改进型常规干燥窑的控制	(193)
5.3.1	隧道式干燥窑的控制	(193)
5.3.2	热室干燥窑的控制	(193)
5.4	除湿干燥窑的控制	(193)
5.4.1	除湿干燥的准备	(193)
5.4.2	除湿干燥窑控制的基本原理	(194)
5.4.3	合理利用除湿干燥窑的条件和措施	(195)
5.4.4	有关除湿干燥窑的控制的实用数据	(204)
5.4.5	除湿干燥窑的具体控制方法	(206)
5.4.6	除湿器的保养	(210)
5.5	真空干燥机的控制	(211)
5.5.1	准备工作	(211)
5.5.2	真空干燥机控制的基本原理	(212)
5.5.3	真空干燥机的控制方法	(212)
5.6	木材干燥过程的检验和干燥结果的分析	(216)
5.6.1	木材干燥报告表	(216)
5.6.2	木材干燥结果的分析	(217)
5.7	干燥缺陷	(219)
5.7.1	终含水率不均	(219)

5.7.2	表面裂纹	(220)
5.7.3	端裂	(220)
5.7.4	外裂	(220)
5.7.5	变色和褪色	(220)
5.7.6	表面硬化	(221)
5.7.7	内裂	(221)
5.7.8	木材皱缩	(222)
5.8	干燥木材的贮存	(222)
6.	木材干燥场的实际组织	(224)
6.1	干燥窑的设置位置	(224)
6.2	木材的堆积和拆垛	(226)
6.3	装窑方式	(229)
6.3.1	有轨材车装窑法	(229)
6.3.2	滚筒、滚轮式轨道或传送链装窑法	(230)
6.3.3	托盘运材车装窑法	(231)
6.3.4	叉车直接装窑法	(231)
6.3.5	桥式起重机或吊车装窑法	(232)
6.3.6	移动式干燥窑	(232)
6.4	木材干燥循环作业的组织 and 干燥作业的规划	(233)
7.	木材干燥的经济问题	(234)
7.1	正确制订木材干燥生产的计划	(234)
7.1.1	概论	(234)
7.1.2	研究方法	(235)
7.1.3	木材干燥费用	(239)
7.2	解决木材干燥问题的各种措施——干燥方法和环境之间的关系	(250)
7.2.1	各种干燥方法	(250)
7.2.2	解决木材干燥问题的几种方式	(251)
7.3	选择木材干燥方法和工艺的若干因素	(252)
7.3.1	选择干燥方法的因素	(252)
7.3.2	木材干燥工艺的选择	(256)
7.4	木材干燥中的节能	(259)
8.	其它木材工业用干燥设备	(263)
8.1	单板干燥	(263)
8.1.1	概论	(263)
8.1.2	自由通风单板干燥机	(264)
8.1.3	单板干燥机	(264)
8.1.4	单板干燥机的通风系统	(264)
8.1.5	单板干燥机的加热和冷却装置	(267)
8.1.6	单板运输系统	(267)

8.1.7 特殊的单板干燥机.....	(270)
8.1.8 单板干燥机的控制.....	(271)
8.2 刨花干燥机.....	(271)
附：若干树种木材干燥表.....	(274)
参考文献.....	(279)

1. 干燥总论

字典中称干燥为“排除物体内含水分的处理过程”。工业生产中，干燥系指排除某些原料或用这些原料加工的成品中的一部分或大部分水分的工艺过程。这一定义也适用于木材干燥。木材在加工和使用前必须加以干燥。湿木材加工成的制品必将产生种种严重缺陷。

我们将在这一章内先论述和熟悉一下干燥的一般现象，然后在以下各章中再具体分析木材的干燥问题。

1.1 各种干燥方式

为了排除物体所吸收的水分（这里不包括结构水，因为只有改变物体的成分才能排除结构水），可采用多种方式。

1.1.1 机械干燥

把机械脱水称作干燥，有人有不同看法。但用机械排除物体中的水分是符合上述干燥定义的。机械干燥系通过机械作用快速地将物体所含水分除掉。

例如，鼓式干燥机是用离心作用以排除某些物体中的大部分水分。

再如，压榨机也可用于干燥。这时，须将待干物放在两块带沟槽的压板中。加压时，水分从沟槽排出。也有用辊式压榨机的，待干物或则从两个压榨辊之间通过，或则从一个压榨辊和一条带细网眼的金属网带之间通过，水分从网眼排出。

1.1.2 化学干燥

很多化学品有脱水作用。可用以作脱水剂排除物体中的水分。这里说的化学干燥仅限于直接由化学品脱水，而不包括对待干物周围空气脱湿的间接化学干燥，因间接化学干燥是与热力干燥相结合的干燥方法。用于化学干燥的化学品有氯化钙、氯化锂、氯化钠、三氧化硫、硝酸钙、硝酸钠等。

1.1.3 热力干燥

这是本书将研究的主要干燥方法。热力干燥就是用热能变液态水为气态，再由空气（即干燥介质）将产生的水蒸汽排除掉。下面将介绍热力干燥的原理。

也可将上述各种干燥法结合应用。

1.2 热力干燥

1.2.1 热力干燥的定义

热力干燥系通过分子振动以破坏液体与物体间的化学和静电结合，使物体干燥。在进行热力干燥时，须使被干物的分子结构不发生变化。

热能的传递方式有：

导热，即物体通过热导体（如金属）和热源接触；

辐射，如微波、红外线等；

对流，即通过空气传递干燥所需的热能。

几乎所有干燥方法都要用空气作为从物体中排出水分的运载工具。将待干物置于温度和相对湿度一定的环境中，此物即按一定规律发生变化。这些规律与物体本身及其周围环境（湿空气）的物理-化学性质相关。

诸如物体内水蒸汽及液态水的运动、物体表面水分的蒸发以及能量的转移等一系列现象均可用关于质和热量的转移理论来解释。

为了研究干燥过程，首先得借助湿空气图以了解湿空气的有关特性。

1.2.2 湿空气和湿空气图

众所周知，由于天然的、连续不断的蒸发现象，大气中总是含有一定数量的水分。在一定的温度条件下，空气中的水蒸汽含量必定有一个限度，超过这一限度，就会出现水分的凝结。空气温度越高，吸收水蒸汽的能力就越大。同时，对含有一定数量水蒸汽的空气来说，也存在着一个温度极限，低于这一极限温度，也会发生水分的冷凝。清晨的露水是常见的一例。白天，空气经阳光照射，温度较高，吸收了相当数量的水分。到了夜间，空气骤然冷却，不再能容纳白天所含的那么多水分，即发生冷凝现象。这就是说，空气的温度达到了露点。

图1—1为湿空气图（见书末插页）。它简单明了地显示了空气和水蒸汽混合气体的各项参数值。湿空气图对控制干燥过程具有极其重要的参考作用。

一般说，湿空气图上都标有下列参数：

1. w ——每公斤干空气所含水蒸汽的数量，单位为g； f ——与蒸汽数量相应的水蒸汽压力，单位为kg/cm²。为了保持湿空气图的清晰度，未将 f 的值标出。

在空气和水蒸汽的混合气体中，水蒸汽具有水蒸汽分压。水蒸汽分压的最大值称为饱和蒸汽压力，即在水分冷凝前的最大水蒸汽分压，用 $f_{\text{饱}}$ 表示。饱和蒸汽压力仅和其温度相关（见表1—1）。

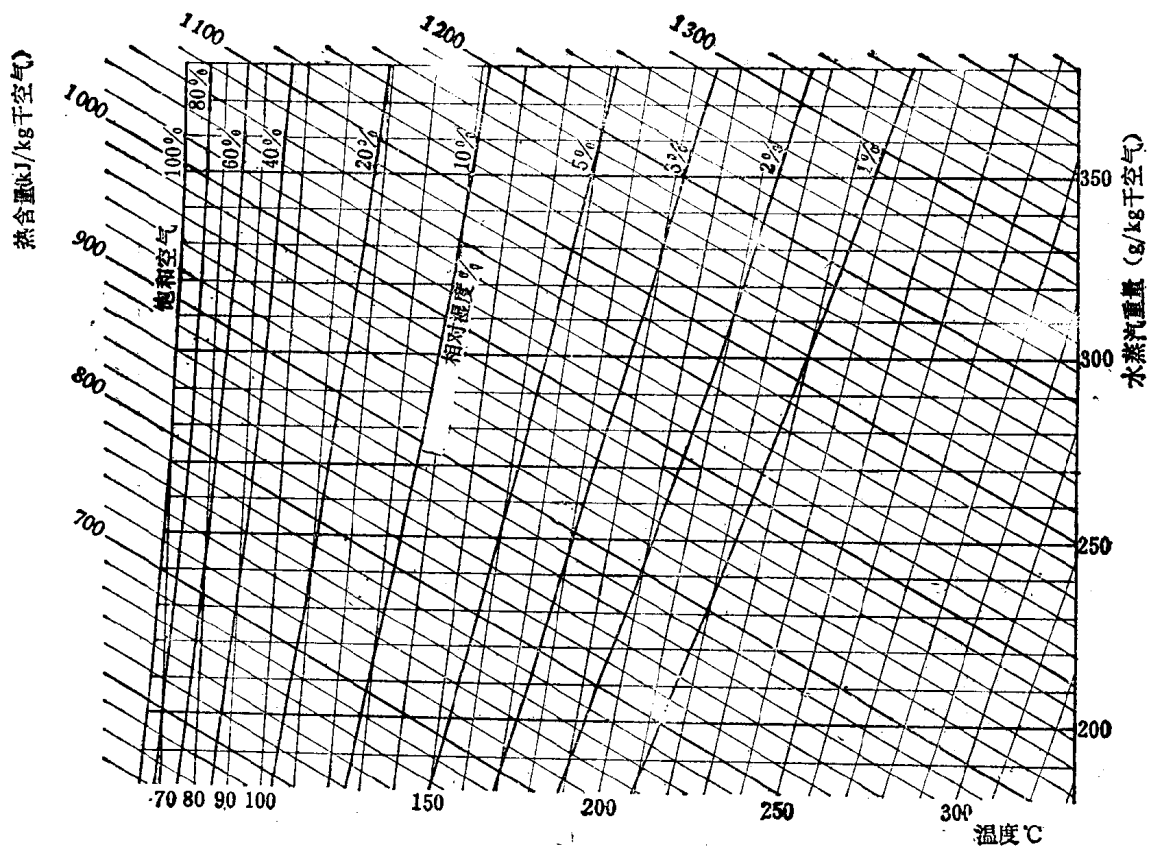


图 1—2 温度为 -10°C — $+10^{\circ}\text{C}$ 的湿空气图

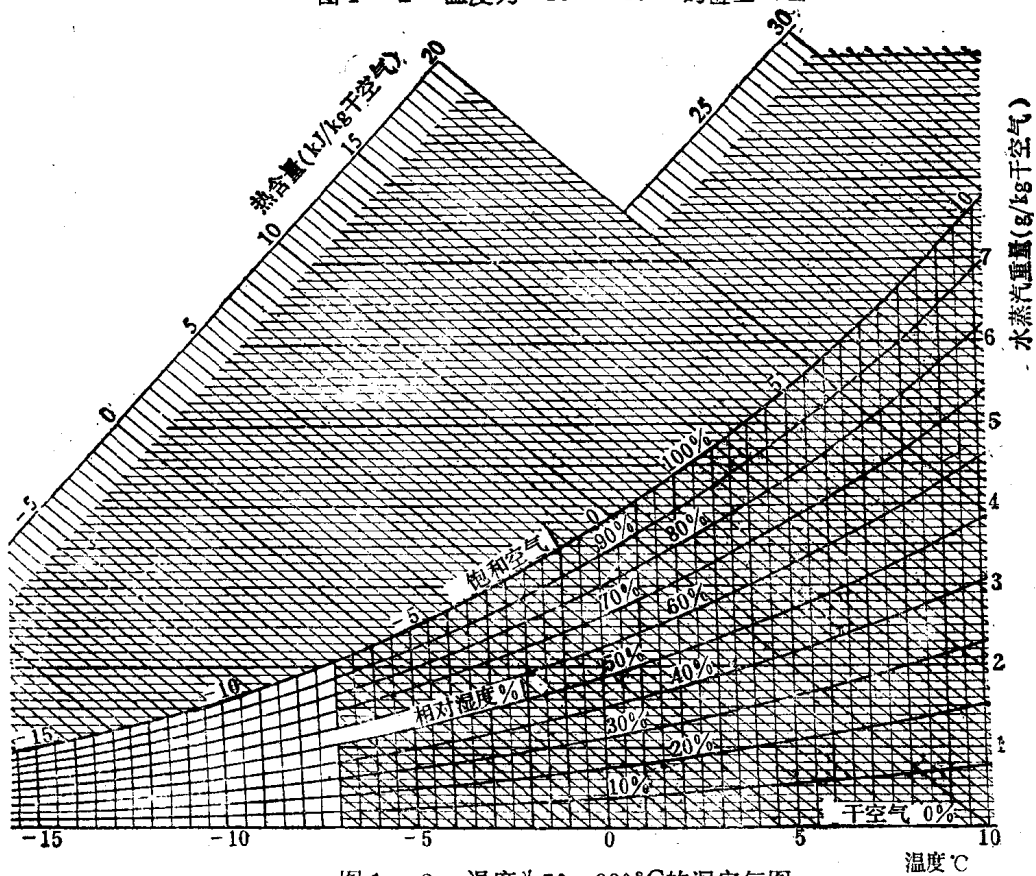


图 1—3 温度为 70°C — 220°C 的湿空气图

表 1—1 不同温度条件下空气的饱和蒸汽压力 (kg/cm²)

t	f _饱	t	f _饱	t	f _饱	t	f _饱
0	0,0063	33	0,0509	66	0,2658	99	0,9969
1	0,0067	34	0,0538	67	0,2770	100	1,0334
2	0,0072	35	0,0569	68	0,2904	101	1,0709
3	0,0077	36	0,0601	69	0,3034	102	1,1096
4	0,0088	37	0,0635	70	0,3169	103	1,1494
5	0,0089	38	0,0670	71	0,3309	104	1,1903
6	0,0095	39	0,0708	72	0,3455	105	1,2325
7	0,0102	40	0,0747	73	0,3605	106	1,2759
8	0,0109	41	0,0787	74	0,3760	107	1,3205
9	0,0117	42	0,0830	75	0,3923	108	1,3664
10	0,0125	43	0,0875	76	0,4090	109	1,4136
11	0,0133	44	0,0922	77	0,4264	110	1,4623
12	0,0142	45	0,0971	78	0,4443	111	1,5121
13	0,0152	46	0,1022	79	0,4629	112	1,5635
14	0,0162	47	0,1075	80	0,4822	113	1,6162
15	0,0173	48	0,1131	81	0,5021	114	1,6704
16	0,0184	49	0,1190	82	0,5227	115	1,7261
17	0,0196	50	0,1251	83	0,5440	116	1,7823
18	0,0209	51	0,1314	84	0,5660	117	1,8420
19	0,0222	52	0,1381	85	0,5888	118	1,9023
20	0,0236	53	0,1450	86	0,6123	119	1,9642
21	0,0251	54	0,1522	87	0,6366	120	2,0278
22	0,0267	55	0,1597	88	0,6647	121	2,0930
23	0,0284	56	0,1676	89	0,6876	122	2,1599
24	0,0302	57	0,1757	90	0,7144	123	2,2286
25	0,0320	58	0,1842	91	0,7420	124	2,2990
26	0,0340	59	0,1931	92	0,7705	125	2,3712
27	0,0360	60	0,2023	93	0,8100	126	2,4453
28	0,0382	61	0,2119	94	0,8303	127	2,5212
29	0,0405	62	0,2219	95	0,8647	128	2,5991
30	0,0429	63	0,2322	96	0,8939	129	2,6789
31	0,0454	64	0,2430	97	0,9272	130	2,7607
32	0,0481	65	0,2542	98	0,9616		

只要知道空气中的水蒸汽分压，用下式很容易求出 w 值：

$$w = \frac{0.620f}{760 - f} \times 1.000 (\text{g/kg})$$

因大气压 $d = 760 \text{ mmHg}$ ，所以 f 亦用 mmHg 为单位。

上式可这样推导：

将理想气体法则应用于水蒸汽和空气，可得下列等式：

$$\frac{PV}{fV} = \frac{n RT}{n' RT}$$

式中 $P = 760 - f$ 。由此可得，

$$\frac{760-f}{f} = \frac{\frac{29 \times 10^{-3}}{w \times 10^{-3}}}{\frac{18 \times 10^{-3}}{18 \times 10^{-3}}}$$

和

$$w \times 10^{-3} = \frac{18}{29} \times \frac{f}{760-f} = \frac{0.620f}{760-f} (\text{g/kg})$$

2. $V_{\text{比}}$ ——通过下式算得的水蒸汽比容:

$$V_{\text{比}} = \frac{w}{m_{\text{蒸}}} \times 10^{-3} (\text{m}^3/\text{kg})$$

式中 $m_{\text{蒸}}$ ——水蒸汽的重度, 其值为:

$$m_{\text{蒸}} = m_{\text{空}} \times 0.620 (\text{kg/m}^3)$$

$m_{\text{空}}$ ——相同温度下干空气的重度, 其值为:

$$m_{\text{空}} = \frac{353}{T} (\text{kg/m}^3)$$

T ——绝对温度, $T = t + 273$

3. H_r ——根据下式算得的空气相对湿度:

$$H_r \% = \frac{f}{f_{\text{饱}}} \times 100$$

这是一个相对值, 因为 $f_{\text{饱}}$ 的值是温度的函数。 H_r 表示在一定温度下, 含有水蒸汽的空气状态和饱和状态之比 (例如 20%、40%、80% 等)。

4. t ——干球温度, 可采用不同的单位, 本书一律以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位。

5. t' ——湿球温度。湿球温度计和普通温度计没有什么区别, 只是在其温包外面包着湿纱布。

干、湿球温度计合在一起即湿度计。空气越干燥, 湿球温度计温包上的水分蒸发越快, 干、湿球温度计上的指示值差别越大。使用湿球温度计时, 须将它置于通风处。否则, 温度计周围空气达到水分局部饱和时, 会影响测量精度。

水分蒸发时要消耗能量, 因此, 湿球温度总要低于干球温度。如表 1—2 所示, 空气的相对湿度、温度及干、湿球温度差之间存在着直接的关系。干、湿球温度差 $t-t'$ 的值越大, 说明空气越干燥。相反, 当 $t=t'$ 时, 空气中的水分即达到饱和点。

空气的相对湿度与干、湿球差 $t-t'$ 的关系可用下列近似式来表示:

$$H_r = \frac{f_{\text{湿}} - 1/2 (t - t')}{f_{\text{干}}} \times 100$$

式中 t ——干球温度;

t' ——湿球温度；

$f_{\text{湿}}$ ——在湿球温度下的饱和蒸汽压力 (mmHg)；

$f_{\text{干}}$ ——在干球温度下的饱和蒸汽压力 (mmHg)。

6. $V_{\text{空}}$ ——空气的比容，单位为 m^3/kg 干空气。其计算公式为：

$$V_{\text{空}} = \frac{T}{353} (\text{m}^3/\text{kg})$$

式中 $T = t + 273$

7. E ——湿空气的热含量，指空气和水蒸汽的混合气体所含的全部热量，单位为 kJ/kg 干空气。它等于干空气和水蒸汽的热含量之和。湿空气的热含量可用下式求得：

$$E = \underbrace{[0.24t]}_{\text{空气}} + \underbrace{(595 + 0.47t)}_{\text{水}} \times w \times 10^{-3} \times 4.18$$

现举例说明湿空气图的应用：

假设由湿度计测得空气和水蒸汽混合气体的干、湿球温度分别为 $t = 25^\circ\text{C}$ 和 $t' = 20^\circ\text{C}$ ，根据这两个数值，可立即在湿空气图上标出该湿空气的特性曲线，并能很快算出其它全部特性的数值。如相对湿度 $H_r = 63\%$ ，热含量 $E = 57.5 \text{ kJ}/\text{kg}$ 干空气；湿含量 $w = 12.5 \text{ g}/\text{kg}$ 干空气；比容 $V_{\text{比}} = V_{\text{干}} + V_{\text{湿}} = 0.861 \text{ m}^3/\text{kg}$ ；水蒸汽分压 $f = 0.021 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 等等。当然，所有这些参数值也都可用上述各公式计算而得，但使用湿空气图可不必计算而很快求得。

100℃以上的空气相对湿度的计算方法如下：

首先应指出，在空气温度为100℃时，最大水蒸汽分压和大气压 ($P_{\text{大}}$) 相等。100℃以上的空气相对湿度可用下式计算：

$$H_{\text{①}}\% = \frac{f}{P_{\text{大}}} \times 100$$

这一公式和求100℃以下的空气相对湿度的公式不同。如前所述，空气的湿度是一个相对概念，它表示空气和水蒸汽混合气体的一个特性。

1.2.3 多孔材料的吸湿平衡

在自然状态下，多孔材料所含的水分呈三种形式：

第一种是结构水（可能存在的话），

第二种是自由水，即无需供给能量就能自由扩散的水分；

第三种是吸着水，或称饱和水，只有在得到一定能量，破坏了水分和该多孔材料间的化学结合或电结合后，这部分水才能移动。有时，吸着水移动所需的能量很大。在2.3.1节中，将详细研究木材的结构及水分在木材中的分布。

① 在计算温度为100℃以上的空气相对湿度时，现在均采用干球温度下的饱和蒸汽压力。——译者

表 1-2 空气的相对湿度表

干球 温度	干 湿 球 差 $t-t'$ (°C)																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
21	91	82	74	66	58	50	44	39	31	25	19	14	7	1											
22	91	82	74	66	58	51	45	40	32	27	21	17	10	3											
23	91	83	75	67	59	52	46	41	33	28	23	19	12	6	0										
24	91	83	75	67	59	53	47	41	34	29	24	10	14	9	3	0									
25	92	84	76	68	60	54	48	42	36	30	25	20	16	11	6	1									
26	92	84	76	69	62	55	50	44	39	33	28	28	18	13	9	4	0								
27	92	84	77	69	62	56	51	46	41	35	30	24	20	15	11	6	1								
28	92	84	77	70	64	57	52	48	42	37	32	26	22	17	13	8	3	0							
29	92	85	78	71	65	58	53	49	43	39	34	28	24	18	15	10	5	1							
30	92	85	79	72	66	59	53	50	45	40	36	30	25	19	16	11	7	2							
31	92	85	79	72	66	60	54	51	46	41	37	30	26	20	17	13	9	5	1	0					
32	93	85	80	73	67	61	57	52	47	42	38	32	27	22	19	15	11	9	5	0					
33	93	86	80	73	67	63	58	53	48	43	39	34	30	24	20	17	13	10	6	2	0				
34	93	86	80	73	68	64	59	54	49	44	40	36	33	26	22	18	14	11	8	4	0				
35	93	86	80	74	68	65	60	55	50	45	41	38	35	28	24	20	16	12	10	6	3	0			
36	93	86	81	74	69	65	61	56	50	45	42	38	35	30	25	22	18	13	11	7	3	1	0		
37	93	86	81	75	69	65	62	56	50	46	42	39	35	31	26	23	19	14	12	9	5	3	2		
38	93	86	81	75	70	66	63	57	51	47	43	40	35	32	27	24	20	15	13	11	7	4	3	2	0
39	93	87	81	76	70	66	63	57	52	47	43	40	36	33	28	25	22	16	15	12	9	5	4	2	0
40	93	87	81	76	71	67	64	58	53	48	44	41	37	34	29	26	24	17	16	13	10	7	5	3	0
41	94	87	82	77	71	67	64	58	53	49	44	41	37	34	29	27	24	18	17	14	11	8	6	4	0
42	94	87	82	77	72	67	65	59	53	49	45	42	38	35	30	28	25	19	18	15	12	9	7	5	2
43	94	88	82	77	72	68	65	59	53	50	46	43	38	35	31	29	26	20	19	16	12	10	8	6	3
44	94	88	83	78	73	68	65	60	54	50	47	43	39	36	31	30	27	22	20	18	14	12	10	8	5
45	94	88	83	78	73	68	66	60	54	51	47	44	39	36	32	30	28	23	21	19	16	13	11	9	6
46	94	88	83	78	73	69	66	60	55	51	48	44	40	37	33	31	29	24	22	20	17	14	12	10	7
47	94	89	84	79	74	69	66	61	56	52	48	45	41	38	34	32	29	25	23	20	18	15	13	11	9
48	94	89	84	79	74	69	67	61	57	53	49	46	42	39	35	33	30	26	24	21	19	16	14	12	10
49	95	89	84	79	74	70	67	61	57	53	49	46	43	39	36	34	31	27	25	22	20	17	15	13	11
50	95	90	85	80	75	70	67	62	58	54	50	47	44	40	37	35	31	28	26	23	21	18	16	14	12
52	95	90	86	80	76	71	68	63	59	55	51	48	45	42	39	37	33	31	28	25	23	20	19	17	15
54	95	90	87	82	77	73	68	65	60	57	53	49	46	43	40	38	35	32	29	27	24	21	19	17	15
56	95	90	87	82	77	73	69	65	61	57	54	50	47	44	41	39	36	33	30	28	25	23	20	19	17
58	95	90	87	82	77	73	69	65	62	58	55	51	48	45	42	40	37	34	32	29	26	25	22	21	19
60	95	90	87	83	77	74	70	66	63	58	55	52	49	46	43	41	38	35	33	30	27	26	24	22	20
62	95	90	87	83	78	74	70	66	63	59	56	53	50	47	44	42	39	36	34	32	29	27	25	23	22
64	95	90	87	83	78	74	70	67	63	60	56	54	51	48	45	43	40	37	35	33	30	28	26	24	23
66	95	90	87	83	79	74	70	67	64	60	56	54	51	48	46	43	40	38	36	34	30	29	27	25	24
68	95	90	87	84	79	75	71	67	64	60	57	54	52	49	46	43	40	39	37	35	32	29	28	26	24
70	95	90	87	84	80	75	71	67	64	61	58	55	53	50	47	44	41	39	38	35	33	30	29	27	25
72	95	90	87	84	80	75	71	68	65	62	58	55	54	51	48	45	42	40	39	36	34	31	30	28	26
74	95	90	86	84	80	76	72	68	65	63	59	56	54	51	48	46	43	40	39	37	35	32	31	29	26
76	96	90	87	84	80	76	72	69	66	63	60	56	55	52	49	46	44	41	40	39	35	33	31	30	27
78	96	91	87	84	81	76	73	66	68	64	60	57	55	53	49	47	45	42	41	38	36	34	32	30	28
80	96	91	87	84	81	76	73	70	67	64	61	58	56	53	50	48	45	43	42	39	36	35	33	31	29

水分子和待干物分子间的结合能是组成该物体物质状态的函数。它一小部分取决于物体的温度，在更大程度上取决于材料内水蒸汽压力和在该材料实际温度下的饱和蒸汽压之比。这就是说，物体的含水率 $H_{物}$ 为 $P/P_{饱}$ 的函数（ P ——物体内的水蒸汽分压； $P_{饱}$ ——相同温度下的饱和蒸汽压力）。

$$H_{物} = \frac{\text{湿材重量} - \text{全干材重量}}{\text{全干材重量}}$$