

森林工业技术知识丛书

木材干燥

南京林产工业学院木材干燥编写组编

农业出版社

森林工业技术知识丛书

木 材 干 燥

南京林产工业学院《木材干燥》编写组编

农 业 出 版 社 出 版

北京朝内大街130号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第106号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

农业出版社印刷厂印刷装订

统一书号 15144 472

1974年2月北京制型

开本 787×1092 毫米

1974年2月初版

三十二分之一

1974年2月北京第一次印刷

字数 80千字

印数 1—21,000册

印张 四 插页一

定价 三角五分

目 录

开头语	1
一、木材的性质	3
木材的构造	3
空气温、湿度的测定	8
木材与水分	12
干缩、湿胀和变形	20
木材的弹性和塑性	24
二、木材干燥的规律	27
干燥时木材内水分的移动	27
木材干燥曲线和快速干燥的原则	30
木材在干燥过程中的应力和变形	35
干燥缺陷	39
干燥基准	42
三、木材大气干燥	45
利用自然条件干燥木材	45
成材的大气干燥	47
硬阔叶树材和小材料的气干	51
强制气干	52
四、木材在窑内干燥的设备与工艺	55
木材的窑干方法	55
窑体与设备	62

木材窑干工艺	77
五、特种木材干燥法	102
木材在高频电流电场中干燥	102
木材在嫌水液体中干燥	106
辐射干燥	108
附录1.我国五十三个城市木材平衡含水率估计值	115
附录2.与干燥有关的木材性质	118
附录3.湿度表 (气流速度等于和小于0.5米/秒)	
附录4.湿度表 (气流速度等于和大于2米/秒)	

开 头 语

木材是社会主义建设中一项重要物资，用途极广。在建筑、机械、造车、造船、农具、家具以及其它许多工矿和交通运输部门都需要使用大量的木材。

为了保证产品的质量或者由于工艺上的需要，要求木材经久耐用，能保持形体；能在较小的重量上具有较大的强度；并便于作刨削、胶着、装饰等加工处理。有些产品还要求木材具有某些特种性能。如制造乐器，要求木材具有良好的共振性；航空工业用材要求轻而且强度高；制造高级家具，要求木材有优美的纹理和色泽。这些性质虽是木材所固有的，但只有在经过合理干燥处理之后，它们才能充分显露出来。

木工老师傅们都知道，用湿木料制造各种产品，一般是不合适的。如用没有经过干燥或者干燥不透的木材制造门窗、地板、桌椅等，刚制成时好象还合格，可是，经过一个时期，随着木材的干缩就会出现开裂、变形，使得门框歪斜，地板翘曲，桌椅接榫处松脱，甚至腐朽或者招致虫蛀。在气候比较潮湿地区制造木器用材，就当地来说，即使干燥程度是足够的，但是，当把制成的产品运到气候比较干燥的地区或者室内有取暖设备的地方以后，还是会出现开裂、变形现象。当然，这样的产品，经过修理，还可以使用，但这样势必要造成原材料、辅助材料和人力的浪费。

使用经过适当干燥处理的木料制造产品,可以保证质量、延长使用年限,从而也节约木材、人力和其它物资。可见,讲究合理干燥木材,是木材加工工业中一个十分重要的课题。

这本小册子扼要介绍了木材的构造和性质;木材干燥的规律;利用自然条件(大气)干燥木材和各种干燥窑干燥木材的方法,以及木材在高频电流电场中、在蒸气液体中干燥的方法。这些方法,有的简便易行,有的干燥速度快、质量高,可根据各地气候条件以及对产品质量要求条件灵活应用。只要我们遵照毛主席关于“实践的观点是辩证唯物论的认识论之第一的和基本的观点”的教导,经过“实践、认识、再实践、再认识”,不断总结经验,就一定能够在干燥木材的生产中“有所发现,有所发明,有所创造,有所前进”。

一、木材的性质

要使用干透了的木料制造各种木制品，才不会走形变样。怎样使湿木料变干呢？干燥的方法是很多的。要了解木材怎样由湿变干，首先要了解木材本身的构造和性质，了解空气的温度和湿度对木材的影响。木材里含有大量水分，这些水分是哪里来的呢？一块湿木料放的时间长了，为什么就会开裂变形呢？这些都是木材的构造所决定的。毛主席教导我们：“不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。”了解木材的构造和性质，以及一些有关这方面的知识，对更好地熟悉木材干燥技术是有帮助的。

木材的构造

木材的种类很多。这些木材在基本构造上有共同的特征，又各有不同的特点。构造上的不同引起性质上的差别，在加工处理时就要区别对待。我们不能把性质上差别较大的几种木材放在一起，用同样工艺进行干燥处理，因为有的木材容易干燥，有的木材难于干燥，放在一起处理，难于取得应有的效果。

各种木材，按树木类别的不同，有针叶树材和阔叶树材

两大类。

松、云杉、落叶松、杉、柏、水杉、紫杉等树种的树叶形状象针，一般把它们木材叫做针叶树材；又由于这一类木材中没有导管，在木材的横切面上看不见导管的管孔，又叫做无孔材；还由于这些木材中的多数比较软（落叶松是个例外），又叫做软材。针叶树材的共同特点是主干不分叉，通直而且圆，份量比较轻，是建筑房屋的栋梁之材。

榆、杨、桦等树种的树叶扁平宽阔，一般把这些树的木材叫做阔叶树材；它们的木材中具有细胞腔较大的导管，在横切面上看得见导管的管孔，这样又叫做有孔材；并且按管孔在年轮中排列的方式，把早材管孔大、作环形排列的木材叫做环孔材；把早、晚材管孔大小相差不多、管孔在年轮内均匀分布的木材叫做散孔材；把管孔由早材到晚材由大逐渐变小，由多逐渐减少的木材叫做半散孔材。阔叶树材还可按硬、软程度分类。栎、桦、水青冈、水曲柳、黄檀、丝栗、榆、槐等树种的木材又硬又重，叫做硬阔叶树材，它们宜于制造船舶、车辆、机器构件、家具、农具、运动器材、铁路枕木等。杨、椴、泡桐等树种的木材较轻较软，叫做软阔叶树材，它们各有其特殊用途。例如，杨木适合制造火柴杆、火柴盒；椴木适合制造胶合板、铅笔杆和家具；泡桐适合制造航空模型、轻型家具等。

针叶树材和阔叶树材中的每一种木材在构造上各有特征，这些特征可以在木材的横切面、弦切面和径切面三个切面上观察。沿着和树干相垂直的方向切开的平面是横切面，沿着树干的直径方向，并且通过木材的中心切开的平面是径

切面；沿着和年轮相切的方向切开的平面是弦切面。

图1是硬阔叶树材中的核桃木的三个切面。树皮分为外树皮和内树皮。在木材的横切面上可以看到十二个年轮，年轮中的小点就是管孔的形状。核桃木管孔分布的形式是半散孔材的代表。横切面上的结构在径切面和弦切面上都可以看到，但形象不同。例如，导管在横

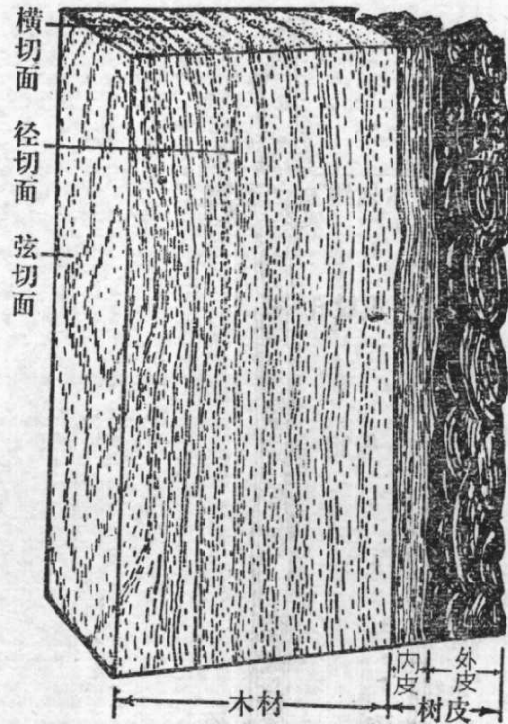


图1 硬阔叶树材的三切面

切面上看是管孔，形状好象一个个小点；在径切面和弦切面上看是长管，成线条形状。三个切面上都没有画出沿树干半径方向延伸的木射线，因为核桃木的木射线很细，一般用肉眼看不清楚。

木材是由许多单个细胞组成的。

图2是松木中的主要纵行组成分子管胞，其它针叶树材的管胞和松木的基本上相似，管胞大约长1—4毫米。沿径切面方向和管胞垂直相交的是木射线的一部分。

由于木射线是沿着径向延伸的，而且木射线的纵长方向和管胞的纵长方向互相垂直，就使得木材的各种性质在横切

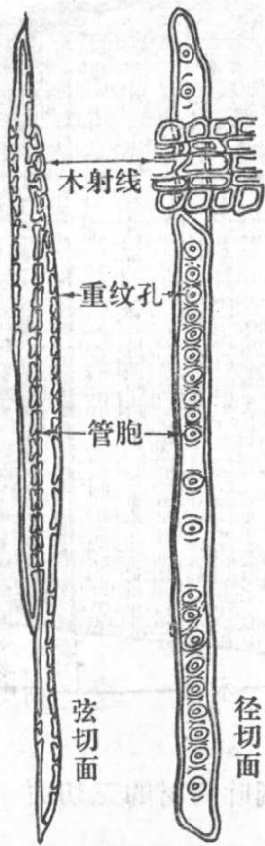


图2 松木的管胞

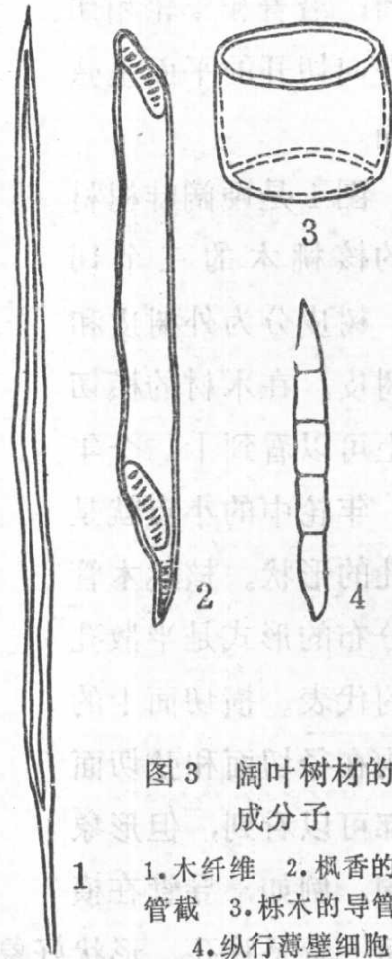


图3 阔叶树材的组成分子

1. 木纤维 2. 枫香的导管截 3. 栎木的导管截 4. 纵行薄壁细胞

面、弦切面和径切面上各不相同，因此，木材是各向异性的材料。

图3是阔叶树材的主要组成细胞：栎木的早材的导管截和枫香的导管截；木纤维；一全串纵行薄壁细胞。阔叶树材的木射线和针叶树材的相似。

每个细胞都有细胞腔和细胞壁。木材的实质主要是细胞壁，木材的一切性质都和细胞壁有关。只有对细胞壁的微观构造具有一定的知识，才能了解木材的多种性质和它们的变化规律。

组成细胞壁的基本物质是纤维素。许多纤维素分子聚合成链状的微晶粒，也叫做微胶粒（分子组缨）；许多微胶粒组成线状的小纤维（纤维丝）；许多小纤维组成绳状的束。束和束互相联系，成为细胞壁的基本物质（图4）。

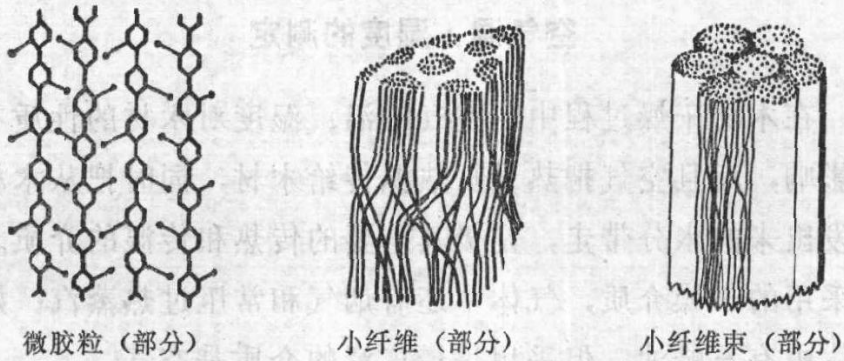


图4 组成细胞壁的基本物质

纤维素约占木材总重量的一半，在细胞壁中起骨架作用。

针叶树材的管胞和阔叶树材的木纤维的细胞壁一般地可分为三层（图5）。第一层是细胞壁的外层，属于两个相邻接的细胞所共有；第二层是厚实的中层；第三层是较薄的内层。

第一层的组成成分是大量的木素，少量的

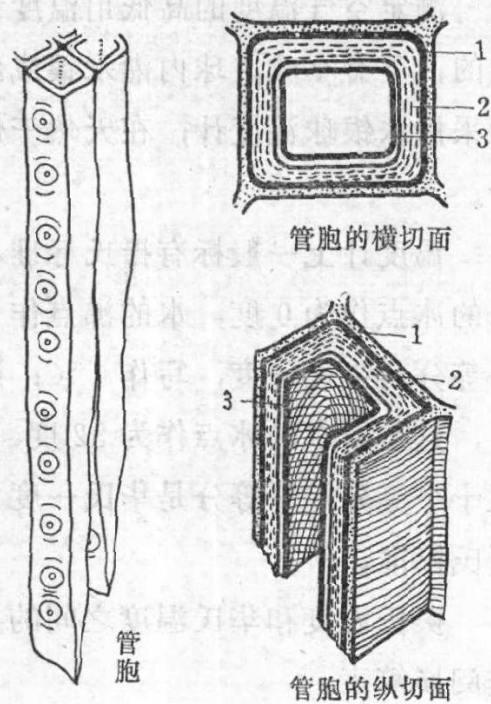


图5 管胞的细胞壁

1. 细胞壁的第一层 2. 第二层 3. 第三层

纤维素，还有蜡质和脂肪。第一层的中间部分是胞间质，主要由果胶质组成。

第二层由纤维素、半纤维素和少量的木素组成。

第三层由纤维素和半纤维素组成。

空气温、湿度的测定

在木材干燥过程中，空气的温、湿度对木材的性质有重大影响，而且空气把热量从热源传给木材，同时把从木材中蒸发出来的水分带走，是极其重要的传热和传湿的介质。通常采用的干燥介质，气体中还有烟气和常压过热蒸汽；嫌水液体中有石蜡油。但采用得最广泛的介质是空气。

测定空气温度的高低用温度计。常用的温度计是玻璃管做的，下有小球，球内灌水银或红色酒精。在用于干燥窑干燥时采用水银球温度计；在天然干燥时也可以使用酒精温度计。

温度计上一般标有摄氏标准，用字母C作符号，这是以水的冰点作为0度，水的沸点作为100度，分为一百个等分，一等分是摄氏一度，写作 1°C ；还有华氏标准用字母F作符号，这是以水的冰点作为32度，沸点作为212度，分为一百八十个等分，一等分是华氏一度，写作 1°F 。我国通常采用摄氏标准。

摄氏温度和华氏温度之间的换算可以参考下面的公式或查阅换算表。

由摄氏温度换算华氏温度用： $^{\circ}\text{C} \times 1.8 + 32 = ^{\circ}\text{F}$ 。

由华氏温度换算摄氏温度用： $(^{\circ}\text{F} - 32) \div 1.8 = ^{\circ}\text{C}$ 。

空气被水蒸汽所饱和的程度叫做空气相对湿度，简称空气湿度，用希腊字母 φ （读音“费”）作符号，用%表示。

检查空气湿度的仪器叫做湿度计。湿度计通常用两支温度计组成（图6）。一支用来测定空气的温度，叫做干球温度计。另一支温度计水银球（或酒精球）的外面包裹着棉纱或纱布，棉纱的下端浸泡在清水内，叫做湿球温度计。当空气湿度较小时，棉纱内的水分就向空气中蒸发，棉纱不断蒸发，不断吸水，就会使水银球的温度降低。这

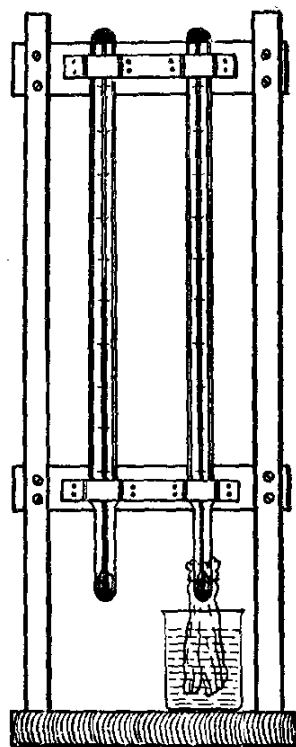


图6 湿度计

样一来，湿球温度计的水银柱所指的温度就比干球温度计的温度低。干球温度（用字母 t 作符号）和湿球温度（用 $t_{\text{湿}}$ 作符号）之间的差数（ $t - t_{\text{湿}}$ ）叫做湿度计差，或叫做干、湿球温度差。空气越干，湿度计差的数值越大，空气容纳水分的能力越强，水分的蒸发越快。空气越湿，湿度计差的数值越小，空气容纳水分的能力越弱，水分的蒸发越慢。当空气完全被水蒸汽所饱和，湿度为100%时，湿球温度和干球温度相等，湿度计差的数值为0，此时水分停止蒸发。因此，可以把湿度计差的数值叫做干燥势。

根据干球温度（ t ）和湿度计差（ $t - t_{\text{湿}}$ ）两个数值可在附录3和附录4的湿度表中查出空气湿度的数值。附录3用来

摄氏、华氏

°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C
-40	-40.0	-8	-22.2	24	-4.4	56	13.3
-39	-39.4	-7	-21.7	25	-3.9	57	13.9
-38	-38.9	-6	-21.1	26	-3.3	58	14.4
-37	-38.3	-5	-20.6	27	-2.8	59	15.0
-36	-37.8	-4	-20.6	28	-2.2	60	15.6
-35	-37.2	-3	-19.4	29	-1.7	61	16.1
-34	-36.7	-2	-18.9	30	-1.1	62	16.7
-33	-36.1	-1	-18.3	31	-0.6	63	17.2
-32	-35.6	0	-17.8	32	0.0	64	17.8
-31	-35.0	1	-17.2	33	0.6	65	18.3
-30	-34.4	2	-16.7	34	1.1	66	18.9
-29	-33.9	3	-16.1	35	1.7	67	19.4
-28	-33.3	4	-15.6	36	2.2	68	20.0
-27	-32.8	5	-15.0	37	2.8	69	20.6
-26	-32.2	6	-14.4	38	3.2	70	21.1
-25	-31.7	7	-13.9	39	3.9	71	21.7
-24	-31.1	8	-13.3	40	4.4	72	22.2
-23	-30.6	9	-12.8	41	5.0	73	22.8
-22	-30.0	10	-12.2	42	5.6	74	23.3
-21	-29.4	11	-11.7	43	6.1	75	23.9
-20	-28.9	12	-11.1	44	6.7	76	24.4
-19	-28.3	13	-10.6	45	7.2	77	25.0
-18	-27.8	14	-10.0	46	7.8	78	25.6
-17	-27.2	15	-9.4	47	8.3	79	26.1
-16	-26.7	16	-8.9	48	8.9	80	26.7
-15	-26.1	17	-8.3	49	9.4	81	27.2
-14	-25.6	18	-7.8	50	10.0	82	27.8
-13	-25.0	19	-7.2	51	10.6	83	28.3
-12	-24.4	20	-6.7	52	11.1	84	28.9
-11	-23.9	21	-6.1	53	11.7	85	29.4
-10	-23.3	22	-5.6	54	12.2	86	30.0
-9	-22.8	23	-5.0	55	12.8	87	30.6

温度換算表

°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C
88	31.1	120	48.9	152	66.7	184	84.4
89	31.7	121	49.4	153	67.2	185	85.0
90	32.2	122	50.0	154	67.8	186	85.6
91	32.8	123	50.6	155	68.3	187	86.1
92	32.3	124	51.1	156	68.9	188	86.7
93	33.9	125	51.7	157	69.4	189	87.2
94	34.4	126	52.2	158	70.0	190	87.8
95	35.0	127	52.8	159	70.6	191	88.3
96	35.6	128	53.3	160	71.1	192	88.9
97	36.1	129	53.9	161	71.7	193	89.4
98	36.7	130	54.4	162	72.2	194	90.0
99	37.2	131	55.0	163	72.8	195	90.6
100	37.8	132	55.6	164	73.3	196	91.1
101	38.3	133	56.1	165	73.9	197	91.7
102	38.9	134	56.7	166	74.4	198	92.2
103	39.4	135	57.2	167	75.0	199	92.8
104	40.0	136	57.8	168	75.6	200	93.3
105	40.6	137	58.3	169	76.1	201	93.9
106	41.1	138	58.9	170	76.7	202	94.4
107	41.7	139	59.4	171	77.2	203	95.0
108	42.2	140	60.0	172	77.8	204	95.6
109	42.8	141	60.6	173	78.3	205	96.1
110	43.3	142	61.1	174	78.9	206	96.7
111	43.9	143	61.7	175	79.4	207	97.2
112	44.4	144	62.2	176	80.0	208	97.8
113	45.0	145	62.8	177	80.6	209	98.3
114	45.6	146	63.3	178	81.1	210	98.9
115	46.1	147	63.9	179	81.7	211	99.4
116	46.7	148	64.4	180	82.2	212	100.0
117	47.2	149	65.0	181	82.8		
118	47.8	150	65.6	182	83.3		
119	48.3	151	66.1	183	83.9		

查对气流速度等于或小于每秒 0.5 米的空气湿度；附录 4 用来查对气流速度等于或大于每秒 2 米的空气湿度。

例如，在干木料仓库内的湿度计上看到干球温度是 30°C 和湿球温度是 25°C ，此时的空气湿度可用附录 3 查出。在附录 3 的干球温度的横栏内查出数字 30，在湿度计差 $(t-t_{\text{湿}})$ 的直栏中查出数字 5。从干球温度 30 向下延伸，从湿度计差 5 向右延伸，在交点上查出数字 60，即空气湿度为 60%。

又如，在强制循环干燥窑内，干球温度为 66°C ，湿球温度为 60°C ，此时的空气湿度可用附录 4 来确定。根据干球温度为 66°C 与湿度计差为 6°C 两个数值，在附录 4 中查出数字 75。即窑内的空气湿度是 75%。

木材与水分

木材中的水分是从哪里来的？这还要从树根谈起。树根的最小的分枝是须根，须根尖端的生活细胞从土壤中吸取水分，经过枝根送到主根，由主根再送到树干，经过木材中的管胞（针叶树）或导管（阔叶树）输送到树枝和树叶。树叶内的水分一部分向大气中蒸发，另一部分在叶绿素中参与光合作用。

一棵活着的树木，须根不间断地把土壤中的水分输送到树叶，所以树干里含有大量的水分。活树被伐倒并锯制为各种规格的成材后，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做生材。表 1 是东北林区五种主要树木的生材水分含量。由此也可以了解一般

树种的生材水分含量。

表1 生材的水分含量

树种	水分含量	水分含量 ($\frac{\text{木材中的水分重量}}{\text{全干木材重量}} \times 100\%$)		
		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

这五种树种生材水分含量的总平均值是127%。假如木材本身重量是100公斤，木材中的水分重量就是127公斤，水分的重量超过木材本身的重量。五种树种中只有色木的水分的重量稍小于木材的重量。木材的边材部分的水分含量一般大于心材部分的水分含量，但是春榆是个例外。

木材中水分的含量叫做含水率或含水量，用水分的重量对木材重量之比的百分率(%)表示。

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或简称为含水率，用字母W作为符号。计算的公式是：

$$\text{含水率} = \frac{\text{湿材重量} - \text{全干材重量}}{\text{全干材重量}} \times 100\%;$$

如用符号表示，计算的公式是：

$$W = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\%。$$