

木材乾燥常識

臺灣省林業試驗所

林業推廣專刊

第 21 號

木材乾燥常識

目次

一、木材與水分	1
1. 木材之構造	1
(1) 針葉樹與闊葉樹	1
(2) 木材下之組織	1
(3) 木材之乾燥	2
2. 含水率	3
(1) 含水率之測定法	3
(2) 木材含水率	3
3. 木材中之水分與乾燥、腐蝕之關係	3
(1) 木材中之水分狀態	3
(2) 木材之乾燥與腐蝕	4
(3) 木材腐蝕與變形	5
(4) 平衡含水率	6
(5) 乾燥的腐蝕現象	6
4. 乾燥過程中水分之移動與蒸發	8
(1) 表面蒸發	8
(2) 木材內部水分之蒸發	9
二、人工乾燥之裝置	11
三、木材之人工乾燥	12
1. 木材乾燥之因子	12
(1) 乾燥設備與濕氣	12
(2) 空氣中之濕度表示法	13
(3) 濕度與壓力差	13
(4) 空氣之流動速度(風速)	13
(5) 木材與乾燥器	13
(6) 臺灣省林業試驗所	15
2. 自然乾燥之裝置	18
(1) 天然乾燥	18
(2) 天然乾燥之因子	19

林業推廣專刊

第 21 號

木材乾燥常識

目次

一、木材與水分	1
1. 木材之構造	1
(1) 針葉樹與闊葉樹	1
(2) 肉眼下之特徵	1
(3) 木材之缺點	2
2. 含水率	3
(1) 含水率之表示法	3
(2) 生材含水率	3
3. 木材中之水分與收縮、膨脹之關係	3
(1) 木材中之水分狀態	3
(2) 木材之收縮與膨脹	4
(3) 取材部位與變形	5
(4) 平衡含水率	6
(5) 歇斯的里症現象	6
4. 乾燥過程中水分之移動經過	8
(1) 表面蒸發	8
(2) 木材內部水分之擴散	9
二、人工乾燥之重要性	11
三、木材之人工乾燥	12
1. 木材乾燥之因子	12
(1) 飽和狀態與蒸氣壓	12
(2) 空氣中之濕度表示法	13
(3) 蒸發與壓力差異	13
(4) 空氣之流動速度(風速)	18
(5) 溫度與乾燥速度	18
(6) 木材乾燥所需要之條件	18
2. 天然乾燥之要點	18
(1) 天然乾燥之意義	18
(2) 天然乾燥之得失	19

(3) 天然乾燥之方法	19
3. 人工乾燥法之要點	21
(1) 乾燥窯之具備條件	21
(2) 人工乾燥窯之種類與型式	21
4. 因乾燥錯誤而發生之瑕疵	24
(1) 因乾燥而產生之應力	24
(2) 表面乾裂	25
(3) 木端裂	26
(4) 內部乾裂	26
(5) 陷潰	26
(6) 變色	26
(7) 反翹	27
(8) 其他瑕疵	27
(9) 瑕疵之預防及對策	27
5. 乾燥基準表	30
(1) 乾燥日數為基準	30
(2) 木材之含水率為基準	30
6. 乾燥末期之調濕	32
四、各種不同用途木製品之最終含水率	32
五、乾燥材之管理	34
(1) 乾燥材之保管	34
(2) 乾燥材在加工過程中應注意事項	34
六、本省最普遍之木材乾燥窯	35
(1) 標準式乾燥窯	35
(2) 希路麗式乾燥窯	36

木材乾燥之常識

一、木材與水分

木材為樹木之樹幹部分（普通利用均以樹幹為主），一般言之，均由失去生活力之微小細胞聚集而成，樹木之根部，自土壤中吸收含有營養物質之水分，經樹幹送至樹葉，故樹幹含有甚多水分。此種水分，對於木材之性質影響甚大。含水之木材，經長期間後，由於水分之蒸發而收縮，以致發生反翹，乾裂等瑕疵。故當利用木材時，事前必須進行除去材內之水分，此種工作謂之木材乾燥。

如欲進行木材乾燥，則對於木材之構造與含有水分之狀態以及其與木材有如何之關係等，事前均須有充分之瞭解，茲分述於後：

1. 木材之構造：

（1）針葉樹與闊葉樹：

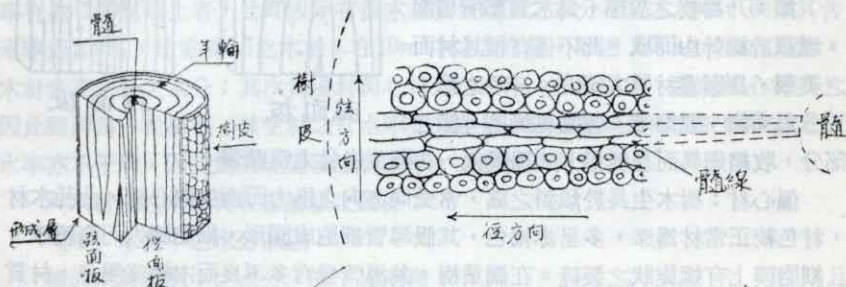
樹木之樹皮與木質部之間，有一層生活細胞，稱為形成層，由於形成層之細胞不斷分裂，向內構成木質部，向外構成皮部。故樹木隨形成層細胞之分裂，而年年增大生長。但惟有形成層之細胞始有生活能力，而木質化之細胞已失生活機能，成為水分之通路與營養物質貯藏之用。

木材之種類頗多，因細胞組織之差異，可分針葉樹（如扁柏、紅檜、松、杉等）與闊葉樹（如柳安、相思樹、楓香等）兩大類，前者之構造，以假導管為主要組織，後者之構造，因細胞種類甚多，可分輸水組織，貯藏營養物質組織，堅固木材之組織等。一般言之，闊葉樹材較重，而乾燥、加工等較針葉樹難。

（2）肉眼下之特徵：

第1圖為圓木之斷面，與樹幹成直角之斷面稱為橫斷面，橫斷面之中心部為髓，由柔組織構成，髓之外側為年輪，與年輪平行方向之板面為弦面板。通過髓（徑方向）之板面為徑面板。自髓成放射狀之細線為髓線。

第1圖 木材之斷面



(a) 年輪：形成層之細胞，在春夏兩季生長旺盛，則產生膜薄之大細胞，材質較輕軟，而秋季產生者，則為膜厚之小細胞，材質較堅重，前者為春材，後者為秋材，年輪因此而顯明。針葉樹之春材，其生長速度有甚大之差別，而秋材部份，一般無差異，故生長快而年輪寬度大之針葉樹材較軟，闊葉樹材則反之。

如我國氣候溫暖，春冬之氣溫差別顯著，則春秋材之分別顯明，而年輪亦明晰。在南洋諸國，一年中之溫度無甚差異，則春秋材不明，年輪亦因此而甚難判別。

(b) 髓線：髓線係由髓向樹皮方向作放射狀之一種細長組織。其功用為運輸樹液於水平方向及貯藏營養物質。其在徑面板上呈帶狀，在弦面板上呈細長之線狀或紡錘狀。在闊葉樹材，因髓線細胞之構造較複雜，故有較大且明顯之斑紋。髓線在木材中，與其他組織（如木纖維、假導管等），成直角，故其部分組織之結合較軟弱，在若干樹種由此處易發生乾裂。

(c) 心材與邊材：樹木在生長過程中，其樹幹內部之色澤，常有濃淡之別，色澤較深者為心材，色澤較淡者為邊材，邊材之功用，為輸送樹液及貯藏養料，具生活機能，係由形成層細胞分化而成；心材乃由已失去生活機能之邊材逐漸轉變而成，其功用僅為加固樹幹而已，由於心材細胞含有樹膠、樹脂及其他分泌等物質，故其材色常較邊材為深，對於抗腐性較強。在邊材中，有時受蟲菌等之侵害，使材色加深，而類似心材者，則此種心材稱為偽心材。

當進行木材乾燥時，因邊材之水分移動較速而易乾，而心材常因含有大量填充體，阻礙水分之移動，而不易乾燥，故乾燥木材時，兩者應避免混合為宜。

(d) 徑面板與弦面板：在徑面板之春秋材，與厚度同方向成交互排列，在弦面板上，春秋材與厚度方向成直角交互排列。如第 2 圖。因一般秋材之細胞膜較厚，水分之移動較難，故針葉樹材之弦面板，一般乾燥較慢，而闊葉樹材之弦面板，因受髓線細胞之影響則乾燥較速。

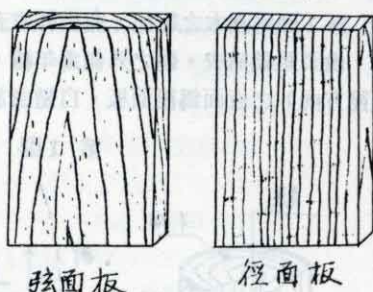
第 2 圖 徑面板與弦面板

(3) 木材之缺點：

樹木在生長過程中，因受各種特別因素之影響，常發生性質差異之缺點，現將其主要者，述之於下：

節：乃樹枝之基部，為木質部所包圍，埋藏於樹幹內而成，此不僅有損其材面之美觀，且影響材質之硬度。一般之節，可分為死節、鬆節等，每當乾燥時，節之部分，收縮迥異而易變形，此種現象，在闊葉樹材尤為顯著。

偏心材：樹木生長於傾斜之處，常受同方向之風力而產生偏心材，此種木材，材色較正常材為深，多呈赤褐色，其假導管細胞成圓形，細胞肥大而胞膜厚，且細胞膜上有螺旋狀之裂縫。在闊葉樹，其導管發育多不良而木纖維變多，材質



變堅重而且脆弱，其纖維方向之收縮亦變大，致材易於反翹。

抗張材：此係樹木受強風或積雪時之強壓而變曲，其組織暫受破壞，如繼續生長，則再癒合，在外觀上頗難辨別，此種木材，不宜用於樂器、建築等方面。

2. 含水率：

(1) 含水率之表示法：

木材中之水分，一般用下述方法決定之即木材中之水分重量，對完全除去水分之木材重量（全乾之重量）之比，再乘 100 之百分率以表示之。此即木材之含水率。測定木材之全乾重量，在 $100^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ 之烘箱中乾燥至木材重量不變為止，所得重量，謂之全乾重量。其含水率之計算法為：

$$\text{含水率} = \frac{\text{未經乾燥之木材重量} - \text{全乾材重量}}{\text{全乾材重量}} \times 100$$

一般所用計算公式為：

$$U (\%) = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100$$

W = 木材原重量 W_0 = 全乾重量 $U (\%)$ = 含水率

(例) 木材之原重量為 120g，經全乾後其重量為 100g，其含水率為：

$$U (\%) = \frac{120 - 100}{100} \times 100 = 20 (\%)$$

此種計算法，僅表示含有水分對於全乾重量之百分比。如重量輕之木材與重之木材，雖含同量之水分，其全乾重量亦有差異，而含水率亦不同。如前所述，

含 20g 水分之木材，其全乾重量為 110g 時，則其含水率為 $\frac{20}{110} \times 100 = 18.2\%$ ，如全乾重量為 90g 時，其含水率為 $\frac{20}{90} \times 100 = 22.0\%$ 。因此，全乾重量不同，而含水率相同者，重之木材較輕之木材，其含水量為多。

測定木材之全乾重量，係將木材置於 $100^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ 之烘箱中，烘至其重量不變時為止。如用 100°C 以下之溫度時，雖則烘至重量不變，然材中尚含有微量之水分，故不能稱為全乾重量，此點須要留意。

(2) 生材含水率：

木材之含水率，依樹種採取部位及季節等而異，有一部分樹種，其生材含水率有逾 100% 以上者，此即表示有與木材實質同重之水分存於木材中，例如其含水率為 100%，比重為 0.5 之木材，在 10m^3 中之含水量，即達 500kg，由此可知，木材含有大量之水分；其次為邊材與心材之含水率，一般言之，邊材較心材多，因此雖同為一種樹種，其生材之含水率亦有差異，故在乾燥窯內之被乾燥材之含水率亦不平均，因此對其乾燥前之含水率，必須慎以測定之。

3. 木材中之水分與收縮膨脹之關係：

(1) 木材中之水分狀態：

構成木材細胞中之水分，有下述兩種：

吸濕水：含於細胞膜中之水分。

遊離水：含於細胞間隙與細胞腔內之水分。

木材乾燥時，此兩種水分，具有不同之性質，水分吸收於細胞膜中時，細胞開始膨脹，反之則開始收縮，但細胞膜吸收之水分量有一定之限度，其游離水分完全蒸發，而細胞膜中水分尚呈飽和時，稱為纖維飽和點，此時之含水率，一般為25~30%（平均28%）左右，此種吸濕水，對木材之收縮與膨脹，有直接關係，故當木材乾燥時，必須除去此種吸濕水，乾燥始有效果；遊離水，為纖維飽和點以上之水分，如在容器中呈遊離狀態而存在着之水分，除去此種遊離水，較吸濕水易。

木材乾燥時，遊離水首先蒸發，其次為吸濕水之蒸發，當含水量高時，乾燥速度較快，而在同一乾燥條件下，其含水率在纖維飽和點以下者，則乾燥速度較慢，惟一般木材，由於厚度之關係，其纖維飽和點無法確定，則木材乾燥時，其外部達到纖維飽和點以下時，其內部猶在纖維飽和點以上，故僅用收縮過程，以判別纖維飽和點，殊非易事。

（2）木材之收縮與膨脹：

（a）伸縮性與比重之關係：如前所述，細胞膜因吸濕水之增減而發生膨脹與收縮，此種伸縮現象，僅發生於細胞膜之厚度方向。故在同一含水率變化之下，厚膜之細胞較薄膜之細胞其伸縮性大，構成木材細胞膜之實質比重（ 1cm^3 之木材用重量 g 以表示之），一般約為 1.56，此係木材實質之真比重，但實際上木材所以有輕重之分者，皆由細胞膜實質以外之細胞間隙、細胞腔等之多寡或大小而異，空隙量多之木材，一般細胞膜薄而比重小，空隙量少之木材，細胞膜厚而比重大，因此輕之木材其收縮與膨脹小而重之木材則大，故木材之伸縮量與比重有成正比例之關係。

（b）弦面與徑面之伸縮性：木材之收縮與膨脹與纖維之方向而有差異，纖維之長方向，伸縮極小，影響不大，惟於纖維之橫向，即徑向與弦向，則影響伸縮甚大，一般弦向，徑向與纖維方向之收縮，其比例約為10：5~6：0.50，徑向與弦向收縮量之差，因樹種而異，其差異少之樹種，當乾燥時，所發生之股疵亦少，故此種差異少之樹種，吾人多樂用之。

（c）木材之伸縮量：木材之含水率低於纖維飽和點時，木材將開始收縮，此種現象可用第3圖以表示之。當含水率逐漸減少而木材將開始收縮之點，即為纖維飽和點，由此開始表現其乾燥之效果。因乾燥之目的，不僅以除去木材中之水分為已足，且須抑制使用時，因收縮而發生之缺點，則木材本身所有之收縮量，在使用前須使盡量收縮為宜，如生材乾燥至含水率30%時，雖已蒸發而除去甚多之水分，但在收縮之觀點上，其收縮僅發生於表面，木材本身尚未收縮，即未達到乾燥之目的，故處理木材乾燥時，對於此點應予充分瞭解。

（d）木材收縮率之表示法：由收縮量對基準長度之百分比稱為收縮率。此基

準長度，係乾燥前在生材時，即含水率在纖維飽和點以上時之長度。其計算法有如下式：

$$d(\%) = \frac{L_g - L}{L_g} \times 100$$

$$\text{及 } L = \frac{L_g (100 - d)}{100}$$

L_g = 乾燥前之長度

L = 乾燥後之長度

$d(\%)$ = 收縮率

(例 1) 如含水率為 50%，而寬度為 100cm 之板材，乾燥至含水率 10% 時，則其寬度為 95.5cm，其收縮率為：

$$d(\%) = \frac{100 - 95.5}{100} \times 100 = 4.5(\%)$$

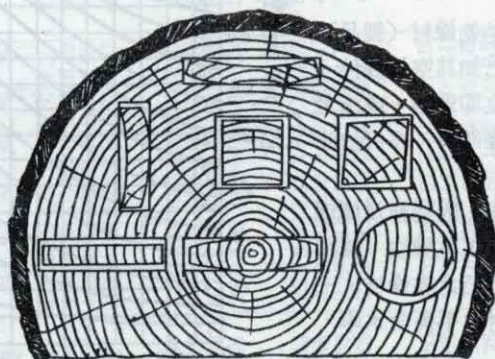
(例 2) 如寬度 100cm 之生材，乾燥至 15% 時，其收縮為 3.3%，此時板材之寬度為：

$$L(\text{cm}) = \frac{100 (100 - 3.3)}{100} = 96.7(\text{cm})$$

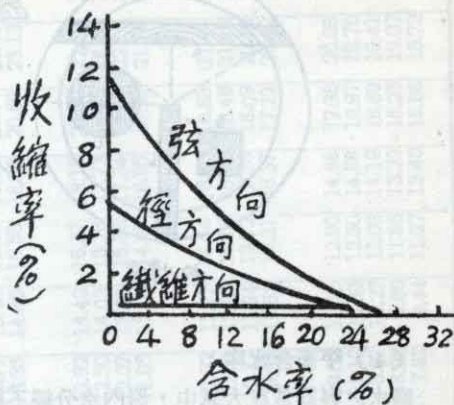
(3) 取材部位與變形：

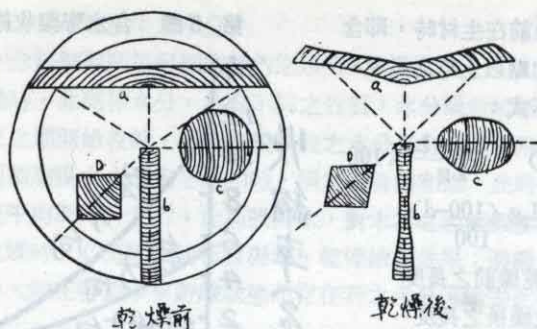
木材因徑向與弦向收縮有差異，故在乾燥時易引起種種之變形。例如第 4 圖，弦面板發生翹曲，偽徑面板之角材變為菱形，圓形變成橢圓形等等，故當木材乾燥前，進行製材時，對於此等不易避免之變形，必須顧及。

第 4 圖 採取部位與變形



第 3 圖 含水率與收縮率





(4) 平衡含水率：

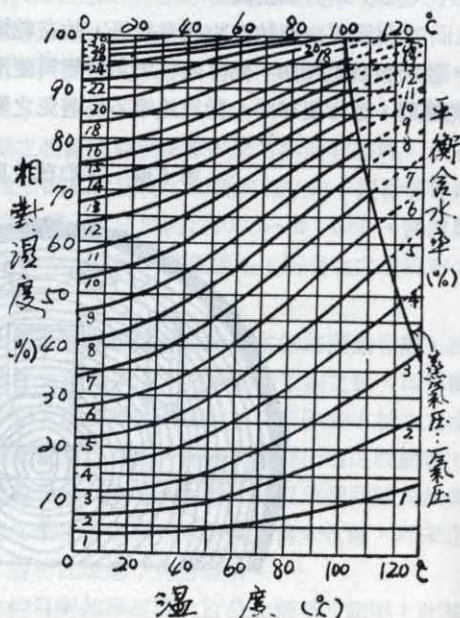
盛水之容器放在大氣中，器內水分經不絕蒸發，終至乾盡而止，但將木材久置大氣中，則材中之水分並不如此，而在其時之溫度與相對濕度下，必保持一定之水分，因材中之水分與木材實質之間，發生某一種力量，此種力量平衡於大氣中蒸發水分之力量，則對於其時之溫度與相對濕度之蒸氣壓力差(俟後詳述)平衡，而使木材中之水分停止蒸發，如此在某溫度與某相對濕度之下，成平衡之木材含水率，稱之平衡含水率。各種溫度下之木材平衡含水率如第5圖與第1表：

由圖所示，可知不論大氣中濕度高至如何，木材之平衡含水率，不能高至纖維飽和點，按照此圖，則可求大氣中任何情形下之平衡含水率。例如溫度為 25°C ，其相對濕度為95%，此時之平衡含水率為24%，再如溫度 25°C ，其相對濕度為50%，則此時之平衡含水率為9.0%。

如欲求出外銷乾燥材(製品)之含水率時，如已知其空氣條件(溫濕度)，亦可立即求得，或決定乾燥室內之乾燥條件時，亦可依此而解決之。

又平衡含水率，因樹種及處理方法而異，如用人工乾燥法，經高溫處理而含水率低之乾燥材，一般均較普通乾燥材之平衡含水率，約低1~2%。

第5圖 木材平衡含水率圖



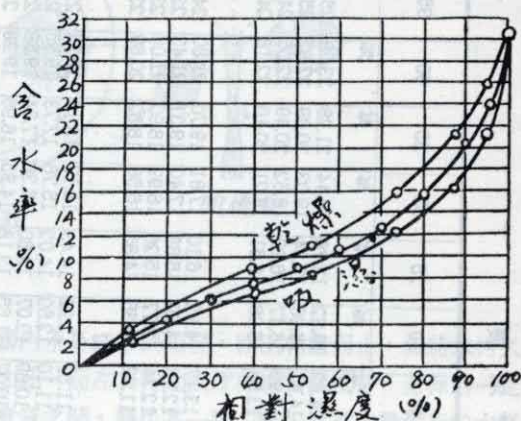
(5) 歇斯的里症現象：

第 1 表 木 材 平 衡 含 水 率 表

溫度 °C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
0	4.58	5.01	5.80	6.00	6.57	7.20	7.87	8.62	9.43	10.33	11.31	12.45	13.54	14.82	16.32	17.76	19.44	21.28	23.29	25.50	27.90
5	4.35	4.77	5.24	5.73	6.23	6.89	7.55	8.28	9.07	9.96	10.92	12.06	13.13	14.41	15.90	17.34	19.03	20.89	22.92	25.16	27.61
10	4.12	4.52	4.98	5.45	5.99	6.58	7.22	7.94	8.72	9.59	10.53	11.65	12.73	13.99	15.47	16.93	18.62	20.49	22.55	24.82	27.32
15	3.89	4.28	4.72	5.18	5.70	6.27	6.90	7.60	8.36	9.22	10.15	11.25	12.32	13.58	15.05	16.51	18.21	20.10	22.18	24.48	27.03
20	3.66	4.03	4.46	4.90	5.41	5.97	6.57	7.26	8.01	8.84	9.76	10.84	11.91	13.17	14.62	16.10	17.81	19.70	21.80	24.15	26.74
25	3.44	3.79	4.20	4.63	5.11	5.66	6.25	6.92	7.65	8.47	9.38	10.44	11.51	12.75	14.20	15.68	17.40	19.31	21.43	23.81	26.45
30	3.21	3.55	3.93	4.35	4.82	5.35	5.93	6.57	7.29	8.10	8.99	10.04	11.10	12.34	13.77	15.26	16.99	18.92	21.06	23.47	26.15
35	2.98	3.30	3.67	4.08	4.53	5.04	5.60	6.23	6.94	7.73	8.61	9.63	10.69	11.93	13.35	14.85	16.58	18.52	20.69	23.13	25.86
40	2.75	3.06	3.41	3.80	4.24	4.73	5.28	5.89	6.58	7.36	8.22	9.23	10.29	11.51	12.92	14.43	16.17	18.13	20.32	22.79	25.57
45	2.52	2.81	3.15	3.53	3.95	4.42	4.95	5.55	6.23	6.99	7.84	8.82	9.88	11.10	12.50	14.02	15.76	17.73	19.95	22.45	25.28
50	2.29	2.57	2.89	3.25	3.66	4.12	4.63	5.21	5.87	6.62	7.45	8.42	9.48	10.69	12.07	13.60	15.36	17.34	19.58	22.12	24.93
55	2.06	2.33	2.63	2.98	3.36	3.81	4.31	4.87	5.51	6.24	7.07	8.02	9.07	10.27	11.65	13.18	14.95	16.95	19.20	21.78	24.70
60	1.83	2.08	2.37	2.70	3.07	3.50	3.98	4.53	5.16	5.87	6.68	7.61	8.66	9.86	11.22	12.77	14.54	16.55	18.83	21.44	24.41
65	1.60	1.84	2.11	2.43	2.78	3.19	3.66	4.17	4.80	5.50	6.30	7.21	8.26	9.45	10.80	12.35	14.13	16.16	18.46	21.10	24.12
70	1.37	1.59	1.85	2.15	2.49	2.88	3.33	3.85	4.45	5.13	5.91	6.82	7.85	9.03	10.37	11.94	13.72	15.76	18.09	20.76	23.83
75	1.15	1.35	1.59	1.88	2.20	2.57	3.01	3.51	4.09	4.76	5.53	6.40	7.44	8.62	9.98	11.52	13.31	15.37	17.72	20.42	23.54
80	0.92	1.11	1.32	1.60	1.91	2.26	2.69	3.16	3.73	4.39	5.14	6.00	7.04	8.21	9.52	11.10	12.90	14.98	17.35	20.08	23.24
85	0.69	0.86	1.06	1.33	1.61	1.93	2.36	2.82	3.38	4.01	4.76	5.59	6.63	7.79	9.10	10.69	12.50	14.58	16.97	19.75	22.95
90	0.46	0.62	0.80	1.05	1.32	1.65	2.04	2.48	3.02	3.64	4.37	5.19	6.22	7.38	8.67	10.27	12.09	14.19	16.60	19.41	22.66
95	0.23	0.38	0.54	0.78	1.03	1.34	1.71	2.14	2.67	3.27	3.99	4.78	5.82	6.96	8.25	9.86	11.68	13.79	16.23	19.07	22.37
100	0.00	0.13	0.28	0.50	0.74	1.03	1.39	1.80	2.31	2.90	3.60	4.38	5.41	6.55	7.82	9.44	11.27	13.40	15.86	18.73	22.08

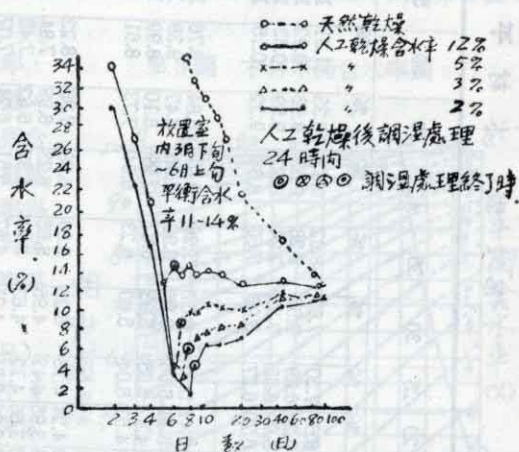
木材中之含水率，與大氣中之相對濕度，互呈平衡狀態，但如含水率高之木材，堆置大氣中，其所含水分逐漸蒸發而減少，至高於大氣中某一相對濕度下之平衡含水率2~3%時，即停止減少，又如經窯乾而含水率低之木材，放於大氣中，則漸吸濕而增其含水量，而較低於大氣中某相對濕度下之平衡含水率2~3%時，則平衡。如第6圖所示，此一現象，謂之木材之歇斯的里症，此種現象，甚有助於抑制木材之吸濕與膨脹性，當木材吸濕時必膨脹，為減少其膨脹計，則乾燥至較低含水率，然後如再吸濕時，則在較低之含水率下平衡而膨脹亦少。故如第7圖所示，當乾燥木材時，可利用此種特性，藉以抑制木材之伸縮性。

第6圖 歇斯的里症曲線 (25°C)



第7圖 吸濕經過圖

板厚 22 mm



4. 乾燥過程中水分之移動經過：

(1) 表面蒸發：

生材中之水分，在大氣壓中，常因蒸發而減少水分，減至與空氣中之濕度平衡狀態時，則材中之結合水（即吸濕水）自然停止蒸發，如欲使材中之吸濕水繼續蒸發，需不斷供給打勝結合力之熱源，始可除去吸濕水。因此增加乾燥之溫度以促進吸濕水之運動，且因窯乾時由於溫度上升，濕度逐漸減少，亦可增加外氣之蒸發力，較大於吸濕水之結合力（水分與木纖維間一種引力），以打破兩者之平衡狀態，使木材能再繼續乾燥。再如含水率對於表面蒸發之影響亦頗大，如含水率在纖維飽和點以上時，所經過乾燥為恆率乾燥，如含水率在纖維飽和點以下

時，因結合力之增加，其經過之乾燥為減率乾燥。木材中所蒸發之水分量，可依次式計算出。

$$QV = \frac{rt \cdot V(u_1 - u_2)}{FZ}$$

QV = 蒸發水分量。 rt = 比重。 V = 材積。 $u_1 u_2$ = 含水率。

F = 表面積 m^2 Z = 乾燥時間(h)

依據上列公式，測定單刺櫛與大葉楠兩種樹種之水分蒸發量如第2表。第2表之試驗結果為兩樹種之表面蒸發量，表面蒸發量除因樹種而異外，受其他乾燥因子之影響（如高溫、低溫、而空氣流速大者，其蒸發量多）而有差異，惟始終可繼續蒸發。

(2) 木材內部水分之擴散：

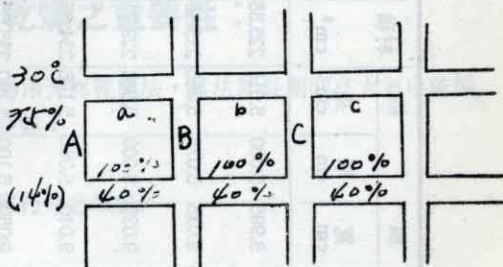
木材之乾燥，不僅蒸發木材表面之水分即可，而除去材內之水分尤為必要。木材內部水分之移動，係由蒸氣壓之差異，或內部壓力之增加而促進其移動；前者即水分本身之傾斜，後者為溫度之上升所致，由於受上述二者中之任何一種之影響，內部水分則被擴散而除去。使內部水分擴散之因素，有如下列三項：

- (a) 因表面蒸發，而引起內部水分之擴散。
- (b) 因內部壓力之增加，而引起水分之移動。
- (c) 因水分本身結合力之減低，而促進水分之移動。

茲就上述各項因素說明如下：

(a) 因表面蒸發，而引起內部水分之擴散：木材表面之水分，因其蒸氣壓與外氣壓相差時，木材水分之蒸發力與結合力，需要平衡起見，吸收水分或蒸發水分。木材乾燥時，木材表面之含水量較內部之含水量先減少，將提高內部之蒸氣壓，使內部之水分移動至表面，木材蒸發水分時，多有此類現象，茲舉例說明如下：

設第8圖為細胞之連結，第8圖 因蒸氣壓之相差木材內部的水分移動圖
溫度 $30^{\circ}C$ ，相對濕度75%（此時平衡含水率為14%），未經乾燥之板材含水率40%（纖維飽和點以上）；該板材表面之細胞膜A，受外氣蒸氣壓之影響，其含水量開始急速蒸發，減少至平衡含水率14%，然後細胞膜A，由細胞腔a吸收



水分，向外面蒸發，致細胞腔 a 之水蒸氣壓減低，因為細胞腔 a 之相對濕度減低，次層之細胞膜 B 之水分蒸發至 a，同樣方法移行至細胞膜 c 及細胞腔 c。木材乾燥過程中，因表面蒸發，引起木材內部之水分移動，使木材乾燥，天然乾

第2表 單刺楸與大葉楠之水分蒸發量

樹種	試號	規 格			材積 cm ³	表面積 cm ²	原重 g	比重	第一次 104°溫 度乾燥 3小時 g	第二次 g	第三次 g	第四次 g	第五次 g	第六次 g	全乾 重量 g	含水率 %	第一次 全乾重 量 %	蒸發分 量 g/m ² h	備 考
		寬 cm	厚 cm	長 cm															
單 刺 楸	1	8.995	5.000	5.015	225.55	45.11	257.5	1.14	208.2	178.5	154.3	137.2	122.2	114.9	114.9	124.1	81.2	81.51	生
	2	9.035	5.075	5.085	233.16	45.94	262.5	1.13	212.8	181.5	157.8	139.2	123.5	116.1	116.1	126.1	83.3	81.82	
	3	9.035	5.000	5.085	229.71	45.94	259.7	1.13	211.6	180.5	156.0	136.7	121.0	114.0	114.0	127.8	85.6	79.48	
	4	9.040	5.085	5.105	234.67	46.15	259.8	1.11	211.6	179.7	154.2	134.5	120.9	115.7	115.7	124.5	82.9	78.27	
	5	9.050	5.100	5.100	235.65	46.21	261.9	1.11	209.5	177.6	153.2	133.8	120.1	115.1	115.1	127.5	82.0	85.85	材
大 葉 楠	1	9.180	5.000	5.025	230.65	46.13	187.30	0.812	165.60	123.90	107.70	97.00	91.80	91.00	91.00	105.8	82.0	32.2	生
	2	9.135	5.000	4.895	223.60	44.72	189.70	0.848	166.00	126.80	108.80	95.10	88.30	87.00	87.00	126.7	90.8	47.9	
	3	9.160	4.990	4.900	223.97	44.88	182.90	0.817	161.20	117.80	102.30	91.90	87.20	87.00	87.00	110.2	85.3	33.8	
	4	9.150	4.930	4.875	219.90	44.61	194.80	0.886	172.70	132.30	112.20	96.50	89.70	87.70	87.70	122.1	96.9	36.7	材
	5	9.150	4.955	5.000	226.69	45.75	187.00	0.825	164.20	126.00	108.20	95.80	89.90	89.50	89.50	108.9	83.5	33.8	

燥法依據此理論以乾燥木材也。

(b) 因內部壓力之增加，而引起水分之移動：木材內部之細胞膜與細胞腔間，包含吸濕水與遊離水之外，並含空氣與水蒸氣，一般在乾燥過程中，由於溫度之上升，空氣因而膨脹，水蒸氣之壓力亦增加，使木材內部到達最大蒸氣壓。又木材內部溫度之增加，除使內部的空氣及水蒸氣膨脹以外，木材本身的木纖維亦膨脹，致木材內部的水蒸氣壓急速增加，因此木材內部發生壓力而使水分移動。此種內部壓力不單與溫度之上升有關，且與木材之含水率亦有一定之關係，木材之含水率在纖維飽和點以上時，因木材的孔隙常被水蒸氣所充滿，故因溫度上升而產生之內部壓力大致可認為一定，但木材含水率在纖維飽和點以下時，其木材孔隙未為水蒸氣所充滿，而減少水蒸氣之壓力，因此其內部壓力隨含水率之減少而減少；同時水分之移動亦因之而減少，故木材乾燥之初期，因含水率甚高，則可利用此因子以提高內部壓力，使增加之水分移動以乾燥木材也。

(c) 因水分本身結合力之減低而促進水分之移動：此一因子係屬水分本身之物理性質，雖非發生水分擴散之因子，但可因此而促進水分之移動，當木材在纖維飽和點以下時，欲使結合水移動，需相當大之力量 (Energy) 因木材與水分間有一種結合力所致，如不降低此種結合力，則不能使木材內部之水分移動，因此在乾燥操作上欲降低此種水分結合力，除提高溫度以外，無其他辦法，如將溫度提高時，則可降低水分之表面張力，毛細管引力，水分之分子內力，粘性等，而使木材中水分之分子較木材質之分子呈活潑之運動或振動，以促進水分之移動。木材水分之結合力與含水量之增減有密切之關係，木材內部含有多量之水分者，其結合力較弱，反之含少量之水分者，其結合力較強，故當進行人工乾燥時，必須注意此點。木材外殼與內部之乾燥需要平衡進行，不得使木材之外殼發生過度之乾燥，過度之乾燥，足以影響木材內部水分之結合力，而延緩木材之乾燥，進而發生種種之瑕疵。

二、人工乾燥之重要性：

木材之乾燥其由來已久，一般均用天然乾燥法，其法即長期間在大氣中乾燥之，用此種天然乾燥法有下列各種缺點：

1. 乾燥時間長，致資金凍結。
2. 乾燥期間易生乾裂、變色、腐朽等之瑕疵。
3. 不能乾燥至所需要之含水率。

為補救此等缺陷，故漸普遍採用人工乾燥。實施人工乾燥，不僅可以縮短乾燥時間，加速資金運轉，且可調節乾燥窯內之溫度與相對濕度，使木材減免發生乾裂與反翹等瑕疵。更可乾燥至天然乾燥不能達到之低含水率。在本省多濕之處，例如臺北，年平均溫度為 21.9°C ，相對濕度為 81.1% ，在此溫濕度下之平衡含

水率，如第5圖所示，約為16.0%，換言之即在臺北地區，以天然乾燥法乾燥時，雖歷時甚久，其木材之含水率均在16.0%，其間雖因季節關係，或有若干變動，然其平均含水率、終不能降低至16%以下。

然冬季有暖氣設備之房間，其溫度與相對濕度，約為 20°C 及50%，木材在此溫濕度下之平衡含水率，約為 9.0%，如此低之含水率，藉天然乾燥，絕難達到。如用含水率15%之氣乾材，製造此房間之家具時，則可使木材之含水率，繼續降低至9.0%，而使木材發生收縮之弊害。

在上述環境下使用木材時，其含水率須乾燥至 8%，如此低之含水率，以天然乾燥實無法達到，非賴人工乾燥不為功，一般所用之人工乾燥，其優點除較天然乾燥節省時間外，且乾燥窯內之空氣、溫度與相對濕度，亦可予以適當之調節，並能使木材不易發生乾裂等優點，以及可乾燥至天然乾燥所不能達到之低含水率等。

三、木材之人工乾燥：

1. 木材乾燥之因子

所謂木材乾燥，即使木材中之水分，由其表面蒸發於空氣中之謂，茲將其蒸發現象，說明如下：

(1) 飽和狀態與蒸氣壓：

盛水之容器，放於大氣中，其水分逐漸蒸發而至乾涸，如此盛水之容器，放進更大而密閉之容器中時，其水分緩慢蒸發，而密閉大容器之空氣中，漸增加水蒸氣，如其時之溫度不變，終至飽和狀態，此時水分之蒸發則告停止。

上述蒸發之程度，可用單位容積中之蒸氣量表示，但一般均用蒸氣壓力以表明之，謂之蒸氣壓或蒸氣張力。蒸發之蒸氣壓力，可由鍋爐壓力計之指針而窺知之，表示壓力之大小，有下述各方法：

(A) 力量之單位，以 dyne 表示之，（此係非常微小之數值，其一百萬倍之單位，即為氣象上所用之 bar.）。

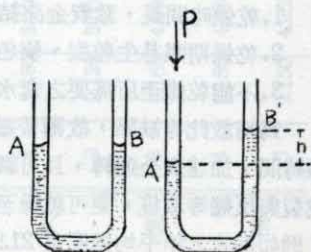
(B) 用 1cm^2 所受之蒸氣壓力 kg/cm^2 以表示之（鍋爐之壓力），則用此單位表示之）。

(C) 如第9圖用U字管，放進水或水銀，由一端加壓而所發生高度之差表示之。

用水柱時，稱為水柱 hmm，以hmm Ag表示；用水銀柱時，稱為水銀柱hmm，以hmm Hg 表示之。蒸氣張力之表示法，一般均以水銀柱法表示之。

飽和狀態之蒸氣壓力，因溫度而有差異，即提高溫度時，其蒸氣壓力變大，而蒸發

第9圖 用U字管測定壓力



量愈旺盛，此種現象，以密閉在一定容積之空氣以說明如下：

在一定容積內之空氣，如其水分蒸發至飽和時，如再提高溫度，則其氣體發生膨脹，使容積變大，而破壞飽和狀態，因而再發生蒸發，故溫度愈高，則水蒸氣之含量愈多，示之如第 3 表

第 3 表 各溫度之飽和蒸氣之性質

溫 度 °C	壓 P_s (mmHg)	比 重 r_s (kg/m ³)	溫 度 °C	壓 P_s (mmHg)	比 重 r_s (kg/m ³)
0	4.579	0.00474	55	118.0	0.10437
5	6.528	0.00667	60	149.5	0.13026
10	9.21	0.00940	65	187.5	0.16129
15	12.79	0.01283	70	234.0	0.1982
20	17.5	0.0173	75	289.0	0.2425
25	23.8	0.0230	80	355.0	0.2936
30	31.8	0.0304	85	433.5	0.3527
35	42.2	0.0396	90	526.0	0.4219
40	55.3	0.0512	95	634.0	0.5030
45	71.9	0.0655	100	760.0	0.5974
50	92.5	0.0832			

(2) 空氣中之濕度表示法：

濕度用絕對濕度與相對濕度兩種表示之。

(a) 相對濕度：單位容積空氣中之水蒸氣，其量與同溫度之飽和水蒸氣量之百分比表示之，如某溫度空氣中之水蒸氣量為 P ，與同溫度之飽和水蒸氣量為 P_0 時，則其相對濕度 H ，為 $H = P/P_0 \times 100$

(b) 相對濕度與溫度：在不同溫度之下，其相對濕度相同時，如要達到飽和水蒸氣量，其所含之蒸氣量有顯著之差異，例如相對濕度80%，溫度30°C時，其至飽和狀態所含之水蒸氣量為6.08g，溫度60°C時為26.04g，溫度90°C時則為84.4g，如此相對濕度相同，而溫度愈高，則其所含之水蒸氣量愈多，故乾燥時，相對濕度相同，而溫度愈高，則可促進乾燥之速度。如空氣中之水蒸氣量一定，而保持高溫度時，則相對濕度自然降低，反之保持低溫時，則相對濕度升高，再如溫度30°C，而其相對濕度為100%時，如溫度再降低10°C，則其相對濕度不能增加，不能以水蒸氣之狀態存在，而變為凝結之水滴矣。

第10圖 乾濕球溫度計

(c) 相對濕度之測定：

(i) 乾濕球溫度計：係以2支正確之溫度計所組成，其中1支係測定溫度者，另1支則其感溫部以紗布包裹之，常保持濕潤，其下方附一盛水器（如第10圖），如此前者為乾球溫度計，後者為濕球溫度計。

(ii) 原理：當空氣呈飽和狀態時，則兩支溫度計，指同一溫度，而不飽和狀態時，則包濕布之溫度計，由於水分之蒸發而奪去一部分溫度，致濕球溫度計之溫度降低，此種溫度稱為濕球溫度，又另一支乾球溫度計指示之溫度，稱為乾球溫度，以此兩溫度計之溫度差，即可依下列公式算出其蒸氣壓。

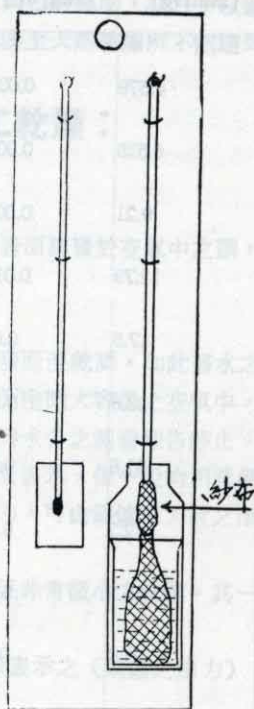
$$P = P_o - k(t - t') \dots\dots\dots(2)$$

相對濕度 H 可依如下列公式求之：

$$H = \frac{P_o - k(t - t')}{P_o} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

t：乾球溫度 t'：濕球溫度 P'o：對於 t' 之最大蒸氣壓 Po：對於 t 之最大蒸氣壓 k：恆數約0.5。

相對濕度，可依據上式算出，現已有根據乾濕球之溫度差，編成一種溫濕度表，自該表即可求得相對濕度者，示如下列第四表。



第4表 相對濕度表 (%)

乾濕球溫度差 (°C)

乾球溫度 (°C)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
80	96	92	88	85	81	77	74	71	68	65	61	59	56	53
79	96	92	88	84	81	77	74	70	67	64	61	58	56	53
78	96	92	88	84	80	77	74	70	67	64	61	58	55	53
77	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	61	58	55	52
76	96	92	88	84	80	77	73	70	66	64	61	58	55	52
75	96	92	88	84	80	77	73	70	66	63	60	57	54	52
74	96	91	87	84	80	76	73	69	66	63	60	57	54	52
73	96	91	87	84	80	76	73	69	66	63	60	57	54	51
72	96	91	87	83	80	76	72	69	66	62	59	56	54	51
71	96	91	87	83	79	76	72	68	65	62	59	56	53	50
70	96	91	87	83	79	76	72	68	65	62	59	56	53	50
69	96	91	87	83	79	75	72	68	65	62	58	55	53	50
68	96	91	87	83	79	75	71	68	65	61	58	55	52	49
67	96	91	87	83	79	75	71	68	64	61	58	55	52	49
66	95	91	87	83	79	75	71	67	64	61	57	54	51	49
65	95	91	87	82	78	74	71	67	64	60	57	54	51	48
64	95	91	86	82	78	74	71	67	63	60	57	54	51	48
63	95	91	86	82	78	74	70	67	63	60	56	53	50	47
62	95	91	86	82	78	74	70	66	63	59	56	53	50	47
61	95	91	86	82	78	74	70	66	62	59	56	52	49	46
60	95	91	86	82	77	73	69	66	62	59	55	52	49	46
59	95	90	86	82	77	73	69	65	62	58	55	52	49	46
58	95	90	86	81	77	73	69	65	61	58	54	51	48	45
57	95	90	86	81	77	73	69	65	61	57	54	51	48	45
56	95	90	85	81	77	72	68	64	61	57	54	50	47	44
55	95	90	85	81	76	72	68	64	60	57	53	50	47	44
54	95	90	85	81	76	72	68	64	60	56	53	49	46	43
53	95	90	85	80	76	71	67	63	59	56	52	49	46	42
52	95	90	85	80	75	71	67	63	59	55	52	48	45	42
51	95	90	85	80	75	71	67	63	59	55	51	48	44	41
50	95	89	85	80	75	71	66	62	58	54	51	47	44	41
49	95	89	84	79	75	70	66	62	58	54	50	47	43	40
48	95	89	84	79	75	70	66	61	57	53	50	46	43	39
47	94	89	84	79	74	70	65	61	57	53	49	45	42	39
46	94	89	84	79	74	69	65	60	56	52	49	45	41	38
45	94	89	84	79	74	69	64	60	55	52	48	44	41	37
44	94	89	83	78	73	68	64	59	55	51	47	43	40	36
43	94	89	83	78	73	68	63	59	55	51	47	43	39	36
42	94	88	83	78	72	68	63	58	54	50	46	42	38	35
41	94	88	83	77	72	67	62	58	53	49	45	41	37	34
40	94	88	82	77	72	67	62	57	53	49	44	40	37	33
39	94	88	82	77	71	66	61	57	52	48	44	40	36	32
38	94	88	82	76	71	66	61	56	51	47	43	39	35	31
37	94	87	82	76	71	65	60	55	51	46	42	38	34	30
36	94	87	82	76	70	65	60	55	50	45	41	37	33	29
35	93	87	81	75	70	64	59	54	49	45	40	36	32	28
34	93	87	81	75	69	64	58	53	48	44	39	35	31	26
33	93	87	80	74	69	63	58	52	47	43	38	34	29	25
32	93	86	80	74	68	62	57	52	46	42	37	32	28	24
31	93	86	80	73	67	62	56	51	46	41	36	31	27	22
30	93	86	79	73	67	61	55	50	45	39	33	30	25	21

第4表 相對濕度表(%) (續)

乾濕球溫度差(°C)

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
51	48	46	43	41	39	37	35	33	32	31	28	26	25	23	22
50	48	46	43	41	39	37	35	33	31	29	28	26	24	23	21
50	48	45	43	41	39	37	35	33	31	29	27	26	24	23	21
50	47	45	43	40	38	36	35	33	30	29	27	25	24	22	21
50	47	45	42	40	38	36	34	32	30	28	27	25	23	22	20
49	47	45	42	40	38	35	33	31	30	28	26	24	23	21	20
49	46	44	42	39	37	35	33	31	29	27	26	24	22	21	20
48	46	44	41	39	37	35	32	31	29	27	25	23	22	20	19
48	46	43	41	38	36	34	32	30	28	26	25	23	21	20	18
47	45	43	40	38	36	34	32	30	28	26	24	23	21	19	18
47	45	42	40	38	35	33	31	29	27	25	24	22	20	19	17
47	44	42	39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	20	18	17
47	44	41	39	37	34	32	30	28	26	24	23	21	19	18	16
46	44	41	39	36	34	32	30	28	26	24	22	20	19	17	16
46	43	41	38	36	33	31	29	27	25	23	22	20	18	17	15
45	43	40	38	35	33	31	29	27	25	23	21	19	18	16	15
45	42	40	37	35	33	30	28	26	24	22	20	19	17	15	14
45	42	39	37	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	15	13
44	41	39	36	34	31	29	27	25	23	21	19	18	16	14	13
44	41	38	36	33	31	29	27	24	22	21	19	17	15	14	12
43	40	38	35	33	30	28	26	24	22	20	18	16	15	13	11
43	40	37	35	32	30	28	25	23	21	19	17	16	14	12	11
42	39	36	34	32	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	
42	39	36	33	31	29	26	24	22	20	18	16	14	12	11	
41	38	35	33	30	28	26	23	21	19	17	15	13	12		
40	38	35	32	30	27	25	23	20	18	16	14		11		
40	37	34	32	29	26	24	22	20	18	16	14	12			
39	36	34	31	28	26	23	21	19	17	15	13	11			
39	36	33	30	28	25	23	20	18	16	14	12	10			
38	35	32	30	27	24	22	20	17	15	13	11				
38	35	32	29	26	24	21	19	17	14	12	10				
37	34	31	28	25	23	20	18	16	13	11					
36	33	30	27	25	22	19	17	15	12	10					
35	32	29	26	24	21	19	16	14	11						
35	32	28	26	23	20	18	15	13	10						
34	31	28	25	22	19	17	14	12							
33	30	27	24	21	18	16	13	10							
32	29	26	23	20	17	14	12								
31	28	25	22	19	16	13	11								
30	27	24	21	18	15	12									
29	26	23	20	17	14	11									
28	25	22	18	15	12										
27	24	20	17	14	11										
26	23	19	16	13											
25	22	18	15	11											
24	20	17	13												
23	19	15	12												
21	17	14	10												
20	16	12													
18	14	10													
17	13														

第4表 相對濕度表 (%) (續)

乾濕球溫度差 (°C)

31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
20	19	18	17	15	14	13	12	11	
20	19	17	16	15	14	13	12	11	
20	18	17	16	15	13	12	11	10	
19	18	17	15	14	13	12	11		
19	17	16	15	14	12	11	10		
18	17	16	14	13	12	11			
18	17	15	14	13	12	11			
17	16	15	13	12	11				
17	15	14	13	12	10				
16	15	14	12	11					
16	14	13	12	11					
15	14	13	11	10					
15	13	12	11						
14	13	11	10						
14	12	11							
13	12	10							
12	11								
12	10								
11									
10									

(3) 蒸發與壓力差異：

水分之蒸發，係因蒸氣壓力之差異（壓力差異） $P'-P_0$ 而發生水分之蒸發，參考第11圖即可知其梗概。

第11圖 水面之蒸發現象

(4) 空氣之流動速度（風速）：

木材之含水率高而風速大者，則水分之蒸發與移動甚速，而乾燥亦快。但木材之含水率低時，則風速對水分之蒸發與移動無甚影響，此時之風速

僅均勻乾燥窯內之溫度而已，一般空氣循環之風速，以速度1—2m/s為最適當。

(5) 溫度與乾燥速度：

在同一相對濕度下，如用高溫，其乾燥亦快，對於厚板與含水率低之木材，如溫度高，乾燥即快，例如1吋厚之板材，對於40°C，60°C及80°C等各種溫度下，其乾燥時間，約成為2.2, 1.5及1.0之比例。

(6) 木材乾燥所需要之條件：

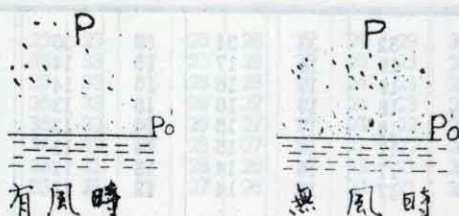
溫度、相對濕度（乾球溫度與濕球溫度之差）及風速，為人工乾燥所需之三種重要因子。此等因子調節之適當與否影響木材之乾燥結果甚巨，如溫度過高而濕度過低，則使木材之乾燥過快，易生各種瑕疵，反之，溫度過低而濕度高，則影響乾燥之速度，風速亦為重要因子之一，如風速過小，則溫度不均勻。

2. 天然乾燥之要點：

(1) 天然乾燥之意義：

(a) 經製材後之木材，用適當方法堆積空氣流通之處，使木材乾燥者，謂之天然乾燥。天然乾燥，不論歷時多久，均不能乾至低於相對濕度之平衡含水率。按本省一年中之溫濕度，雖因地而異，一般多濕之地區為21.7°C、85%；乾燥之地區為24.4°C、76.8%，在此兩種溫濕度下之平衡含水率，自第5圖中求出為18%與14.5%，一般天然乾燥，均無法使木材含水率較低於上列之平衡含水率。如用此種乾燥材，用於家具時，則甚易發生各種瑕疵，如欲補救此種缺點，需再進行人工乾燥。

(b) 人工乾燥前之預備乾燥：天然乾燥之木材，因厚度之不同，其水分之減少過程有顯著之差異，例如第12圖。由此圖之所示，當乾燥初期，其乾燥頗速，往後漸次緩慢，經一月後，其變化即甚微或至停頓，故高含水率之木材，先用天然乾燥，俟乾燥效率降低時，則改為人工乾燥，較為經濟。天然乾燥所需時間，因木材之厚度而有差異，例如厚度2.5cm之潤葉樹材，其適當乾燥時間為2



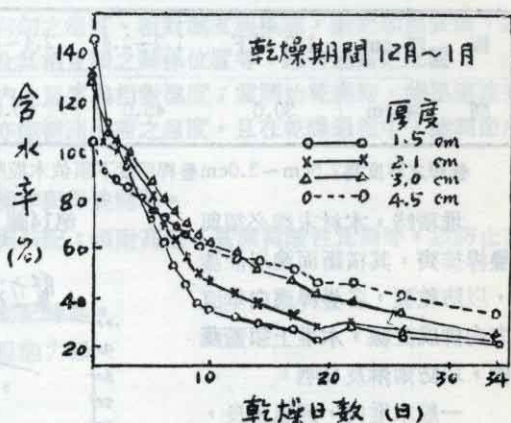
有風時溫度低而相對濕度高之空氣層甚薄 (P'_0) 故蒸發快。

無風時溫度低而相對濕度高之空氣層甚厚 (P'_0) 故蒸發慢

個月，厚度4cm者約為4個月。如在實施人工乾燥前，先經2~3星期之天然乾燥，如此非僅可以縮短人工乾燥之時間，而且亦可節省乾燥之費用與乾燥窯之經濟利用等效果。

第12圖 杉木之天然乾燥經過

為一塊木板之乾燥，疊桿堆積材為此值之1.5倍，
闊葉樹材約2~3倍



預備乾燥之意義，在於實施人工乾燥前，先經天然乾燥，可以使含水率有差異者，趨向均一，且在人工乾燥時，對含水率高而易發生反翹、陷潰，內部乾裂等缺點之木材，如先經低溫之天然乾燥，則可減免。因此人工乾燥前之預備乾燥頗為重要。

(2) 天然乾燥之得失：

天然乾燥，係將木材堆積於大氣中進行乾燥者，其所需費用不多，為其優點，但因需經長期間之堆積，致資金凍結，並需大面積之土地以供堆置，且又不能任意調節溫度、濕度及氣流，致乾燥過程中，木材表面難免發生乾裂與腐朽等缺點。

(3) 天然乾燥之方法：

天然乾燥，一般均以2.5cm之角材為疊桿，將乾燥材堆積於其上進行氣乾。但用此法乾燥木材時，必須留意選定供堆積木材之場所與堆積方法。

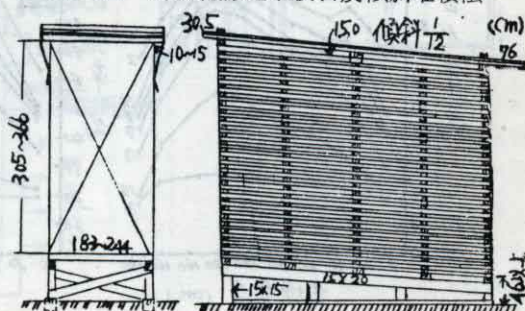
(a) 堆積場所：

須選無建築物、圍牆及樹蔭等之遮蔽，而場地乾燥及空氣流通之處，且須清理其周圍之廢材，垃圾與雜草等。

(b) 堆積方法：

應先做一堆積台，其高度約為40cm，以防雨水濺

第13圖 天然乾燥之堆積台及傾斜堆積法



濕，疊桿對風方向排成平行而做台腳。如第13圖。

疊桿宜用2.5cm~3cm 不彎曲之針葉樹材，疊桿間之距離，依被乾燥材之厚度而定其間隔之標準，有如第5表所示

第五表 木板厚度與棧木間隔

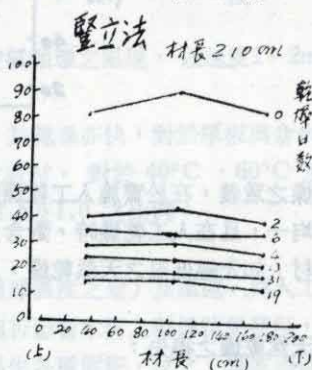
板 厚 cm	1.2 以下	1.2~2.4	2.4~3.6	3.6~6.0	6.0 以上
間 隔 cm	30.0	45.0	60.0	75.0	90.0

疊桿之厚度為2.5cm~3.0cm疊桿厚度不須依木板厚度變化。

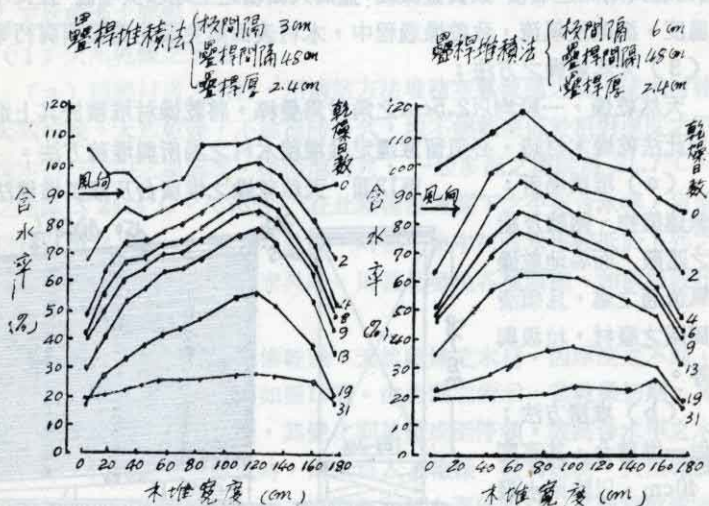
堆積時，木材末端必須與疊桿排齊，其橫斷面塗以油漆，以防乾裂，各疊桿應向垂直方向排成直線，木堆上須蓋蔭棚，以防雨淋及日晒。

一般木堆內，通風不良，致乾燥困難，故設空間於木堆內，甚為重要，如第14圖。其他如用送風機或利用太陽熱，藉以促進乾燥之速度，其效果更佳。

第14圖 天然乾燥之堆積法與乾燥日數之關係



山毛櫸邊材、8月乾燥



3. 人工乾燥法之要點：

(1) 乾燥窯之具備條件：

乾燥窯之必要條件，能用人工可以調節溫濕度，而使乾燥均勻，為使全體木材之含水率平均降低，乾燥窯內需有適當之空氣循環等設備；茲列舉乾燥窯之具備條件如下：

(a) 為求乾燥窯內有均勻之溫度、相對濕度與風速，對於加熱裝備，送風機、吸氣與排氣孔之位置，及其相互間之關係位置等，應有適當之配置。

(b) 容易保持乾燥窯內之溫度與相對濕度；當開始乾燥時，能迅速達到所需之溫度，而至乾燥末期，亦能提高所需之溫度，且在乾燥過程中，能調節所需之相對濕度。

(c) 易操作與保養：操作與保養簡單。

(d) 乾燥窯內之構造與裝配：須耐高溫、高濕與酸性瓦斯等，以防止窯內五金部分之腐蝕、生銹等。

(e) 具有溫、濕度自動記錄器。

(f) 乾燥窯牆壁之保溫能力強。

(g) 失火之危險性少。

(h) 乾燥費用低廉。

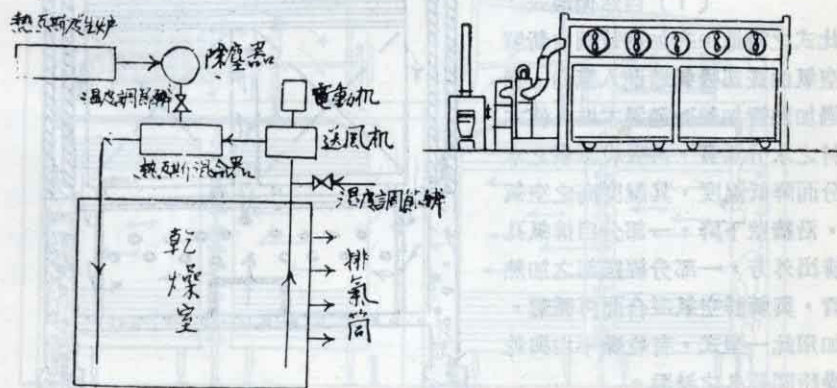
(2) 人工乾燥窯之種類與型式：人工乾燥窯，如具備上列各條件，可不拘其種類與型式，但為便於敘述與參考計，依乾燥窯熱源之利用與窯內空氣之循環方式，分類如下：

(A) 依熱源之利用方式分類：

(a) 直接加熱式：

(i) 煙燻式：燃燒木屑，藉所發生之熱氣以提高窯內之溫度者，採用此式，易燻污被乾燥材之表面及窯內部，且有失火之危險，溫度與濕度之調節困難及其性能低等缺點。

第15圖 完全燃燒瓦斯式乾燥窯

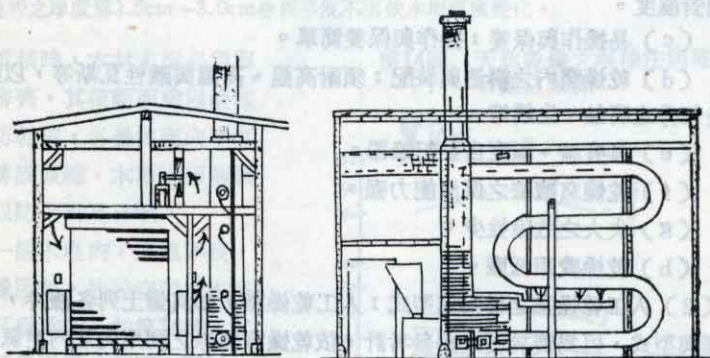


(ii) 完全燃燒瓦斯式：此式有完全之燃燒爐，用木屑為燃料，以所產生之瓦斯導入室內之方法。如第15圖。此窯亦可附設噴水裝置，藉吸排氣孔而調節其溫濕度，但因受燃料中之水分與揮發成分之影響，金屬之腐蝕性甚大。

(b) 間接加熱式：

(i) 煙道式：燃燒瓦斯導入煙道以提高窯溫之方式，如第16圖。有則在挖低窯內地面，鋪上鐵板，以傳熱氣者，或在乾燥窯之側部，設豎立式之火爐，依牆壁之熱氣以傳熱者，此式對溫濕度之調節不易，保持乾燥初期之濕度困難，如熱度過高時，有失火之危險，而機材亦易腐朽。

第16圖 煙道式乾燥窯



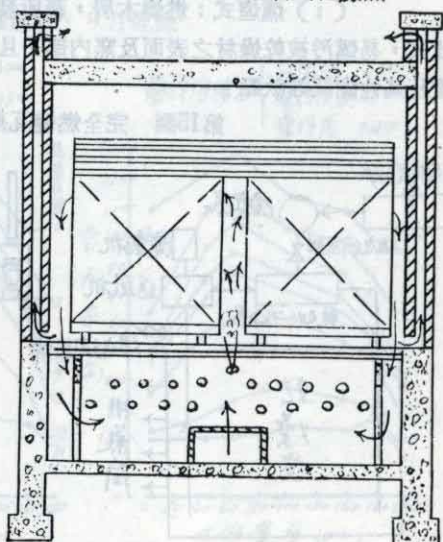
(ii) 蒸氣式：以蒸氣通過加熱管而提高窯內溫度者，其濕度可由蒸氣之噴射與排氣孔調節之。此種窯易調節窯內溫、濕度，亦可造成自動調節者，對於乾燥瑕疵之急救處理或內部應力之解除等亦無困難。

第17圖 自然循環式乾燥窯

(B) 依空氣循環方式之分類：

(i) 自然循環式：

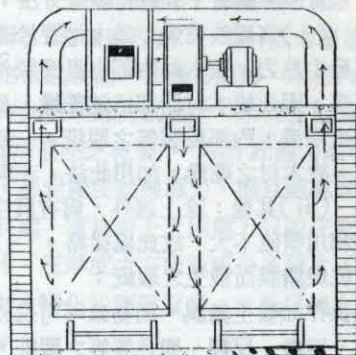
此式之構造，有如第17圖。新鮮空氣由底部吸氣道進入窯內，通過加熱管加熱而通過木堆，使木材之水分蒸發，再吸收蒸發之水分而降低溫度，其濕度高之空氣，沿牆壁下降，一部分自排氣孔排出外方，一部分經底部之加熱管，與新鮮空氣混合而再循環，如用此一型式，有乾燥不均與乾燥時間長久之缺點。



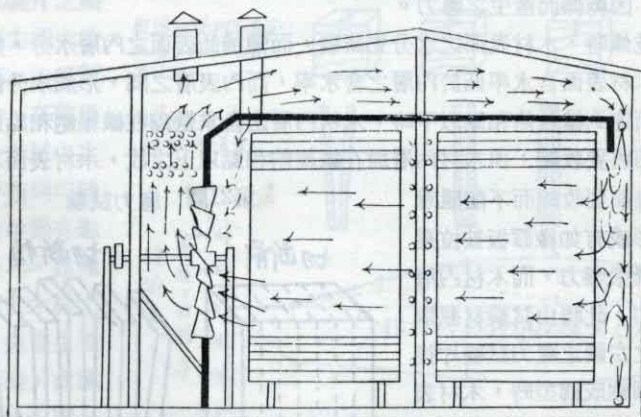
(ii) 强制循環式：

窯內空氣，藉機械迴之循環，而促進乾燥均勻者，其送風機有設於窯外（如第18圖）與窯內（如第19圖與20圖）兩式，後者效率較大。

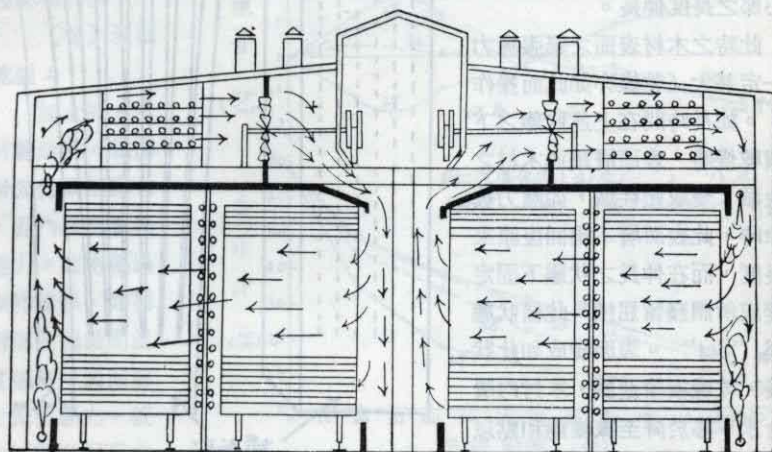
第18圖 窯外送風式乾燥窯



第19圖 窯內送風式乾燥窯



第20圖 窯內送風式乾燥窯



除上述者外，猶有下列數種特殊方法：

(i)高周波乾燥：爲木材置於高周波電界時，吸收高周波之熱量，而使其內部發生熱力，致木材內部之溫度較外表溫度爲高，致其內外之蒸氣壓力差，相差很多，因此使木材內部迅速乾燥，且木材內部之高含水率部分易發生高溫，故易發生陷潰，內部乾裂等之瑕疵。一般乾燥費、設備費高昂，對高含水率材有危險性。故木材之乾燥，如用此法，非爲上策。

(ii)其他：除上述外，尚有真空乾燥、藥品乾燥、紫外線乾燥等方法，惟以其利用價值不大，故此處從略。

4. 因乾燥錯誤而發生之瑕疵：

乾燥操作如發生錯誤，則易致不可挽救之瑕疵，如橫斷面乾裂、表面乾裂、內部乾裂、陷潰、反翹、變色等等之瑕疵，此等瑕疵之發生，大部分當乾燥時發生內部應力之影響。

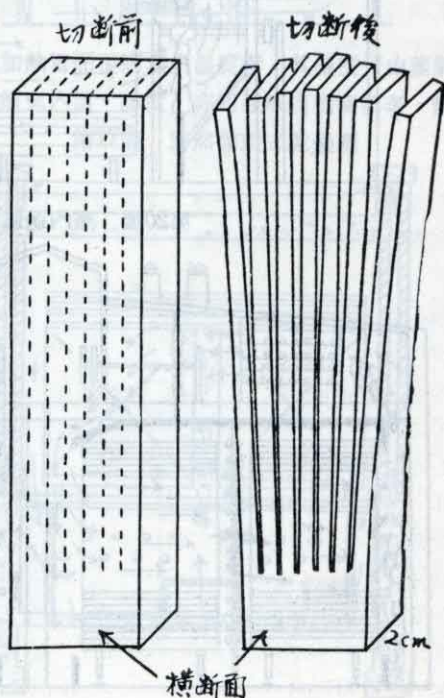
(1) 因乾燥而產生之應力。

木材乾燥時，木材表面之水分先蒸發，而彌補此表面之內層水分，其移動較緩慢，致木材表面含水率低於內層之含水率，而內表層之間，形成水分傾斜。因此木材表面達到纖維飽和點以下時，木材內層之含水量尚在纖維飽和點以上，此時木材表面將要收縮，但木材內層還在纖維飽和點以上之故，木材表面不能收縮

；即木材表面要收縮而不能隨意收縮，而形成有如橡膠板被拉長時所受之緊張應力，而木材內層受壓縮應力。此時由試驗材截取如第21圖之左圖之應力試驗片後，再如右圖鋸成櫛型時，木材表面之長度較短並反翹於外側，而中心部之長度伸長。

此時之木材表面之緊張應力不一定甚大（乾燥亦如此而操作之）。如長時間在上述狀態之下繼續乾燥時，表面層超過木材之彈性域，變成塑性域，如應力被解除時，此表面層不能回復原來之長度，而在伸長之狀態下固定，變成所謂殘留屈撓。此種狀態稱爲“Set”。表面變成如此狀態後，乾燥繼續進展，木材內層之含水率終於降至纖維飽和點以

第21圖 應力試驗



下，而開始收縮，此時木材之內層，已受壓縮而變形，如要再收縮，與伸長固定之表面層，兩者之差勢更大，如木材內層繼續收縮，木材表面層被Set之故，木材內層不能隨含水率之減少，行正常之收縮，致應力逆轉，木材內層受緊張應力，而木材表面層受壓縮應力。此時如採取應力試驗片，木材表面層稍為伸長而向內側彎曲，而中心部縮短。乾燥所發生之乾裂，均因此應力或Set之狀態過大時，所產生之瑕疵。木材乾燥時，必定產生此種應力，而且隨乾燥之進展而變。但直接測定此應力之程度或進行狀態，有技術上之困難，只能在乾燥之各階段，由試驗材採取應力屈撓測定試驗片。在厚度之方向鋸成很多薄片（參照第21圖），由此薄片之長度變化，推斷應力之變化狀態與程度。此種屈撓之變化及其時之含水率與水分分布，示於第22圖。

第22圖 乾燥經過中之屈撓量、含水率Set量、應力試驗片、乾裂之變化。

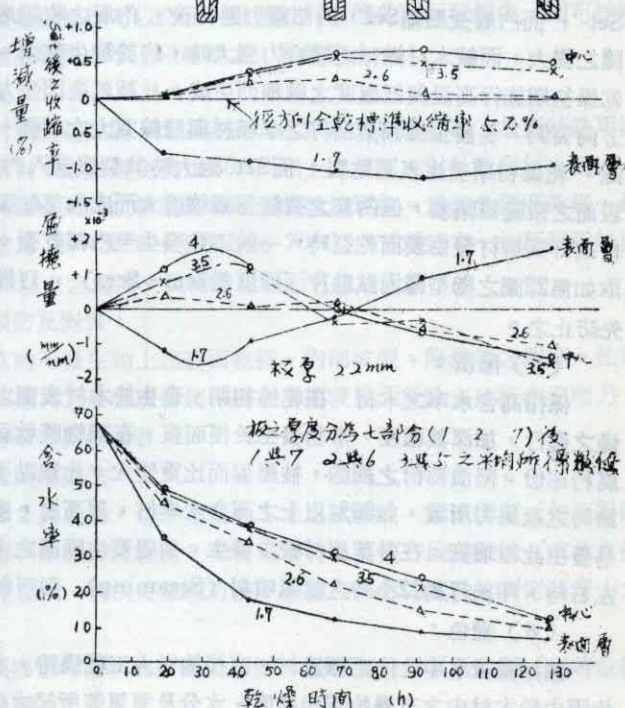
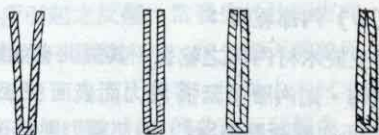
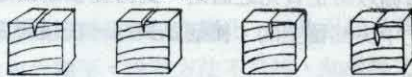
倘圖中列有應力試驗片之變形與應力過大時之瑕疵，由第22圖可知，在乾燥末期，木材中之水分分布均勻時，木材中猶有應力之殘存，此種應力對於木材之加工，能發生種種之障礙，此應力殘存之程度，因樹種而異。

(2) 表面乾裂：

如上述，木材乾燥時，表面層先受緊張應力，而內層受壓縮應力。此時乾燥操作錯誤，如相對濕度過低而溫度過高，表面層之緊張應力，較木材纖維相互之

乾燥過程中從表面乾裂至內部乾裂之變化

乾燥過程中應力試驗片之變化



結合力大時，纖維間之結合被破壞，而表面發生裂縫，此現象稱謂表面乾裂。尤其是纖維間之結合力較軟弱部份，即木材纖維與髓線細胞所結合之部份，易發生此種乾裂。又弦面板較徑面板易發生表面乾裂；此因兩者在減少同量含水率時，其收縮量弦面板較徑面板大，故弦面板表面層所受之緊張應力亦較徑面板大，又受髓線排列之影響弦面板較徑面板易發生表面乾裂，因此表面乾裂，易發生於髓線顯著之弦面板或纖維垂直之針葉樹材之弦面板。

(3) 木端裂：

發生於橫斷面之乾裂，謂之木端裂，為乾燥中最易發生之瑕疵。此因橫斷面較其他部份，其水分之移動較易而乾燥迅速，其收縮亦較早。且其構造，與髓線結合部成一條線（參照第1圖）。故易發生乾裂。對於乾裂之預防；在人工乾燥時，調節適當之溫度與相對濕度，以防止過度之乾燥即可避免，在天然乾燥，須蓋蔭棚以防止日光之直射。對防止橫斷面之乾裂，疊桿與木材之末端須排齊，木堆之中央部留空間，使通風良好，在橫斷面塗刷油漆而掛草蓆等以防止日光之直射。

(4) 內部乾裂：

發生於木材內部之乾裂，其裂開有如蜂巢，故又稱為蜂窩裂。乾燥末期內部應力逆轉，則內層受緊張應力而表面受壓縮應力，此時表面已伸長之狀態下被Set，而內層受壓縮Set，內部應力逆轉後，內層之收縮增大致內層之緊張應力隨之變大，而較木材纖維之結合力強大時，終於發生乾裂。此瑕疵之發生起因於乾燥初期施行高溫與低濕度之處理而生成。此種乾裂因弦方向之收縮大而隨髓線方向裂開。易發生於闊葉樹材之厚板材與髓線寬大之樹種。此外有如第22圖之上圖，乾燥初期發生表面乾裂，而Set過大時其裂痕進入內部，隨乾燥之進行，表面之裂縫雖閉塞，但內部之裂縫繼續擴大而成內部乾裂。施行天然乾燥之木材或針葉樹材發生表面乾裂時，一般不致發生至內部乾裂。對乾裂之發生，可截取如第22圖之櫛型應力試驗片（厚度約1cm~2cm），以推斷應力之程度而得預先防止之。

(5) 陷潰：

係指高含水率之木材，在乾燥初期，發生於木材表面之溝狀瑕疵之謂。隨乾燥之進行，加深其程度，常易發生於徑面板，在細胞膜軟弱之處或近樹心部份及腐朽部份。陷潰部份之細胞，被壓偏而比重變大。此缺點引起於水分由細胞內移動時之凝集力所致，如80%以上之高含水率材，用高溫，多濕之條件乾燥時，頗易發生此種瑕疵。在針葉樹材較少發生。倘遇發生陷潰之木材，當含水率至17%左右時，即施行約12小時之蒸氣噴射（Steaming）則可救治之。

(6) 變色：

例如浸漬水中之山毛櫸邊材，直接施行人工乾燥時，木材表面易變為褐色，此因由於木材中之有機物質與溫度、水分及氧氣等所起之作用所致。其變色部份

只在表面層 1mm 之範圍內，此種變色將使商品之價值降低。其對策為除去此三要素中任何一種或以藥劑防止之。前者係將製品放置於通風改好之處 1~2 天，使表面之水分迅速蒸發後，施行人工乾燥；後者係將製品浸漬於 5~10% 之食鹽水中即可防止。由於木材內部之溫度升高而發生之變色，如白色邊材變成淡紅色或殼斗科之樹種，其心材部色澤加深。含水量在纖維飽和點以上時，其變色更甚。故應先經天然乾燥後，再施行人工乾燥，其變色則較少。如經天然乾燥至 30% 左右之木材，施行人工乾燥後，其中心部份之顏色加濃，此種變色防止困難。至於江某、松材等之青變，與此略有不同，其原因為在乾燥窯內，由黴菌之繁殖而發生之變色。此種缺點，易發生於通風不良之自然循環式乾燥窯，其易發生之材種，為松、江某及楓香等。防止之方法，為將溫度保持 60°C 以上即可，如因由高溫所發生之弊害時，可用 P.C.P 法處理或先經天然乾燥處理。

(7) 反翹：

反翹因材質不良，如纖維之扭轉或纖維組織部份之變化，以致引起異常收縮而發生之弊害。如第 4 圖，為木材本質之變形。堆積方法不良時，如疊桿之排列不整齊時亦能發生反翹。因材質不良所引起之反翹，常發生於弦面方向，又乾燥初期以高溫處理及乾燥末期，亦可生反翹。此種木材，須先經天然乾燥之處理方較安全。一般易發生陷潰之樹種，如木荷、赤皮及樟等。至於由木材本質不佳而形成之反翹，不能藉乾燥操作可以防止，惟關於弓型翹曲及瓦狀翹曲，則可縮短疊桿間之距離，並加重物於木堆上以鎮壓之，即能防止。

(8) 其他瑕疵：

乾燥溫度越高，木材強度越減弱，尤其在含高含水率時其影響愈甚，故對特殊用途（如運動器材）之木材，必須避免使用 60°C 以上之溫度。對針葉樹材之節疤，在人工乾燥時，由於節疤周圍之樹脂溶解而形成脫節現象。為避免過度乾燥，最後之乾燥濕球之溫度差為 15~20°C，溫度保持 70°C 以下為適當，相反樹脂能滲透之木材，以 70°C 以上之溫度，使樹脂凝固而可防止脫節。

(9) 瑕疵之預防及對策：

乾燥操作不適當時可發生如上述表面乾裂、內部乾裂、陷潰等之瑕疵。此等缺點，均由木材內部應力之發生所引起，故在早期發見而欲除去此種內部應力，則在施行乾燥處理時最需要注意者。

(A) 內部應力檢查法：

距試驗材之端部 2 尺之處，切取寬度約 1 寸之試驗片，鋸成橢型（如第 21 圖），依其變型之狀態判斷應力之程度，如有必要時，再經一段時間後（或放在烘箱中乾燥後）之變型程度，再決定處理方法。根據內部應力試驗片判定其應力之要點：

(i) 鋸成橢型時指狀部反曲於外側：表面部份為緊張狀態（行將收縮），中心部為壓縮狀態。

(a) 橢型木片置於烘箱內乾燥時，其指狀部向內側反曲，水分分布不均，表面層較中心部先乾，此種情形，發生於乾燥初期。其處理方法：在此時期，不須噴蒸氣，如有表面乾裂之情形發生，可提高濕度而緩和其表面層之乾燥

(b) 橢型木片置於烘箱內乾燥時，其指狀部不變，水分分布平均，表面層緊張而內部為壓縮狀態，此狀態發生於乾燥末期，或對低含水率材施行過多之蒸氣而發生。其處理方法：應避免強烈之蒸氣處理。

(ii) 鋸成橢型時，指狀部彎曲於內側：中心部為緊張狀態，表面部為壓縮狀態。

(a) 橢型木片置於烘箱內乾燥時，其指狀部更密着，水分分布不均，表面層較乾於中心部，處理方法：噴蒸氣即可救治。

(b) 橢型木片置於烘箱內乾燥時，其指狀部垂直或反曲於外側，水分分布不均，中心部較表面層為乾。處理方法：繼續進行乾燥即可。

(iii) 鋸成橢型時，指狀部垂直時：水分分布均等而無內部應力之狀態

(a) 橢型木片置於烘箱內乾燥時，其指狀部不變：水分分布均等，無內部應力發生。

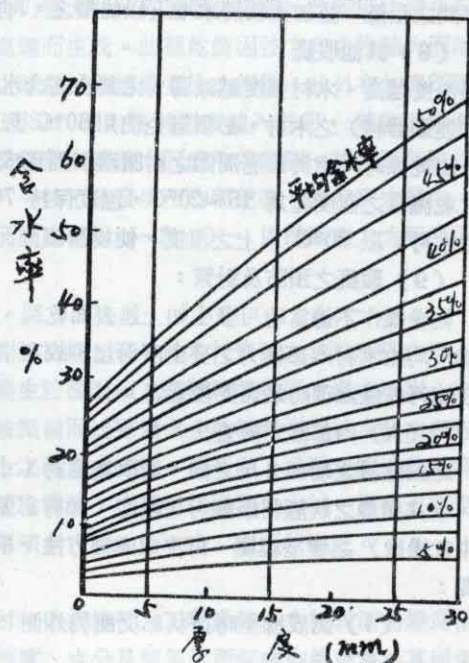
(b) 橢型材片置於烘箱內乾燥時，其指狀部彎曲於內側：水分分布不均，表面層較中心部為乾。處理方法：噴少量之蒸氣即可消除應力。

(c) 橢型木片置於烘箱內乾燥時，其指狀部反曲於外側：水分分布不均，中心部較表面層為乾，發生於蒸氣處理後之狀態。

(B) 以蒸氣解除內部應力之方法：

隨乾燥之進展，木材內部之水分傾斜甚大時，發生表面硬化。關於乾燥進行時水分傾斜之適當程度，日人松本氏曾作研究其結果見第23圖所示。

第23圖 標準水分傾斜曲線



如已知木材之厚度與平均含水率，則可從圖中求出中心部與表面層之適當含水率，而由平衡含水率表求出表面含水率之相對濕度，據以保持其相對濕度，使過乾之木材表面吸濕而緩和水分傾斜，以避免發生瑕疵。過多之蒸氣處理，使木材表面吸收過多之水分，而引起內部應力逆轉，以致變形。故對蒸氣處理須特別小心。如生材或木材內部含水率在纖維飽和點以上而表面含水率在18%以上時，可使用相對濕度100%之蒸氣處理；如其表面含水率在18%以下時，應使用較低之濕度處理，下列第6表為美國Henderson氏所研究之乾燥瑕疵發生之原因與防止法及救治法。

第6表 人工乾燥材瑕疵發生之原因與防止法及救治法

損傷種類	原 因	防 止 法	救 治 法
表面硬化	(1) 表面之乾燥過速由於： a. 溫度過高。 b. 濕度過低。 (2) 乾燥不均一由於： a. 循環不均一。 b. 溫度、濕度之變動甚大。	(1) 用較高濕度，較低溫度。 (2) 使循環均一。 (3) 溫度與濕度，力求均勻。 (4) 每日或隔日噴$\frac{1}{2}$小時之蒸氣，提高少許溫度，相對濕度90%以上。 (5) 檢查水分分布與內部應力。	(1) 對薄板用當時之乾燥溫度，相對濕度90%以上，噴$\frac{1}{2}$~2時之蒸氣厚材則須延長時間。 (2) 依樹種，厚度而異，濕度應保持為70~80%，約6~24小時（對2in以上之厚材有效）。 (3) 噴蒸氣時加速其循環。
表面乾裂	(1) 乾燥初期表面部分乾燥速度超過中心部分。 (2) 乾燥不均一由於： a. 循環不適當及不均一。 b. 木堆之末端，板材突出。 c. 堆積不適當。 (3) 由天花板凝結水之下滴。 (4) 天然乾燥中已發生龜裂。	(1) 使循環均一。 (2) 乾燥初期及中期時常噴蒸氣。 (3) 改良堆積法。 (4) 改良天花板之隔熱板，又天花板增設蒸氣管。 (5) 縮短疊桿間隔。	(1) 無法救治，參照表面硬化之救治法可防止乾裂之擴大。 (2) 板材、乾燥至低含水率時表面乾裂有時能閉合。
乾燥不均勻	(1) 乾燥室內部之溫度及相對濕度不均勻。 (2) 溫度及濕度之變動甚大而不能調節。 (3) 循環不適當或不均一。 (4) 木材之堆積不適當。 a. 過擠。 b. 各板材之橫斷面排列不整。 (5) 門扉洩氣與天花板凝結水之下滴。 (6) 蒸氣管洩氣。	(1) 使熱源均等。 a. 使排水良好之修理洩氣部分。 b. 提高蒸氣壓。 c. 改良熱源。 d. 設自動調節器。 (2) 使循環平均。 a. 排氣孔有適當之調節。 b. 調節適當吸氣量。 c. 防止門扉洩氣。 d. 多設木堆中之空間。 e. 設置送風機。	(1) 常噴熱蒸氣。 (2) 乾燥後，噴蒸氣或高溫度處理。 (3) 長時間放置於天然乾燥場。 (4) 使用最新之乾燥窯。
扭轉反翹弓曲	(1) 堆積不良 a. 厚度不平，數量不夠 b. 位置不良 c. 木材末端部突出。 (2) 循環不均一 a. 木堆之間隔過密。 b. 換氣不良，門扉洩氣。 c. 乾燥室設計不良。 (3) 表面硬化甚大。	(1) 堆積木材時須注意。 a. 疊桿規格要均等，數量、距離須適當。 b. 木堆之橫斷面排整。 c. 各木板要離開。木堆中央部設空間。 (2) 改良循環。 a. 堆積時注意空間與排列。 b. 木堆中設空氣通路。 c. 設置流板。 d. 以送風機、冷卻管等	(1) 噴射蒸氣以防止表面硬化。 (2) 從乾燥窯搬出後重新堆積再乾燥，在高濕度下放置6~24小時後緩慢乾燥。

		促進循環。 (3) 定期蒸氣噴射，以防止表面硬化。 (4) 木堆上加鐵條以螺絲扣扣緊。	
內部乾裂	(1) 表面硬化與表面乾裂所致。其原因： a. 用不當之乾燥基準。 b. 表面乾裂後未施適當之蒸氣噴射。 c. 表面乾裂後，未採用較高濕度。	(1) 改適當之乾燥基準，以防止表面硬化與表面乾裂，即用低溫高濕度以使木材吸濕，防止過度之收縮。 (2) 發生強烈之表面硬化時提高濕度使表面含水率保持接近內部含水率。 (3) 時常噴蒸氣。 (4) 使氣流循環均等。	(1) 無救治法。 (2) 輕微時，時常噴蒸氣，用低溫乾燥以防止擴大。
陷 潰	(1) 含水率高(85~200%)。 (2) 乾燥初期表面乾燥過速。 (3) 表面硬化過激。 (4) 溫度過高。	(1) 降低溫度，提高濕度，提高循環速度。 (2) 必要時乾燥緩行。 (3) 定期噴射蒸氣，以防止表面硬化。	(1) 復原因難。 (2) 救治法為： a. 施長時間之蒸氣噴射，使木材吸濕使膨脹為止。 b. 以低溫高濕再乾燥。
橫斷面乾裂	(1) 橫斷面乾燥過速，中央部分乾燥較緩。 (2) 疊樑之排列不良，位置不適當。 (3) 木材橫斷面排列不整齊。 (4) 橫斷面之空氣循環良好，而木堆內則欠佳。 (5) 由門扉空隙之洩氣。 (6) 人工乾燥前已有裂縫。	(1) 堆積須適當。 a. 疊樑與木端排整。 b. 擴大木堆內之空間。 (2) 設置流板使空氣能循環於木堆中。 (3) 橫斷面塗耐水，耐熱材料。 a. 瀝青。 b. 樹脂或煤煙。 (4) 堆積前，除去橫斷裂縫之部分。	(1) 發生後不能救治。 (2) 噴蒸氣提高濕度防止擴大。 (3) 定期噴射蒸氣。

5. 乾燥基準表：

乾燥期間中，對於操作上之重要事項(溫度、濕度、時間等)組成之圖或表，稱為乾燥基準表。此種基準表，係依樹種，厚度含水率及乾燥窯之型式等之不同而異。不符合基準表中之條件時，不能獲致良好之乾燥結果。故利用基準表時，為配合已有之乾燥窯與樹種，須作適當之更改。編製乾燥基準表可分為兩種，即根據：

- (1) 以乾燥時間為基準者
- (2) 以木材之含水率為基準者。

前者係以乾燥時間為基準而變更其溫度與相對濕度，後者係以木材含水率為基準而變更溫度與相對濕度。依據木材含水率為基準者多為一般所採用。

茲將日人小倉氏編製之乾燥基準表，錄列如下以供參考。其乾燥基準表中之號碼越小，越適合容易乾燥之樹種，如厚度每增加1吋，可選用大一個號碼之乾燥基準表。

第7表 潤葉樹材乾燥基準表

厚度1.5吋

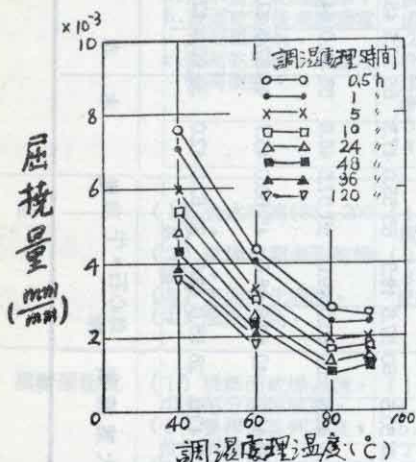
含水率 %	1		2		3		4		5		6		7		8									
	D	W	H	%	D	W	H	%	D	W	H	%	D	W	H	%								
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C							
45 以上	60.0	55.5	80	57.5	53.2	80	55.0	50.8	80	52.5	48.5	80	50.0	46.0	80	47.5	44.0	80	45.0	42.3	85	42.5	40.0	85
40	62.5	56.5	75	60.0	54.5	75	57.5	52.0	75	55.0	49.8	75	52.5	47.2	75	50.0	45.0	75	47.5	44.0	80	45.0	41.2	80
30	65.0	57.8	70	62.5	55.5	70	60.0	53.0	70	57.5	50.8	70	55.0	48.5	70	52.5	46.3	70	50.0	45.0	75	47.5	42.8	75
25	67.5	57.0	60	65.0	55.0	60	62.5	52.8	60	60.0	50.5	60	57.5	49.5	65	55.0	47.3	65	52.5	45.0	65	50.0	43.8	70
20	70.0	56.0	50	67.5	50.0	50	65.0	51.7	50	62.5	49.5	50	60.0	49.0	55	57.5	46.8	55	55.0	44.5	55	52.5	44.0	60
15	72.5	52.0	35	70.0	50.0	35	67.5	50.0	40	65.0	48.0	40	62.5	48.0	45	60.0	45.7	45	57.0	43.5	45	55.0	43.0	50
10 以下	75.0	45.0	20	72.5	43.5	20	70.0	45.0	25	67.5	43.0	25	65.0	43.0	30	62.5	42.0	30	60.0	42.0	35	57.5	41.8	40
適用樹種	泡桐、九芎 翼		江某、臺灣 赤楊		柳		安		大葉楠類		烏心石、牛 樟		椎		木		赤		皮		木		荷	

(D: 乾燥溫度、W: 濕球溫度、H: 相對濕度)

6. 乾燥末期之調濕

在人工乾燥末期之木材，常有材面過乾而內部含水率較高，或各板材間之含水率不平均，以及木材內部受緊張，表面受壓縮應力等不可避免之現象。水分分布不均勻及內部應力，如經長期間之放置雖次第變小，但內部應力經長期間之放

第24圖 屈撓量與調濕處理之關係



置其消除之程度甚微。故加工後，常發生變形或反翹等之瑕疵。因此水分分布之不均一或內部應力，應於加工前設法予以解除。如經長時期之放置，其內部應力不能自行解除之木材，應在乾燥終了時施行調濕處理以解除此種應力。其解除之難易，因樹種而異。內部應力之解除，應以溫度與濕度配合適當之所謂調濕處理 (Conditioning) 處理之，其中溫度之效果甚大，一般處理時間越長越有效果，溫度越高應力之解除越快，其關係示之於24圖，由此圖得知，在可能之範圍內，溫度保持 80°C，最低為 60°C 時，其效果最大。此時以所需要

之含水率相平衡之相對濕度處理之。

四、各種不同用途木製品之最終含水率：

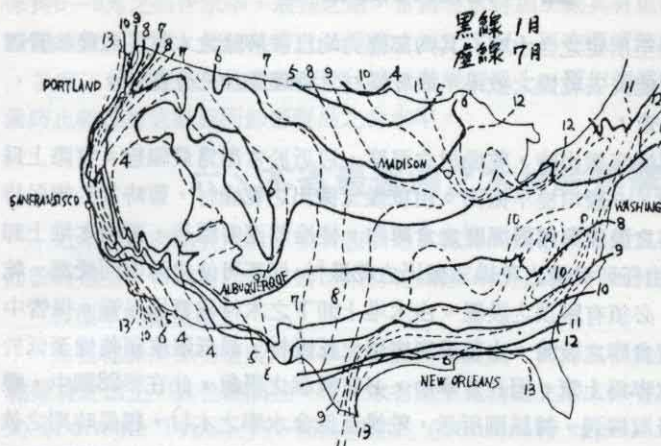
木材依其用途或使用場所之不同，應乾燥至符合其環境之適當含水率。因木材之水分，能達到與大氣中之溫度與相對濕度之平衡含水率。如與使用場所之平衡含水率差異甚大時。木材由大氣中吸收水分或蒸發水分，而發生收縮，反翹等之缺點。因此須視其使用環境如室外、室內以及有無冷暖氣之設備等。而加以區別木材之最終含水率，必須適合各種不同環境之含水率。在大氣中與室內（無冷暖設備），其溫度與相對濕度在一年中變化甚大，故木材雖乾燥至適當之含水率，如受氣溫與濕度之變化，木材中之水分有增減而發生損傷之現象。此為自然之現象，無法加以控制，僅能用塗裝及表面加工處理而防止。木材中含水量之多少，依不同之用途而定，為儘量減少其變化，可利用木材本身之歇斯的里症性質，用高溫乾燥至

第25圖 日本室內木製品之平均含水率

室內設有完全暖房設備
其含水率僅 3-4 %



第26圖 美國室內木製品之含水率



較低含水率後，再使之吸濕至所需之含水率作為最後含水率，始可減少使用中之損害。至於過度乾燥之程度，需依製品之精密度而定。越高級之木製品，須乾燥至越低含水率。任何木製品，須充分考慮使用處

所之條件，再定其乾燥程度，尤其是外銷品，須詳細調查被使用場所之環境後，再決定最後含水率。茲介紹若干外國木製品適宜之含水率如第8表，第25圖與第26圖。至於本省各地區之年平均平衡含水率如第27圖。

第8表 各不同使用場所其木製品之含水率與乾燥之最終含水率

使用地區及場所	木製品含水率 (%)	乾燥終了時之試材平均含水率 (%)	調濕處理後之含水率 (%)
美國西部 (家具)	6~8	5	5~6
具有冷暖設備之室內家具	7~9	6	6~8
僅日間用冷暖設備之室內家具	8~12	7	7~10
一般家庭家具	9~14	8	8~12
倉庫內之牆壁板	11~15	10	8~14
屋外材料	13~17	12	9~17
電氣配電盤	9~12	7	7~9
機器 [箱]	8~12	7	7~9
飛機、汽車用材	9~12	8	7~10
船內儀器室中之門框	9~13	8	8~11
棚內運動器具	9~13	9	8~12
室外運動器具	11~15	11	10~15



第27圖 臺灣各地區木材之年平均平衡含水率

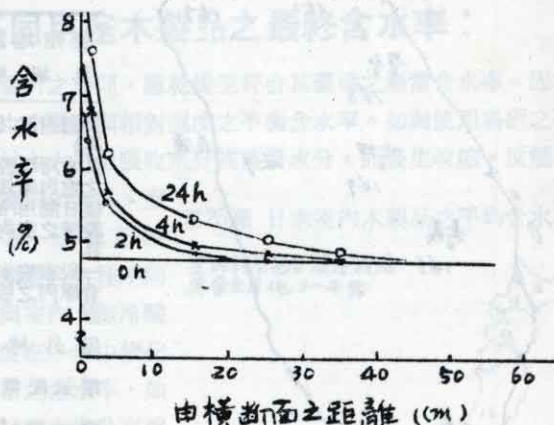
五、乾燥材之管理

在乾燥窯乾燥至所定之含水率而其內部應力均已被解除之木材，以後如管理不當，經吸濕後可能失去乾燥之效果，故乾燥材之管理應加充分注意。

1. 乾燥材之保管：

將乾燥材由乾燥窯搬出時，乾燥材之溫度，以近於常溫為最理想。實際上為提高乾燥窯之效率，一般均提早搬出。由乾燥窯搬出之乾燥材，暫時放於能保持適當之平衡含水率之溫度與相對濕度之倉庫內。使冷卻至常溫後，再由木堆上卸下堆積保管，不論由任何完備之乾燥窯搬出之乾燥材，切不可使之淋雨而受潮，乾燥材之堆置場所，必須有屋頂之設置。由木堆上卸下之木材以實堆保管。保管中最重要者，為保管倉庫之設備。由乾燥窯搬出之乾燥材，最低限度須乾燥至低於當地大氣平衡含水率為上策。因在倉庫中，必有吸濕之現象，此在第28圖中，業已顯示乾燥材之吸濕經過，據該圖所示，乾燥至低含水率之木材，經長時期之放置，其含水率尚能保持較低之含水率與大氣條件平衡。為防止乾燥材過度吸濕起見，保管之倉庫需能調節至所需之平衡含水率。因此倉庫之位置必須設在濕氣少之處所。又保管庫之窗戶與門扉必需緊密。藉以防止溫度之降低。因溫度降低時相對濕度上升而使乾燥材吸濕，尤其是在雨期或夜間時為最。再如加熱裝備如設於保管庫之地下，利用其廢蒸氣以提高保管庫內之溫度，更為理想。乾燥材之堆積不可直接堆積於地上，預先應準備堆積台，以防止乾燥材自地面吸濕。乾燥材之堆積法，採用實堆法為宜。因實堆法之乾燥材其吸濕機會較少，如第28圖所示單板橫斷面之吸濕對全體木材無多大影響，故如乾燥材保管於多濕之處，宜採用實堆法，而使其吸濕量較少。但保管於有調濕設備之保管庫內時，為調節乾燥材之不均一之含水率起見、以用疊樺堆積法為宜。

第28圖 實堆單板其木端吸濕與含水率上升
曲線厚度1mm平衡含水率約10%



2. 乾燥材在加工過程中應注意事項：

乾燥材在加工過程中，對吸濕須充分留意，倘因工作之關係需長時間放置於加工室時，乾燥材即需保持與倉庫內同樣之含水率。我國之木材加工廠，向缺恆溫、恆濕之設備，每在多濕之氣候中，無法控制乾燥材含水率之變化，常易產生

不標準之木製品。尤其供外銷者，對含水率之標準要求甚嚴，一般木製品，必需保持6—8%之低含水率，最佳之途，當為各木材加工廠具有恆溫，恆濕之設備，設因事實上困難，無法具有此種設備之加工工廠，可在溫度降低濕度增加之晚間，於完工後關閉廠房內之窗與門，或於乾燥製品上，覆以塑膠布 (P.V.C.) 使儘量防止乾燥材之吸濕而影響製品之含水率。

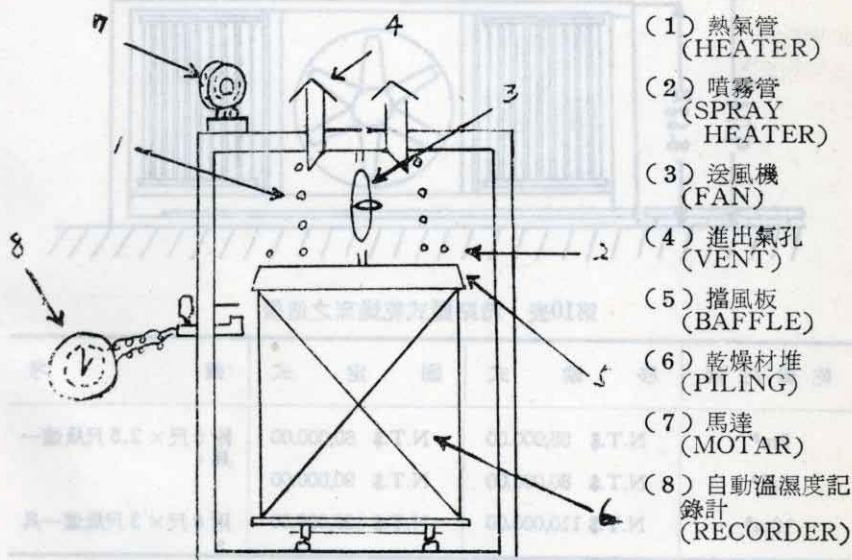
六、本省最普遍之木材乾燥窯

近年來本省由於木材工業日趨發達，乾燥問題已日漸受重視，木材乾燥窯因而紛紛建立，目前省內最普遍之木材乾燥窯，可分為下列兩種型式：

1. 標準式乾燥窯：

此種乾燥窯係仿造美國標準式乾燥窯而製成，其排熱管與送風設備，皆設於乾燥材之頂上，其性能頗佳，現在本省鐵工廠仿造之型式亦有兩種：一種為移動式 (Portable Type.) 另一種為固定式 (Stationary type.)，移動式之外殼係用鐵板製造，鐵板上具有保溫設備，隨時可供搬動，但其容積不能過大僅有 3m^3 與 5m^3 兩種。固定式之外殼則用水泥建造，固定一處，不能搬動，其容積可造任意大小，有 3m^3 、 5m^3 、 10m^3 、 15m^3 等。但一般以建造 10m^3 窯為標準。其型式與造價如圖29及第9表。

第29圖 標準式乾燥窯



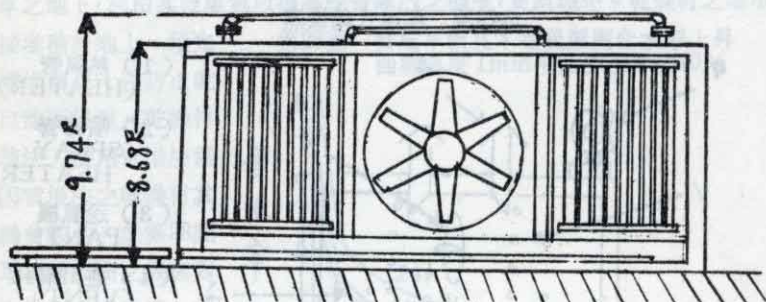
第9表 標準式乾燥窯之造價

乾 燥 材 積	移 動 式	固 定 式	備 考
3m ³	N.T.\$ 50,000.00	N.T.\$ 70,000.00	附 5 尺×2.5 尺爐爐一具。又溫濕度控制非自動式。 同 上。
5m ³	N.T.\$ 80,000.00	N.T.\$ 100,000.00	
10m ³		N.T.\$ 130,000.00	附 6 尺×3 尺爐爐一具。又溫濕度控制非自動式。
15m ³			

2. 希路麗式乾燥窯：

此種乾燥窯，係仿造西德希路麗式乾燥窯而製成，其排熱管與送風設備，皆裝設於乾燥材之側面，此種乾燥窯之特點，為如在規定之高度與寬度者，其乾燥性能甚佳，在本省鐵工廠仿造者亦有兩種；一種為鐵外殼之移動式，另一種為水泥外殼之固定式，其容積有 3m³、5m³ 及 10m³等三種。其型式與造價如圖30及第10表。

第30圖 希路麗式乾燥窯



第10表 希路麗式乾燥窯之造價

乾 燥 材 積	移 動 式	固 定 式	備 考
3m ³	N.T.\$ 55,000.00	N.T.\$ 60,000.00	附 5 尺×2.5 尺爐爐一具。
5m ³	N.T.\$ 80,000.00	N.T.\$ 90,000.00	
10m ³	N.T.\$ 110,000.00	N.T.\$ 120,000.00	附 6 尺×3 尺爐爐一具。

本文係由本所森林利用系技士孫祖林、王金仁所編述，經本所圖書出版審查委員審查，並呈農林廳核准付印。

臺灣省林業試驗所

台北市

植物園

民國五十九年九月出版

民國六十一年三月再版