

253

航空委員會
航空研究院

研究報告第二十四號

中國木材之平衡含水量

余仲奎 羅振英

審定者 王 助

三十四年十月

航空委員會
航空研究院

研究報告第二十四號

中國木材之平衡含水量

余仲奎 羅裕英

三十四年十月

40.2

223

BUREAU OF AERONAUTICAL RESEARCH

TECHNICAL REPORT NO. 24

THE EQUILIBRIUM MOISTURE CONTENT OF WOOD IN CHINA

C. F. YEE

Y. Y. LO

V254.1
4510

OCTOBER 1945 CHENGDU

目 次

一 導言

二 木材平衡含水量之測定

三 各地木材平衡含水量之推算

四 木材平衡含水量在強度計算之標準

五 結論

附錄一 木材含水量與強度之關係

附錄二 木材含水量與收縮

附錄三 英美木材平衡含水量曲線之比較

附錄四 根據中國氣候區區分法推算木材平衡含水量之比較

圖 表

第一圖 成都木材平衡含水量之變化

第二圖 木材平衡含水量與溫度及相對濕度之關係

第三圖 在通常溫度($55^{\circ}-75^{\circ}\text{F}$)下五種木材之平衡含水量對相對濕度之關係

第四圖 中國木材平衡含水量之分佈

第一表 成都木材平衡含水量之變化

第二表 木材平衡含水量對溫度及相對濕度之變化

第三表 71 種木材之平衡含水量

第四表 全國各地之木材平衡含水量

一、導言

木材在生材 (Green Wood) 狀態所含水份分爲：細胞腔中之「游離水份」(Free Water) 及細胞壁中之「吸着水份」(Hygroscopic Water)。在乾燥過程中，游離水份易於蒸發，先行分離；此種水份之消失，並不影響木材之體積及強度。游離水份完全蒸發後，細胞壁水份乃開始放出。餘存在木材內水份之多寡實受周圍大氣之支配。如將木材放置於空氣中，經相當時間，其內部之水份自與空氣中之水份成平衡。此時，木材內所含之水份謂之木材平衡含水量 (Equilibrium Moisture Content of Wood)。用爐乾重之百分率(%)表示之。

細胞壁間水份放出後，木材體積逐漸收縮，強度因之增加。通常木材由生材乾至爐乾狀態，其體積收縮 8—20%。徑向收縮 3—8%，弦向收縮 5—15%。木材含水量減少 1%，強度可以增加 2—5%⁽¹⁾。

木材平衡含水量在木材利用方面有雙重意義：(一)在製造上木材須先行處理，使其水份與所在環境之氣候平衡，以減少將來開裂、變形或腐壞的毛病；(二)木材的強度與其所含之水份通常成反比例，在工程計算上應用其含水量之多寡應有一共同的標準。

影響木材含水量之最主要因素爲空氣之相對濕度及溫度。如將相對濕度與溫度對平衡含水量的關係求出，就可根據各地氣象紀錄來求當地木材所可能達到之平衡含水量。

本研究於民國三十年五月開始，採選木材五種，每日測定其重量與大氣之變化三次，直至三十二年十二月止，歷時兩年又八月，求出成都木材之平衡含水量；並從此項結果，求出木材平衡含水量與溫度及相對濕度的關係曲線。

同時搜集全國各地之氣象紀錄，以作推算其木材平衡含水量之根據；計得 114 處。沿海各省較多，西北各省如蒙古、新疆及西藏等地較少。惟搜得紀錄中，有等地區一年中缺少一二個月之紀錄，或僅有一部份紀錄如雨量、溫度而

無濕度；是項紀錄多集中於數個區域，分佈極不平均。故應用於木材平衡含水量之推算，就各地已有之氣象紀錄以作當地之推測則可，若將此等個別數值平均之，以定全國性之平均平衡含水量則似嫌不足。在缺乏氣象紀錄之地區無法獲得補充以前，吾人乃參照『中國氣候區域』之疆界，將每一氣候區內現有濕度及氣溫之地點，逐一推求其木材平衡含水量，然後平均之以求該氣候區之木材可能平衡含水量，再由各氣候區之平均數值，以求全國性之木材平衡含水量。雖則氣候區域之劃分不是完全根據氣溫與濕度，但氣溫與濕度為其主要因素之一。

本文所用之氣象紀錄，多由中央氣象局及本會氣象台供給，又整理此報告時，本院陳副研究員啓嶺曾提供甚好的意見，順此誌謝。

二 木材平衡含水量之測定

測定木材所含水份之方法甚為簡單，所用設備祇須有精密之天秤及可調節溫度之烘爐即可。

此次測驗所用之試材計針葉樹類有雲杉 *Picea asperata* Mast. 鐵杉 *Tsuga chinensis* Pritz. 及麥吊杉 *Picea brachytyla* Pritz. 三種；闊葉樹類有樺木 *Betula luminifera* Winkler. 及核桃 *Juglans regia* Linn. 兩種。每種各取試材 16 個，半為心材，半為邊材共 80 個。為適宜於設備並使試樣易感受大氣之變化起見，試樣之尺寸定為 3"×1"×1"。(過大之標本內部水份不易感受大氣之影響。) 所有試樣分為兩組，分別在不同情況下舉行測驗。

第一組試樣 40 個，是由生材狀態開始測定，將其放置於室內（無調節氣溫設備，除不受雨及陽光影響外，其他情形與室外相同。）空氣流動之處，使其水份漸次減少，直至與大氣平衡。大氣之溫度及相對濕度常有變更，故每日分於 8 時、11 時及 16 時記載溫度及相對濕度，並用天秤秤出試樣重量，以定其放出或吸收水份。經過兩年八個月，各個試樣已歷季節循環之變化。最

後求出其爐乾重，並用下公式以求出某一溫度及濕度情況下，木材之平衡含水量：

$$\text{含水量 \%} = \frac{\text{某大氣情況下重量} - \text{爐乾重}}{\text{爐乾重}} \times 100$$

第二組試樣先置放於可調節溫度之烘箱內，使其含水量約達 8%，然後置於室內空氣流通之處，使之再度吸收水份，約經二月後，試樣之含水量即與大氣平衡。用第一組之測定手續及方法，求出某溫度及濕度情況下木材之含水量。

按理兩組標本所求得之平衡含水量應相同，但木材經相當的乾燥後，再度吸收之能力，常因而減低，故後者所求得之含水量較前者略低。故須將兩組數值平均之以求木材之平均平衡含水量。

爲便於參考，吾人將每日之紀錄，彙集而求出每月之平均。第一表表示由卅年五月至卅二年十二月間成都木材之含水量與溫度及相對濕度之變化關係；同時用月份爲座標，分別繪出溫度、濕度及五種木材之平均平衡含水量與時間之關係線如第一圖。

觀第一表及第一圖知由卅年至卅二年在成都木材之平衡含水量之平均值爲 15.8%。因所有溫度及相對濕度俱爲日間紀錄，晚間之相對濕度通常比日間稍高，而木材之平衡含水量係隨每日 24 小時之相對濕度而變化，故所求得成都之木材平衡含水量應比 15.8% 稍高。實際上吾人可用一整數 16% 以代表成都木材平衡含水量。

三 各地木材平衡含水量之推算

成都木材平衡含水量，已於前章詳述。今將試驗結果加以整理，以求氣溫及相對濕度對木材平衡含水量之影響。根據兩年餘所得數據，以橫坐標表相對濕度，縱坐標表木材平衡含水量，更為易於表示，再分別將不同溫度下之各不相同相對濕度計算出其平均含水量列如第二表⁽²⁾，并用不同斜號繪出如第二圖。

第 二 表

木材溫度 相對濕度	45°—55°F	55°—65°F	65°—75°F	75°—85°F
55	11.2	11.0	10.3	10.2
60	12.0	11.5	11.3	11.0
65	13.2	13.1	12.6	12.4
70	14.0	13.5	13.1	13.0
75	15.6	15.4	15.3	14.9
80	17.5	17.1	17.0	17.0
85	19.3	19.2	18.7	18.6
90	21.6	21.6	21.0	20.7
95	24.2	24.1	24.1	24.0

從所得曲線，知木材之含水量受相對濕度之影響較大，受溫度之變化較少（大氣之溫度及相對濕度係互有影響）。成都之月平均溫度多在 85°F 至 45°F 間，在此範圍內含水量之變化影響極微。參看第二圖就可以明瞭。

美國林產試驗所 (F.P.L.) 曾作 70°F 及 212°F 不同溫度對含水量之試驗，結果溫度相差 142°F 而同相對濕度木材之含水量僅相差 5%；故溫度相差每 1°F，平衡含水量相差 0.03% 至 0.04%。本院因無特別設備，未能作高溫測驗。茲將美國林產試驗所試驗所得之曲線引錄，以備參考。（見附錄三）

至於樹種對於木材平衡含水量之變異，可從第三圖、第一表及下文第三表看出。

為再進一步之探討起見，於 34 年 1 月取曾置於同一地點氣乾三年以上之木材 71 種，各製成 3×3×0.5 公分試材，復置於空氣流通處 6 小時，然後實地測驗各個試樣之木材平衡含水量列於第三表；同時用當日之氣象紀錄推算當日木材所應含之含水量以作比較；計當日溫度為 43°F，相對濕度為 75.5% 推算結果應為 15.6%。

第 三 表
71 種木材之平衡含水量

樹 種	學 名	比 重	含水量%
針 銀 杏	<i>Ginkgo biloba</i> Linn.	.422	15.3
雲 南 鐵 杉	<i>Tsuga yunnanensis</i> Mast.	.494	17.1
葉 雲 杉	<i>Picea asperata</i> Mast.	.360	16.1
馬 尾 松	<i>Pinus Massoniana</i> Lamb.	.541	16.1
柏 樹	<i>Cupressus funebries</i> Endl.	.550	15.4
闊 黑 皮 楠	<i>Machilus bracteata</i> Lee.	.596	15.7
響 葉 楊	<i>Populus adenopoda</i> Maxim.	.489	15.2
無 患 子	<i>Sapindus mukorossi</i> Gaertn.	.573	15.6
燈 台 樹	<i>Cornus controversa</i> Hemsl.	.558	15.5
銀 鵝 樹	<i>Tapiscia sinensis</i> Oliv.	.383	15.1
刺 楸	<i>Kalopanax septemlobus</i> Koidz.	.465	15.9
胡 桃	<i>Juglans regia</i> Linn.	.650	16.2
栓 皮 櫟	<i>Quercus variabilis</i> Bl.	.800	15.4
紅 果 楠	<i>Actinodaphne cupularis</i> Gamble.	.533	14.1
絲 栗	<i>Castanopsis platyacantha</i> R. et W.	.486	16.4
紅 葉 甘 蜜	<i>Lindera cercidifolium</i> Hemsl.	.561	15.9
油 樟	<i>Cinnamomum inunctum</i> Meisen.	.517	16.2
合 歡	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	.390	15.7
化 香 樹	<i>Platycarya strobilacea</i> S. et Z.	.512	15.6
山 楓 香	<i>Acer Franchetii</i> Pax.	.623	16.6
乾 心 桃	<i>Prunus perulata</i> Kochne.	.511	17.3
烏 藥	<i>Lindera strychnifolia</i> Vill. var <i>Hemsl.</i> <i>leyana</i> Endl.	.541	15.9
樹 白 辛 樹	<i>Pterostyrax hispidus</i> S. et Z.	.514	15.4

(續第三表)

樹	種	學	名 比 重 含 水 量 %	
闊	光 皮 樺	<i>Betula luminifera</i> Winkl.	.604	16.2
	苦 樹	<i>Picrasia quassioides</i> Benn.	.522	16.9
	箭 桿 櫟	<i>Lithocarpus viridis</i> R. et W.	.604	16.1
	紅 豆 杉	<i>Taxus chinensis</i> Rehd.	.673	13.6
	交 讓 木	<i>Daphniphyllum macropodum</i> Mig.	.556	16.5
	槭 樹	<i>Acer</i> sp.	.605	15.9
	酸 棗	<i>Spondias axillaris</i> Roxb.	.406	15.0
	楨 楠	<i>Machilus bournei</i> Hemsl.	.581	16.5
	了 角 樹	<i>Acer cappadocicum</i> Gleditsch.	.656	16.0
	大果山香圓	<i>Turpinia nepalensis</i> Wall.	.457	17.1
	黑 殼 楠	<i>Machilus bracteata</i> Lec.	.570	15.1
	梧 桐	<i>Firmiana simplex</i> Wight.	.491	16.0
葉	嘉 利 樹	<i>Carrierea calycina</i> Franch.	.519	15.3
	楸 木	<i>Cornus macrophylla</i> Wall.	.770	15.7
	楠 木	<i>Phoebe naumu</i> Gamble.	.555	15.1
	薯 豆	<i>Elaeocarpus kobanmochi</i> Koidz.	.564	16.0
	櫟 櫟	<i>Castanopsis delavayi</i> Franch.	.557	15.3
	鋸齒葉木荷	<i>Schima crenata</i> Korth.	.530	14.0
	方氏波羅	<i>Ilex latifolia</i> Thumb. var <i>Fangii</i> Rehd.	.560	15.2
	石 楠	<i>Photinia serrulata</i> Lindl.	.790	16.6
	山 欒	<i>Symplocos caudata</i> Wall.	.526	16.6
	香 樟	<i>Cinnamomum camphora</i> Ness. and Eberm.	.674	16.0
樹	七 裂 槭	<i>Acer flabellatum</i> Rehd.	.731	16.4
	法巴冷杉	<i>Abies Faberi</i> Craib.	.347	16.5
	樹 蠟 青 岡	<i>Quercus oxycedon</i> Mig.	.877	15.5

(續第三表)

	樹 種	學 名	比 重	含水量%
闊 葉 樹	丁 木	<i>Acanthopanax evoldiacifolius</i> Franch.	.512	16.9
	銀 葉 連 香	<i>Cercidiphyllum japonicum</i> . var. <i>sinense</i> R. and W.	.533	15.3
	紅 齒 香	<i>Illicium henryi</i> Diels.	.517	15.2
	野 漆	<i>Rhus succedanea</i> L.	.503	16.8
	白 辛 樹	<i>Pterostyrax hispidus</i> S. et Z.	.492	15.3
	辛 癭 櫟	<i>Acer catalipifolium</i> Rehd.	.516	16.0
	黃 葛 樹	<i>Ficus clavata</i> Wallich.	.440	17.2
	小 果 冬 青	<i>Ilex micrococca</i> Maxim.	.517	14.3
	板 栗	<i>Castanea mollissima</i> Bl.	.728	15.4
	仿 栗	<i>Sloanea hemsleyana</i> R. et W.	.445	14.8
	苦 櫟	<i>Lithocarpus claietocarpa</i> R. et W.	.614	13.7
	石 灰 樹	<i>Sorbus folgneri</i> Rehd.	.860	15.5
	樺 樹	<i>Ailanthus altissima</i> Swingle.	.318	14.0
	角 櫟 樹	<i>Carpinus polyneura</i> Fr.	.731	14.9
	玳 桐	<i>Davidia involucrata</i> Baill.	.564	14.4
	黃 牛 奶 樹	<i>Symplocos laurina</i> Wall.	.497	14.0
	黃 杞	<i>Engelhardtia chrysolepis</i> Hance.	.538	14.1
	栓 皮 櫟	<i>Quercus variabilis</i> Bl.	.821	14.0
	野 核 桃	<i>Juglans cathayensis</i> Dode.	.630	14.1
	猴 板 栗	<i>Aesculus wilsonii</i> Rehd.	.482	14.8
	刺 櫟	<i>Ailanthus vilmoriniana</i> Dode.	.520	13.5
	香 櫟	<i>Betula insignis</i> Fr.	.677	14.9
	木 瓜 紅	<i>Rehderodendron macrocarpum</i> Hu.	.501	13.8
	樹 細 青 青 紅	<i>Quercus glauca</i> var. <i>gracilis</i> R. & W.	.794	15.0
各樹種含水量平均值				15.5

由第三表知此 71 種木材所求得之平均含水量為 15.5%，與用氣象紀錄從第二圖所求得之 15.6% 數值比較，可視為吻合。是以第二圖之曲線用為推算各不同氣候環境下木材平衡含水量甚是合理。

惟推算全國各地木材之平衡含水量，首先須搜集各地之全年氣象紀錄，以計算其相對濕度及溫度之年平均數值，然後參照第二圖之曲線求得其個別地點之木材平衡含水量。現將已求出 114 處之數值表示於地圖上，如第四圖。

如以蘭州為中點，將全國版圖劃分為四象限。則此 114 個地點均集中於東南及東北象限，若將此等地點之木材平衡含水量數值，求一數字平均數得 14.3%。若用此數值以代表全國性之木材平衡含水量，似不合理；惟如將全國各主要點之氣象紀錄或當地木材之平衡含水量一一測量出，事實上是不可能。簡易的方法，可參考『中國氣候區』之疆界，分全國為若干『木材平衡含水量代表區』，以求出每一代表區之平均值，然後根據各區之平均值以求全國性之平均數值，較為合理。

我國氣候區之劃分，前後共有數人，（見附錄四）其中以竺可楨之劃分全國為八區，在應用上較為適合。此八區即東北區、華北區、華中區、華南區、雲貴高原區、草原區、蒙古區及西藏區。目前搜集得八區中之氣象紀錄以西藏及蒙古兩區最少。惟木材平衡含水量之推求，純根據相對濕度與溫度，而竺氏之氣候分區則須再根據其他氣象觀點，故在本文之應用上，將竺氏之疆界稍微更改，以冀使每區內各地之木材平衡含水量差誤最少。例如雅安木材含水量較高應併入雲貴高原區；南鄭較乾燥併入華北區；百色及龍津較潮濕併入華南區。此與竺氏所定疆界有所出入之處。（竺氏氣候區原圖，比例尺較小，且各區內未有地名列入，本文第四圖係參照竺氏原圖疆界，再從詳細之大地圖上找出有氣象紀錄之地點計算其每區木材平衡含水量，然後繪劃而成。）

第四表即表示各代表區之各個地點之平衡含水量及其平均數值，同時並將各區之標準差及標準誤列入。大致而論，每區內之平衡含水量之標準差及標準

誤均相差不大，其中間有一二地點因山川湖泊及河流等影響致稍有特異。

由八個代表區之平均值，推算得全國木材平均平衡含水量為 13.3%。為便於計算，吾人採用整數 13%。八代表區內蒙古及西藏區之氣象紀錄太少，而所代表地區約佔全國總面積 50% 以上，且所獲得氣象紀錄之地點，分佈又未均勻，故上文推算所得之全國性之平均平衡含水量僅能表示一個概念；吾人希望能獲得較多之氣象紀錄以補不足。

第四表
全國各地之木材平衡含水量

區	名	地	名	年平均溫度 °F	年平均相對 濕度%	木材平衡含 水量%
東 北 區	主	遼 寧	輝 江	32.7	78.4	16.5
		遼 寧	吉 陽	37.4	73.6	15.0
		遼 寧	安 陽	40.0	66.0	13.0
		遼 寧	東 遼	45.0	65.0	12.8
		遼 寧	連 順	53.6	73.7	15.0
		遼 寧	順 口	50.4	66.0	13.0
		遼 寧	嶺 南	50.7	72.0	14.5
		遼 寧	嶺 南	47.8	65.0	12.8
		遼 寧	嶺 南	41.7	61.3	12.0
		遼 寧	嶺 南	41.9	67.3	13.5
		遼 寧	嶺 南	51.1	61.7	12.0
		遼 寧	嶺 南	39.6	61.6	12.0
		遼 寧	嶺 南	44.3	67.6	13.5
		遼 寧	嶺 南	代表地區平均値		.425
		遼 寧	嶺 南	代表地區木材平衡含水量標準誤差		1.44
華 北 區	海	北 平	平 定	53.4	62.0	12.0
		北 平	定 州	34.2	60.0	11.5
		北 平	曲 陽	56.3	62.0	12.0
		北 平	曲 陽	50.2	59.0	11.4
		北 平	曲 陽	57.0	72.5	14.7
		北 平	安 陽	57.6	69.4	13.8
		北 平	安 陽	56.1	64.3	12.8
		北 平	陽 封	52.5	60.1	11.5
		北 平	陽 封	57.2	70.5	14.2
		北 平	山 陰	41.0	62.1	12.0
		北 平	山 陰	49.8	75.2	15.5
		北 平	山 陰	57.8	66.3	13.0
		北 平	縣 縣	53.6	63.1	12.5
		北 平	縣 縣	57.8	65.0	12.8
		北 平	山 水	53.6	52.9	10.2
		北 平	水 選	51.8	60.2	11.5
		北 平	選 縣	43.9	72.5	14.7
		北 平	選 縣	52.2	64.2	13.8
		北 平	南 島	58.3	58.0	11.0
		北 平	島 台	53.6	72.0	14.5
		北 平	台 衡	54.5	71.6	14.3
		北 平	衡 南	54.1	78.0	16.5
		北 平	南 鄉	57.0	70.0	14.0
		北 平	南 鄉	代表地區平均値	65.5	12.5
		北 平	南 鄉	代表地區木材平衡含水量標準誤差		.349
		北 平	南 鄉	代表地區木材平衡含水量標準差		1.67

(續第四表)

區	名	地	名	年平均溫度 °F	年平均相對 溫度%	木材平衡含 水量%	
華南區		閩	侯	66.8	89.0	17.0	
		建	甌	68.0	77.0	16.9	
		厦	門	71.6	78.0	16.5	
		南	平	70.0	78.0	16.5	
		廣	州	71.2	76.3	16.0	
		香	港	72.5	78.0	16.5	
		蒼	梧	70.2	79.5	17.0	
		桂	林	66.4	75.5	15.5	
		柳	州	69.8	72.3	14.5	
		龍	州	69.0	76.2	16.0	
		百	色	72.0	81.0	17.5	
		龍	津	59.6	80.0	17.0	
		烏	陂	67.0	78.1	16.5	
		東	犬	65.3	80.3	17.0	
		福	安	67.3	76.0	16.0	
		汕	頭	70.7	78.2	16.5	
		三	水	70.8	81.6	17.5	
		永	安	66.4	82.6	18.0	
		長	汀	65.6	77.3	16.2	
		代表地區平均值			68.5	78.4	16.5
		代表地區木材平衡含水量標準誤					.182
		代表地區木材平衡含水量標準差					.795
西藏區		西	寧	44.6	58.2	11.0	
		都	蘭	39.7	72.2	14.5	
		昌	都	48.6	57.6	11.0	
		西	昌	52.3	64.0	12.5	
		拉	薩	47.8	41.6	8.0	
		代表地區平均值			46.5	58.5	11.4
		代表地區木材平衡含水量標準誤					1.05
		代表地區木材平衡含水量標準差					2.34