

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

審定者 王 助

三十四年十月

航空研究院出版刊物

研究報告

- 第一號 林致平：樞心間臂之扭力問題 (英文)
第二號 錢學森：高速氣流突變之測定 (英文)
第三號 林致平，談秉生：正向薄板之彈性穩定問題 (英文)
第四號 余仲奎，黃鶴章，陳啓嶺，羅裕英：川產雲杉之性質
第五號 余仲奎，黃鶴章，陳啓嶺，羅裕英：四川理番六種 材之性質
第六號 林致平，王培生：平板環列面孔之應力分析 (英文)
第七號 林致平，談秉生，黃克累：月形柱體之扭力問題 (英文)
第八號 林致平，陳瑞生，李迪強：新型蒙布張力測定器
第九號 林致平，王培生，荆廣生：多孔長條之應力分析 (英文)
第十號 余仲奎，沈蘭根：川產楠竹性質之研究
第十一號 王培齊，管 凌，黃嵩生：攝槍校靶水平儀與校靶法
第十二號 余仲奎：核桃木之性質
第十三號 余仲奎：泡桐木之性質
第十四號 余仲奎：柳杉木之性質
第十五號 林致平，李迪強，張清雲：長方板內受對稱力之應力分析 (英文)
第十六號 林致平，徐勉釗：銷釘平板之應力分析 (英文)
第十七號 王裕華：橫樑噴準器 (機械式自動修正型)
第十八號 林致平，王培生：飛機木質翼樑之設計
第十九號 林致平，王培生，服壽賢，施以仁：正向圓筒之彈性穩定問題

技術叢編

- 第一號 王士偉，徐舜舜：飛機性能計算法 (英文)
第二號 飛機修理法要領
第三號 飛機木材之處理與使用
第四號 木材力學試驗標準草案

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

審定者 王 助

三十四年十月

54718

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溫度之關係
- 第三圖 在通常溫度(65°—75°F)下五種木材之平衡含水量對相對溫度之關係
- 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溫度之變化
- 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) 狀態所含水份分為：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為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。惟得得紀錄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溫度及氣溫之地點，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，本院陳副研究員盛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針葉樹類有雲杉 *Picea asperata* Mast. 鐵杉 *Tsuga chinensis* Pritz. 及麥吊杉 *Picea brachytyla* Eritz. 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：

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

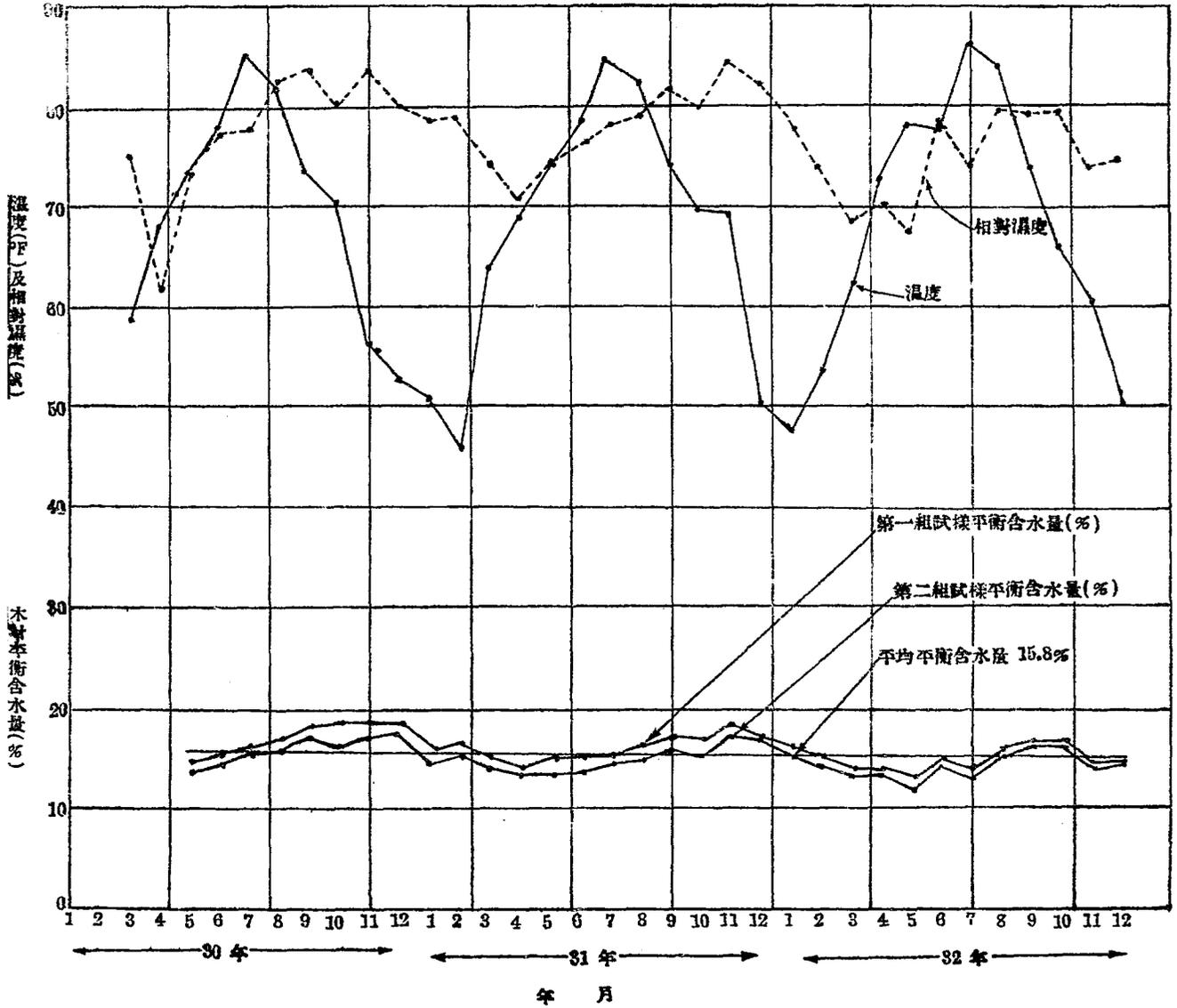
第二組試樣先置放於可調節溫度之烘箱內，使其含水量約達 8%，然後置於室內空氣流通之處，使之再度吸收水份，約經二月後，試樣之含水量即與大氣平衡。用第一組之測定手續及方法，求出某溫度及濕度情況下木材之含水量。

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，故後者所測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。

第一圖



(續第一表)

(二) 81年

月 份 項 目	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		一年內平均值		
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II			
溫 度	51.0		45.5		63.3		68.8		73.8		77.5		84.5		82.1		74.3		69.3		69.0		50.8		67.7		
相 對 濕 度	78.3		78.8		74.3		70.8		74.0		73.9		77.8		78.7		81.3		79.8		84.0		82.0		77.7		
組 別 含 水 量	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
木 材 每 月 平 均 含 水 量	樺 木	16.4	14.4	17.7	15.2	15.8	14.9	15.2	14.3	15.3	13.1	15.0	13.6	16.0	14.3	16.6	15.4	17.2	16.2	17.7	15.2	19.4	17.6	18.4	17.4	16.7	15.1
	核 桃	15.1	14.5	18.0	15.3	15.6	14.2	14.6	14.4	15.8	14.4	16.2	14.3	15.6	15.0	16.5	15.3	18.2	16.1	17.4	15.0	19.4	17.6	18.1	16.0	16.5	15.1
	麥 吊 杉	16.1	16.0	16.4	16.3	15.4	14.8	14.2	13.3	15.3	14.0	15.2	14.1	15.6	15.3	16.2	14.5	16.5	15.6	16.8	15.6	18.5	17.4	16.7	16.4	16.1	15.3
	雲 杉	15.9	14.4	16.5	15.3	14.7	13.5	14.3	12.6	14.9	13.8	16.0	13.7	16.5	14.7	17.4	14.8	16.8	15.9	16.5	15.2	18.7	17.8	18.0	17.8	16.5	15.0
	鐵 杉	16.4	15.3	16.3	15.7	15.7	14.0	14.3	13.7	15.8	13.4	15.5	13.8	15.6	14.2	16.2	15.0	17.2	16.3	16.9	16.4	18.6	18.0	18.4	17.1	16.3	15.2
組 平 均	16.0	14.9	16.5	15.6	15.3	14.1	14.5	13.7	15.4	13.8	15.6	13.9	15.9	14.7	16.6	15.0	17.2	16.0	17.1	15.5	18.9	17.5	17.9	17.0	16.4	15.2	
總 平 均	15.5		16.1		14.7		14.1		14.0		14.7		15.3		15.8		16.6		16.3		15.2		17.5		15.8		

(續第一表)

(三) 82年

月 份 項 目	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		一年內平均值		
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II			
溫 度	47.6		53.7		62.0		72.6		77.9		77.6		86.0		83.7		74.0		65.7		60.2		50.4		68.0		
相 對 濕 度	78.8		73.3		68.2		70.1		67.0		78.3		73.8		73.0		78.8		79.0		73.7		74.0		74.5		
組 別 含 水 量	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
木 材 每 月 平 均 平 衡 含 水 量	樟 木	17.1	15.1	16.1	14.9	15.9	14.0	15.7	13.9	14.1	12.5	16.6	15.4	15.6	14.3	17.0	15.6	17.9	16.2	18.1	17.0	15.1	14.8	15.5	15.4	16.2	15.0
	核 桃	16.8	15.0	15.7	13.5	14.7	13.9	14.3	13.6	13.5	12.5	15.2	14.7	14.2	13.8	16.6	16.3	16.1	16.3	16.5	16.4	15.5	14.9	15.7	15.5	15.4	14.6
	麥 吊 杉	16.4	15.6	15.3	13.8	15.0	13.9	14.7	14.3	12.6	12.4	14.1	14.3	14.7	14.0	15.6	15.3	16.2	16.0	17.9	16.3	14.8	14.1	15.0	15.0	15.3	14.6
	雲 杉	15.8	14.9	16.1	14.2	13.5	12.5	13.7	13.1	12.9	12.7	16.3	14.7	14.0	13.6	17.8	15.1	16.9	16.8	16.2	16.1	14.8	14.6	15.0	14.7	15.2	14.4
	鐵 杉	16.5	15.8	14.9	14.2	13.5	12.5	13.6	13.1	12.9	11.9	15.2	14.7	14.9	13.8	15.8	15.4	18.3	16.8	16.7	16.2	15.0	14.6	15.3	14.4	15.2	14.5
組 平 均	16.5	15.3	15.6	14.1	14.4	13.4	14.4	13.6	13.2	12.4	15.7	14.8	14.7	13.9	16.6	15.6	17.1	16.4	17.1	16.4	15.0	14.6	15.3	15.0	15.5	14.6	
總 平 均	15.8		14.9		13.9		14.0		12.8		15.3		14.3		16.1		16.7		16.7		15.3		15.1		15.1		

五種木材兩年八個月平衡含水量總平均值為 15.8%

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，以表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⁾，并用不同符號繪出如第二圖。

第二表

溫度 相對濕度 木材含水量	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	15.5	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）

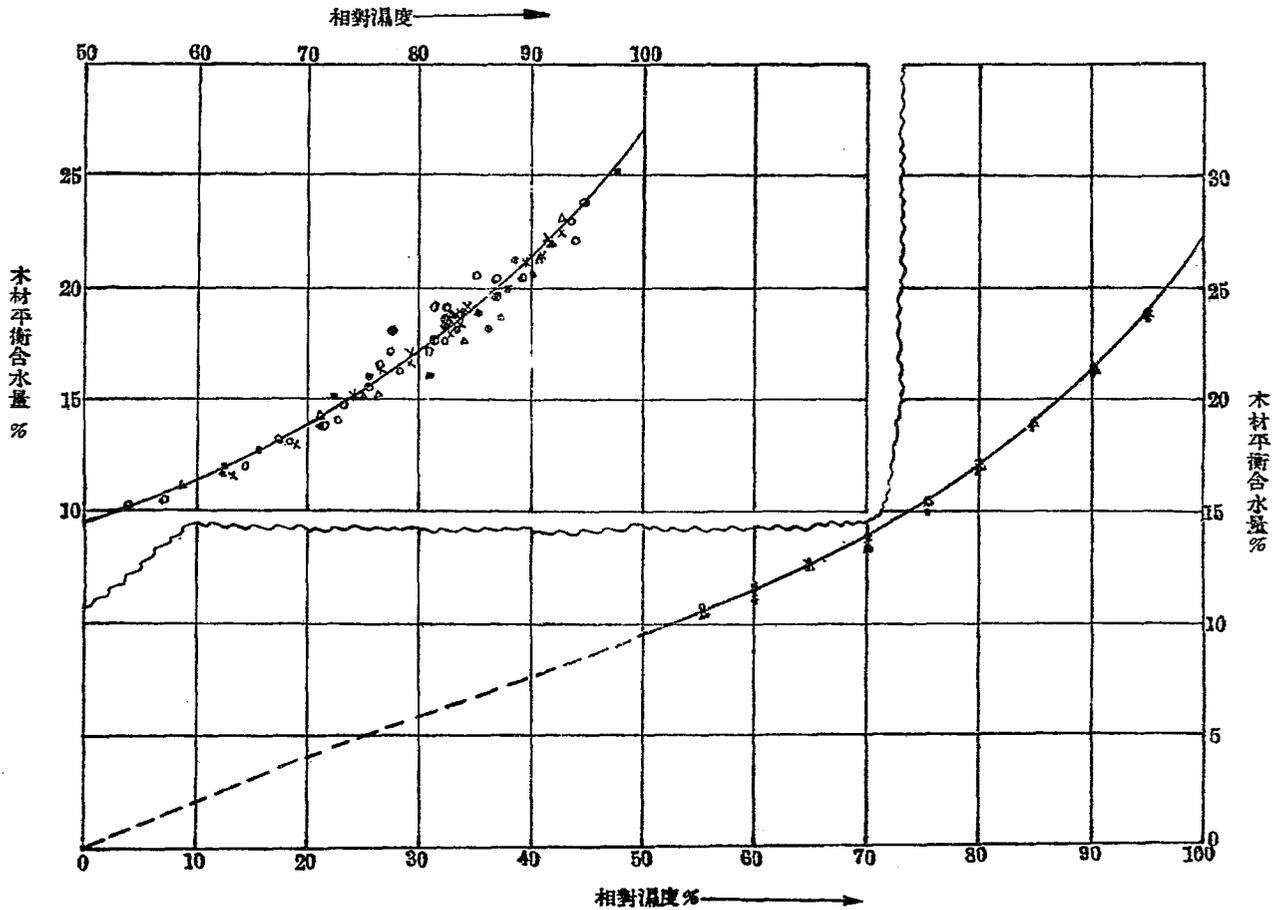
至於樹種對於木材平衡含水量之變異，可從第三圖、第一表及下文第三表看出。

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%。

在通常溫度(55°-75°F)下，五種木材之平衡含水量對相對濕度之關係

○ 雲杉 ● 蘇黎昂 ○ 鐵杉
 × 樺木 △ 核桃

○ 45°-55°F △ 65°-75°F
 × 55°-65°F ● 75°-85°F



第三表
71 種木料之平衡含水量

	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.	.560	16.1
	馬 尼 松 <i>Pinus Massoniana</i> Lamb.	.541	16.1
樹	柏 <i>Cupressus funebries</i> Endl.	.550	15.4
闊	黑 皮 楠 <i>Machilus bracteata</i> Lee.	.506	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.	.630	16.2
	栓 皮 櫟 <i>Quercus variabilis</i> Bl.	.800	15.4
葉	紅 果 楠 <i>Actinodaphne cupularis</i> Gamble.	.533	14.1
	絲 栗 <i>Gastanopsis platyacantha</i> R. et W.	.463	16.4
	紅 葉 甘 藍 <i>Lindera cercidifolium</i> Hemsl.	.561	15.9
	油 樟 <i>Cinnamomum inunctum</i> Meisen.	.517	16.2
	合 歡 <i>Albizzia 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 peruvata</i> Kochne.	.511	14.3
	烏 藥 <i>Lindera strychnifolia</i> Vill. var <i>Hemsleyana</i> Diel.	.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	糙皮樺	<i>Betula lumnifera</i> Winkl.	.604 16.2
	苦 樹	<i>Picrasma quassioides</i> Benn.	.522 16.9
	箭 桿 檜	<i>Lithocarpus viridis</i> R. et W.	.624 16.1
	紅 豆 杉	<i>Taxus chinensis</i> Rehd.	.672 13.6
	交 謨 木	<i>Daphniphyllum macropedum</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
藥	黑 殼 楠	<i>Machilus bracteata</i> Lec.	.570 15.1
	梧 桐	<i>Firmiana simplex</i> Wight.	.491 16.0
	嘉 利 樹	<i>Carrierea calycina</i> Franch.	.519 15.3
	棘 木	<i>Cornus macrophylla</i> Wall.	.770 15.7
	楠 木	<i>Phoebe nanmu</i> Gamble.	.555 15.1
	薯 豆	<i>Elaeocarpus kobanmochi</i> Koidz.	.564 16.0
	銀 櫟	<i>Gastanopsis delavayi</i> Franch.	.557 15.3
	鋸 齒 葉 木 荷	<i>Schima crenata</i> Korth.	.560 14.0
	方 氏 波 羅	<i>Ilex letifolia</i> Thumb. var <i>Fangii</i> Rehd.	.560 15.2
	石 楠	<i>Photinia serrulata</i> Lindl.	.790 16.6
	山 欖	<i>Symplocos caudata</i> Wall.	.526 16.6
	香 樟	<i>Cinnamomum camphora</i> Ness. and Eberm.	.674 16.0
	七 裂 槭	<i>Acer flabellatum</i> Rehd.	.781 16.4
	法 巴 冷 杉	<i>Abies Faberi</i> Craib.	.347 16.5
	樹 壁 青 岡	<i>Quercus oxycedon</i> Mig.	.577 15.5

(續第二表)

	樹 種 學 名	比 重	含水量%	
闊 葉	丁 木	<i>Acanthopanax evodiaefolius</i> Franch.	.512	16.9
	銀 葉 連 香	<i>Cercidiphyllum japonicum</i> . var. <i>sinense</i> R. and W.	.533	15.6
	紅 茴 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 葉 槭	<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 claiostocarpa</i> R. et W.	.614	18.7
	石 灰 樹	<i>Sorbus folgneri</i> Rehd.	.860	15.5
	樗 樹	<i>Ailanthus altissima</i> Swingle.	.318	14.0
	角 櫟 樹	<i>Carpinus polyneura</i> Fr.	.731	14.0
	珙 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 榿	<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。

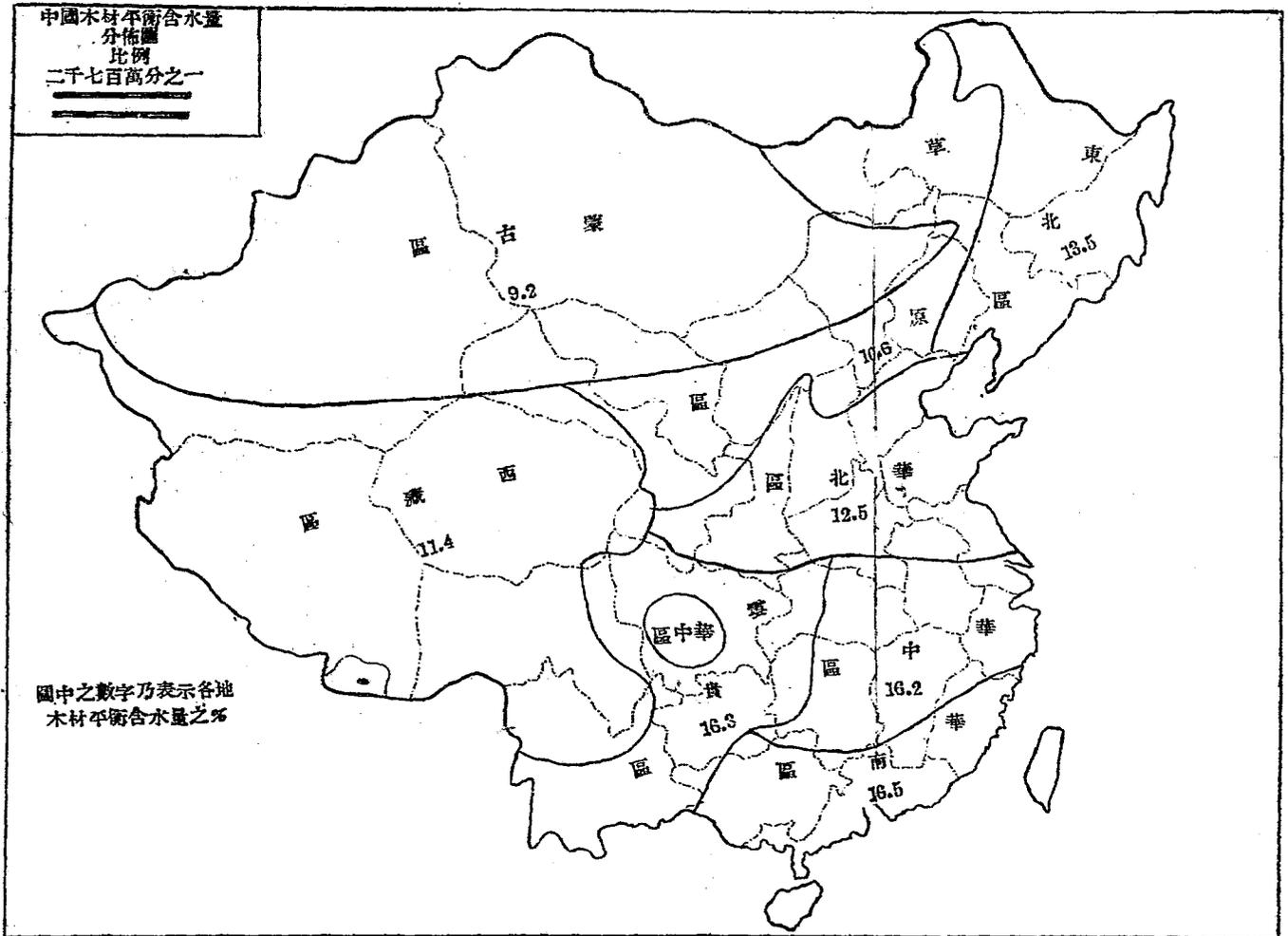
惟推算全國各地木材之平衡含水量，首先須搜集各地之全年氣象紀錄，以計算其相對濕度及溫度之年平均數值，然後參照第二圖之曲線求出其個別地點之木材平衡含水量。現將已求出 114 處之數值表示於地圖上，如第四圖。

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，求一數學平均數得 14.9%。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、蒙古區及西域區。目前搜集得八區中之氣象紀錄以西康及蒙古兩區最少。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

第 四 圖



異均相差不大，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 溫度%	木材平衡含 水量%
東	北	區	遼	32.7	78.4	16.5
			濱	37.4	73.6	15.0
			永	40.0	66.0	13.0
			瀋	45.0	65.0	12.8
			安	53.6	73.7	15.0
			大	50.4	66.0	13.0
			旅	50.7	72.0	14.5
			營	47.8	65.0	12.8
			公	41.7	61.3	12.0
			遼	41.9	67.3	13.5
			寧	51.1	61.7	12.0
			濤	39.6	61.6	12.0
			代表地區平均值	44.3	67.6	13.5
			代表地區木材平衡含水量標準誤			.495
代表地區木材平衡含水量標準差			1.44			
華	北	區	北	53.4	62.0	12.0
			平	34.2	60.0	11.5
			定	56.3	62.0	12.0
			津	50.2	59.0	11.4
			曲	57.0	72.5	14.7
			川	57.6	69.4	13.8
			安	56.1	64.3	12.8
			氏	52.5	60.1	11.5
			陽	57.2	70.5	14.2
			封	41.0	62.1	12.0
			山	59.8	75.2	15.5
			陰	57.8	66.3	13.0
			山	53.6	63.1	12.5
			縣	57.8	65.0	12.8
			縣	53.6	52.9	10.2
			山	51.3	60.2	11.5
			水	43.9	72.5	14.7
			洮	52.2	64.2	12.8
			縣	58.3	58.0	11.0
			南	53.6	72.0	14.5
島	54.5	71.6	14.3			
台	54.1	78.0	16.5			
衛	57.0	70.0	14.0			
鄭	53.4	65.5	12.5			
代表地區平均值			.349			
代表地區木材平衡含水量標準誤			1.67			
代表地區木材平衡含水量標準差						

(續第四表)

區名	地名	年平均溫度 °F	年平均相對 濕度%	木材平衡含 水量%	
華南區	閩	侯	66.8	80.0	17.0
	建	甌	68.0	77.0	16.0
	廈	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
	春	橋	70.2	79.5	17.0
	桂	林	66.4	75.5	15.5
	柳	州	69.8	72.3	14.5
	龍	州	69.9	76.2	16.0
	百	色	72.0	81.0	17.5
	龍	津	59.6	80.0	17.0
	烏	邱	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			.162	
	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	關	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	

(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%
華中區	上海	59.0	80.0	17.0
	南通	57.8	76.9	15.8
	山陰	60.5	76.8	16.0
	吳縣	60.6	86.8	20.0
	南橋	60.0	74.0	15.0
	杭洲	67.0	79.0	17.0
	衢州	63.3	79.0	17.0
	坎湖	63.3	81.5	17.5
	維寧	60.2	80.0	17.0
	懷立	59.0	74.0	15.0
	九寧	60.2	72.3	14.8
	吉寧	62.4	76.0	15.8
	安昌	62.4	77.0	16.2
	漢口	65.5	75.0	15.5
	武昌	63.2	70.5	14.2
	岳陽	62.2	71.8	14.5
	長沙	62.0	82.9	18.2
	常德	63.0	77.0	16.0
	邵陽	62.2	79.5	17.0
	衡陽	63.2	75.4	15.5
	零陵	65.2	80.0	17.0
	郴縣	64.4	75.6	15.8
	重慶	64.0	77.8	16.3
	成都	64.6	80.0	17.0
	樂山	67.5	76.6	15.8
	代表地區平均值	63.6	77.5	16.3
	代表地區木材平衡含水量標準	62.5	77.0	16.2
代表地區木材平衡含水量標準誤差			.79	
			1.27	
草原區	蘭州	46.3	57.0	11.0
	張掖	49.8	62.0	12.0
	酒泉	47.8	51.4	10.0
	武威	45.0	39.6	8.0
	榆林	50.0	62.3	12.0
	寧夏	51.0	55.6	10.6
	綏遠	47.3	51.0	10.0
	包頭	52.0	42.7	9.5
	中綏	50.9	53.9	10.5
	歸綏	44.0	61.6	12.0
	張北	48.0	55.0	10.5
	洮南	47.0	48.7	9.5
	龍江	39.6	61.6	12.0
	代表地區平均值	37.6	60.5	11.7
	代表地區木材平衡含水量標準	46.6	54.9	10.6
代表地區木材平衡含水量標準誤差			.975	
			1.15	

(續第四表)

區名	地名	年平均溫度 °F	年平均相對 濕度%	木材平衡含 水量%	
雲貴區	南	65.3	79.5	17.0	
	潭	60.0	82.3	18.0	
	州	59.6	80.0	17.0	
	節	65.2	78.5	16.5	
	昌	63.5	78.6	16.5	
	明	59.6	72.0	14.5	
	海	65.0	74.8	15.3	
	衙	63.0	77.0	16.0	
	江	60.3	78.0	16.5	
	寧	39.4	74.3	15.0	
	定	47.4	75.2	15.5	
	安	64.0	82.4	18.0	
	代表地區平均值		59.6	77.5	16.3
代表地區木材平衡含水量標準誤				1.07	
代表地區木材平衡含水量標準差				1.17	
康古區	車	47.8	48.6	9.5	
	西	50.0	41.2	8.0	
	爐	51.8	53.0	10.0	
	代表地區平均值		50.0	47.5	9.2
	代表地區木材平衡含水量標準誤				.602
代表地區木材平衡含水量標準差				10.4	
全國木材平均平衡含水量				13.3	
依八區計算全國木材平衡含水量標準誤				.995	
依八區計算全國木材平衡含水量標準差				2.82	

四 木材平衡含水量在強度計算之標準

木材之強度，受水份影響極大，如云某種木材之某項強度多少，而不表明其當時之含水量，這強度是沒有意義的；很可能這種木材的強度與他種木材在不同含水量下是一樣，但在相同含水量相差則很遠。

因此，計算或比較木材之強度，須有一共同之標準。前文已說過這個共同的標準，最好用木材之平衡含水量來表示。惟木材平衡含水亦非一固定數值，譬如接近沙漠地帶如安西，平衡含水量可低至 8%，潮濕地帶如吳淞高至 20%；至各地季節之變化，亦足以影響木材平衡含水量。（可參看第一圖成都木材平衡含水量之變異。）

前文我們已經討論過用 13% 為一般木材強度計算之標準。這是代表全國性的平均值。各地之固定工程或活動範圍較小之木材製品，仍可用第四表當地之木材平衡含水量為計算標準。

至航空木材強度的計算標準，則須顧及在使用上可能達到之最高含水量。飛機的活動範圍甚大。數小時內可以經盡不同氣候的地區。譬如由華北區 (12.5%) 飛至華南區 (16.5%)，兩地區之木材平衡含水量相差 4%，倘飛機木材部分無適當之保護塗料，木材可能重吸水份，使體積膨脹而至變形；同理，由華南區飛至華北區，木材可能放出水份使體積收縮。但目前飛機木材之保護塗料充足，此種變形現象並不嚴重。近來木材用化工方法處理過後，（如用酚醛加工處理）實際不致收縮或膨脹。用高含水量為飛機木材的強度計算標準之主要理由，是完全基於強度之觀點。以雲杉之破壞係數為例，在含水量 13% 時，強度為 626 公斤 / 公分²，在 16% 時是 720 公斤 / 公分²。強度之差異是 106 公斤 / 公分²。故其含水量之多寡對強度之影響甚大，為適應於各方氣候環境，顧慮材料之安全起見，航空木材應用能達到之最高含水量為設計之標準。

第四表中所列之數值，全國各代表區之最高值為華南區，其木材平衡含水量為 16.5%，此為航空木材所可能遇到之最高平均值。如吾人用一整數為標準，可採選 16% 或 17% 之任一個。惟因全國平均值為 13.3%，其標準差為 $\pm 2.82\%$ ，全國木材平衡含水量最高值可能為 16.12%，比之華南區之 16.5% 稍低。因此吾人採用整數 16% 為航空木材計算強度之共同標準。

五 結論

此次試驗之木材種類雖屬有限，然一切木材之平衡含水量之趨勢均屬一致。所求得之曲線，甚足以代表一般木材在氣乾狀態下平衡含水量之情況。

各地木材平衡含水量之推算，因全國氣象紀錄不易搜集齊全，故本文僅得一部分數據，他日如各地氣象全部悉，當加以補充。

成都一地之木材平衡含水量平均為 16%；全國為 13%；航空木材之設計標準為 16%。

美國一般木材採用 12%，此為美國全國平均平衡含水量值；航空木材採用 15% 為標準，為實際可能遇到之最高值。吾人若欲與英美木材強度值比較，可用附表一之常數換算以作對照。

註：

- (1) 見附錄一及二。
- (2) 第二表木材含水量平均值之計算，係取每隔相對溫度 5% 之木材平衡含水量平均值而得。例如相對溫度為 55% 時之木材平衡含水量值，係取自相對溫度為 53%、54%、55%、56% 及 57% 時之木材含水量值平均之；相對溫度為 60% 時之木材平衡含水量，係取相對溫度 58%、59%、60%、61% 及 62% 時之木材含水量值平均之。

參考文獻：

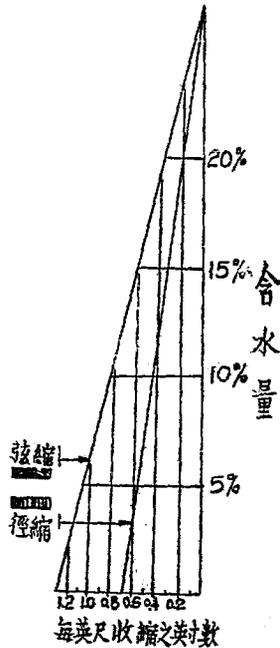
- (1) U. S. F. P. L. : Wood Handbook.
- (2) Trayer, G. W. : Wood in Aircraft Construction.
- (3) Henderson, H. U. : Air Seasoning and Kiln Drying of Wood.
- (4) N. A. C. A. Rept. No. 354.
- (5) Wilson, T. R. G. : Strength-Moisture Relations for Wood.
- (6) Garratt, : Mechanical Properties of Wood.
- (7) 竺可楨：中國氣候區域論
- (8) 盧鋈：中國氣候概論
- (9) 陳遵媯：農業氣象學
- (10) 氣象學報第十五、十八卷
- (11) 氣象雜誌第十二卷
- (12) 中央研究院氣象研究所：中國氣候資料，雨量篇
- (13) 四川氣象測候所：氣象年報第三、四、五卷
- (14) 蕭延登：氣候學
- (15) 航空研究院：木材力學試驗標準草案
- (16) 余仲奎等：川產雲杉之性質
- (17) 余仲奎等：四川理番六種木材之性質
- (18) C. H. Goulden：生物統計與試驗設計
范福仁譯

附錄一 木材含水量與強度之關係

力 學 性 質		木材含水量增減 1% 時強度之減增百分率	
		本院試驗結果	美國林產試驗所試驗結果
靜 曲 試 驗	比例限應力	5	5
	破壞係數	4	4
	彈性係數	2	2
	最大荷重工作	2.5	0.5
順紋壓 縮試驗	比例限應力	4	5.5
	最大破壞強度	4.5	6
簡 卡 氏 硬 度 順 紋 剪 力		2	2.5
		2	3

附錄二 木材含水量與收縮 *

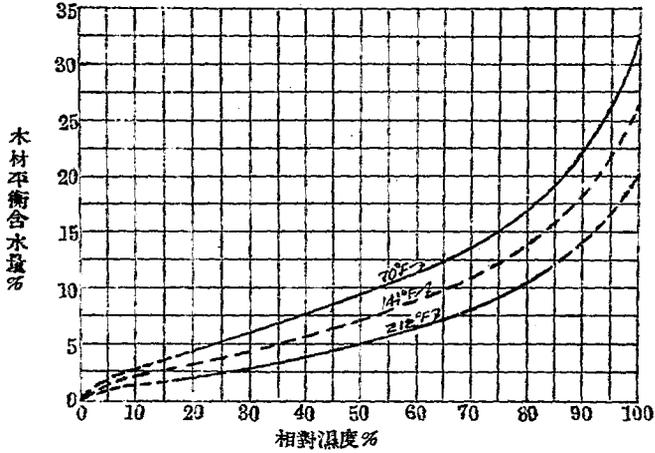
(錄英國林產試驗所結果)



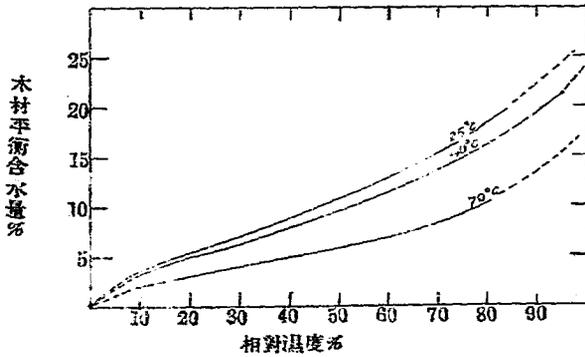
* 見 "Solid Organic material" By Dr. N.A. de Bruyne, Aircraft Engineering, Vol. XII, June 1940, p. 179.

附錄三 英美木材平衡含水量曲線之比較

美國林產試驗所曲線*



英國林產試驗所曲線†



* 見 Trayer G.W. : "Wood in Aircraft Construction."
 † 見 Desch H.E. : "Timber, its structure and Properties."

附錄四 根據中國各氣候區區分法推算木材平衡含水量之比較

	區名	年平均溫度 °F	年平均相對 濕度 %	木材平衡含 水量 %
坐 可 植 氣 候 區	東蒙	44.3	67.6	13.5
	北古	50.0	47.5	9.2
	西華	46.5	58.5	11.4
	華雲	63.5	78.4	16.5
	華華	68.6	77.5	16.3
	華華	53.4	65.5	12.5
	草代	46.6	54.9	16.2
	表 區 平 均 值			10.6
				13.3
Thornthwaite 氣候區	A	61.5	72.5	15.5
	B	45.3	58.5	11.5
	C	43.5	57.3	11.0
	D	39.4	62.5	12.0
	E			
	F			
	代 表 區 平 均 值			12.5
Köppen 氣候 區	3Bskw	45.0	56.5	10.6
	4Bwk			-
	5cw	63.0	75.6	15.6
	5cfa	63.2	79.0	16.3
	9Dw (a,b,c)	46.5	53.8	12.9
	10Dh			-
	11F			-
	SDf	51.6	68.5	13.6
				13.7
		代 表 區 平 均 值		
Kendrew 氣候 區	A	48.4	48.0	9.1
	B	46.0	68.0	13.5
	C	51.7	60.0	11.5
	D	53.0	64.0	12.5
	E	62.5	78.8	16.6
	F	64.0	77.1	16.1
	G	69.0	78.6	16.5
	H	56.0	74.0	15.0
	I	45.0	58.2	11.1
		代 表 區 平 均 值		





PUBLICATIONS RELATING TO TIMBER RESEARCH,
WOOD AND BAMBOO RESEARCH LABORATORY,
BUREAU OF AERONAUTICAL RESEARCH.

TECHNICAL REPORT

- No. 4 C. F. Yee, Hwang Pan-cheung, Chen Chi-ling, and Lo Yu-ying :
Properties of the wood of Yushan (*Picea asperata*) grown in
Szechuan.
- 5 C. F. Yee, Hwang Pan-cheung, Chen Chi-ling, and Lo Yu-ying :
Properties of some important timbers grown in western-Szechuan.
- No. 10 C. F. Yee, and Shen Lan-gan :
Properties of Nanchu (*Phyllostachys edulis*) grown in Szechuan.
- No. 12 C. F. Yee, Hwang Pan-cheung, Chen Chi-ling, and Lo Yu-ying :
Properties of the wood of Hotaomu (*Ingleas regia*) grown in
Kweichow.
- No. 13 C. F. Yee, Hwang Pan-cheung, Chen Chi-ling, and Lo Yu-ying :
Properties of the wood of Paotung (*Paulownia Fargesii*) grown in
Szechuan.
- No. 14 C. F. Yee, Hwang Pan-cheung, Chen Chi-ling, and Lo Yu-ying :
Properties of the wood of Liushan (*Cryptomeria japonica*) grown
in Szechuan.
- No. 24 C. F. Yee, and Y. Y. Lo :
The equilibrium moisture content of wood in China.



BUREAU OF AERONAUTICAL RESEARCH

TECHNICAL REPORT NO. 24

THE EQUILIBRIUM MOISTURE CONTENT OF WOOD IN CHINA

G. F. YEE

Y. Y. LO

OCTOBER 1945 CHENGDU