

航空

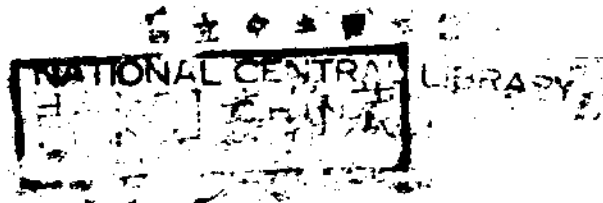
經濟部中央工業試驗所 木材試驗室

特刊

第十一號 中華民國廿九年十一月

建樹吾國航空用木材事業芻議

經濟部中央工業試驗所 木材試驗室 印行
農產促進委員會



建樹吾國航空用木材事業芻議

唐 燿

目 次

「甲」 木材應用於飛機上各問題

- 一、 木材之性質及種類 二、 木材之選擇 三、 木材性之試驗 四、
木材之乾燥與保藏 五、 薄木合木及膠之試驗 六、 其他

「乙」 進行之計劃

- (一) 目標 6. 調查與開發原有林 2. 木材工業之建樹 3. 木材之
基本實驗及條規之釐定 4. 飛機機身各部分製造上之設計并試驗

- (二) 辦法 1. 薄木及合木之研究 2. 膠之研究 3. 木材材力學及物
理性質之試驗 4. 木材乾燥之研究 5. 鋸木工廠 6. 木工廠 7. 刀
鋸修理廠

- (三) 期得之結果

結 論

中華民國二十九年一月一日

飛機製造，目下已進於輕金屬階段，但木材有其特點，至少在小型機尚有相當地位，已為國人所公認無容多述。爰就木材應用飛機上各問題，及吾國建樹此項事業之計劃，以備當局之參攷。

「甲」 木材應用於飛機上各問題

一、 木材之性質及種類問題：

木材在飛機製造上之價值，在其質輕，且有相當之力學性質與韌性。但木材之於飛機製造，視使用上之部分及所用之木材種類而有異。欲明此理，請略述木材之性質。木材為有機體產物，係多數甚小之空管所集合，構成一定之模型，其目的在支持重大之樹冠，以得日光並運輸由根部吸收之水分與礦物質。此等空管壁，負相當之力學性質。其構成之物質，為一種膠狀體 Colloidal，與水分之愛力甚大，在使用時，與水分之關係至大，當木材之水分乾燥後，失其黏性，變堅變硬變脆。木材苟非塗以不透水之油漆，漸與空中之水分成均勻之狀態。因此其體積亦有漲縮，形狀因之變異。木材在多種用途上，必須除去大部分之水分，若乾燥不得其法，此等管狀之物質，有崩毀之虞。

各種木材之基本性質雖相同，但各種之木材其極大之差異。木材有質極如木基者，亦有經乾燥後，仍沉於水中如石塊者。木材之硬度亦然，質柔者可以手指劃之；質硬者刀斧不易入。森林中之各種樹木，譬如地面之沙，無兩株樹，絕對相同者。應用之得宜，在乎吾人之善自選擇。

木材之用途與產量之關係至大。就理論上言，某種木材，儘可最善於某種用途。但因其產量及價格之限制，有時須以次佳者代替。木材之選擇標準愈嚴，適於某種用途之木材愈少。譬如建築房屋，多數木材，可以應用。用於飛機製造，僅有少數之木材，為最合宜。據謂世界上有三種木材用於飛機上為最佳。雲杉產自松科

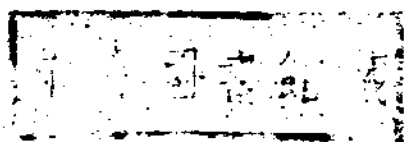
之 Spruce 屬。杉(即白蠟樹)產於木犀科之 Fraxinus 屬，俗名 Ash。桃花心木，產自楝科之 Swientia 屬，俗名 Mahogany。此三類木材在飛機製造上，各具有不同之用途與價值。其中尤以雲杉為最佳。蓋以其重量重，為最硬最強最耐衝擊之材料。苟不需更強之材料，應特種之用途，雲杉實為飛機上理想之木材。觀乎在歐戰時，用於飛機上最多之木料，即為雲杉 Sitka spruce，可知此言之不謬。此屬共有三十餘種，吾國有十餘種，多數產於川西瀘縣打箭爐一帶，有大量森林。

飛機上有數部分，如機尾，機翼，尾柱翼肋，機架之前部，翼架縱樑等，其所需木材之力學性質，非雲杉材所能耐。此等部分實經一原則，反為次要。供此等用途之木材，有時須經適當之彎曲，故須先將木材通以蒸汽，使之易於彎曲而無損壞。最適於彎曲之木材，為生長較快之椴木，榆木，樺木，樺木山核桃木。柞木強韌有彈性，紋理直，為曲折最佳之木料。以上所述，僅限於機架。至於飛機上之螺旋槳 Propeller 之木材，須富於力學性質，適當硬度，易施工，易膠黏，不翹曲為上。且螺旋槳所需木材，亦視其用於教練機或驅逐機者有異。前者速率較小，所需木材，可不若後者之精確。驅逐機所用之馬力機大速度極高，取材須極慎重。據謂僅少數木材，可以適用驅逐機之螺旋槳，以真正之桃花心木及非洲產桃花心木 Bha yasp 為最佳，其他若徑切之白櫟類 White Oaks，核桃木亦可用為代替。在教練機上，樺木及菲律賓產之柳安木等，均有用之者。

「二」、木材之選擇問題

木材之用於飛機各部，可表示「適者生存」之原理。選擇之方式，自樹種起，經各級製造時挑選，須將不適者淘汰。樹種之選擇，僅木材選擇之一部分。蓋各種木材，變異性甚大。木材為有機物其結構為適應其個別之需要，非為人類而造製者。其構造上之差異，與其環境之關係至大，因此木材甚難規定一標準，如金屬或水泥等無機物然。每種或每類木材之力學性質，雖可求得一平均數，然此等數值，為多數試驗，所求得之平均值，為比較之用，因之不能直接應用於某一塊木材。

欲選擇木材為特殊之用途，其重要點為明瞭力學性質與數種甚易辨別之連續，為選材上之標準。木材重量，為木材力學性質，最顯明之符號。構成木材之物質，



其重量一倍半重於水，在各種木材中，幾相同。因之每單位體積，所含之物質愈多，其比重亦愈大，力學性質亦愈強。

木材之用於飛機製造，以質輕為原則。故木材之輕者，用於飛機上較佳。但每種木材，其重有一最低限度，過此則木材被折時，質脆而鬆，在適當之彈性外，無多餘之儲能。在木材髓之左近者，亦較外部為弱。木材在人工乾燥時，若溫度過高，亦能使木材變脆。質脆而鬆之木材，可有多種之方法試驗之。同種中之特殊輕者為脆弱之左證。受折時破面之性質，亦可表示其實脆與否。具韌性之木材，有逐漸之破壞，其裂口為纖維狀，或起毛。反是為質脆之象徵。用擺式衝擊試驗，為試驗木材之質脆與否之最速最可靠試驗。

各種木材，若纖維有直行之紋理，可供最佳之應用。此等木料，各部之收縮較均勻，因水分不同而起之變形亦較少。當木材之任何部分，受有外力時，如木材之受折，其上部受壓，下部受拉。木材沿木紋之應拉力，約五十倍大於斷紋理。故木材之有斜紋理者，影響於力學性質者甚大。木材紋理之斜直，可原於多種原因。各種木材中，有天生為斜紋理者，亦有偶然為斜紋理者。木材之用於飛機製造，除用為層木 Laminated wood 者外，斜紋理者須慎加挑選。木材之斜紋理，其關係可由一角度以表示之。其法以三角形之一邊，表示纖維斜度之方向，相隣之一邊，表示木材之主軸或邊。斜度之大小，由垂直於底邊一吋上，所須主軸，或邊之長度以表示之。譬如斜度 1:15，其意義即謂在主軸，或邊上十五吋，紋理斜坡為一吋。紋理愈斜者，角度愈大，所須成一吋坡度之主軸愈短。木材紋理可允許之坡度的大小，視木材之用途而異。就通常言，坡度大於 1:20 時，不應用於飛機上之主要部分。木材之斜紋理，可有三種基本不同之狀態。

a. 對角紋理：此種紋理，完全是人為的，其成因由於木段鋸板時之不當心。鋸下之板，不與生長之層次平行。其原因木段之彎曲，或手術不佳，或木段兩端之直徑差異，鋸板時不與木段之皮部平行，而與髓心平行。木材之有對角紋理者，在木材之徑切面上最顯。

b. 螺旋紋理：此種斜紋理，乃天然的，由於木纖維包圍主軸成螺旋形，不與主

軸，平行。螺旋紋理指木纖維在生長層次間之方面。木材之有螺旋紋理者，顯明於木材之弦切面上，可由木材之裂隙，樹脂管之方向，或他種可以顯示木材紋理之方向處顯明之。木材之有螺旋紋理者，在徑切面上，不易劈開。其劈開面，亦與對角紋理有異。同一塊木材，若有螺旋紋理，及人工面成之對角紋理其坡度為

$$\sqrt{a^2 + b^2} / a + b$$

木材在選擇上，尚有腐敗一問題，須特加注意。木材之腐敗，由於多種高級菌類所致。此種菌類之繁殖體，寄生於木材上，以木材細胞之胞壁為食物，影響於木材之力學強度甚大。在初期腐敗之木材，多甚難覺察。此等材料。若加應用，腐敗不致蔓延。在同一狀態下之腐敗，其影響於木材之各種力學強度有異。木材之韌性，最易受腐敗用之影響。腐敗初期之木材。有為目力所不能辨識者，但木材之韌性，即受影響。故之用白式衝擊試驗木材是否有初期腐敗，為最好的方法。

寄生於木材之菌類，尚有專以木材中之含有物為食料，不及於胞壁者。此等菌類，常使木材變色 Staining。據各方試驗。變色之木材，不影響於木材之力學性質。惟木材之有變色者，表示該木材之處理不當，此等木材，尤當詳察有無腐敗之菌類。

(三) 木材材性之試驗問題：

吾國木材之力學性質及相關物理之性質，尚無正確之試驗。欲進行飛機用木材之選擇，宜先就數種重要木材，以小而無疵之材料，進行試驗，求得該種受壓，受拉，受折，[硬度]剪力，比重，收縮等性質之平均値。木材之力學性質，在相當範圍內，與水分之關係殊大，故氣乾後之木材，須明瞭其含水量，始可比較。(試驗之方式詳拙著木材之力學試驗。及木材力學試驗指導)。更應就木材之有缺點者試驗，以便規定商用材之等級。製成後之螺旋槳及機身各部，均須經整體試驗，以策安全。

木材之彎曲及其試驗：木材之用於機身部分者，有須加以適當處理。如通以蒸氣使之易於彎曲，或以層本代之。此等木材，率用硬木類 Hard Woods，尤以柃木，榆木，櫟木等為佳。彎曲之前，木材須有適當之乾燥，但乾燥至何種程度，再進行彎曲，迄無定論。木材經彎曲後，須夾於定形之彎曲板，經過當時期，使之固

定。層木之薄者，亦可先膨脹，而後彎曲。

(四) 木材之乾燥與保藏問題：

飛機用木材，在木上室變為各種形狀，須乾燥至適當之含水量，與工作時之環境略相等，以免翹曲變形。木材中之水分，與其體積有關。在使用時，最大之困難，即為水分。飛機上各部分之木材，須乾至與製作時及使用時之情形略等。就通常言，用成螺旋槳之木材，含水量須小於他部，且水分之分布在各塊木材之內外須平均。

木材之乾燥，有天然及人工乾燥兩大類。前者費時甚久，翹曲，開裂，多不能節制。後者在短時期內，可乾燥至所需程度，缺點可以相當控制。當歐戰時，美國 Timman 氏，首先用人為節制下之溫度，相對濕度，及流通之空氣之 Circulation，使木材之外部，不致快乾，內部水分，與表面趨於一致。此項研究，實開木材乾燥之新紀元。人工乾燥爐及各種木材之乾燥程序，可謂已成較精密之科學。目下乾燥爐之設計，不下數十種，以 Over Head Internal Fan Kiln 為最常用。其熱氣管水汽及電扇均在乾燥室之上部。木材乾燥之難易，視乾燥廠之設計，木材之種類，及木板之厚薄而不同。雲杉材等輕材，易於乾燥。櫟木，柞木，榆木，甚難乾燥之木材。同一種中，愈厚之板，愈難乾燥，而不起翹裂。

新式之乾燥廠，溫度及相對濕度，均可自行節制。各種木材之乾燥，有一定之程序表。木材之含水量，可以節制，翹曲開裂，可以減少。近數年來，更有用化學乾燥法，使木材由內部向外乾燥，因此多種甚難乾燥之木材，可以於最短期內，完滿乾燥而無開裂。

與木材乾燥有關者，為木材之儲藏。木材在乾燥前後須有適當之儲藏室，一則避免腐敗，一則可以使乾燥之木材與工作時之情況，漸漸相同，不致驟然變更環境。

(五) 薄木合木及膠之試驗問題：

木材非如鋼鐵，其縱向及橫向之力學性質與收縮，有顯著之不同。故若用數層薄板，就直行及橫行方向，相互膠黏，可彌補木材力學上及物理性質上之缺點。此等黏合之木材，專稱之為合木，其層數常為五層或五層，七層或更多。中心一層，

通常較厚，亦有用較厚之薄木，或比重較低之木材，是為中軸。其厚度須視相對兩邊之層數，及所用木材之種類，而有不同。合木之製造，須根據於學理及經驗，始可免製後之翹曲。各層之厚度，與相對二薄木之紋理，水量，中軸之厚度等，均有關係。層木 Laminated Wood 係多數薄木，依紋理之縱軸，膠黏而成，廣用於飛機製造上。薄木在膠黏前，須加以適當均勻之乾燥，否則收縮不勻，易起翹曲。

木材之用製薄木者，可浸於水油，以防腐敗。製為薄木前，須去皮，并鋸為定長。薄木之製造，多用車床切成 Rotary lathe 所用木段之最大直徑，須事先明瞭，始可購製車床。所切薄木之厚薄，在相當範圍內，須能調節。木段在未置車床前，須煮於熱蒸汽中，其溫度及時間，在各種木材，須加以比較試驗，然後乘熱切之。切得後之薄木，須加以人工乾燥。製成合木時，經膠黏手續，加以壓力，再乾燥之。膠黏後之合木，其力學性質，亦須加以試驗。

膠之問題：飛機製造上所用之膠，亦因其所在之部位而異。昔日常用之膠，為膠精 Casein，血質蛋白膠 Blood albumin，及動物膠 Animal glues（須加熱使用）。水膠 Marine glue 用於水上飛機。近年來更有人造樹脂膠 Synthetic resin，（其成分有定），使用便利，廣用於飛機之製造。動物膠用於螺旋槳，血質蛋白膠，豆腐膠 Soybean glue，用於合木。飛機各部分之集合，多用膠精。動物膠由皮革，骨髓，及動物屍體製成。此等原料，加水煮之，經凝聚，提煉乾燥而成。膠精主由牛乳提煉，以蛋白質，溶于適當溶劑，成一適當濃度之混合物。血質蛋白，由牲畜血內之蛋白質基，加有灰矽酸鈉等製成，為固體狀態，水膠須含下列成分，松脂，松膠，變性酒精，乾油如桐油或胡麻子油。各種膠之成分，因原料之不能統一，即在歐美，亦至感困難。且多數配合之方式，均為專利。各種膠之使用，須有大量產量，并須定規其成分。膠後關節，須進行力學試驗 Testing of glue joints。膠之使用，有須加熱者，膠之塗着須均勻。膠後木材，須加壓力使其牢固，均須適當之設備。

(六) 其他問題

飛機上木材之應用，除上列各項外，尚有問題。如木材之正確鑑定，亦為木材製飛機之先決條件。鋸木木工，刀鋸修理等廠，均須有專門之研究，與熟練工頭。此外木膠等條款之規定及各項之考查員，以進行選擇，在在均屬重要。

「乙」 進行之計劃

(一) 目標：

在利用川西之大量雲杉林及有關航空用之硬木，以期於最近期間，用於飛機製造。此項問題，涉及木材之調查及研究，木材工業之建樹，及飛機設計等問題。在毫無實用科學基礎及工業之現狀下，進行實極困難。然苟能認清問題之重要性，加緊基本之試驗與工廠之建樹，兼程并進，亦不難達到目的。譬如各種原料之規格，及試驗之方式，均有成效可循。據此次在歐美考察，對於飛機上之木材問題，曾搜集不少珍貴之資料，可資參考。目下應就本國材料與環境，加以實驗，以解決製造上之各種困難。茲將航空用木材問題，就管見所及，分述如後。

(1) 調查與開發原有林：吾國川西，森林之蘊量甚富，尤以雲杉之種類，甲於世界，先宜合理開發。薄木類如麻櫟，椴，Ash，樺，榆，核桃木等亦富。除桃花心木 mahogany，須覓相當之代替品外，原料可不成問題。惟我國邊陲森林，尚無精密之調查，可供開發之參考。故欲利用吾國之樹木，以製飛機，尚須輔助森林當局，籌劃用飛機測量森林面積，及開發管理等問題。并須與一二大規模之伐木公司訂立合同，使之負收集特種木材之責。

(2) 促成木材工業之建樹：木製飛機部分，苟欲為大規模之進行，必在樹立有關飛機製造之木材工業建樹之後。如新式鋸木工廠，刀鋸修理廠，薄木製造廠，膠之製造，合木之製造，油漆廠，木材人工乾燥廠等。此等事業應以官商合辦為最佳。

(3) 建樹木材基礎實驗及條規：重要木材之力學性質及物理性質，乾燥性質，木材防火之設施，薄木合木製造上之困難，膠漆之研究，在在須加進行以便釐定有關飛機用木材之詳細規格。并須訓練審查員，進行木材之挑選，并協助各工廠出貨之劃一。

(4) 設計飛機機身各部分之製造并全部之試驗：有合格的原料，有實驗的結果後，飛機製造工程師，乃能根據力學性質，以計算材料，并為局部之試驗，如螺旋槳，機翼機身等及已成飛機在風洞之試飛等試驗。

(二) 辦法：

欲解決中國航空用木材一問題，涉及木材之產量，品種鑑定，力學及物理性質，乾燥性質腐敗，防火，薄木合木製造，及其性質，木材乾燥，膠及油漆，木工製造，刀鋸修理，工程設計木材工業之建樹等問題。各國航空部，莫不有航空木材研究所，以解決木材上之困難即由於此。吾國經濟部中央工業試驗所創辦一木材試驗室，有完備之典籍與標本，進行一般木材問題之研究，允直充分利用，使之担任航空木材一切問題之試驗與進行，為飛機製造上，樹立基礎。欲釐定中國木材用於航空上之規條，亦以研究室之進行，為先決條件。茲估計必需之設備如下：

- (1) 薄木及合木研究室 共二〇、〇〇〇元
 - (a) 薄木車床 Veneer Cutting Machine 刀及磨刀機 約一〇、〇〇〇元
 - (b) 薄木修剪機 Clipper 約三、〇〇〇元
 - (c) 薄木乾燥設備 Artificial Drying Equipment 約三、〇〇〇元
 - (d) 煮木段池 Steaming Pond 連鍋爐 約二、〇〇〇元
 - (e) 合木力學試驗機 Glue Joint And Plywood Testing Machine 約二、〇〇〇元
- (2) 膠之研究室 共五、四〇〇元
 - (a) 小型熱壓機 One Small Hot Presser 約二、〇〇〇元
 - (b) 小型施膠機 One Glue Spreader 約二、〇〇〇元
 - (c) 溶膠機 Glue Mixing Machine 約 四〇〇元
 - (d) 其他設備 約一、〇〇〇元
- (3) 木材力學及物理性質研究室 共五〇、〇〇〇元
 - (a) 十萬磅萬能機 Universal Compound Lever Testiny Machine 二〇、〇〇〇元
 - (b) 韌性試驗機 Machine Toughness 約二、〇〇〇元
 - (c) 扭性試驗機 Machine Tortion Testing 約五、〇〇〇元

- (d) 試驗附件 約三、〇〇〇元
- (e) 溫度室三間 (連建築) 調節木材中水分用 約一五、〇〇〇元
- (f) 計算機一 約五、〇〇〇元
- (4) 乾燥研究室 共二八、〇〇〇元
- (a) 小型模式乾燥爐 約 五、〇〇〇元
- (b) 新式乾燥爐及調熱調溼設備 約二〇、〇〇〇元
- (c) 乾燥用儀器及附件 約 二、〇〇〇元
- (5) 鋸木工廠(至少設備) 約二八、〇〇〇元
- (a) 臥式鋸床 Single Horizontal saw Frame Type RT-14' gauge logs up to
48" diameter 約一八、〇〇〇元
- (b) 交互橫切鋸 Reciprocating Cross-Cut Saw 約 三、〇〇〇元
- (c) 擺式橫切鋸 Pendulum Cross-Cut Saw 約 三、〇〇〇元
- (d) 滾動式鋸床 Under Driven Roller Feed Saw Bench, Saw diameter
42" 約 四、〇〇〇元
- (6) 木工廠(至少設備) 共一六、五〇〇元
- (a) 三十二吋徑圓式鋸床 32' diam. Circular Saw Bench 二、〇〇〇元
- (b) 定積橫切十五吋徑圓鋸 15" diam. Dimension Cross Cut Circular Saw...
..... 約三、〇〇〇元
- (c) 十二吋徑平面刨床 12" Surface Planer 約三、〇〇〇元
- (d) 十五吋徑錶板刨 15" Thicknesser or Panel Planer 三、五〇〇元
- (e) 鑽床 Driller and a set of Drills 約二、〇〇〇元
- (f) 零件 約、三〇〇〇元
- (7) 刀鋸修理廠 Saw and Cutter Grinding Shop 共七、〇〇〇元
- (a) 刨刀修理機 Planer knife Grider, Leya type 約三、〇〇〇元
- (b) 磨刀 6 wheel grider for mouldering Cutter 約一、〇〇〇元
- (c) 鋸之修理機 Saw Tooth Grinding Machine 約二、〇〇〇元

(d) 其他零件.....約一、〇〇〇元

以上七項設備，共須設備費十五萬四千九百元(外匯依法價計算)外加運費。

至於經常費，約如下列：正工程師及化學師四人，每人月薪約以三百元計，計共萬四千四百元。助理工程師七人，每人月薪百元，共八千四百元。工頭七人每人月薪五十元，共四千二百元。

研究費用，包括薄木膠力學乾燥木工五研究室，各二千元，共一萬元。以上共三萬七千元，外加雜費，書籍費，應請每年補助經常費五萬元。

(三) 期得之結果

1. 重要木材之力學性質及相關之物理性。
2. 重要木材人工乾燥之程序及商用乾燥廠之設計。
3. 薄木合木之製造與乾燥問題。
4. 膠之成分與性質。
5. 飛機用木材之鑑定條規及攷查員之訓練。
6. 進行防止木材漲縮及防火試驗。

結論：

中國川西，有大量珍貴之木材，可用於飛機製造。欲解決此項問題，一面應從成有關飛機製造之木材工業，一面利用已成立之木材試驗室之人材與典籍，解決製造上之困難。更應擴充之，探討木材材性，乾燥，薄木合木製造及膠漆等有關飛機上之問題，為大規模製造之基本，秉國鈞者，幸注意及之。