

航空委員會

航空研究院

研究報告第二十八號

中國木材之力學及其相關性質(一)

西南木材一〇一種

余 仲 奎  
黃 鵬 章  
陳 啓 嶺

三十五年二月



# 中國木材之力學及其相關性質(一)

## 目 錄

	頁數
一. 引言.....	1
二. 試材之來源.....	2
三. 試材採集之方法.....	2
四. 試材之處理.....	3
五. 力學性質及其試驗方法.....	3
(一) 靜曲試驗.....	6
1. 比例限度應力.....	6
2. 破壞係數.....	6
3. 彈性係數.....	6
4. 最大荷重之工作.....	7
(二) 韌性試驗.....	7
(三) 簡卡氏抗凹硬度試驗.....	7
(四) 順紋剪力試驗.....	8
(五) 順紋壓縮試驗.....	8
1. 比例限度應力.....	8
2. 最大抗壓強度.....	9
(六) 橫紋壓縮試驗.....	9
六. 物理性質.....	10
(一) 含水量.....	10

	頁數
(二) 比重 .....	11
(三) 收縮 .....	12
(四) 生長率 .....	12
七• 影響木材力學性質之因子 .....	13
(一) 比重與力學性質之關係 .....	13
(二) 生長率與力學性質之關係 .....	14
(三) 含水量與力學性質之關係 .....	14
(四) 缺點 .....	16
1. 節 .....	16
2. 斜紋 .....	17
3. 被壓木 .....	17
4. 壓傷 .....	18
5. 腐朽與邊材變色 .....	18
6. 虫害 .....	19
7. 脂囊 .....	19
8. 乾裂與輪裂 .....	19
(五) 木材性質之變異性 .....	19
附錄一• 航空木材設計值 .....	21
附錄二• 計算公式 .....	21

# 一 引 言

木材爲工業上重要材料之一，用途至廣。我國在抗戰前由外國輸入之木材，數量甚多，據海關所公佈24年1月至12月間之木材入口總價值爲34,768,193元，佔該年全國輸入各種材料中之第一位。<sup>(9)</sup> 抗戰期間，木材輸入中斷，國人對於國產木材之研究與利用，乃加以重視。

28年7月，本院基於實際之需要，設立木材試驗室，30年8月，因工作增加，復擴大爲木竹試驗組，從事木竹之研究。工作進行迄今，將達七載，先後在川、康、黔、桂各省林區，調查十餘次，並採得試材百餘種，作各項強度試驗及物理試驗九萬次。其中曾作詳盡之研討者有22種，研究結果之已發表者10種，分別載於本院研究報告第4,5,12,13及14等號。<sup>(1,2,3,4,5)</sup>

茲值我國建設事業正在加緊進行之際，關於國產木材性質與利用之參攷資料，誠爲各界人士所需要，同人等特將數年來所獲得之研究結果，包含已發表及未發表者，彙集而成此篇，以供參攷。

本篇所包含之樹種計101種，分別記述其力學性質，相關之物理性質及用途等項，又載有20種木材之飛機設計用數據，此外關於選取試材之方法，試驗之方法，各種性質之意義，影響力學性質之諸因子均一一述及。惟在初期所採集之樹種，因當時急須解決航空木材之供應與選擇問題，乃先就各種作初步之試驗，然後再作詳細之研究，是以初期所採得每種樹木之試材甚少，而未能逐項舉行試驗，然所得之結果，尚可供一般之參攷。

有關國產木材之各項問題，待研究者尚多；就材性試驗而言，吾人茲所涉及者僅爲西南部之一隅，故本篇特名「中國木材之力學及其相關性質(一)，西南木材101種」。中國幅員廣大，樹種繁多，材性試驗工作，誠更應積極進行，前瞻中國之木材研究事業及木材工業，同人等抱有無限殷切之期望，深盼國人

共同努力以促其進展。

七年來曾參加或協助試驗工作之人員，除已分誌於本院以前所出版有關木材之各研究報告中者外，尚有方文培教授，周光榮，潘長弼及石明章諸君，分別參加峨眉，峨邊，天全及成都木材之採集；楊緒嶸君參加天全及成都木材之物理試驗，特此誌銘。

## 二 試材之來源

我國林木種類繁多，分佈之區域甚廣，全國重要木材之材性研究——尤其飛機製造上適用木材之研究，雖為本院之計劃，然此項工作自非短期內可以完成；因限於戰時情形，乃先就西南所產木材進行有系統的材性試驗，以期樹立國產木材大規模試驗之初基，然後漸及其餘。

本篇包含之樹種，係採自四川之岷江上游一帶，灌縣，成都盆地，峨邊及峨眉，西康之天全，越嶲，貴州之大定及廣西沿湘桂鐵路附近等地，其中岷江上游之理縣，曾經三次採集，峨邊，天全均經二次採集，成都盆地經四次採集。茲將所試驗樹種之名稱，產地，試驗樹株數及試樣數列如第一表A。

## 三 試材採集之方法

木材試驗室成立之初，即派員分赴西南各林區勘查，並採集試材。當時因欲就一般之林木，先作一初步之材性試驗，且由于交通之困難，故一部分樹種，選得試樣不多，及後釐定木材力學試驗標準，即依照所規定之採集方法，繼續選取試材。<sup>(6)</sup> 茲將採集試材之要點，記述于下：

1. 在同一地域，每種樹木至少選採五株，各樹均為近乎中等年齡且可以代表該樹種在林中之標準模式者。同種樹木，不於生長靠近處採伐二株以上。

2. 在同一地域所採之同種樹木，依照下述方法選鋸木筒：

- (a) 第一株樹，由離地一公尺處起，連續鋸取一公尺長之木筒四筒。
- (b) 其他各株樹，由離地三公尺處起，連續鋸取一公尺長之木筒二筒。
- (c) 無特別困難時，每株樹就幹之全長，由樹基起鋸成一公尺長之各木筒，全部運回試驗室。

3. 採集時每樹予以明確之野外編號，每一木筒上註明樹株號數及木筒號數，並在朝北方向作一記號。

4. 一切可能影響樹木生長之因子均詳載於野外記載表。

5. 運輸時各木筒之樹皮均保留之。木筒兩端，塗以油漆並加以包護，以防乾燥及開裂。

6. 每株樹木均採其蜡葉標本以憑鑑定正確之學名。

## 四 試材之處理

木筒運抵試驗室時，即放置于墊架上，不使受濕熱之影響或日光之照射。在最短時間內，將一公尺長之木筒橫鋸成兩段，各長半公尺，上段用作含水量與強度關係之試驗，下段則用作普通之試驗。

各木段之上端按東南西北方向依圖 1 劃成許多 $28 \times 28$ 公分之方格，並依所劃之線，鋸成切面 $28 \times 28$ 公分之木條，又在木條上端編號以辨別木條所屬之樹株，所屬之木筒，及在樹中之方位。

供普通試驗用之木條，取半數在生材狀態時試驗，半數在氣乾後試驗，其分配必須適當。

供生材試驗之木條，於試驗前緊密堆列，蓋以木屑，妥為儲藏，以保持生





## 五 力學性質及其試驗

主要之力學試驗及所得之性質如次：

- (一) 靜曲試驗 (Static bending) 。由此試驗求得：
  1. 比例限度應力 (Stress at proportional limit) 。
  2. 破壞係數 (Modulus of rupture) 。
  3. 彈性係數之近似值或堅性係數 (Approximate modulus of elasticity or Coefficient of stiffness) 。
  4. 最大荷重之工作 (Work to maximum load) 。
- (二) 韌性試驗 (Toughness test) 。由此項試驗求得木材吸收之能量。
- (三) 簡卡氏抗凹硬度試驗 (Janka indentation test) 。由此試驗求得木材之抗凹硬度 (Indentation hardness) 。
- (四) 順紋剪力試驗 (Shear parallel to grain) 。由此試驗求得抗剪強度 (Shearing strength) 。
- (五) 順紋壓縮試驗 (Compression perpendicular to grain) 。由此試驗求得：
  1. 比例限度力。
  2. 最大抗壓強度 (Maximum crushing strength) 。
- (六) 橫紋壓縮試驗 (Compression perpendicular to grain) 。由此試驗求得比例限度應力。

上述各性質之數字，統載于第一表 C。

茲將各項試驗之程序及所得各性質之意義簡述于下：

### (一) 靜 曲 試 驗

自每一木筒之每對木條(指與髓相等距離之二相隣木條),取一靜曲試條,刨成 $2 \times 2$ 公分之切面,長為36公分。試驗時用中央加力法,跨間長24公分。加力用之壓塊,半徑為1.5公分。自試驗開始直至最大荷重,用自動記錄器記錄其荷重與彎曲度之關係曲線(load-deflection curve)。

茲更將由此試驗所得之各性質,加以解釋。

#### 1. 比 例 限 度 應 力

比例限度係指試驗時荷重(或應力)與變形(或應變)間互成比例之限度;在此限度內,倘荷重增加一定之百分率,則其變形亦作等量之增加;將荷重釋去,則變形回復原狀,但逾此限度,倘荷重增加,則變形之增加量大于荷重者。靜曲試驗之比例限度應力,為加荷重至比例限度時存于樑之頂部及底部纖維之應力。

#### 2. 破 壞 係 數

破壞係數為在最大荷重時存于靜曲試條(樑)之頂部及底部纖維之計算應力,乃用以測量該樑在短時間內所支持緩慢加與之荷重之能力。其計算之公式與比例限度應力者相同,惟用最大荷重以代替比例限度荷重。

本來,此公式僅對於比例限度以內之應力始屬正確,故由此式所求得之破壞係數,並非真正應力,然「破壞係數」已為普遍採用之名詞,其數值可供比較各樹種抗彎強度(bending strength)之用。

#### 3. 彈 性 係 數

彈性係數為材料之堅性(stiffness)或剛性(rigidity)之計量。當樑荷重時,其彎曲度(deflection)與彈性係數成反比例,即彈性係數愈大,其彎曲度愈小。故彈性係數可用以計算樑或桁等因荷重而發生之比例限度以內之彎曲度

；又可用以計算長柱所能載之荷重，因其荷重視堅性而定，非視順紋壓力而定也。

惟用中央加力法作靜曲試驗時，木樑之一部分彎曲度係由于剪力變形而發生，故所求得之彈性係數並非真正之彈性係數，可視之為近似值，或稱之為堅性係數。<sup>(6)</sup>

#### 4. 最大荷重之工作

靜曲試驗最大荷重時所做之工作，係表示該材料吸收震動 (shock) 之能力，此震動係指能引起比例限度以外之應力並足以使材料發生一部分永久變形及損傷者；此性質可計量木材受彎曲時之強度及韌性。

計算最大荷重時所做之工作，係以荷重彎曲度曲線下由原點至最大荷重之面積，除以試材之寬與厚與跨間之乘積而得，其單位為公分一公斤/立方公分或吋一磅/立方呎。此項性質，可供相互比較之用。

### (二) 韌性試驗

由每一木筒所製得之木條，取四分之一以供韌性試驗。試條長度為30公分，橫切面為2×2公分(±1%)，跨間長度為24公分。所用試驗機為Alfred J. Amsler擺式衝擊試驗機，擺錘之能量為10公尺一公斤。加力之擊塊為金屬製，端面為圓柱形，半徑15公厘。每一試條破壞時所吸收之能量(energy absorbed)直接由試驗機讀出之，其單位為公尺一公斤/試樣或吋一磅/試樣。韌性對於需要耐動性之構材如飛機用材，螺旋槳，運動器具，工具柄等，極為重要。蓋質脆之木材，可因突然之衝擊而折斷，事前並無徵象。故選材時須注意擇取韌性大之種類，此項性質與最大荷重之工作相同，其數值僅作比較用。

### (三) 簡卡氏抗凹硬度試驗

此項試驗之試樣，係取自供彎曲試驗之木條之未破壞部分，試時用一半

徑5.624公厘(0.222吋)之圓球(圓面積為1平方公分)，以每分鐘6.3公厘(0.25吋)之速率，壓入木材，至圓球半徑之深度止，此時之荷重，即為抗凹硬度，其單位為公斤或磅，試材之徑切面及弦切面各壓須入一次。

比較各塊材料或各樹種之抗凹硬度值，可知其抵抗磨損之能力，故對於地板，枕木，鋪路木塊，傢具等需耐磨損之用途，至為重要。

#### (四) 順紋剪力試驗

由每一木筒，取所鋸得木條之四分之一，製作順紋剪力試樣，每一木條製試樣兩個，一試徑面剪力(破壞面為徑向)，一試弦面剪力(破壞面為弦向)。試樣之大小為 $2 \times 2 \times 2.5$ 公分，試樣受荷重之面，為與紋理垂直之端面——即荷重以平行紋理之方向施於試樣，被支承之面亦然。

試驗時之加力速率為每公分鐘0.38公厘(0.015吋)。

順紋抗剪強度，係木材抗抵其一部分沿紋理方向滑動於其他一部分時之能力。在樑與各種接合(joints)之設計上，甚為重要。

應用此種剪力試驗方法，其所得之結果，常受垂直於紋理之抗張分力之影響，惟試驗之結果，可以互相比較。

#### (五) 順紋壓縮試驗

由每一木筒之每對木條，取一順紋壓縮試樣，其橫切面為 $2 \times 2$ 公分，長為8公分，試驗時加力速率為每分鐘0.43公厘(0.017吋)，荷重與壓縮之關係曲綫，由自動記錄器記錄之。

由此試驗求得之性質如下：

##### 1. 比例限度應力

順紋壓縮試驗之比例限度應力，為壓縮之荷重與試樣之變形(縮短)，保持

比例時之最大應力；超過此限度，則試樣變形增加之百分率，就荷重者為大。

順紋壓縮試驗之比例限度應力，可以計算無缺點之柱(column)承受壓縮之應力，惟此柱之長度與其橫切面上之最小尺度之比，係不超過 11:1 者。決定短柱或其他受壓縮之材料之安全荷重時，即以比例限度值為極限值，比例限度應力在針葉樹平均為最大抗壓強度之 80%，闊葉樹為 75%。

## 2. 最大抗壓強度

順紋最大抗壓強度為短柱對於在短時間內緩緩施於其端部之最大荷重之最大抵抗力。其計算公式與比例限度應力公式相同，惟以最大荷重代比例限度荷重。

此項性質可用以估計木材端部承受壓力時，與用螺釘接合時之安全應力。

## (六) 橫紋壓縮試驗

由每對木條，取一橫紋壓縮試樣，其大小為  $2 \times 2 \times 2$  公分。試驗時，荷重由直徑 3 公分之金屬圓柱體，以每分鐘 0.4 公厘 (0.157 吋) 之速率施於試樣之全面。試樣之半數係試驗徑面的橫紋壓力，其餘半數試驗弦面的壓力，荷重與壓縮之關係曲綫，由自動記錄器記錄之。由此試驗求得比例限度應力，即垂直於紋理之壓縮荷重與其變形保持比例時之最大應力。

比例限度之橫紋壓縮應力，用以估計材料受橫紋壓縮時之安全工作應力，在計算梁、桁與接頭之接觸面及比較枕木之樹種時，甚為重要。

試驗橫紋壓縮時，木材並不顯現真正之最大強度，惟荷重將繼續增加，直至試樣壓裂或壓平為止，故不能如順紋壓縮試驗可以獲得其最大強度之數值。尚須注意者，倘試驗時生長輪之方向不與施力方向平行或垂直，而成一角度時，則所得數值較低，尤其成  $45^\circ$  角時，其值更低。

## 六 物理性質

木材之物理性質包含頗廣，茲將其最重要而與強度或利用有關者分述如下。

### (一) 含水量

木材所含水分有三類：(1) 存在於生活細胞之原形質（木質線薄膜組織【ray parenchyma】及邊材之木薄膜組織【wood parenchyma】）中者，含量甚微，無關重要。(2) 存在於細胞腔內之游離水分 (free water)，其含量之增減，不影響於木材之體積及強度；當木材乾燥時，此項水分即先行蒸發。(3) 存在於細胞壁之吸着水分 (absorbed or hygroscopic water)，對於木材之力學性質及多種物理性質，甚為重要。在理論上，木材之游離水分已經失去，而細胞壁仍飽充水分之一點，稱為纖維飽和點，此點隨樹種而不同。木材之水分到達此點後，倘繼續蒸發，則多種強度即因而增加，收縮亦形顯著。

初伐之木材或木材細胞腔中充滿水分者，稱為生材 (green wood)。生材置空氣中，則所含水分逐漸蒸發；當木材繼續蒸發其水分至與周圍之大氣情況成近於平衡之狀態時，稱為氣乾材 (air-dried wood)。達氣乾狀態之木材，其含水量視地域與樹種而略有不同，一般采用 12% 代表其平均值。據本院之試驗，<sup>(7)</sup> 成都之木材平衡含水量平均為 16%，全國木材平衡含水量之平均值，依推算為 13%。

倘將木材置於 100° — 110°C 之乾燥爐中，行人工乾燥至水分不再失去之狀態，稱為爐乾材 (oven dried wood)。

木材含水量，通常係以木材爐乾時重量之百分數示之。

採用木材爐乾時之重量即木材物質 (wood substance) 之重量為計算含水量之標準而不用木材之全重者，蓋因前者係不變的，而木材之全重則時有變動。

測定含水量之試樣，係由每根合格試條鋸下一塊，其大小為 $2 \times 2 \times 2$ 公分。試樣取得後，即秤其重量，然後置於烘爐中，在 $100^{\circ}\text{C}$ 溫度下乾燥之，至重量不變為止。隨即測定爐乾之重量，即可依公式(見附錄二)求得試樣之含水量。

## (二) 比 重

木材通常均含有水分，故求木材之比重宜先確定數量及體積在何種含水情況，普通係以木材無水分時——爐乾時——之重量及試時之體積為標準。

第一表 B 中載有下列比重：

1. 依據爐乾時之重量及試樣在水中浸透後之最大體積而算出者，此項比重稱為基本比重(basic specific gravity)。
2. 依據爐乾時之重量及調整至15%含水量時之體積而算出者。
3. 依據爐乾時之重量及調整至12%含水量時之體積而算出者。
4. 依據爐乾時之重量及爐乾時之體積而算出者。

基本比重為一理想數值，然因爐乾時之重量與胞壁充滿水分時之體積，均不復變動，故計算得之比重值，最適於供比較之用。

依據爐乾重量及胞壁充滿水分時之體積所得之比重，適用於纖維飽和點以上之任何含水量值，而不論所含之水分若干。然當木材乾燥時，每單位體積內之爐乾木材重量，隨纖維飽和點下失去水分之量而作比例的增加，此蓋由於木材發生收縮且因而使每單位體積內所含之木材物質增加所致。因此，在纖維飽和點下當木材水分減少時，木材之比重即隨而增加，而任何兩含水量值間比重之相差，視收縮之程度而定。由是可知吾人如言木材之比重而不說明所根據之體積係任何種情形之下時，實失其意義矣。

木材物質之比重，即爐乾木材面無任何空隙及水分時之比重，在各樹種間

，約略相等，平均為1.55，<sup>(19)</sup>此種比重，不可與普通所述之比重相混，蓋後者乃指具有正常細胞結構之木材之比重也。

本院用以測定含水量之試樣，同時即用以測定比重，自每根試條鋸取一塊，大小為 $2 \times 2 \times 2$ 公分。試樣於取得後並於爐乾後，均須用水銀測容器測定其體積。

### (三) 收 縮

當細胞壁之水分開始減少時，木材即發生顯著之收縮。反之，乾燥之木材浸入水中或吸收空氣中之水份時，即起膨脹。垂直於紋理方向之收縮（橫向收縮 linear shrinkage）可分為弦向收縮（tangential shrinkage）與徑向收縮（radial shrinkage）兩種，前者較後者為大。至於正常木材平行於紋理方向之收縮（縱向收縮 longitudinal shrinkage），為量甚微，在一般木材應用上，實無足重要。

第一表 B 中列有：(1)徑向，(2)弦向及(3)體積三種收縮率數值，均指自生材狀態至爐乾狀態之收縮而言，故其值大於木材通常在乾燥時所生之收縮甚多；自生材至平均之氣乾情況（12—15%含水量）所生之收縮，約為自生材至爐乾者之半。

測定徑向及弦向收縮之試樣，正常之大小為 $2.5 \times 2.5 \times 10$ 公分，10公分長之面，為欲測收縮之面，第一表 B 中雲杉，麥吊杉，鉄杉，法氏冷杉，光皮樺，青皮白楊及泡桐之數值，均根據此種試樣測定而得，其他樹種，則用 $2 \times 3 \times 2$ 公分之試樣，3公分長之面為測定收縮之面。

### (四) 生 長 率 (Rate of Growth)

樹木在每一生長季節內，由形成層（cambium）增生木材一層，稱為生長層（growth layer），在橫切面上現多數同心圈，稱為生長輪（growth ring）



- 每一生長層中早期生長之部分，質較軟，細胞較大，稱為早材(early wood)
- 晚期生長之部分，質較硬，細胞較小，稱為晚材(late wood)。

生長輪之寬度，表示木材之直徑<sup>生</sup>長率。生長率在各樹種間有差異。在各樹間，復受溫度，陽光，水分及養料等因子之影響。測量生長率，係就每一試樣之橫切面上沿半徑方向量其每2公分之生長輪數，輪數少者表示生長迅速，多者表示生長遲緩。

## 七 影響木材力學性質之因子

木材之力學性質，受多種因子之影響。故試驗木材之力學性質，除特別之試驗外，均用小而無缺點之試樣，依標準之方法進行，以避免此類有關之因子。

惟利用與選擇木材時，所取材料往往與試驗所用者有異，應用之情況亦與試驗時不同，故吾人對於試驗數據，須有適當之了解，而對於各種影響力學性質之因子，尤不可不有充分之認識。

茲就數種重要之因子，加以論述。

### (一) 比重與力學性質之關係

木材之比重為力學性質最佳之指標，蓋因比重與力學性質，均視個別細胞胞壁之厚薄而定，且視各種組織之比例而定。構成細胞壁之木材物質，其比重在各樹種間約略相同，已於前章述及。木材之細胞壁厚者，其木材物質與細胞腔之比率亦大，故比重大。至於不同組織之比例，亦甚重要，例如，纖維之胞壁較之柔膜細胞為厚，故纖維含量多之木塊，比重亦大。

木材比重與力學性質之關係，在各樹種間及在同一樹種間之各塊木材，均示同一趨勢，即比重大則強度大，此關係在同一種間，尤為密切。

以木材之比重作為強度之指標，尚受二種因子之影響，即細胞之排列及細胞壁之化學成分是也。例如有一木塊，就整塊而言，其比重甚大，然倘柔膜細胞作寬帶狀之分佈，則沿此部分之剪力必弱，又因細胞壁之化學成分之不同，能使比重相同之樹種，有相異之強度。

圖2示中國各樹種之破壞係數與基本比重之關係(根據47種樹木之試驗結果)，圖3示順紋抗壓強度與基本比重之關係(根據55種樹木試驗之結果)。各點頗為疏散，故此項關係，乃表示一種普通之趨勢，而非一完全之定律也。

## (二) 生長率與力學性質之關係

樹木之生長率，可以生長輪之寬度表之，已於前章言及。生長率與木材之物理性質及力學性質往往無確定之關係，故在選材上雖可供參考，而不能作為良好之標準。

生長率與強度之一般關係，可由其與比重之關係而推知。生長率與比重之關係，隨樹種而有甚大之差異，大略可分為數類。試觀圖4可知各樹種之比重，有隨生長率之減少(即生長遲緩)而增加，但至某一限度又隨而減少者，此類樹種，如馬尾松，麻柳，響葉楊等是；有隨生長率之減少而減少者，如方氏波羅樹，丁木，核桃是，此類樹種，大都為比重較大之闊葉樹；有隨生長率之減少而增加者，如化香樹，威爾遜木蠶子，梓葉槭，銀杏等是；亦有受生長率之影響極微者，如杉木，七裂槭是。

由此可知生長率致比重之關係，並無一共同之曲線可適用於各樹種者。又在實際上，各樹種可能發現許多變異，此亦須注意也。

## (三) 含水量與力學性質之關係

本院曾將各種重要木材，在不同之含水量下，分別試驗各項強度，結

果求出其含水量與各強度之關係曲線並決定其纖維飽和點(見第一表B)。

木材各強度所受含水量變化之影響，並非相同。茲根據闊葉樹7種針葉樹4種之詳盡試驗結果，求出減少(或增加)木材含水量1%時，影響各強度增加(或減少)之平均百分率如第二表。此百分率乃由強度與水分關係曲線之坡度(見第三表)而決定之。

**第二表 減少(或增加)木材含水量1%時，各強度增加(或減少)之平均百分率**

靜曲試驗：

比例限度應力.....	5 %
破壞係數.....	4 %
堅性係數.....	2 %
最大荷重之工作.....	2½ %

順紋壓縮試驗

最大抗壓強度.....	4½ %
-------------	------

橫紋壓縮試驗

比例限度應力.....	4 %
-------------	-----

簡卡氏硬度試驗

徑面抗凹硬度.....	2 %
弦面抗凹硬度.....	2 %

順紋剪力試驗

徑向抗剪強度.....	2 %
弦向抗剪強度.....	2 %

## (四) 缺點 (Defects)

木材爲植物體之一部分，常具有缺點，可減低木材之強度，耐久性或利用上之價值。茲就足以影響強度之缺點，分述於下。(14,17,20,21)

## 1. 節 (Knots)

節爲樹枝之包藏於樹幹中之部分。通常有活節(緊節)(live or tight knots)與死節(鬆節)(dead or loose knots)之分，又可依其形狀，大小，性質等而加以分類。

節之影響強度，係由於：(1)節周圍之紋理中斷或彎曲；(2)節本身之紋理與木材者成甚大之角度，且多成直角者；及(3)乾燥時節之內部或周圍常生開裂。

此種影響，視下述諸因子而定：(1)節之大小，部位，形狀，健全或腐朽之程度；(2)木材之種類，大小，節在木材上所占之體積；(3)木材所受之應力種類；(4)節周圍所包含之斜紋之多少。

節雖能增加木材之硬度及橫紋流壓力，然能使木材在接觸面發生不均勻的磨損及不均勻的壓力分佈，故仍屬不利；且節較其周圍之部分難於施工，木材收縮後節又常凸出於表面，此外又常使木材扭曲。

節之減低抗張強度，較其減低抗壓強度爲甚。

節對於抗彎強度之影響，主要視其在樑上之位置而定。在樑之底面(受張力之面)較之在其頂面(壓力面)，影響較大；又在樑之中部較之在近兩端處爲大。

節對於木材之堅性(Stiffness)，影響甚少。長柱(長度超過其最小尺度20倍者)之最大荷重乃視堅性而定，短柱者則視抗壓程度而定，故節對於長柱較對於短柱之損害爲少。

在圓形之材料如柱，樁等之節，對於強度之影響較在板材之節爲少。

## 2. 斜 紋 (Cross grain)

具有斜紋之木材，其纖維不與木材之縱軸平行。木材之斜紋，可以纖維方向與縱軸所成之角度測量之；而此角度通常用坡度 (slope) 表示之，例如1:10 (或1比10) 係表示在10個單位長度之縱軸上，木材之紋理與此縱軸偏歧1個單位長度。

斜紋有下列三種基本形式：

(1) 螺旋紋理 (Spiral grain) 係由纖維在樹中作螺旋狀之排列而成。螺旋紋常不易由肉眼察出。最佳之檢查法，係從與年輪成直角之方向，劈開木材；又可由觀察木材弦切面之管孔，木質線及脂溝之排列情形而決定之。

(2) 對角紋理 (Diagonal grain) 係因鋸木之方向不與樹木之生長層平行而成，對角紋理可由觀察徑切面生長輪之斜度而辨出之。

(3) 不規則紋理 指木材通常因節而引起之不規則結構，或呈波浪形之紋理。

紋理愈斜，則影響於強度亦愈大。木材作彎曲試驗時如試材紋理坡度為1:20，強度即銳減；坡度愈大，強度愈低。<sup>(20)</sup> 木材可以容許之紋理坡度，視用途而定。飛機之主要結構部份通常不宜使用紋理坡度大於1:20之木材。建築用材，可容許之坡度視木材之等級及受力情形而不同，高級之樑材之坡度可為1:20，低級之柱材為1:8。

## 3. 被 壓 木 (Compression wood)

被壓木為生長及組織不正常之木材，其重量較通常之木材略大，具有寬大而偏心之生長輪，早材與遲材無顯明之區別，略帶深紅色至褐色。此類木材常發生於樹枝之底部及針葉樹之斜幹上。

被壓木之縱向收縮較通常木材為大，至其強度則較同重量之通常木材為小。含有被壓木之材料，不宜使用。惟顯著之被壓木並不甚多。

#### 4. 壓 傷 (Compression failure)

壓傷係木材纖維之局部的彎曲，通常發生於與紋理垂直之方向。發生之原因，或由於樹木在生長期間受劇烈之風吹雪壓，或由於伐木時倒木於不平之地面，或由於製材時處理失當，或由於應用時過分受力。壓傷有時可由肉眼見之，有時則須用顯微鏡始能發現。

木材之有顯著之壓傷者，其強度甚低，尤以抗張度及韌性為然。此種材料，當受衝擊或張力時，將沿壓傷處發生突然之破壞。

#### 5. 腐朽與邊材變色 (Decay and sap stain)

腐朽及大部分之邊材變色，係由於菌類之活動而起：此等菌類，或以高等植物之細胞組織為食料，或以細胞之內容物為食料。使木材發生腐朽之菌類，因消滅細胞壁之某種成分，而至破壞木材之組織，然變色菌類則僅消滅細胞腔中所含之養料，而不損及細胞組織。變色菌類對於木材之強度無甚影響，然適於變色菌類生長之情況。有利於腐朽菌類之生長，故變色之木材，必須加以注意。至於腐朽，能使木材強度劇烈減低。

菌類生活之必需條件為：木材中之充足水分，適宜之溫度，豐富之養料及空氣。故木材如保持乾燥，或完全浸入水中，均不致腐朽。

不同種之菌類，對於木材之影響亦各異。又同一程度之腐朽，對於各種力學性質有不同之影響。吾人無法從已腐朽之木材之外觀而推知其減低強度之量。在利用上，倘強度為一重要之條件，則甚至僅含有少量腐朽之木材，亦應剔除之。

#### 6. 蟲 害

虫害可發生於生活之樹木，木段，已乾或未乾之木板。生活樹木之虫害不易控制，惟木段，木板等，倘處理得宜，虫害可以大減。

虫孔對於木材強度之影響略與節 (knots) 同，但虫孔不引起紋理之彎曲。

倘虫孔甚小，則對強度影響不大。木料儲置甚久時，虫孔在材料之內部往往較顯示在外部者更為嚴重。

### 7. 脂 囊 (pitch pockets)

脂囊為生長輪中或二生長輪間之空隙而含有樹脂或樹皮者，其大小不一，脂囊發生於雲杉，松，紅杉（落葉松）等屬中。

脂囊對於木材強度之影響，視其數目，大小並位置而定。通常在建築用木材上，不甚重要。然脂囊之數多時，為各生長輪間缺乏結合力之徵；木材之含有多數脂囊者，其影響可認為與輪裂（shakes）者相同。

在飛機製造上，可容許之脂囊，長度不應大於 $\frac{1}{4}$ 吋，在材料面上之寬度須小於 $\frac{1}{4}$ 吋，深度須小於 $\frac{1}{4}$ 吋。又在材料之邊緣，不應有脂囊；沿材料之長度方向，在同一生長輪上，各脂囊相距須大於 $\frac{1}{4}$ 吋。<sup>(26)</sup>

### 8. 乾裂與輪裂 (Checks and shakes)

乾裂與輪裂均為木材沿紋理方向之分裂。惟乾裂之大部分，係橫過數個長輪而發生，而輪裂則大部分發生於生長輪間。乾裂視其發生之形狀，部分，及開裂程度可分為端面裂（end checks），心裂（heart checks），星裂（star checks），表面裂（surface checks），及通裂（through checks）等類。

乾裂及輪裂對於樑材之主要影響，為減少其橫向抗剪力（resistance to horizontal shear）。開裂又使橫紋抗張力（tension perpendicular to grain）減低，然直接受順紋壓力及順紋抗張力之構材而具有直紋理者，所受影響較少。

## (五) 木材性質之變異性

各種材料，均具有變異性（variability），惟變異之程度，因材料而大有不同。木材之變異性，較諸金屬為大。蓋樹木之生長，受土壤，溫度，水分，生長空間，遺傳性等因子之影響，所生成之木材，性質自有甚大之變異也。

木材在外觀上之差異，甚易辨出，惟其重量，強度等之差異，甚至較外觀

上者更大，且更為重要。木材之性質不僅在同種各株間有甚大之差異，即同株之不同部位（如不同之高度或橫切面上與髓之不同距離）亦然。

材性試驗，自以樣本愈多愈佳，然吾人於求出各平均數後，對其變異程度倘不明瞭，則效用甚小。假定無變異時，平均數可以完全代表整個樣本，然變異增大時，平均數乃漸減其代表性，故平均數四周之變異，須有一定數量以表之，通常係以標準差（standard deviation）作度量變異之用。

既知平均數周圍之變異，甚易求出任何一定範圍內樣本數之比例，然吾人僅能於估計平均數之可靠度及一種試驗數據可應用於他一樣本之限度。全體（population）之真正平均數，實際不能決定。因而吾人得由算出之平均數，估計一定限度之變異機率（probability）。

每種樹木之每種性質，最好均求出其變異程度，過去本院未曾將所有樹種之各性質均作此項計算。各樹種之變異，雖不盡同，惟至為相似，是以吾人可假定任一性質之變異百分數，在所有樹種間均屬相同，依此計算所得之結果，已夠準確。美國林產研究所曾據此計算木材主要力學性質及相關物理性質之變異性，可供吾人之參攷。<sup>(21)</sup> 本院對此問題，亦擬進行研究。

決定飛機設計用值時，必須計及強度之變異性。吾人曾選取川西（理縣，峨邊）與廣東（天全，越嶲）所產麥吊杉（*Picea brachytyla* var. *complanata*）24株作各項力學試驗並根據試驗結果，繪出其基本比重，生材靜曲試驗之破壞係數及堅性係數之次數曲線（frequency curves）如圖6,7,及8,以觀察其變異情形。由各國可知各曲線均呈偏斜，在平均數以下之數值較在平均數以上之數值為多，故吾人取各曲線之衆數（mode），作為設計數字之標準。各強度化為設計值時，應先將其平均數乘以一定之因數以使設計值與衆數密切符合。吾人就麥吊杉破壞係數與堅性係數所求得之衆數與平均數之比率，為0.93及0.90。

由比重變異圖，可以求出其平均數與衆數之差異。因比重為強度之最佳指標，故自一批雜亂之材料中選取用材時，可將比重低之材料除去。吾人可根據



比重變異圖之乘數，決定各樹種之比重之最低容許值(minimum sp. gr. permitted)。在選取航空木材時，將比重小於此值之材料剔除。有經驗之選材者，可不必將材料作實際之比重測定，而用肉眼檢選亦能獲得良好之結果。

## 附錄一 航空木材設計值

第4表所列各種國產木材之強度值，係將15%含水量之平均強度值乘以數種修正因子而化得，以供飛機設計上之應用者。主要之因子，除含水量外，為應力持續時間(duration of stress)及強度變異性，後者已於第四節述及。在飛機設計上，所採用之應力持續時間為3秒鐘。其修正因子為1.17。<sup>(20)</sup>

茲將需要修正之性質及其所應乘之因子列下。

一. 下列各強度值應乘以(1)強度變異性及(2)應力持續時間之修正因子：

1. 靜曲試驗所得之比例限度應力；
2. 靜曲試驗所得之破壞係數；
3. 順紋最大抗壓強度。

二. 靜曲試驗之堅性係數，乘以其變異性之修正因子。

三. 橫紋壓縮試驗所得比例限度應力，乘以應力持續時間之因子後，再加33%。

四. 順紋抗剪強度乘以0.75。

## 附錄二 計算公式

### 1. 代表符號

#### 一. 物理性質

M = 含水量百分數。

- $G$  = 比重。  
 $W$  = 試材之原重。  
 $D$  = 試材爐乾時之重。  
 $W_d$  = 在含水量 $M$ 時每單位體積之爐乾木材重。  
 $W_t$  = 在任何含水量 $M$ 時每單位體積之木材與水分總重。  
 $W_w$  = 每單位體積之水在最大密度時之重量。  
 (在G.G.S.制 $W_w=1$ ,在英制 $W_w=62.4\text{ lb./ft.}^3$ )  
 $F_R$  = 由生材狀態至爐乾狀態之徑向收縮。  
 $F_T$  = 由生材狀態至爐乾狀態之弦向收縮。  
 $F_V$  = 由生材狀態至爐乾狀態之體積收縮。  
 $b_1$  = 生材試樣之寬, cm.或in.  
 $b_2$  = 爐乾試樣之寬, cm.或in.  
 $K_1$  = 生材試樣之寬, cm.或in.  
 $K_2$  = 爐乾試樣之寬, cm.或in.

## 二. 力學性質

- $S_c$  = 最大抗壓強度,  $\text{kg./cm.}^2$  或  $\text{lb/in.}^2$   
 $S_{pl}$  = 比例限度應力,  $\text{kg./cm.}^2$  或  $\text{lb/in.}^2$   
 $p'$  = 比例限度荷重,  $\text{kg.}$  或  $\text{lb.}$   
 $p$  = 最大荷重,  $\text{kg.}$  或  $\text{lb.}$   
 $R$  = 破壞係數,  $\text{kg./cm.}^2$  或  $\text{lb./in.}^2$   
 $E$  = 彈性係數,  $\text{kg./cm.}^2$  或  $\text{lb./in.}^2$   
 $w_{ml}$  = 最大荷重之工作  $\text{cm.}-\text{kg./cm.}^2$  或  $\text{in.}-\text{lb./in.}^2$   
 $L$  = 跨間,  $\text{cm.}$  或  $\text{in.}$   
 $b$  = 試材之寬,  $\text{cm.}$  或  $\text{in.}$   
 $d$  = 試材之厚,  $\text{cm.}$  或  $\text{in.}$

$y$  = 彎曲度, cm. 或 in.

$A$  = 直接受力面積,  $\text{cm}^2$  或  $\text{in}^2$

### I. 公 式

#### 一 物 理 性 質

##### 含 水 量

$$M = 100 \left[ \frac{W}{D} - 1 \right] \quad (1)$$

在任何含水量M時木材與水分總重

$$W_t = \left[ W_d + \frac{MW_d}{100} \right] = (S)(W_w) \left[ 1 + \frac{M}{100} \right] \quad (2)$$

##### 比 重

$$G = \frac{\text{重 量 (以g.表示之)}}{\left( 1 + \frac{\text{含水量百分數}}{100} \right) \times \text{體積 (以}\text{cm}^3\text{表示之)}} \quad (3)$$

##### 徑向或弦向收縮

$$F_R \text{ 或 } F_T = 100 \left[ \frac{b_1 - b_2}{b_1} \right] \quad (4)$$

##### 體積收縮

$$F_v = 100 \left[ \frac{K_1 - K_2}{K_1} \right] \quad (5)$$

#### 二 力 學 性 質

##### 靜曲 (中央加力)

$$S_{p1} = \frac{3P'L}{2bd^2} \quad (6)$$

$$R = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (7)$$

$$E = \frac{P'L^3}{4bd^3y} \quad (8)$$

$$w_{ml} = \frac{\text{曲綫下至最大荷重之面積 (cm.-kg. 或 in.-lb.)}}{bdL} \quad (9)$$

順紋壓縮

$$S_{pl} = \frac{P'}{A} \quad (10)$$

$$S_c = \frac{P'}{A} \quad (11)$$

橫紋壓縮

$$S_{pl} = \frac{P'}{A} \quad (12)$$

順紋剪力

$$S_s = \frac{P}{A}, A \text{ 爲受剪面積, cm.}^2 \text{ 或 in.}^2 \quad (13)$$

## 參 考 文 獻

1. 余仲奎，黃鵬章，  
陳啓嶺，羅裕英。  
川產雲杉之性質，航空研究院研究報告第四號，31年3月
2. 余仲奎，黃鵬章，  
陳啓嶺，羅裕英。  
四川理番六種木材之性質，航空研究院研究報告第五號，32年7月
3. 余仲奎，黃鵬章，  
陳啓嶺，羅裕英。  
黔產核桃木之性質，航空研究院研究報告第十二號，33年1月

4. 余仲奎，黃鵬章，  
陳啓嶺，羅裕英。  
川產泡桐木之性質，航空研究院研究報告第十三號，33年6月
5. 余仲奎，黃鵬章，  
陳啓嶺，羅裕英。  
川產柳杉木之性質，航空研究院研究報告第十四號，33年12月
6. 木材力學試驗標準草案，航空研究技術叢編第四號，30年
7. 余仲奎，羅裕英：  
中國木材平衡水量，航空研究院研究報告第二十四號，34年10月
8. 鄧萬鈞：  
成都平原楠木之研究。林學第十號，32年10月
9. 中國工程師學會：  
中國工程記數錄。26年第一版，第163頁
10. American Society for Testing Materials：  
Methods of testing small clear specimens of timber.  
A. S. T. M. Designation E143-27.
11. British Standard Institution：  
British Standard Methods of testing small clear specimen of timber.  
1938.
12. Cartwright, K. St G. and Findlay, W. P. K.：  
Timber Decay, Biological Reviews of the philosophical  
society, vol.18. No, 3. Oct. 1943.
13. de Bruyne, N. A.：  
Solid organic materials, part I and part II, Aircraft  
Engineering, 12, 137 and 177. May and June, 1940.

14. Desch, H. E. :  
Timber, its structure and properties. 1938.
15. Henderson, H. U. :  
Air seasoning and kiln drying of wood.
16. Hubert, E. E. :  
An outline of forest pathology, 1931.
17. Garratt, G. A. :  
Mechanical properties of wood.
18. Goulden, C. H. :  
Methods of statistical analysis. 1939.
19. MacLean, J. D. :  
Moisture content, specific gravity, and air space in  
wood. Transactions of A. S. M. E. Vol. 55, 1933.
20. Markwardt, L. J. :  
Aircraft woods : Their properties, selection and  
characteristics, N. A. C. A. Rept. 354, 1930.
21. Markwardt, L. J. and Wilson, T. R. C. :  
Strength and related properties of woods grown in  
United States, U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 479, 1935.
22. Pearson, R. S. and Brown, K. P. :  
Commercial timbers of India. 1932.
23. Rochester, G. H. :  
The mechanical properties of Canadian woods. Dept.  
Interior, Canada, Forest Service-Bull. 28, 1933.
24. Stamm, A. J. :

- The shrinkage and swelling of wood, *Ind. Eng. Chem.* 27, 401, 1935.
25. Trayer, G. W. :  
Wood in aircraft construction, 1930.
26. Wilson, T. R. C. ;  
Strength-moisture relations for wood, U. S. Dept. Agr.  
*Tech. Bull.* 282, 1932.

第一表 A 各種木材之力學及相關性質表(一)  
種名,採集地點,試驗樹株數及試樣數

1	樹		種		探地	集點	試驗樹株數	試樣數
	中名	學名	土名	名				
2	3		4		5		6	7
	闊葉樹							
1	小葉青皮槭	<i>Acer cappadocicum</i> Gleditsch var. <i>sinicum</i> Rehd.			峨	眉	1	76
2	梓葉槭	<i>Acer catalpifolium</i> Rehd.			峨	眉, 峨邊	5	416
3	五裂槭	<i>Acer oliverianum</i> Pax.			峨	邊	1	48
4	七裂槭	<i>Acer flabellatum</i> Rehd.			峨	眉, 天全	3	284
5	山楓香樹	<i>Acer Franchetii</i> Pax.			峨	邊	3	248
6	長葉槭	<i>Acer laevigatum</i> Wall.			峨	眉	1	8
7	丫角樹	<i>Acer sinense</i> Pax.			峨	邊	4	1408
8	大葉鵝耳箭	<i>Acer</i> sp.			天	全	4	1874
9	小葉鵝耳箭	<i>Acer</i> sp.			天	全	5	1811
10	紅果楠	<i>Actinodaphne cupularis</i> Gamble.	長卷	葉卷 楠楠	峨	眉	1	24
11	了木	<i>Acanthopanax evodiaefolius</i> Franch.			峨	邊	4	434
12	猴板栗	<i>Aesculus Wilsonii</i> Rehd.			峨	眉	1	72
13	刺楸	<i>Ailanthus vilmoriniana</i> Dode.			紅	椿	1	180
14	檜木	<i>Alnus cremastogyne</i> Burk.			峨	眉	1	7
15	光皮樺	<i>Betula luminifera</i> Winkl.			牛	皮樺	5	2562
16	香樺	<i>Betula insignis</i> Franch.			天	全, 峨邊	5	2327
17	格氏山茶	<i>Camellia Grijisii</i>			峨	眉	1	20
18	旱蓮	<i>Camptotheca acuminata</i> Dcne.			千	張樹	1	100
19	角櫟木	<i>Carpinus polyneura</i> Franch. var. <i>Wilsonia</i> Winkler.			岩	刷子	1	48
20	山丁木	<i>Carrierea calycina</i> Franch.			山	丁木	1	164
21	米槠	<i>Castanopsis cuspidata</i> Schott.			細	葉絲栗	2	312
22	栲樹	<i>Castanopsis hystrix</i> De.			峨	眉	1	556
23	絲栗	<i>Castanopsis platyacantha</i> R. et W.			峨	眉	1	20
24	山白果	<i>Cercidiphyllum japonicum</i> S. et Z. var. <i>sinense</i> R. et W.			山	白果	5	1855



第一表 A 各種木材之力學及相關性質表(一)  
種名,採集地點,試驗樹株數及試樣數(續)

1	樹		學	類	採集地點	試驗樹株數	試樣數
	中名	名					
2	3		4	5	6	7	
	闊葉樹						
25	油樟	<i>Cinnamomum inunctum</i> Meisn.	香樟	峨眉	2	168	
26	雲母樹	<i>Cornus capitata</i> Wall.	山荔枝	峨眉	1	108	
27	燈台樹	<i>Cornus controversa</i> Hemsl.	紅山期	峨邊	6	990	
28	椴木	<i>Cornus macrophylla</i> Wall.	白山期	峨眉	2	100	
29	交讓木	<i>Daphniphyllum macropodum</i> Miq.	荷血子	峨眉	2	104	
30	柏氏交讓木	<i>Daphniphyllum Paxianum</i> Rosenth.		峨眉	1	32	
31	檀木	<i>Dalbergia</i> sp.		理縣	1	14	
32	珙桐	<i>Davidia involucrata</i> Baill.		峨邊	4	816	
28	君遷子	<i>Diospyros lotus</i> Linn.	山柿子	峨眉	1	40	
34	薯豆	<i>Elaeagnus japonicus</i> S. et Z.	小葉山白花	峨眉	1	152	
35	黃杞	<i>Engelhardtia chrysolepis</i> Hance.	山麻柳	峨眉	2	152	
36	紅花桃	<i>Euptelea pleiosperma</i> Hook. et Thoms.		峨眉	1	20	
37	水青岡	<i>Fagus longipetiolata</i> Seem. et Diels.		峨邊	1	76	
38	水豆子	<i>Ficus clavata</i> Wall.	水豆子	峨眉	1	12	
39	梧桐	<i>Firmiana simplex</i> Wight.	筒麻	峨眉	1	112	
40	枳椇	<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	拐棗	峨眉	1	52	
41	方氏波羅樹	<i>Ilex Fangii</i> (Rehd.) Hu Shiu-ying.	馬泡新	峨眉	2	168	
42	小果冬青	<i>Ilex micrococca</i> Maxim.		峨眉	1	316	
43	紅茴香	<i>Illicium Henryi</i> Diels.		峨眉	1	72	
44	野核桃	<i>Juglans cathayensis</i> Dode.		天全	5	1556	
45	核桃	<i>Juglans regia</i> Linn.		大定	5	1404	
46	刺楸	<i>Kalopanax septemlobus</i> Koidz.		峨眉, 峨邊	10	1020	
47	紅葉甘櫪	<i>Lindera cercidifolium</i> Hemsl.		峨眉	1	80	
48	黑殼楠	<i>Lindera megaphylla</i> Hemsl.	黃楠	峨眉	1	132	

第一表 A 各種木材之力學及相關性質表(一)  
種名,採集地點,試驗樹株數及試樣數(續)

1	樹		學	類	採地	集點	試驗樹株數	試樣數
	中名	名						
2	3		4	5	6	7		
	闊葉樹							
49	四川烏藥	<i>Lindera strychnifolia</i> Vill. var. <i>Hemsleyana</i> Diels.	臭桂, 大 葉鐵化子	峨	眉	2	180	
50	苦櫟	<i>Lithocarpus cleistocarpa</i> R. et W.		峨	邊	5	650	
51	洪雅石櫟	<i>Lithocarpus megalophylla</i> Rehd.		峨	眉	1	12	
52	箭桿櫟	<i>Lithocarpus viridis</i> R. et W.		峨	眉	2	176	
53	威氏木薑子	<i>Litsea Wilsonii</i> Gamble.	黃角楠	峨	眉	1	72	
54	黑皮楠	<i>Machilus bracteata</i> Lec.		峨	眉	1	120	
55	木蓮	<i>Manglietia</i> sp.		峨	眉	1	140	
56	苦楝	<i>Melia azedarach</i> Linn.		成	都	4	2306	
57	岩桑	<i>Morus notabilis</i> Schneider.		峨	眉	1	88	
58	小木薑子	<i>Neolitsea umbrosa</i> Nees.		峨	邊	1	52	
59	泡桐	<i>Paulownia Fargesii</i> Franch.		成	都	5	2026	
60	檳楠	<i>Phoebe Bournei</i> (Hemsl.) Yang		成	都	5	6533	
61	細葉檳楠	<i>Phoebe Yacana</i> Hu et Cheng.	楠木	峨	眉	2	180	
62	石楠	<i>Photinia serrulata</i> Lindl.	毛鐵銷	峨	眉	1	32	
63	苦樹	<i>Pierasma quassioides</i> Benn.	苦皮子	峨	眉	1	468	
64	化香樹	<i>Platycarya strobilacea</i> S. et Z.		峨	眉	1	184	
65	響葉楊	<i>Populus adenopoda</i> Maxim.		峨	眉	1	64	
66	青皮白楊	<i>Populus cathayana</i> Rehd.	青皮白楊	理	縣	5	2158	
67	灼紅櫻桃	<i>Prunus rufomicans</i> Koehne.		峨	眉	1	12	
68	山櫻桃	<i>Prunus serrulata</i> Lindl.	山櫻桃	峨	眉	1	72	
69	乾心桃	<i>Prunus</i> sp.		峨	眉	1	14	
70	麻柳	<i>Pterocarya stenoptera</i> Dc.		峨	眉	1	140	
71	白辛樹	<i>Pterostyrax hispida</i> S. et Z.	黃瓜子	峨	眉	2	292	
72	麻櫟	<i>Quercus acutissima</i> Carr.		成	都	1	613	

第一表 A 各種木材之力學及相關性質表(一)  
種名,採集地點,試驗樹株數及試樣數(續)

	樹		種	採	集	試驗	試
1	中	學	土	地	點	樹株	樣
2	名	名	名	5	6	數	數
3	4	5	6	7			
	闊葉樹						
73	細葉青杠	<i>Quercus glauca</i> Thunb. var. <i>gracilis</i> R. et W.	細葉紅桐	峨邊		5	1677
74	山青岡	<i>Quercus oxydon</i> Miq. var. <i>Fargesii</i> R. et W.	山青杠	峨眉		1	16
75	栓皮櫟	<i>Quercus variabilis</i> Bl.	大耳櫟	成都		5	7078
76	木瓜紅	<i>Rehderodendron macrocarpum</i> Hu.		峨眉,峨邊		4	722
77	野漆	<i>Rhus succedanea</i> Linn.		峨眉		1	192
78	木荷	<i>Schima superba</i> Gardn. et Champ.		峨眉		3	716
79	仿栗	<i>Sloanea Hemsleyana</i> R. et W.	水冬瓜	峨眉		1	26
80	石灰樹	<i>Sorbus folgneri</i> Rehd.	反白	峨眉		1	104
81	酸棗	<i>Spondias axillaris</i> Roxb. var. <i>pubinervis</i> R. et W.		峨眉		1	198
82	山攀	<i>Symplocos caudata</i> Wall.	山冬青	峨眉		3	144
83	黃牛奶樹	<i>Symplocos laurina</i> Wall.	水冬瓜	峨眉		2	304
84	銀鵲樹	<i>Tapiscia sinensis</i> Oliv.	泡花子	峨眉		1	300
85	水青樹	<i>Tetracentron sinense</i> Oliv.		峨眉		1	388
86	大果山香圓	<i>Turpinia nepalensis</i> Wall.	豆節子	峨眉		1	20
	針葉樹						
87	冷杉	<i>Abies Delavayi</i> Franch.		天全		5	2385
88	法氏冷杉	<i>Abies Faxoniana</i> R. et W.		理縣		5	1856
89	柳杉	<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don.		灌縣		5	2547
90	杉木	<i>Cunninghamia lanceolata</i> R. Br.		廣西		2	909
91	柏木	<i>Cupressus funebris</i> Endl.		成都		5	7564
92	銀杏	<i>Ginkgo biloba</i> Linn.	白果木	峨眉		1	364
93	雲杉	<i>Picea asperata</i> Mast.	字杉	理縣		5	2478
94	糠麥吊杉	<i>Picea brachytyla</i> Pritz. var. <i>complanata</i> Cheng (1)	白果泡	岷江上游			
				理縣		12	7827

第一表 A 各種木材之力學及相關性質表(一)  
種名,採集地點,試驗樹株數及試樣數(續)

1	樹		類	採集地點	試驗樹株數	試樣數
	中名	學名				
2	3		4	5	6	7
	針葉樹					
95	油麥吊杉	<i>Picea brachytyla</i> Pritz. var. <i>complanata</i> Cheng (2)		理縣	12	6931
96	柯松	<i>Pinus Armandii</i> Franch.	白松	理縣	1	45
97	馬尾松	<i>Pinus Massoniana</i> Lamb.		峨眉	1	408
98	脈葉羅漢松	<i>Podocarpus neriifolius</i> D. Den.		峨眉	1	356
99	紅豆杉	<i>Taxus chinensis</i> Rehd.		理縣	4	140
100	鐵杉	<i>Tsuga chinensis</i> Pritz.		理縣, 天全	7	2721
101	雲南鐵杉	<i>Tsuga yunnanensis</i> Mast.		天全	7	3163

註：理縣(理番)，峨眉，峨邊，成都及灌縣屬四川省，天全屬西康省，大定屬貴州省。

第一表B 各種木材之力學及相關性質表(二)  
重要物理性質(續)

樹種	每二公分之牛長輪數	纖維飽和點	生材含水量	基本比重	比 重			重 量			收 縮		
					依據爐乾重量及			生 材	15%含水量	12%含水量	體 積	徑 向	弦 向
					15時之體積 %含水量	12時之體積 %含水量	爐乾體積						
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		%	%					$\frac{10}{公方}$	$\frac{10}{公方}$	$\frac{10}{公方}$	%	%	%
闊 葉 樹													
1 小葉青皮槭							0.585						
2 梓 葉 槭	6		110	0.479	0.514	0.525	0.567	100.6	59.1	58.8	12.0	3.45	7.02
3 五 裂 槭							0.600						
4 七 裂 槭	8		88	0.535	0.581	0.595	0.650	100.6	66.8	66.6	12.9	2.89	2.92
5 山 楓 香 樹	10						0.531						
6 長 葉 槭	10						0.667						
7 丫 角 樹	10						0.635						
8 大葉鵝耳箭	14	26	102	0.485	0.517	0.520	0.564	92.9	59.5	58.9	11.6	4.06	7.24
9 小葉鵝耳箭	14	25	100	0.461	0.488	0.496	0.528	92.2	56.1	55.6	11.4	4.41	6.00
10 紅 果 楠	15						0.576						
11 丁 木	8						0.534						
12 猴 板 栗	8						0.468						
13 刺 栲	7		127	0.431	0.452	0.459	0.484	97.8	52.0	51.4	9.8	3.94	8.40
14 楷 木	3						0.442						
15 光 皮 樺	9	25	54	0.480	0.508	0.516	0.550	73.9	59.4	57.8	12.7	5.88	7.79
16 香 樺	7	27	64	0.545	0.573	0.582	0.615	89.4	65.9	65.2	13.3	5.36	6.74
17 格 氏 山 茶	10						0.713						
18 旱 蓮	9		111	0.485	0.489	0.504	0.521	102.3	57.4	56.4	13.2	4.53	8.22
19 角 櫪 木	9						0.703						
20 山 丁 木	11						0.518						
21 米 櫨	5		136	0.471	0.485	0.489	0.506	111.2	55.8	54.8	11.2	3.92	7.18

表第一B 各種木材之力學及相關性質表(二)  
重要物理性質(續)

樹種	每二公分之生長輪數	纖維飽和點	生材含水量	基本比重	比重及乾重			重量			收縮			
					15時之含水量	12時之含水量	爐乾體積	生材	15%含水量	12%含水量	體積	徑向	弦向	
					8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		%	%					$\times 10^3$ 公方	$\times 10^3$ 公方	$\times 10^3$ 公方	%	%	%	
22	栲樹	9					0.560							
23	絲栗	9	144	0.429	0.461	0.471	0.509	104.7	53.0	52.8	12.8	3.92	8.06	
24	山白果	9	18	109	0.335	0.409	0.416	0.444	80.5	47.0	46.6	11.9	3.68	7.28
25	油樟	9		117	0.453	0.479	0.489	0.518	98.3	55.1	54.8	11.2	3.94	7.21
26	雲母樹	9					0.790							
27	燈台樹	9					0.559							
28	椴木	12					0.801							
29	交讓木	10					0.498							
30	柏氏交讓木	9		124	0.434	0.472	0.484	0.530	97.2	54.3	54.2	10.5	3.16	9.34
31	檀木	31					0.654							
32	棋桐	11					0.545							
33	碧瀟子		154	0.387	0.416	0.424	0.459	98.8	47.8	47.5	17.1	3.56	7.95	
34	薯豆	6		147	0.404	0.433	0.441	0.476	99.8	49.8	49.4	10.9	4.61	7.12
35	黃杞	9		130	0.434	0.462	0.478	0.519	99.8	53.8	53.5	12.7	4.25	11.88
36	紅花桃	6					0.523							
37	水青岡						0.570							
38	水豆子	15					0.410							
39	梧桐	4					0.406							
40	枳棋	7					0.622							
41	方氏波羅樹	9		138	0.444	0.482	0.494	0.540	105.7	55.4	55.3	11.8	3.91	7.89
42	小果冬青	5		164	0.408	0.422	0.427	0.447	106.9	48.5	47.8	13.8	4.65	8.07

第一表B 各種木材之力學及相關性質表(二)  
重要物理性質(續)

樹種	每二公分之生長輪數	纖維飽和點	生材含水量	基本比重	比 重 量			重 量			收 縮			
					依據爐乾重量及			生 材	15%含水量	12%含水量	體 積	徑 向	弦 向	
					15%含水量	12%含水量	爐乾體積							
					8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		%	%					$\times \frac{10}{\text{公分}^3}$	$\times \frac{10}{\text{公分}^3}$	$\times \frac{10}{\text{公分}^3}$	%	%	%	
43	紅 茵 香	12		112	0.476	0.522	0.538	0.580	100.9	60.0	59.9	12.5	5.14	8.78
44	野 核 桃	5	26	99	0.414	0.435	0.441	0.466	82.4	50.0	49.4	12.7	4.12	6.79
45	核 桃	5	26	59	0.449	0.471	0.478	0.512	67.4	54.2	53.5	11.3	5.15	6.99
46	刺 楸	11		224	0.384	0.401	0.406	0.426	24.4	46.1	45.5	9.9	3.08	5.44
47	紅葉甘櫚	7		111	0.498	0.524	0.532	0.564	105.1	60.3	59.6	13.6	4.41	7.24
48	黑 殼 楠	9		141	0.468	0.496	0.506	0.545	111.6	57.0	56.7	11.8	3.57	7.07
49	四川烏藥	9		148	0.434	0.471	0.485	0.529	107.6	54.2	54.1	12.7	3.64	7.64
50	苦 櫟	12						0.574						
51	洪雅石櫟							0.690						
52	箭 桿 櫟	5		141	0.455	0.478	0.487	0.516	109.7	55.1	54.5	13.0	3.81	8.72
53	威氏木櫟子	14		117	0.480	0.512	0.522	0.560	104.2	53.9	53.5	12.1	3.12	3.79
54	黑 皮 楠	13						0.643						
55	木 蓮	9						0.390						
56	苦 棟	5	24	36	0.470	0.498	0.500	0.530	63.9	56.7	56.0	12.1	3.28	4.40
57	岩 桑	4						0.544						
58	小木櫟子	10						0.543						
59	泡 桐	2	27	48	0.236	0.245	0.247	0.256	34.9	28.2	27.7	6.7	1.62	4.27
60	楨 楠	6	25	47	0.484	0.498	0.503	0.520	71.1	57.3	56.3	9.2	2.44	3.68
61	細葉楨楠	17		108	0.474	0.492	0.497	0.518	98.6	56.6	55.7	11.8	2.83	2.85
62	石 楠							0.918						
63	苦 樹	9						0.520						

第一表 B 各種木材之力學及相關性質表(二)  
重要物理性質(續)

樹種	每二公分之生長輪數	纖維飽和點	生材含水量	基本比重	比重			重量			收縮			
					依據爐乾重量及			生材	15%含水量	12%含水量	體積	徑向	弦向	
					15%含水量	12%含水量	爐乾體積							
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
		%	%					$\times 10^{-3}$ 公方尺	$\times 10^{-3}$ 公方尺	$\times 10^{-3}$ 公方尺	%	%	%	
64	化香樹	6	115	0.514	0.542	0.550	0.584	110.5	62.3	61.6	13.0	3.73	6.41	
65	嚮葉楊	6					0.478							
66	青皮白楊	7	23	104	0.328	0.338	0.342	0.358	66.9	38.9	38.3	8.4	3.22	7.08
67	灼紅櫻桃	4					0.490							
68	山櫻桃						0.540							
69	乾心桃	16					0.578							
70	麻柳	9					0.422							
71	白辛樹	7	211	0.327	0.341	0.345	0.361	101.7	39.2	33.6	8.4	2.43	6.91	
72	麻櫟	9	27	48	0.710	0.785	0.805	0.880	105.1	90.3	90.2	17.8	5.33	6.97
73	細葉青杠	17	27	62	0.650	0.696	0.710	0.765	105.3	80.0	79.5	14.9		
74	山育岡			77	0.677	0.734	0.751	0.820	119.8	84.4	84.1	13.5	3.71	7.35
75	栓皮櫟	9	27	41	0.680	0.760	0.780	0.860	95.9	87.4	87.4	12.5	4.10	7.82
76	木瓜紅	12					0.470							
77	野漆	5		133	0.471	0.492	0.499	0.524	9.7	56.6	55.9	13.5	6.53	8.48
78	木荷	7					0.559							
79	仿栗	9		166	0.394	0.408	0.412	0.428	104.8	46.9	46.1	9.7	3.80	7.44
80	石灰樹			71	0.742	0.775	0.786	0.826	123.9	89.1	88.0	19.4	7.07	12.89
81	酸棗	8		65	0.367	0.400	0.410	0.450	97.3	46.0	45.9	11.8	4.65	6.66
82	山礬	9					0.508							
83	黃牛奶樹	8		124	0.430	0.450	0.456	0.480	96.3	51.8	51.1	12.3	4.39	5.48
84	銀鵲樹	6		25	0.288	0.310	0.316	0.342	36.0	35.7	35.4	8.7	2.31	6.30



第一表B 各種木材之力學及相關性質表(二)  
重要物理性質(續)

樹種	每二公分之生長輪數	纖維飽和點	生材含水量	基本比重	比重 依據燥乾重量及			重量			收縮			
					15時之含水量	12時之含水量	爐乾體積	生材	15%含水量	12%含水量	體積	徑向	弦向	
					8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
			%	%					$\times 10^3$ 公方	$\times 10^3$ 公方	$\times 10^3$ 公方	%	%	%
85	水青樹	10		211	0.358	0.375	0.380	0.400	111.6	43.1	42.7	9.6	3.19	6.47
86	大果山香圓	8						0.435						
	針葉樹													
87	冷杉	15	26	103	0.362	0.38	0.385	0.407	74.2	43.7	43.1	13.3	4.60	7.28
88	法氏冷杉	12	24	47	0.354	0.369	0.374	0.394	52.0	42.4	41.9	10.0	4.65	6.89
89	柳杉	3	26	101	0.242	0.253	0.256	0.267	48.6	29.0	28.7	8.3	1.65	5.45
90	杉木	3	24	27	0.298	0.303	0.304	0.310	37.8	34.2	34.0	8.2		
91	柏木	24	29	34	0.524	0.541	0.545	0.560	70.2	62.2	61.0	9.5	3.84	4.74
92	銀杏	5		153	0.379	0.399	0.405	0.430	95.9	45.9	45.4	9.3	3.05	4.21
93	雲杉(字杉)	17	26	37	0.368	0.388	0.392	0.414	50.3	44.6	43.9	11.1	4.44	8.29
	雲杉(白果泡)							0.385						
94	糠麥吊杉	18	27	58	0.398	0.419	0.425	0.450	62.9	48.2	47.6	11.6	4.03	6.49
95	油麥吊杉	22	28	69	0.400	0.417	0.423	0.441	63.6	48.0	47.4	9.3	4.49	7.14
96	柯松	10						0.370						
97	馬尾松	8						0.540						
98	脈葉羅漢松	11		144	0.419	0.43	0.44	0.462	102.2	50.1	49.4	10.4	3.90	6.91
99	紅豆杉	34						0.660						
100	鐵杉 四川理縣產 鐵杉 (西康天全產)	15	23	35	0.450	0.47	0.473	0.491	61.6	54.1	53.0	7.1	3.19	5.67
		15	25	78	0.49	0.511	0.516	0.526	87.9	58.8	57.8	11.1	5.40	6.79
101	雲南鐵杉	18	28	63	0.442	0.475	0.486	0.525	74.3	54.6	54.4	11.6	4.08	5.83