

第二章 文獻探討

現代木質傢俱之質感與設計，均被使用者所肯定，但是木質傢俱採用非榫接部位之脫膠率及損壞率，卻是木質傢俱面臨最大的問題。國內相關研究常著重於木材膠合材料、木釘結構等，而對直接影響結構強度之關鍵因素（榫接），反而較少於研究。因此本研究將從戰國時代；由傳統到現在的指接榫，做不同應用之探討。希望藉此研究提供傢俱工程業者參考。

第一節 木質傢俱接合結構之定義

依據環華百科全書(1986)對結構(Construction)的定義解釋為：一個存在物乃是一種結構，或一種系統。他之所以成爲一個個體，係由其中每一構成分子交互作用；而每一部份的構成與功能，也只有從整體的觀點，才能獲得理解。由此解釋，整體結構必須經由各部分組合而成，才能成爲一個具有功能的實體，並展現出其價值，這種組合的行爲便稱爲結構。

簡明大英百科全書(1975)對木質接頭(Joints)的定義爲：接頭的目的是將兩個構件固定一起，使他盡可能的堅固，並不使接頭暴露。基本的做法很多，基本類型包括：燕尾榫用於以直角連接兩扁平構件，如抽屜邊板；暗銷榫使用暗銷使接頭有一定強度；還有陰陽榫用於連接水平和垂直的構件。依此定義，木工榫接的形式眾多，其主要功能在使不同個體的木材結合在一起，並且能承受所需的強度。

侯世光(民 75) 認爲：「傢俱結構」是傢俱研究的重要研究課題

之一，而結構的重點在於「接榫」。「榫接合」是將一個木頭的加工榫頭或端頭，嵌入另一個被接合的木材按畫線鑿出的榫孔或榫槽內。根據侯世光的研究認為，傢俱的結構即是指榫接，而且必須經過設計的結合。

盧俊宏（民 75）指出，木工榫接（wood joint）乃是木材兩相接合一凸一凹互相接合的部位，凸的部位稱之為榫頭（Tenon）凹的部位稱之為榫孔（Mortise），凹凸相互配合的設計，使之連接為一體的組合方式。

吳明(民 61)指出，一張構造簡單的椅子或桌子，都是由許多木件結合而成的。他們的連接大多不全靠釘子，而是用榫口互相契合成爲一個堅固的整體，其基本結構分爲框類結構法、箱類結構法、板面加工法、螺栓結合法、釘結合法，圓木與方木結合法。由此歸納其結構方式不外乎框類、板類兩種，運用不同的接合技術於結構。一個木工工作者，對於任何種類的工作，腦中皆有一個重要的問題，即是如何將兩塊或多塊木頭接合起來的最好方法？因爲結合處爲木材結構最弱的一環。

綜合學者專家的研究與說法，木質傢俱接合結構可定義爲：木質傢俱的接合構件爲了結合在一起，使之呈現應有的功能，必須找出一種最佳的方式組合而成，其中以一凹一凸的榫接配合最爲理想。

第二節 木質傢俱榫接結構形式之探討

影響傢俱結構的因素眾多，要蒐集國內外對於影響傢俱結構強

度相關因素之研究，進行分析探討。

John L. Feirer(1963)歸納出，傢俱木工五種基結構方式，大部分的傢俱結構皆由此五種結構方式單獨或聯合運用所完成：1.骨架子(桌、椅)腳與橫杆組成的方式(Assembled of Leg and Rail)2.盒子(Box)3.箱型結構(Case Construction)4.內部輕框架式(Frame with Cover)5.空心板(Carcass)。

其中無論是板類或框架類的單元構件皆與五金接合、木釘接合及榫接合等三大類型式，再配合膠合劑膠著的關係，其中以榫接合之形式最多，其強度也最被肯定。目前椅類傢俱以框架形式居多，市場佔有率高，造型也比較不受限制，用材省、外型輕巧，較為一般人所接受。影響框架結構的因素有許多，其中有結構形式的選擇、榫接的干涉配合度、膠合劑、木材性質、溫度與溼度等皆有待探討。

壹、榫接結構形式

林壽晉(民 70)將戰國細木工榫接接合方法歸納成：1.直榫 2.半直榫 3.鳩尾榫 4.半鳩尾榫 5.圓榫、半圓榫 6.端頭榫 7.嵌榫 8.嵌條 9.蝶榫 10.半蝶榫 11.寬槽接合 12.窄槽接合 13.斜切加半直榫接合 14.雙缺接合等十四類接合方法。

黃清泰(民 70)根據實木框之角結合有下列結構方式的分類：1.搭接結合 2.裂口和榫頭結合 3.木釘結合 4.榫孔和榫頭結合 5.鑲條或鑲塊結合 6.迷你等缺楔形結合。實木框與鑲板的分類有：1.裝在槽內的鑲板 2.單向壓條的鑲板 3.雙向壓條的鑲板 4.突移鑲板 5.花線內框結合之鑲板 6.仿製木框和鑲板 7.板之端面保護。

鄒茂雄(民 81)將木工接合方式分類為：1.邊接合 2.半塔接合 3.橫槽與嵌槽接合 4.方榫、橢圓榫接合 5.木釘接合 6.三缺榫接合 7.

鳩尾榫接合 8.舌榫與溝槽接合 9.斜接 10.端接等十種接合。

盧俊宏(民 80)於國際技能競賽木工職類技能與專業知識需求研究中將木材接合技術分為八種接合結構：1.接榫接合技術 2.槽接榫接合技術 3.方形榫接合技術 4.鳩尾榫接合技術 5.指接榫接合技術 6.鐵釘接合技術 7.木螺釘接合技術 8.組合釘接合技術。

林法勤(民 85)指出，傢俱結構除了安全、功能之外，亦須符合經濟效益；而非設計出破壞強度超出要求甚多的結構，徒增生產成本。

第三節 影響木材接合結構因素之探討

影響木材接合結構強度的因素除了結構型式之外，榫接膠合面、膠合劑、膠合層施壓、木材性質、濕度及溫度、加工機械等因素，均會影響結構之成敗，故本研究乃針對上述因素進行文獻探討，並作為本研究的理論基礎依據。

壹、榫接膠合面的選擇

鄒茂雄(民 81)指出，木材是一種多孔性材料(Porous Material)，一塊木材的端部是粗導管線木理，且其吸收作用非常大。把一塊木材端部放在水中將很快地吸收水分，順著縱向進入木理。如果僅是木材的側面暴露在水中，則其吸收量將大為減少。膠合決定於進入表面木理的膠合量，如果膠合劑塗佈於端面木塊，則許多膠合劑將被吸收進去，形成與相鄰材料間膠合薄膜的膠合劑僅剩下很少量或一點也不留。木材膠合劑應該滲入木理一些，以提供抓力(Grip)，但

是在兩膠合表面間，必須留有一些以形成連結薄膜(Uniting Film)。如果結合兩木材之一或兩者都是端面木理，則太多的膠合劑被吸進木材裡，兩結合組件間可能沒有留下一點膠合劑，這種結合將十分脆弱。較理想的接合面是由木材的側面對側面接合。

陳殿禮(民 87)，表面粗糙度對結構強度之影響論文中研究結果指出：以帶鋸機、圓鋸機、立軸機製作榫接比較表面粗糙度，其中以帶鋸機表面粗糙度之標準差為 $5.14 \mu\text{m}$ 大於其他二組，表示以該機器製作榫接之表面粗糙度值最為分散，亦即其機械加工精度較差。其中以立軸機製作榫接之表面粗糙度標準差為 $1.96 \mu\text{m}$ 為最小，表示以立軸機製作之榫接表面粗糙度較為集中，也就是說立軸機之加工精度較為一致。

貳、膠合劑的選用

木材膠合作用會受無數的因素所影響，並且膠合層的形成其機構也很複雜，目前為止還沒有一種膠合劑能適用於各種不同樹種的木材，或其他不同的膠合條件。換句話說，要形成膠合性良好的膠合層，而且要膠合作業簡單容易，永遠不會失敗的話，特定的樹種和膠合條件下，就須有特定種類和配方的膠合劑，在同一個工廠的膠合條件下，不同的樹種可能須要不同配方的膠合劑，相同的情形適合於特定工廠的膠合劑，換另一個工廠的膠合條件，雖然是同一樹種也不一定能適合，可能須要使用另一個配方的膠合劑才能得到良好的膠合結果。

本研究試件膠合劑採用聚醋酸乙稀膠(PVAc)，以下介紹聚醋酸乙稀膠之種類：

白膠和黃膠是最受歡迎之二種，屬聚乙稀醇系膠合劑(Polyvinyl

alcohol, PVAc), 主要有三種型態：白膠、黃色脂肪族樹脂膠 (Yellow aliphatic resin glue) 和架橋性聚乙稀醇乳膠 (Cross-linking PVA emulsion), 其共同特性為填充性好, 取用方便, 可用水任意稀釋及擦拭, 非毒性極適合木質材料之膠合, 然具潛變性 (Creep) 不適用於建築結構上。

- 一、白膠 (White glue) 具韌性、剪力強度高, 特別適用於帆布與木板條 (Slat) 粘合之拉門, 其韌性結合允許木板條自由滑動而不致脫落; 單板貼面上亦極適用。另一方面, 其膠合層會因砂磨而軟化形成稠狀物 (Guming) 黏附於砂紙上形成障礙。此外, 耐水性差適用於室內且應避免潮濕。
- 二、黃膠 (Yellow glue) 俗稱富蘭克林乳膠, 和白膠屬同種聚合物, 惟其添加染料, 以和白膠區別。此膠除具白膠之優點外, 尚具較佳之強度、耐濕性、耐潛變、耐熱性、耐溶劑性、室內耐侯性及耐砂磨; 黏性高致儲藏時間短, 一年後黏度增高, 不易使用, 此時, 加入水稀釋有助於塗佈。

參、膠合層施壓

榫接佈膠後, 在硬化過程中膠合劑尚未有足夠抓緊被膠材的強度時, 就須夾壓或按壓被膠材, 加壓時施力要適當, 壓力不足則被膠材不能緊密的互相接觸, 壓力過度則把膠合劑擠出, 甚至於壓壞被膠材和膠合層。大多數的膠合劑都須達到一定的溫度, 才能硬化形成強度大的膠膜, 所以膠合層的溫度和夾壓或按壓時間要足夠, 使膠合劑充分硬化, 所形成的膠膜最少要有最低的標準的強度。(陳嘉明, 民 85)

膠合強度的大小是由許多複雜的因子所共同決定，如被膠材表面的不潔物，膠合劑中微小氣泡的存在，膠合膜厚度不均勻產生集中應力，不正確的壓力與溫度等均會影響膠合強度。(李文昭，民 75)

將壓力施壓於軟材之弦切面，可以調整年輪中春材部分的粗糙度，在徑切面則秋材帶將被壓潰而陷入春材層中，過強的壓力會使秋材部分之硬組織較突起，膠合劑向春材部分流去，秋材部分產生欠膠，而整個膠合層形成波浪狀，使膠合力降低。(黃耀富，民 73)

肆、木材性質

木材(Wood)為用途極廣的建築材料，舉凡門窗、傢俱、地板和天花板的構架，至精美的小藝品製作，可考慮採用木材為材料。

木材是一種質地優美而感覺優良的自然材料。它的強度堅硬，韌性特佳，不僅易於施工，而且便於維護。它的紋理精緻，色彩豐富，利於塑造，而且適於雕琢(黃東啓 民 85)。基於以上的優點，木材為樺接最常使用之材料，台灣常用的實木樺接用料有下列幾種：

- 一、胡桃木(Walnut)：楓木之木材比重、剛性、硬度、其衝擊抵抗力大，收縮率亦大；一般常用於高級建材、地板、傢俱、木製品等用材使用。
- 二、楓木(Maple)：楓木之木材比重、剛性、硬度、其衝擊抵抗力大，收縮率亦大；一般常用於高級建材、地板、把手、傢俱、木製品等用材使用。
- 三、栓木(Ash)：邊材為淡白色，心材是淡灰褐色。壯齡樹木之比重、剛性、硬度、其衝擊抵抗力大；一般常用於柱、傢俱、地板、合釘等用材使用。

製造傢俱的材料有木材、竹藤、合板、粒片板、纖維板等等。傢俱製造或設計者須對材料特性有充份之了解與認識，才能完成有效的設計，以達「物盡其用」。依據黃彥三（民 77）認為木材作為結構用材料時，所具有之優良特性如下：

- 一、易於加工。
- 二、易於釘著或以膠料接合。
- 三、木材在纖維方向具有安定性（**Stability**），長度幾乎不受含水率變化之影響，而其溫度膨脹係數亦較金屬為小。
- 四、木材具有良好的韌性（**Toughness**），若施以適當乾燥及防腐處理則更易長久保存。
- 五、木材具有耐各種化學藥品侵蝕（**Acid resistance**）之特性。木材之風化速度亦甚緩慢，若材面被覆漆類則更具耐久性。
- 六、木材為優良熱絕緣材料。其熱傳導係數為磚之 1/6、玻璃之 1/8、混凝土之 1/15、鋼之 1/390、鋁之 1/1700；木材可說是唯一具有熱絕緣性的結構用材料。
- 七、乾燥木材為電之不良導體。
- 八、木材因較輕，故其強度（**Specific strength**）較金屬材料為大，尤以作屋樑使用時最為顯著。
- 九、木材具有吸放濕性，當室內空氣乾燥，可放出木材中所含水分，當室內空氣潮濕時，又可吸收空氣中過量之水分，具有調節室內濕度之功用。
- 十、木材具天然優美的紋理，為其他材料所不及。高級傢俱多以木材為基材。

伍、溫度及濕度

由於木材是一種有機性的物質，生長過程受氣候、產地、土壤、海拔高度等自然因子的影響，常使內部的組織發生變異，木材的物理、機械、化學等性質亦隨之發生變化。王松永(民 74)認為木材在纖維飽和點以內，木材愈乾燥其細胞間之結合力愈強，木材的機械性質一般都會增強。在纖維飽和點以上時，含水率的多寡幾乎對機械性質毫無影響。在纖維飽和點以下時，含水率從 20% 到 0% 之間，含水率與機械強度性質間具有相關性。含水率每減少 1%時，各種強度的增加率如下：

- 一、靜掙曲強度 4%。
- 二、靜曲彈性係數 2%。
- 三、靜曲比例限度 5%。
- 四、最大水平剪力 3%。
- 五、縱向壓縮強度 6%。
- 六、縱向壓縮比例限度 5%。
- 七、橫向壓縮比例限度 5.5%。
- 八、縱向與橫向壓縮彈性係數 2%。
- 九、縱向剪斷強度 3%。
- 十、縱向引張強度 1%。
- 十一、橫向引張強度 1.5%。
- 十二、橫切面硬度 4%。
- 十三、衝擊的變曲強度反而會減少 0.5%。

含水率減少會使木材變得較為脆弱，由上述增加率可以瞭解，含水率 20%之縱向壓縮強度比含水率 15%（氣乾狀態）時之強度約小於 30%，所以木材在加工利用前應該加以乾燥。

第四節 傢俱榫接結構的優點與特色

根據 1964 年聯合國文教處 (UNESCO) 委託國際工業設計社團協會 (ICSID) 在比利時昶格斯 (Brugger) 舉辦工業設計教育討論會對「工業設計」的定義所獲的共同結論是：工業設計是一種創造性的行為，其目的在決定產品的正式品質，所謂正式品質，除外形與表面特點外，最重要者乃是在於決定產品的結構與功用之關係，俾能獲得一種使生產者與消費者均能滿意的整體。

在各種木結構接合中，榫接接合的強度最大也最為美觀 (Sparkes,A.J.1968)。為提高榫接的結合強度，許多木結構專用之膠合劑應運而生；這些榫接結構與膠合劑組合後之強度，均能適度的解決傢俱設計與製造上結構強度的問題。

陳殿禮 (民 87) 指出，一件「優良傢俱」應具備下列幾個條件：

- 一、良好的結構：延長傢俱的使用年限，增加消費者對產品的信任度。
- 二、優美的造形：優良傢俱不但要品質佳，更應提供「美」的視覺享受，提昇消費者鑑賞能力。
- 三、合理的價位：從「產銷」的觀點而言，傢俱生產者可以獲得合理的利潤，而消費者能享有物美價廉的優良產品。
- 四、符合人性的需求：崇尚自然是人的本性，而傢俱與人的生活既是如此密不可分，是故設計者應從「人」為出發點，提供優良的傢俱，以符合使用者之需求。

傢俱是接合藝術與實用的工業產品之一，除了造形設計外，更應重視其工程設計；工程設計主要係依結構科學的方法獲得最佳的結構品質，所謂最佳結構品質並非指最強的結構，而是要能承受可能的使

用荷重，且能合乎經濟上、美學上與功能上的要求。最佳結構區分為最佳構件條件與最佳接合條件，前者因考慮到傢俱的外觀與剛性（Rigidity），後者則因考慮到工廠的加工限制與製造成本，最佳構件條件與最佳接合條件為製造結構品質的管制依據，為了獲得最佳接合條件，有賴於對木材接合強度進行探討。

傢俱結構設計因包括構件設計與接合設計兩部分，一件傢俱的結構遭受破壞通常發生在接合強度不夠。因此，若能提高接合強度必然可減少構件尺寸，對於傢俱設計師發展精緻傢俱而言，將可開拓更大的創新空間，藉由提高接合強度，建立完整的木材接合強度資料，根據這些資料再進一步結合現代科技以求突破。

在古代和現代細木工的六種主要接合方法，即網縛接合、榫接合、膠接合、金屬締固物接合、釘接合和螺釘接合，其中以榫接合的強度最大也最為美觀，直至今日，塗膠的榫接合依然是細木工中應用最廣和最主要的接合方法。（林壽晉，民 70）

柯善士（民 67）指出，傢俱可創造環境的情調，影響人的情緒，滿足生活的需求，此外，還有儲藏、裝飾、擺設物件的功能。故優良傢俱應具備下列特色：1.機能性 2.經濟性 3.耐久性 4.安全性 5.美觀性 6.結構性 7.設計性。

第五節 木材加工機械之探討

蔡庚鈴（民 72）指出，在木工作業中，刀具旋轉甚速，通常每分鐘為 3,600 轉~20,000 轉。機器種類包括鋸切類、鉋削類、鑽孔類、研磨類、旋削類等，在加工過程中，限制生產速率的因素，並不在於操作

人員或機器性能，而決定於產品之品質。

黃彥三（民 72）指出，木材是一種非均質材料，故不同之木材其比重及硬度均不相同。木材的硬度僅及金屬硬度數十分之一，相較之下，木材可以說是容易加工，適合高速切削的材料。木材加工機械之送材速度、纖維傾斜角、切削方向（順、逆紋理切削）及刀具之設計與轉速等均會影響木材切削之品質。以膠合效果而言，鉋削加工之表面，比鋸切加工之表面膠合效果為佳。

立軸機（Shaper）具有操作簡單、快速又準確的特性；製作指接樺時必須以立軸機器配合生產（如圖 2-1 所示）。立軸機能製造高品質的樺頭，比傳統方樺機（Squar-end Tenoner）具有更多的優點。目前已普遍用在傢俱工廠與教學、訓練單位。適合桌、椅、櫥櫃、及一般框架接合。



圖 2-1 立軸機之外觀