

國立臺灣師範大學設計學系

碩士論文

鉸鍊式結構造型應用於木質板材
之創作研究

Creation Study on the Performance of Hinge Structure

Applied to the Wood

指導教授：劉建成

研 究 生：蔡婷逸

中華民國103年6月

摘要

本創作研究主題「鉸鍊式結構」為荷蘭 Snijlab 公司所研發的創新性技術，基於「原創不一定是發明」的觀點，除了對此新興技術的好奇之外，再加上個人對木質材料情感上的偏好，因此，希望透過結構實驗的方式，探尋平面木質材料的最佳柔性表現，以及造形設計創作的發展過程，能為「鉸鍊式結構」找出更廣泛的可能應用價值。

本創作研究方法以文獻分析法、個案研究法與創作實證方式進行。對相關文獻、學理與設計案例做基礎研究探索，分析當代設計思潮與目前工藝設計之發展趨勢，並比較設計案例之優缺點，綜合出後續創作之立論依據。在此以「鉸鍊式結構」的實驗結果為基礎，以立體造形與實用性為原則，秉持「美感結合實用」的核心概念，透過數位輔助技術與設備，採用密集板材與榫接技法，設計發展創作出：方形上蓋盒、三角開蓋盒、柱型長式提籠、錐型短式提籃及自由組裝式圓罩等系列作品。

經由本研究文獻分析與創作實證之彙整，獲致以下三點結論：一、結構即裝飾。利用鉸鍊式結構的柔性機能，可解決造形局部的接合與組構問題；擴大此結構之運用面積，更能達到極佳之視覺裝飾效果。二、效率與多樣性的兼顧。透過數位技術，除了能輕易大量複製產品，亦能客製化處理類似但不完全相同的構件，兼顧效率與多樣性。三、傳統工藝與現代設計產業的新結合。只需單一材料及簡單步驟，便能輕易產出具手工藝質感的設計成品，為傳統工藝與現代設計產業，融合出另一種「工藝設計」新方向。

關鍵字：鉸鍊式結構

Abstract

This creation study "hinge structure" is the innovative technology invented by Dutch Snijlab Company. On the basis of idea that "might not invent while being original", as to the new developing curiosity of technology, and individual's partiality to the wooden material. So, through the way of structural experiment, seek the best flexible manifestation of the wooden panel. The evolution created by shape design, explore the other possible using value of "hinge structure" out.

Through documentary analysis, case study research and empirical creative ways to explore relevant literature, theoretical and design cases. Analysis contemporary design ideological and handicrafts development trend. Compare the advantages and disadvantages of design cases, and summarize the conclusions as a basis. According to the "hinged structure" as the basis of the experimental results, three-dimensional shape and the principle of practicality, and "aesthetics combined with the practicality" of core concepts. Through digital technology and equipment, using MDF and joggle skill to develop and create: square box with cover; triangle box with cover; long cylindrical cage; short conical basket; and the round cover of assembly type, etc.

Lastly this research summarized into the following three categories for conclusion:

1. The structure is the decoration. Using the flexible function of the hinge structure can solve the problem of the structure joints. Expand the use of this structure area can get better decorative effect.
2. Both efficiency and diversity. Through the digital technology, not only can easily copy a lot of products, but also can tailor-made personalized different but similar parts.
3. Combines traditional crafts and modern design industry. Just a single material and simple steps can easily create works like handicrafts, and open up another direction of the "Crafts Design".

Keywords: Hinge structure

謝 誌

工作一段時日後，有機會能以學生身份回歸校園，就個人而言是幸運且幸福的，同時卻也是個任性的決定。當身份不再單純只是學生，我所踏出的每一步，都可能影響自己在各個位置上擔任的角色。作為女兒、同事、同學、學生，研究所這兩年，沒有大家的體諒與包容是無法順利完成的。

首要感謝指導教授劉建成老師，因為您的耐心、寬容與信任，所以我能放手大膽進行實驗與創作；感謝林俊良老師及蔡頌德老師口試時的提點與建議，豐富完善了我的研究；感謝葉碧華助教行政上超有效率的協助，使我的論文總能趕在進度上。當然，絕不能忘記系上雷射切割設備的輔助，讓我得以憑藉個人力量，產出構想中的作品。

再要感謝班上同學的激勵與扶持，尤其長伴我共度雷射切割漫漫長路的好伙伴輩穎，以及設計上總能提出好點子的源暢，因為你們，研究之路增添不少樂趣。以及一直以來，無論經歷開心難過低潮暴躁，仍願意在實質與精神上，作為後盾支持鼓勵我的家人與好友們。你們的存在，確確實實地，強壯了我薄弱的意志。

檢視兩年研究生涯，除了學位的取得，最重要為心態與眼界的成長寬闊，讓我重新思考學習的意義與研究的價值。能夠全心投入並享受單純研究的樂趣，是我認為工作之後最難得可貴之處。這個階段已走到尾端，即使各方面仍有不捨與未盡之處，但我得收拾好繼續往下個關卡前進。相信正因為有前面這許多不完美與努力的累積，所以有機會造就下一階段，更加完整的我。

蔡婷逸 謹誌

民國 103 年 6 月於臺師大設計學系

目次

摘要	I
Abstract.....	II
謝誌	III
目次	IV
表目次.....	VII
圖目次.....	VIII

第一章 緒論

1.1 研究動機與目的	1
1.2 研究範圍與限制	1
1.3 研究流程與架構	2
1.4 名詞釋義	4

第二章 相關學理與文獻探討

2.1 相關創作研究.....	5
2.2 影響現代設計的夏克式風格	9
2.2.1 夏克教派的背景	9
2.2.2 夏克式風格的特色	10
2.2.3 夏克式風格對北歐設計的影響	10
2.2.4 夏克式風格對日本設計的影響	13
2.3 當代設計思潮下的工藝趨勢	15
2.3.1 手工藝的復興	16
2.3.2 傳統工藝與數位科技的結合	16
2.3.3 客製化設計	17
2.3.4 ECO ARTS 的重視	18

第三章 材料特性與案例研究

3.1 木材的基本性能	20
3.1.1 木材的構造	20
3.1.2 木材的特性	21
3.1.3 木材的力學性質	23
3.2 木材的種類	24
3.2.1 天然木材	24
3.2.2 人造板材	25
3.3 加工工藝技術	30
3.3.1 木材的加工	30
3.3.2 木材的接合	31
3.4 曲木技術案例研究	32
3.4.1 實木彎曲技術	33
3.4.2 積層曲木成形技術	35
3.4.3 切縫彎曲技術	36
3.4.4 木片紡織拼貼技術	37
3.4.5 鉸鍊式結構技術	39

第四章 設計發展與創意理念

4.1 鉸鍊式結構實驗	42
4.1.1 幾何圖形切割與板材柔軟度之比較	42
4.1.2 密度切割與柔軟度之關連性	44
4.2 設計發展與創作	45
4.2.1 方形上蓋盒	45
4.2.2 三角開蓋盒	48
4.2.3 柱型長式提籠	51
4.2.4 錐型短式提籃	55

4.2.5 自由組裝式圓罩.....	58
4.3 創作成果展出.....	60
4.4 綜合分析與探討	62
第五章 結論	
5.1 研究結論.....	64
5.2 後續研究方向.....	64
參考文獻	66

表目次

表 2-1：木質材料在產品設計應用之探討—作品分析	5
表 2-2：活動樺接在木製家具中的設計創作—作品分析	6
表 2-3：林貴生木質創作論述—作品分析	6
表 2-4：劉美雯木工創作論述—作品分析	7
表 2-5：木質材料意象應用在家具設計之研究—作品分析.....	7
表 2-6：文化意象應用於木質產品設計—作品分析.....	8
表 3-1：常用木材材質、產地、色澤及特色比較表.....	25
表 3-2：人造板材種類特性之比較	29
表 4-1：數列幾何形切割與板材柔軟度之比較表	43
表 4-2：切割密度與柔軟度之關連性比較	44

圖目次

圖 1-1：研究流程與架構圖	3
圖 2-1：教堂椅	11
圖 2-2：夏克式低背椅	11
圖 2-3：夏克式搖椅	12
圖 2-4：J16 搖椅	12
圖 2-5：6286 餐桌	13
圖 2-6：夏克式餐桌	13
圖 2-7：夏克式床框	14
圖 2-8：Rope Chair	14
圖 2-9：RIKI windsor chair	15
圖 2-10：RIKI rocking chair	15
圖 3-1：樹幹結構圖	21
圖 3-2：榫舌榫槽結合	31
圖 3-3：指接榫	31
圖 3-4：鳩尾榫	31
圖 3-5：指楔榫	31
圖 3-6：直榫上連接和斜連接	31
圖 3-7：置入式木榫角結合	31
圖 3-8：斜角圓榫結合	32
圖 3-9：特殊木榫角結合	32
圖 3-10：圓弧槽接和吸盤鳩尾槽接	32
圖 3-11：止口拼接和鳩尾穿條連接	32
圖 3-12：槽榫結合	32
圖 3-13：實木彎曲壓床設備	33
圖 3-14：Thonet NO.14 咖啡椅	34
圖 3-15：NO.14 咖啡椅組件	34

圖 3-16：積層曲木成形設備	35
圖 3-17：Aalto 懸臂椅	36
圖 3-18：切縫彎曲過程	36
圖 3-19：kerFchair	37
圖 3-20：Wooden Textiles	38
圖 3-21：五金鉸鍊	39
圖 3-22：塑膠眼鏡盒	39
圖 3-23：鉸鍊式結構	40
圖 3-24：Snijlab 木製文件夾	41
圖 4-1：設計發展概念圖	42
圖 4-2：方形上蓋盒—組裝步驟示意圖	47
圖 4-3：方形上蓋盒—成品展示	47
圖 4-4：三角開蓋盒—組裝步驟示意圖	50
圖 4-5：三角開蓋盒—成品展示	50
圖 4-6：柱型長式提籠—組裝步驟示意圖	54
圖 4-7：柱型長式提籠—成品展示	54
圖 4-8：錐型短式提籃—組裝步驟示意圖	57
圖 4-9：錐型短式提籃—成品展示	57
圖 4-10：自由組裝式圓罩—組裝步驟示意圖	59
圖 4-11：自由組裝式圓罩—成品展示	59
圖 4-12：創作成果展覽—展示角度 1	60
圖 4-13：創作成果展覽—展示角度 2	61
圖 4-14：創作成果展覽—作品局部 1	61
圖 4-15：創作成果展覽—作品局部 2	62

第一章 緒論

1.1 研究動機與目的

丹麥家具大師 Hans J. Wegner 曾說過：「喜愛木材是人類共同天性。不論來自哪裡的人，他們都會情不自禁地撫摸它，拿著它，聞著它，以及體驗它。」木頭具有溫暖的觸感、豐富的木紋及柔和的色調，因其質樸溫潤的魅力而有廣大的擁護群，本研究者便是其中之一。可惜的是，原生木材日益短缺，在現今逐漸重視生態的環境下，售價高而產量少，加上工藝製作耗工費時，通常維持不低的造價，相較於產品，也鮮少用於消耗性的包裝設計上。

2008 年彭喜執設計工作室發表的「來碗關西」在臺灣市場是一個亮點，亦引起當時一陣搶購及仿效的風潮。其取材環保、組構單純、模組化概念の木質包裝設計，是本研究興趣的起源。而另一項對本研究的啟發，則是荷蘭 Snijlab 公司研發的「鉸鍊式結構」技術，無論在觀念或技術上的創新，都直接性地帶給本研究很大的刺激與衝擊。

關於創意，生活品牌「清庭」創辦人石大宇（2008）認為：「原創不一定是『發明』，也許是重新定義某一物件，或是提出新的主張、新的解決方案，所以在這樣的過程中，我們不擔心錯誤，不害怕冒犯錯的風險，而好的成果多半也是從錯誤中磨練出來。」之所以選擇「鉸鍊式結構」為創作主題，亦是基於相同的理由與主張。針對由荷蘭 Snijlab 所研發，但國內尚不熟悉的「鉸鍊式結構」，本研究將藉由文獻的資料收集、翻譯解讀、彙整分析，以及親自實驗操作的方式，達到下列目的：

1. 能夠確實瞭解並掌握「鉸鍊式結構」的構成原理與製作技術。
2. 找出其特性與優點，延伸運用於木質板材之造型設計創作。
3. 藉由本創作研究的驗證，提供後續相同或不同領域之研究者，對此結構在工藝、產品或包裝等實務面向的應用設計，能有新的思考角度與啟發。

1.2 研究範圍與限制

本研究既以實驗及創作目的為研究主軸，經與指導教授討論後，將重點放在鉸鍊式結構的探討與實驗，並應用至造型的設計創作上。研究內容未涉及品牌、

包裝或產品等實際應用面向，而其他相關如視覺與色彩要素、結構的抗摔強度等，仍須後續更嚴謹的研究及實驗過程，由於時間及個人人力有限，排除於本次研究之外。基於經費及實驗用途考量，本研究僅以密集板材作為實驗及創作材料。其他相關文獻範疇則以概括的方式研究，如與後續造型創作相關者，則再加強探討。

1.3 研究流程與架構

本研究流程與架構說明，主要透過第一章緒論、第二章相關學理與文獻探討、第三章木質板材特性與曲木技術案例研究、第四章設計發展與創意理念，以及第五章結論與後續研究，以上五個部分來達到創作研究之目的。

緒論部分，針對研究動機與目的、研究範圍與限制、研究流程與架構及名詞釋義進行說明。

相關學理與文獻探討階段，透過「文獻分析研究法」，針對各研究者所提出「木質材料之應用設計」相關文獻，進行歸納彙整；並藉由現代設計風格的演變與當代設計思潮的探究，分析工藝設計發展的脈絡與趨勢。

材料特性與案例研究，則透過材料及工藝技術之分析，歸納出各式材料之特性，並藉由「個案研究法」，推敲出曲木技術的演進與實際應用做法，以做為本研究創作之技術與風格層面的參考。

設計發展與創意理念階段，先進行材料與結構實驗測試，並依實驗結果挑選出最適結構，再進行後續造型的設計與創作。最後根據創作成果與先前文獻的檢討、驗證，分析彙整出結論及後續可行之研究方向。關於研究流程與架構，詳見圖 1-1。

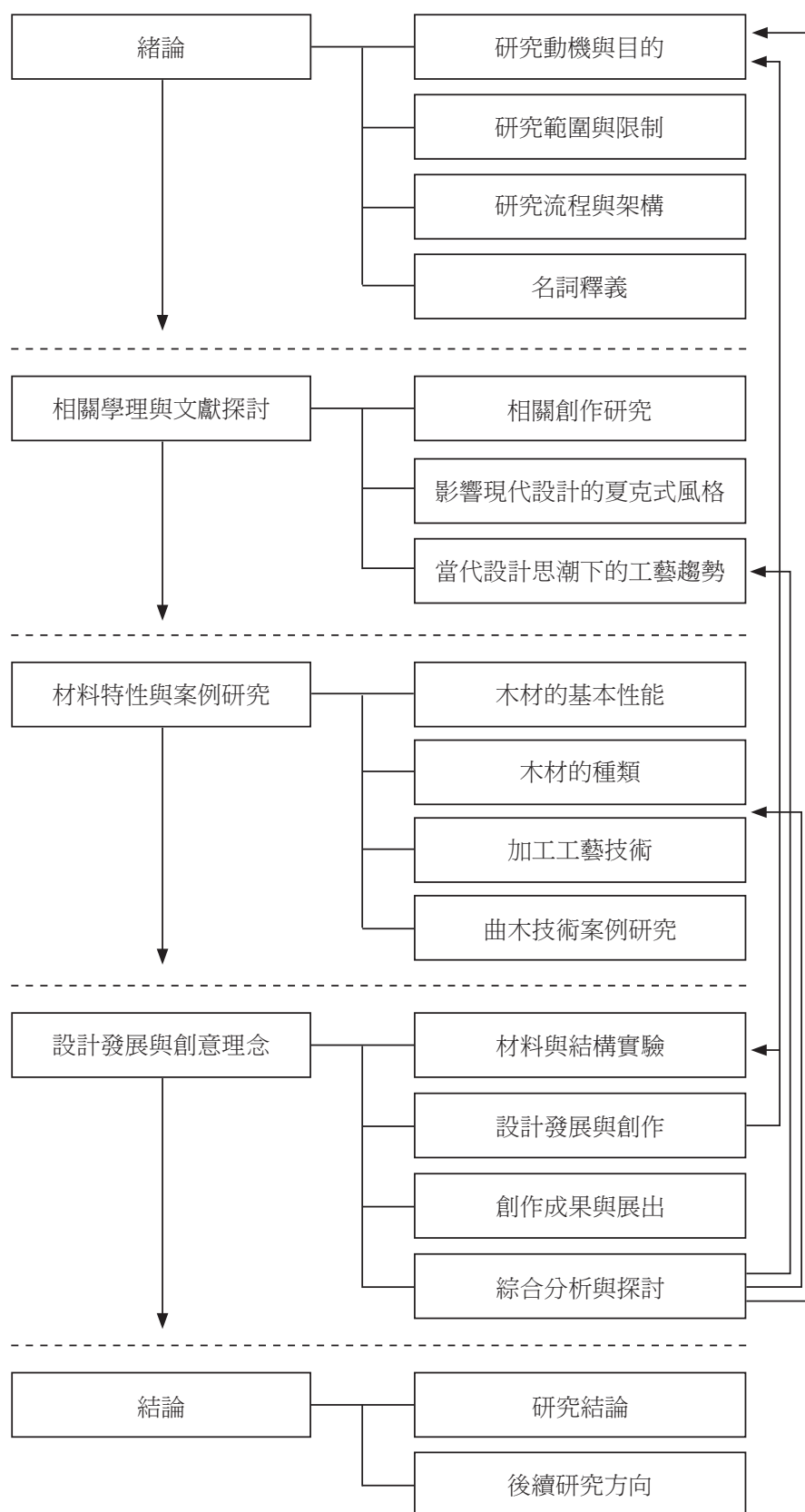


圖 1-1：研究流程與架構圖

1.4 名詞釋義

鉸鍊 (Hinge)：根據維基百科 (2013) 定義，鉸鍊是用來連接兩個固體，並允許兩者之間做轉動的機械裝置，由可移動的組件或可摺疊的材料所構成。一般的鉸鍊，是使用較薄的二片金屬板互相的組合，在邊緣製造成凹凸的構造，並在其中穿進金屬線成卷狀 (朝倉直巳，1994)。另外，潘東波 (2009) 在《包裝設計與基本結構》裡，對於鉸鍊的定義為：「鉸鍊本是門固定門框上所使用的可供開閉的活動五金，蓋子可以自由開閉的盒子也就稱為「鉸鍊式活蓋盒」 (雖未真的裝有鉸鍊唯其功能是相同的)。」

鉸鍊式結構：本研究所指之「鉸鍊式結構」，為荷蘭 Snijlab 公司所研發之創新性技術。Snijlab 根據鉸鍊在物理上的機能特性，利用雷射切割或 CNC 銑床設備，在板材表面進行穿透式幾何圖樣切割，破壞板材原本緊密的纖維組織，使材料變得柔軟，並能彎曲、摺疊而不易斷裂，達到如同鉸鍊般可自由活動的機能。本研究即是應用這項技術與結構，進行木質板材之造型創作。

第二章 相關學理與文獻探討

本章主要分為文獻與學理兩個部分，相關文獻是針對各研究者所提出的「木質材料之應用設計」相關創作研究，進行歸納與特點分析，彙整出參考要點；相關學理則是藉由現代及當代工藝設計風格與發展趨勢的分析，整理出設計學理的脈絡，以作為後續創作之參考方向。

2.1 相關創作研究

本研究著力於木質材料的結構與造型創作，在研究進行之前，對於國內的傳統工藝與工業設計領域，須有一定程度的瞭解。因此，針對「木質材料之應用設計」主題，挑選出國內數篇相關創作研究。透過各研究之作品圖版，進行彙整、分析並列出參考要點。以下為各研究之案例。

（一）木質材料在產品設計應用之探討

何立山（2004）的研究透過相關文獻蒐集、分析與歸納，進行設計理論與模式之建構。藉由柔性及自然木質材料的探討，瞭解自然材質對人類感知的影響，並將感官上的認知差異應用於產品設計。目的希望幫助設計者對於自然材質的選用，有建議與參考可循，並藉此提升生活美感價值。

表 2-1：木質材料在產品設計應用之探討—作品分析

作品圖版	內容分析
	• 以黃、褐、黑、白、紅五種色彩之木質材料與紋路進行感官認知之分析與比較。 • 以電腦喇叭為產品，並據其外型意象篩選合適樣本，揉合木質材料於產品的創作。 • 研究針對具正面形容詞評價之木質顏色與紋路分析，但在產品的造型、結構層面並無多做著墨。作品結果僅以 3D 圖示意，無法從觸覺與視覺整體，實際感受木質色彩與紋路應用於產品之質感的差異性。

（資料來源：本研究整理）

(二)「趣，玩，設計」—活動榫接在木製家具中的設計創作

侯啟全（2003）的研究以「活動榫接」作為木製家具創作主結構，延引學者之研究文獻、設計思潮為基石，建構活動榫接的系統化架構。透過遊戲性與設計性之間的關係加以設計、改良，應用活動榫接結構於家具設計創作，並將設計成果參加國內相關之設計競賽。

表 2-2：活動榫接在木製家具中的設計創作—作品分析

作品圖版	內容分析
	● 透過文獻與設計理論之分析，以魯班鎖為主要結構進行木製家具創作。 ● 設計上考慮形隨機能、單位元件、系統化，並注意折疊與拆裝的方便性等。從機能、結構、美學與經濟面向做全方位的思考。 ● 透過組合方式創造產品的變化與趣味性。 ● 作品可看出創作者對木製家具的熱忱與企圖心，可惜風格仍帶有濃厚明式家具與柳宗理的影子，若能跳脫框架，將更能展現個人風格。

（資料來源：本研究整理）

(三)器—林貴生木質創作論述

林貴生（2009）的研究以「器」為主題，以木材工藝做為創作技法，設計出四個系列作品。主要探討「器的意涵」、「器物美」、「器與空間」及「器與人」的關係，並詳細介紹作品的創作技法，包括木材選用、木工車床技法、接合、塗裝、研磨、刨削、表面質感處理以及其他製作技巧等，以提供木工創作上的教育推廣與學習應用。

表 2-3：林貴生木質創作論述—作品分析

樣本圖示	內容分析
	● 主要探討拼接木的發展與創作。 ● 以原木材料與塗裝、膠合等加工技法，手工製作出木質容器。 ● 研究為木質器物的創作，但作品偏向實驗與藝術性，實際應用場合與使用價值仍待評估。

（資料來源：本研究整理）

(四) 劉美雯木工創作論述

劉美雯（2009）此篇研究，目的從歷史發展軌跡中汲取前人智慧與經驗，由傳統經典夏克家具鄉村風格起步，再呼應現代生活趨勢進行創新與改良。融合設計者創意與使用者需求，用心設計、親手製作切合居家的實木家具。藉此研究澄清個人創作思路與實踐，探討藝術表現的形式與內涵，並經由作品的初探與分析建構未來之創作方向。

表 2-4：劉美雯木工創作論述—作品分析

作品圖版	內容分析
	● 文獻探討涵蓋美術與工藝運動、新藝術運動及震顫派夏克家具風格，並能予以比較與剖析。 ● 藉由實做過程解構各式木工技巧，並逐步分析製作進程，剖析作品形式與設計內涵。 ● 作品雖具鄉村家具之清新風格，但結構與形式皆未有明顯的創新與突破，較欠缺設計感與獨特性，看不出與一般市售家具之差異。

（資料來源：本研究整理）

(五) 木質材料意象應用在家具設計之研究

陳長志（2006）的研究是透過實務加工實驗與意象調查分析，推導出加工前的公式預測方法，以瞭解木質材料加工後之紋樣線條狀況。目的在瞭解木質材料的：1. 紋理明顯材料及紋理不明顯材料，在加工因素下所產生的紋樣現象差異；2. 加工後的紋理現象與加工因素之間的關係；3. 加工後的紋理現象與心理意象之間的關係。

表 2-5：木質材料意象應用在家具設計之研究—作品分析

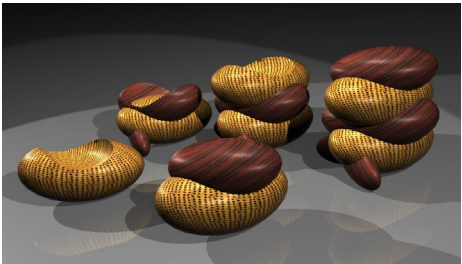
作品圖版	內容分析
	● 探討紋理明顯材料及紋理不明顯材料在加工之工具、角度、方式等綜合因素下，所產生的視覺紋理差異。 ● 研究歸納出加工準則及公式預測方式，並予以整理出一套可供應用的加工方法。 ● 創作部分論述不多，單以 3D 模擬圖示意，無法感受其紋樣與材料應用於產品設計的質感與效果。

（資料來源：本研究整理）

(六)文化意象應用於木質產品設計－以仿生造形為例

吳弦修（2013）的研究從符號學角度解析產品與文化的關聯性，透過實作了解其表面特質，依造型、紋飾、質感的操作發展產品形象並建立風格特色。其分析與應用結果顯示：1. 符號學必須從文化的物質、情境、精神層面探討該文化所蘊含的內容；2. 將文化與產品以符號分析，建構出有利於檢視各設計元素是否能對應至文化層次與產品屬性的表格；3. 運用仿生設計手法從自然界擷取卵石，發展於木質產品之設計創作。

表 2-6：文化意象應用於木質產品設計—作品分析

作品圖版	內容分析
	●強調仿生手法與自然風味的產品特色。 ●運用表面鑽孔與平滑兩種加工方式，使產品具有不同肌理變化。 ●透過組合方式創造產品趣味性。 ●僅產出 3D 模擬圖，產品表面肌理效果不明顯。 ●作品看不出研究者強調之木材文化意象為何，獨特性與其附加價值不夠。 ●未探討材料應用於產品的結構設計。

（資料來源：本研究整理）

綜合比較上述相關研究之分析結果，彙整出下列參考要點：

1. 以「木質材料之應用設計」為主題的相關六篇研究中，主要分為二大研究方向：三篇針對木質材料的紋路、色澤、質感等進行感官認知之分析研究；另三篇則以木質材料結構的榫接技法、表面處理等研究，進行不同風格之產品設計創作。
2. 以結構與造型設計為目的之創作，思考方向通常針對榫接結構、魯班鎖、中國明式家具等風格進行研究與改良，導致設計成品及風格難以擺脫舊式框架，創新性顯得不足。對於其他各國之工藝設計文化與風格，尤以木藝見長的北歐，本研究認為有列入探討的必要。
3. 目前數位科技的運用廣泛而普及，以趨勢而言，數位輔助技術與傳統設計產業

的相輔相成，是當前研究不可忽略的一大面向。針對數位技術設備如何應用於木質材料的設計與產出，是先前國內研究中較少提及，而本研究必須加以探討的部分。

2.2 影響現代設計的夏克式風格

工業時代早期產品，往往是由無名設計師製造的，而夏克教徒（Shaker）所製造的家具尤其明顯，但它們的形式並非基於設計方面的考慮，而是依據宗教方面的原則。實際上，夏克教派可說是現代運動的先鋒，早在 Louis Henry Sullivan（1856-1924）經常被引用的「行隨機能」風行之前一百年，夏克教派就已經指出機能主義理論的方向了，他們這個社群在信仰的基礎上立下了「美麗來自實用性」的原則（Thomas Hauffe，2010），這也是現代設計最重要的原則之一。

2.2.1 夏克教派的背景

夏克教派起源於英國，在那裡，人們稱他們為「夏克（震顫）貴格教教徒」（Shaking Quakers，因宗教情緒所引起的顫抖而得名），夏克教徒因受到控訴，而在創始人安·李（Ann Lee）的引導下逃離英國。19 世紀初，他們在美國建立了幾個社區，吸引了許多追隨者，並成為 19 世紀最大也最知名的教派。到了 1840 年，已經有將近六千名的「弟兄和姊妹」居住在組織嚴密的社區當中，他們謹守著社區價值觀和男女平等的信念。這些人分享所有財產，這也是後來許多人奉行「宗教共產主義」（religious communism）的主要原因。

他們在社區裡以規律、謙卑和勤奮著稱。他們的信仰也在嚴格的日常規範、簡單乾淨的房舍，以及簡單線條的日用品、衣物和家具中顯露無遺。夏克教派的物品少有改變，不過卻從一開始便不斷改良，並且使之標準化。夏克教徒和其他宗教社群（如阿曼教派〔Amish〕和賓州荷蘭教派）不一樣，他們對技術的創新抱持開放的態度。他們生產並販售家具、用具和衣物。在 19 世紀的時候，他們的產品散佈於全美國，甚至出現在 1876 年的費城世界博覽會上。正因為它們的精巧手藝，它們的功能性以及那份簡約的美，夏克教徒所製作的家具深深擄獲了大眾的心。如今，位在緬因州和新漢普夏州最後兩個震顫教社區已不再接受新成員，所以不久的將來他們會從這個世界上消失（Thomas Hauffe，2010）。然而，

夏克教徒所留下之純淨簡樸的家具風格，時至今日仍深深影響著世界各國，尤以北歐及日本最為顯著。

2.2.2 夏克式風格的特色

夏克教的信仰原則講求「靈魂的純潔」，並堅信對物體施加任何不必要的修飾和裝潢都是有罪的，而這樣的觀念轉移到家具設計上，即是講求簡單的線條和整齊的外觀，就連使用的素材及設計的結構都是以簡單、乾淨、輕盈為考量（MOT/TIMES 線上誌，2014）。在近乎需要禁慾生活的教義裡，他們認為，美感的要素存在於實用性、素材的調和、中規中矩等，在日常生活中行事語言以簡單樸素為主，屏除物慾，被認為是一種刻苦獨立的簡樸主義代表（設計發浪，2014）。

夏克式家具在質優價廉方面也是著名的。在美國殖民地時期的簡單家具和工具的基礎上，夏克教徒發展了一種標準商品家具，雖然形式上不免有點顯得粗劣，但那是根據一種公社原則，按早期工業觀念的勞動分工而生產出來的。他們的室內裝飾，正如今天還能在馬薩塞州（Massachusetts）的漢考克博物館、肯塔基的普萊曾特希爾或英格蘭的巴思看到的那樣，就其簡潔性、邏輯性和功能的正確性而論，是十九世紀不尋常的典範（高軍、俞壽賓，1991）。

夏克教徒認為所有的物件都應設計得簡單並有效達到它的目的，作為整體的一部份而能和諧地融入周遭環境。每一物體的意義和目的就在於它的應用，因此，當一個物體完美地適應其預定用途時，它就是理想的。對此，夏克教徒之於設計造形的格言為：「規律即是美、最高級的美存在於和諧之中、美麗來自實用性、秩序是美麗的源頭、最實用的東西就是最美麗的東西。」（Thomas Hauffe，2010；林東楊，2011）。簡單的說，「形式」被認為是物體已經達到理想實用目標的一種「設計後結果」，「實用」才是他們的最終目標。

2.2.3 夏克式風格對北歐設計的影響

斯堪地那維亞地區（以下簡稱北歐）對於「簡單」的執著，源於長久以來的生活經驗與傳統。北歐國家工業化腳步要比英、美或德國慢，所以即便到了二次戰後，瑞典、芬蘭和丹麥等國的家具製造仍相對保有一種無法割捨的手工藝傳統（Thomas Hauffe，2010）。廣闊的森林提供了可再生性的建材與原料，因此常見

的樺木等物料，後來都成為北歐現代傢俱發展的關鍵素材。另外，在基督教的改革當中，相較於歐陸的緩慢與抗拒，北歐算是最全面迅速接受新教教義洗禮的地區，因此他們摒棄了以往基督教、天主教繁複的裝飾與儀典後，認為由心靈的洗滌就可以與上帝直接溝通。反映在傳統社交生活的重心—教堂上，從設計就可以看出樸實無華、講究實用主義的取向（李俊明，2010）。

其中，北歐國家最具設計影響力的，則為木作工藝極為優異的丹麥。被稱作「丹麥設計之父」的 Kaare Klint（1888-1954），以及其門生 Hans J. Wegner（1914-2007）與 Borge Mogensen（1914-1972），對丹麥家具設計的發展影響深遠，甚至制定了 20 世紀整個北歐的家具架構。

相對於現代主義的揚棄傳統，Kaare Klint 則積極於傳統的改良。他認為藉由對於傳統家具中材質、結構與比例的研究，可以產生新的好設計；每一個組件都應該有它存在的目的，或是為了結構的支撐，或是為了貼合人體，同時材質與工法應該要表現出最高品質。此外，他的設計也導入人因工程，並將使用者需求考慮在內（丹麥倉庫，2012）。而這樣的設計哲學，也與他本身崇尚夏克式風格不謀而合。圖 2-1 為他知名的作品「教堂椅」，其外觀形式便是夏克式低背椅（圖 2-2）的改良。比對兩者特色，單椅的支柱直順、椅背的線條平直，除了功能與結構性外，幾乎沒有任何多餘裝飾。



圖 2-1：教堂椅
（圖片來源：MOT/TIMES 線上誌）



圖 2-2：夏克式低背椅
（圖片來源：懷德居木工實驗學校）

Hans J. Wegner 師承 Klint，他的作品承繼了丹麥傳統匠人訓練中一絲不苟的印記，以及現代主義中忠於材料、功能導向的精神；同時擁有溫潤的特質與簡約圓滑的線條，純粹而充滿生命力（丹麥倉庫，2012）。Wegner 於 1944 年，參考夏克式搖椅（圖 2-3）為懷孕的妻子設計了「J16 搖椅」（圖 2-4）。搖椅由山毛櫸與橡木實木製成，外形有著簡潔的線條、精準的人體工學結構，扶手前端略微向外展開，便是為了能方便起身的貼心設計。不僅質量輕且兼顧耐用，加上簡約單純的風格設計，讓「J16 搖椅」設計至今超過六十年，仍然在當代潮流中立於不敗地位，為 Wegner 最受歡迎的經典作品之一（曾虹琳，2010）。



圖 2-3：夏克式搖椅
（圖片來源：西法名品家飾）



圖 2-4：J16 搖椅
（圖片來源：懷德居木工實驗學校）

Borge Mogensen 是丹麥現代家具史上平民化運動的重要推手，Klint 的得意門生，並擁有系統化的思考能力與源源不斷的創意，他於 1942 至 1950 年負責 F.D.B（Faellesforeningen for Danmarks Brugsforeninger）丹麥消費合作社家具設計部門，創作了許多簡練優美、高品質、平價的家具（丹麥倉庫，2012）。「6286 餐桌」（圖 2-5）是 Mogensen 少數後期作品中，仍帶著明顯夏克式風格的作品。材料使用能在丹麥大量取得的橡木與山毛櫸，造型以直線構成，呼應夏克式的簡潔線條與俐落形式。由於這件作品造型簡約、耐久實用，因此成為丹麥現代家具的代表。Mogensen 同樣注重傳統與現代風格的銜接，並著重功能主義，他認為藉由工業化

生產的效率，使平價的好家具也能進入一般家庭。如今這項主張在丹麥乃至於全世界都繼續發揮著影響。



圖 2-5：6286 餐桌
（圖片來源：Sifar）



圖 2-6：夏克式餐桌
（圖片來源：設計發浪）

2.2.4 夏克式風格對日本設計的影響

提到近代日本設計，多半會讓人聯想起提倡民藝運動不遺餘力的柳宗悅與柳宗理父子，但根據設計發浪（2013）的專文報導，其實促成日本現代設計風潮的設計師不止柳氏父子，還有一位在日本設計界非常具有指標性的人物，渡邊力（1911-2013）。渡邊力在戰後日本設計急速發展的歷史裡，有著不可動搖的地位，他從上一個世紀在日本社會還沒有所謂「設計師」這樣的職稱前就開始「做設計」，風格與典範深深影響日本設計界。

渡邊力在戰後貧窮的日本環境裡，盡力想用最少的成本來製作椅子，因此在尺寸上使用最便宜的公版英吋木材¹。而椅子中最花錢的部分是面積較大的靠背與椅面，在思考如何降低成本的時候，他注意到了歐美相當流行的夏克式風格家具（Shaker furniture）。IKEA 家具中經常可以看見床框中間有著長條狀的木板，其實就是來自於早期在夏克式床框（圖 2-7）中，以繩子來支撐床墊的作法。渡邊力也是因為發現了這件事情，便將它應用在「Rope Chair」（圖 2-8）上，有效地抑制成本及售價。

1. 公版英吋木材：以日本特有樹種製成的檜木材（ナラ材）製成的公版尺寸稱之為「英吋木材」（インチ材），因為在尺寸上十分好用，所以在海外相當受到歡迎（設計發浪，2013）。



圖 2-7：夏克式床框
（圖片來源：設計發浪）



圖 2-8：Rope Chair
（圖片來源：Sifar）

「Rope Chair」的繩子為靠背與椅面的支撐來源，椅面則可以放一塊在日本人家中一定會有的椅墊（座布團），如此便能節省成本而讓大眾享受到好的設計。但渡邊力本人似乎因為看到這把椅子就想起當時貧窮的日本，因此不是很喜歡自己設計的這把椅子。但無論如何，「Rope Chair」身上刻畫著時代感，也蘊含著渡邊力對當時日本社會想要盡一份心力的溫暖感情。

夏克式家具對渡邊力的影響，除了「Rope Chair」之外，也影響他在其他家具的設計，例如「RIKI windsor chair」（圖 2-9）。渡邊力將「windsor chair」溫莎椅做了改良，讓它能更符合日本人的身形；調整椅面，使其符合人體乘坐時的臀部形狀；而構成椅背及支撐結構的木頭粗細，都經過縝密計算，在強度與美感之間取得最好的平衡。扶手從側面來看，由粗到細漸變的弧線極其優美輕盈；兩側各自支撐扶手與加強椅子底部穩固的支撐木條彷彿貫穿椅面，其實並非同一根木頭，但在視覺上為了減少干擾，渡邊力藉由優良的工藝技術讓它在視覺上看起來像是同一根。而另外一件「RIKI rocking chair」（圖 2-10），其優美的扶手、稍微帶有弧線的椅背等，也都能看見夏克式家具對渡邊力的影響。尤其底部支撐的木頭與弧線木頭接合的方式，就是夏克家具在榫接時獨特的「騎馬式」手法（設計發浪，2013）。



圖 2-9：RIKI windsor chair
（圖片來源：設計發浪）



圖 2-10：RIKI rocking chair
（圖片來源：設計發浪）

綜觀上述設計，其實後代許多設計師都發現也感受到夏克式傳統的優點，並從它的純淨和樸素得到啟發。而北歐與日本之所以能將極致簡約發展得淋漓盡致，也是由於這兩個地域的文化底蘊裡，本就含有節制與惜物的傳統，因此在設計的進程中，特別重視傳統價值與創新工藝的結合，並發展出自成一格的美學觀，這些都是文化涵養所致。簡約應被視為對生活型態的心理認同，由歷史、傳統及日常生活中去體會，才能發現「馭繁為簡」的真正內涵。

2.3 當代設計思潮下的工藝趨勢

談論設計的發展，不只是由物件及造形所構成的年表，其歷史也記錄了生活的型態，並反映出文化的一大切面。在現代主義之下，認為物件的機能是造形的唯一標準。但 1960 年代後期以來，在反對現代設計的思潮中，手工藝的價值又重新得到了人們的認可與重視（李硯祖，2002）。隨著人們逐漸意識到這世界存在著各種開放的個人品味，人們也開始察覺到機能主義在情感上的不足，以及每樣物件可能展現的功能多樣性；這一點也讓人們對質疑流行標準的現代主義產生反動（Thomas Hauffe，2010）。以下章節便是藉由現代之後的設計思潮與價值觀，來探討當前的工藝設計趨勢。

2.3.1 手工藝的復興

後現代情境裡，很重要的一個價值觀是多元價值觀，相對的很重要的市場現象就是「分眾社會」與「差異消費」。所以在後現代情境裡，手工藝復甦與風土化現象是不可避免的趨勢（楊裕富、林萬福，2002）。人們認識到，手工藝作為歷史文化的累積和產物，具有人性化的特點，在現代社會，尤其是高科技的現代社會中，它不僅作為一種文化和藝術的型態存在於社會生活之中，而且作為高科技結構張力的一個互補機制，在平衡人的精神和心理承受能力方面發揮作用。

在後現代設計中的手工藝復興，不僅是個人性的手工製作和單件設計，也不是原有手工藝的回歸，而有更深刻的涵義和新的定位。誠如英國學者大衛·派在其著作《工藝的本質和萬一》中指出，手工藝的復興一是糾正現代主義設計原則中對手工藝的偏見，同時亦是對傳統工藝設計觀念的挑戰。設計的目標是人的需求，而不是一種生產方式，因此，不能以某種製造方式來排斥進行更多設計方法探討的路徑，而手工藝的方式能超越製造手段的限制，開拓更廣闊的產品設計領域。義大利著名設計師布藍茲亦認為，對於後工業時代的設計，沒有必要區分手工藝與工業之間的不同，任何一種生產方式都是為人提供更高質量的生活方式，在大量生產日益發達的情況下，少量、多樣化是發展的必然趨勢。在當代的設計領域，高情感的設計已成為設計追求的重要目標之一，後現代設計在一定意義上可以看作是高情感設計的一部分（李硯祖，2002）。

2.3.2 傳統工藝與數位科技的結合

藝術設計是科學技術與藝術結合的產物，或者說，科學與藝術的統一是設計的最本質特徵。藝術設計是美的設計，藝術設計的過程是設計師追求和探索美的過程，表達和物化美的過程。如果說，設計藝術家與科學家都同樣追求著美，那麼，科學家可說是在尋求和發現，而藝術設計家則是在尋求和創造（李硯祖，2002）。

在不同材質媒合的跨域整合過程當中，終究會應用到的技術，也是不會缺席的技術，那就是數位技術，尤其是 3D 建構軟體與逆向工程軟硬體應用。數位技術可以解決需要非常精準的計算與相互結構的問題。數位技術的應用，能增加創意的廣度，讓許許多多的創意成真，否則將會失去很多的可能與機會。相關數位

技術之應用於工藝領域，宜視為工藝技術的一部分，當工藝設計應用數位技術越來越深且廣時，亦將更貼近工業設計，兩者之間的交集亦愈趨明顯，也顯示工藝技術、媒材之跨域整合範圍擴大。

未來真正的工藝家其本身的技藝將被擠壓到廉價技工以及數位技術無法替代的層級，未來真正工藝家將享有崇高的地位，但必然是相對的少數，要靠少數的工藝家創造整體經濟效益的規模是不符實際的。現階段的工藝家宜思考及檢視本身之技藝是否有被廉價技工與數位技術取代的危機，如是，較好的策略就是轉向或涉及工藝設計，以增加個人發展的機會，且有助於工藝產業整體的轉型（呂豪文，2008）。

2.3.3 客製化設計

過去產業界所一貫追求的規格化大量生產乃是建立在「消費需求均一化」的假設基礎之上，而此一假設基礎其實是錯誤的，是一個應該加以破除的迷思；其實大量生產乃是基於產業界本身立場上的偏愛，因為唯有如此才能夠達到經濟規模，以便產生更大的利潤。嚴格來說，人們最大的共同點就是「每個人都是獨立而獨特的個體」，頂多也只能夠以「小眾族群」的規模才能夠找到足夠的共通點去加以歸類（李朝金，2010）。

現在的消費者在付錢買東西時，並不只是買它的功能而已，也並非只買企業所提議的生活提案，對他們來說，物品的價值已不在僅止於提高生活水準、表達自我價值觀。消費者在面臨生活環境的快速轉變，很難再保有相同的價值觀，消費行為已出現多樣化的現象。由於追求享樂、追隨流行、凸顯個性，重視感性等趨勢，消費本質顯現了人性的主觀特性，因此掌握人性中感性的理念及 feeling 是極為重要的。「訂製品」可稱為個人化的開始，個人化代表著商品的多樣化與識別性，即使同樣的商品，也必須給予個人化的空間。消費者在面臨場景的快速轉變，很難再保有相同的價值觀，價值觀是因人所處的環境、狀況而產生出來的思想型態，由年齡、職業、收入等因素來決定。價值觀能決定生活型態，而生活型態亦能決定所使用的東西（杜瑞澤，2010）。

新技術跟新的製造系統及新的消費互動，已經改變過去對手工藝或工業量化生產的侷限。許多的商品可以依工業模機具的應用產出類似手工藝製造的效果，

同時工業量化品也在追求限量、局部變化近似手工藝的獨一性表現，用以刺激消費者提高價格。在設計的領域中，更多數人追求個別化而凸顯手工藝的獨一性被需求，而量化生產企圖在掌控成本及大量製造，卻又想呈現某一種獨特性的企圖，成為今日供需互動中更有趣的商品價值競合。

這個現象讓創意及設計有了更寬廣的領域及更多元的表現方式，同時使得手工藝的價值追溯到中世紀工藝表現的稀有性。而消費需求對商品所呈現的觸動已超越過去對機能的訴求，獨特質感及物美價廉，已不再是對立的二端。適當的價格成為新的考量，生活可有購買廉價的機能用品，但也可收藏極具設計感的與創意性的高價經典收藏品，當然也可以是經典日用品。這一種對金錢和美感的錯落消費型態影響了新的消費思考，也衝擊了商品產出的邏輯。商品的價值是要有撼動人的思考，卻是在日常有務實的機能呈現。因此在製造上，日用品要以高成本的精良生產，但卻要在大量製造分攤下的低價銷售考量。而手工藝不能只做機能日用品，因為缺乏價格競爭力，而必須刻畫個別心靈的觸動來提昇價值和吸引顧客。

這裡宣告了手工藝思考，而能量產化的新工藝的新未來。用自己的思維從商品中創造獨特應用，而不需與他人完全不同。製造上可以工藝思考、工業製造，以部份手工質感產生工業差異。這樣親近人性，跨越製造的方法，可讓物美價廉真正的實現（黃宏仁，2010）。

2.3.4 ECO ARTS 的重視

ECO ARTS 絕非僅止於環保材料的使用或節能省碳的設計；它回應了這個時代對於環境惡化的反省，撫慰了當下人類面向未來的焦慮。當世界先進國家開始進行碳交易、限制碳距離、推動自然有機生態農法，或是號召以簡約生活節省能源、減少地球負擔，對人們的生活方式，已經造成潛移默化的影響。並非人們從此不再消費，而是除了物品質量與與美學品味之外，產品是否愛護地球、友善自然，成為消費者更重要的考量。（于國華，2008）

在支持綠色理念的消費方面，工藝材料與手工特質是可以著力的議題；目前民眾傾向肯定採用對人體與環境有益、具有材質之美又堅實耐久的消費產品，例如天然纖維製品，或竹材、原木製品等會呼吸、有溫潤觸感的工藝品；又如蘭

草復育的風潮、植物染工藝品的推廣，以及舊木料與竹料的創新應用等，都勾起人們親近自然的懷想。

整體而言，有機材料的運用更貼近生態工藝訴求，較容易獲得消費者的認同，也是綠工藝推廣的重點。為有效運用地球上各種素材，並創造出新形式的工藝，時下工藝業者應積極尋求替代性材料，多嘗試新素材的探索，未來將有機會擴大產品創新的廣度與競爭力，畢竟我們生活在二十一世紀知識經濟時代，適當運用新素材與融合新科技知識，才有希望開創工藝發展的新模式，進而在追求「善其事」的歷程中，樹立新時代工藝美學的典範（林秀娟，2011）。

以廣大的設計視野來看，「好」產品還必須顧及能源和環境。對於設計材料和生產過程，以及社會議題的覺醒，都是現今設計師必須重視且共同肩負的。以工藝產業而言，運用符合材料特質的方法與成熟的知識，結合傳統工藝與現代科技，並朝綠工藝生產方向思考，引導、改變生活消費習慣等，都可能為目前工藝的永續發展開闢出新的道路。

第三章 材料特性與案例研究

木材具有質輕、強度大、易於吸收衝擊及震動的優點，加上加工方便，也能符合人類親近自然的訴求，因此自古以來，人們善於將原木鋸切成不同板材、割材或角材，供作建築、土木或家具之用（邱茂林、洪育成、陳佩瑜，2007）。此外，也由於具備可再生、對環境有益、美觀、強重比高、易加工及加工過程能耗低等優點，成為人類賴以生存的最基本材料之一，在社會和經濟發展中起著相當重要的作用。人類的生存和發展，無論過去、現在還是未來，都離不開對木材、木質材料的利用和對森林植被的依賴（劉一星，2005）。

本研究探討結構與造型的設計創作，因受制於材料屬性，對於木質材料須有相當程度的理解與合理的運用。本章就木材的屬性、種類與加工工藝技術，以及柔性曲木技術的實際案例進行分析，試圖從材料及技術演進的過程，探討木質板材在工藝設計上的變化與實際應用。

3.1 木材的基本性能

木材是能夠次級生長的植物，如喬木和灌木所形成的木質化組織。這些植物在初生生長結束後，根莖中的維管形成層開始活動，向外發展出韌皮，向內發展出材。木材是維管形成層向內的發展出植物組織的統稱，包括木質部和木質線（Horst H. Nimz, Uwe Schmitt, Eckart Schwab, Otto Wittmann, Franz Wolf，2005）。樹木的生長因立地條件不同，日照程度也各異；一般而言，日照充足地區樹木生長的速度快，年輪較寬，反之則年輪較密，所以從年輪的寬窄可看出氣候的變化，因此樹木可以說是最佳的「氣候紀錄器」。有用之木為材，無用之木為柴，良木難得（邱茂林、洪育成、陳佩瑜，2007），因此如何判別與取得最佳材料，本身就是一門很大的學問。

3.1.1 木材的構造

樹木是由樹根、樹幹、枝、葉組成。樹根主要用於製作工藝品。樹幹是木材的主要部分（圖 3-1）。樹幹是由樹皮、木質部和髓心三部分組成。樹皮是樹幹的外層組織，是樹幹的保護層，它使樹木生長組織免受外界溫度劇烈變化和機械

損傷的影響，又是儲藏養分的場所和輸送養分的管道。樹皮的外部形態、顏色、氣味和質地是鑒別原木樹種的重要特徵之一。木質部是樹幹最主要部分，也是樹幹有利用價值的部分。從橫斷面看木質部接近樹幹中心的部分顏色深，稱為心材，靠近周邊的部分顏色較淺，稱為邊材。一般說，心材比邊材的利用價值大些。樹木在生長週期內都要向外分生出一層木材，這一層木材稱為生長層，生長層體現在橫斷面上形成許多深淺相同的同心圓環，稱為生長輪，因一年只有一度的生長，故又稱年輪。在同一年輪內，春天生長的木材色淺質軟，稱春材（早材），夏秋兩季生長的木材色深質硬，稱秋材（晚材）。相同的樹種，年輪越密越均勻，材質越好；秋材部分越多，木材強度越高。樹幹的中心部分稱為髓心，其質鬆軟，強度低，易腐蝕。從髓心向外的輻射線稱為髓線，它與周圍連接差，乾燥時易沿此部位裂開（桂元龍、徐向榮，2007）。

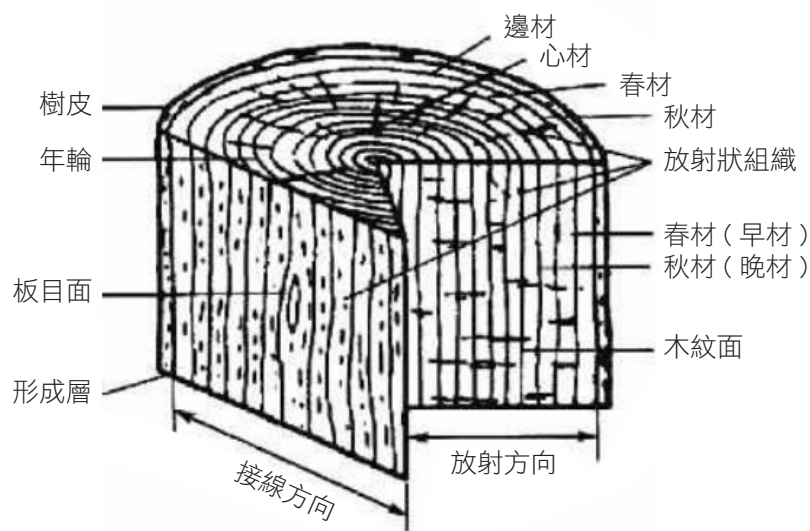


圖 3-1：樹幹結構圖（桂元龍、徐向榮，2007）

3.1.2 木材的特性

木材的天然紋理具有獨特的質樸、原始、雅致風味，而且由於木材的種類和生長環境不同，木材的獨特性也是其他材料所沒有的（朱輝球、馮四東、吳天麟，2007）。根據桂元龍、徐向榮（2007）在《工業設計材料與加工工藝》的分析，天然木材具有以下幾項綜合特性：

1. 質輕：

木材因樹種、樹齡、產地等不同而導致密度不同，相對於金屬而言，其密度小得多。

2. 易加工：

木材質地較其他材料而言容易加工，尤其是沿樹木的纖維方向容易切割，因此木材可用簡單的加工工具製造出形狀複雜的各種產品。

3. 木材對空氣中的水分敏感：

木材能吸收空氣中的水分，當空氣乾燥時，木材也能放出水分。即具有平衡、自動調節的作用。由於具有這樣的性質，木材不容易出現結露現象。同時由於木材的纖維結構和細胞內部留有停滯的空氣，受溫度變化的影響不明顯。

4. 導熱、導電性能差：

木材的導熱性能差，適合製作加熱器具的把手。熱膨脹係數極低，不會出現受熱軟化、強度降低的現象，但有時會因為水分的增加而降低絕緣性能。

5. 具有美麗的花紋和光澤：

木材因年輪與木紋方向的不同形成各種粗、細、直曲形狀的紋理。通過旋切、刨切等加工後，經合適的拼裝、組合等方式還可以形成美麗的花紋。木材經磨光後，呈現出一定的光澤，如高度拋光後，所出現的光澤度會更高。

6. 有一定的可塑性：

木材經加熱後，具有一定的可塑性。因此，通過加熱加壓可使木材成一定的形狀，或通過加熱使彎木變直，或將直木變彎。

7. 易變形：

部分木材由於濕度和壓力的影響，會發生尺寸及形狀的變化，嚴重時會產生強度的下降、開裂、扭曲、翹曲等現象。

8. 易燃：

木材是一種容易燃燒的材料，著火點低，有些木料還含有較多的油脂，更容易著火。

9. 各向異性：

木材會因產地、生長條件、部位不同而產生物理、力學性能差異較大。

3.1.3 木材的力學性質

木材的力學性質，就是木材抵抗外力作用的性能。木材的各向異性在力學性能方面表現得特別顯著，如順紋強度（作用力的方向與木材纖維方向平行）最高，橫紋強度（作用力的方向與木材纖維方向垂直）最低，當外力與木紋成角度時，強度介於兩者之間，而且不同樹種或同一樹種不同部位的木材，其力學性能差異也很大。因此，桂元龍及徐向榮（2007）也指出，正確掌握木材的力學性能，對於合理使用木材和制定木材加工工藝有很重要的意義。以下為木材的主要力學特性，整理自林瑑璜（2001）的〈認識木材〉：

1. 抗壓強度：

木材在構造工程上的用途大多承受壓力，故抗壓強度極為重要。可分為縱壓強度（壓力方向與纖維方向平行）、橫壓強度（壓力方向與纖維方向垂直）。由於纖維較易被壓扁，故不論樹種，縱壓強度較橫壓強度大。縱壓強度用以決定木柱的大小，橫壓強度用以決定樺頭與樺孔的大小。

2. 抗拉強度：

木材抵抗拉力的強度亦稱耐伸強度。依外拉力與木材纖維的走向，抗拉強度可分為縱拉強度（拉力與纖維走向平行）與橫拉強度（拉力與纖維走向垂直）。橫拉強度約為縱拉強度的 $1/13 \sim 1/10$ 。

3. 抗剪強度：

抗剪強度應用的場合頗多，如樑材的結合部份與撐角部份及樺頭大小之取決，皆有整抗剪強度。抗剪強度依剪力與纖維的走向分為縱剪強度（外力方向與纖維走向平行）和橫剪強度（外力方向與纖維走向垂直），橫剪強度通常較縱剪強度大 3~4 倍。

4. 抗彎強度：

工程上仰整抗彎強度者不少，如樑、樓板等。影響彎曲強度者有抗壓強度、抗拉強度、抗剪強度，故凡足以影響抗拉、抗剪、抗壓強度者皆足以影響抗彎強度，故抗彎強度變異極大。木材彎曲時，彎曲內面發生抗壓，曲外側發生抗拉，普通抗拉強度皆大於抗壓強度，故木材破壞皆由彎曲內面不勝壓力而破壞，繼而由彎曲外側不勝拉力而破壞。

5. 劈裂強度：

木材在纖維方向的分離難易度謂劈裂性。劈裂時的抵抗力謂劈裂強度。劈裂強度與樹種、彈性、含水量有關。木材在紋理方向劈裂強度小，沿著樹軸更易劈裂。木常木理直通，髓線粗等劈裂較易。木節、斜紋理、瘤及含水量大者，劈裂較難。

3.2 木材的種類

天然木材雖然質輕而強、紋理美觀且易於加工，但由於其內部構造的多樣性，造成材質上的不均質性，樹木形成層的生長機制也造成木材的異方向性，另外木材的濕脹乾縮性質也會造成利用上的困擾（王怡仁，2009）。加上長材不易取得，木材已隨著膠合劑的進步朝向夾板、木心板、塑合板及廢木料加工成的各種人造木材發展。人造板材在幅面方向上的尺寸穩定性好，表面板材高於一般的板材，特別適合工業化生產（桂元龍、徐向榮，2007）。本節針對天然木材和人造板材兩項類別，做進一步的分析與探討。

3.2.1 天然木材

台灣的森林佔國土面積約 58.8%，總計約 210 萬公頃。其中天然林約佔 72%，20% 為人造林（邱茂林、洪育成、陳佩瑜，2007）。一般常用的天然木材分為針葉和闊葉兩大類。針葉樹枝葉細小如針，生長持續，樹幹高大筆直粗細均勻，質地輕軟，易於加工、乾燥，開裂和變形較小，適於作為結構用材，如肖楠、扁柏、紅檜、香杉、紅豆杉等。闊葉木的樹幹通直部分一般較短，材質較硬，較難加工，故又稱硬木材（桂元龍、徐向榮，2007）。闊葉木一般較重，強度高，脹縮和翹曲變形大，易開裂。葉面較寬大，生長較為迅速，樹幹彎曲粗細不一，質地堅硬，紋理色澤美觀，用於造形工藝上有其獨特的價值。

木材也有軟硬之分，軟木質軟如紅檜，硬木質堅如黃花梨、紫檀，或少數鐵梨、烏木、雞翅木等。我們常聽見的「紅心家具」是以紅木加工而成的家具，紅木加工時會發出一種酸醋味，所以廣東人多稱為酸枝木，長江以北則稱紅木。這種植物是蝶形花豆科、黃樟屬，種類主要有黑紅白酸枝，清代嘉慶、道光後多以此樹種製作家具，應用廣泛（邱茂林、洪育成、陳佩瑜，2007）。以下為家具常用之木材材質、產地、色澤及特色比較表（表 3-1）。

表 3-1：常用木材材質、產地、色澤及特色比較表

材質	產地	色澤	木材特色
柚木	泰、緬、印尼	深茶褐色 金茶褐色	木紋明顯，紋路自然渲染，多變化，硬度適中，含油質，防水性佳，是所有木板材料中最穩定者之一，適用於濕度較高的場所，木材質感十分古樸典雅，歷久彌新。
花梨木	泰國、寮國	深紅色 黃褐色	木紋明顯，木質堅硬，天然的色澤富變化，具神秘感，是極帶喜氣的花俏地面建材，穩定性佳。
紫檀木	東南亞、 高棉、巴西	紫黑色 紫紅色 棕綠色	材質十分堅硬，富有油質，防水性特佳，適用潮濕地區，質感細膩，耐用度佳，是高級木材之一。
檀香木	巴西	黃褐色 深褐色	紋路不明顯，有特殊香味，硬度適中，防水性亦不錯，貨源不穩，未被推廣，適用於佛堂。
黑金木	巴西	由白黑 →黃黑 →紅黑	木質硬度居所有木材之冠，其木材本身色澤會經時間的增長及陽光照射而呈多變性，是相有價的木材，穩定性極佳。貨源不穩，未普遍推廣。
銅柏木	東南亞	深紅色	沒有紋路，顏色均勻，質地穩定，是經濟式地板製材。
象牙木	巴西	黃奶油色	是淺色木材中本質最穩定，質地堅硬，質感細緻，明亮度夠，沒有明顯紋路，深受消費者喜愛。
紅橡木	北美（美加）	粉紅色	木紋十分明顯粗獷，有明顯的針狀條紋，具原木風味，表現自然豪放。
白橡木	中國	白褐色	不拘泥的特性，硬度適中。
楓木	北美（美加）	淡粉奶油色	木紋十分柔和，紋路相當細緻。硬度適中，不適用於濕氣較重的空間，並應選擇氣候較穩定時使用。
樺木	中國	淡奶油色	紋細而硬，抗磨力弱，容易加工、磨光及染色。
山毛櫸	丹麥	粉紅色	有細斑點（小刺狀），紋路細緻典雅，變色料搭配，使地面更富有變化，硬度適中，穩定性尚可。
銀柏木	北美	淡奶油色	木紋粗獷，與橡木相似，但沒有明顯的中斷針線木紋，質感佳，貨源不穩，未被普遍推廣。
檜木	臺灣、美國	黃奶油色	木紋細緻，質感細膩，但木材本身較軟，適用於和室，質量少，故未被推廣。
臺灣檫木	臺灣	金褐色 紅褐色	木紋明顯堅硬具光澤，是本省的特有高級木材，其規格多為平口拼花式地企口較少。
紅豆杉	巴西、中國	紅色	質地高貴，是昂貴木材，在台灣已列入保護，而進口量亦不多。
南洋檫	東南亞	土黃色	沒有紋路，顏色均勻，屬經濟式木材。
金車木	越南	橘紅色	似花梨木，結構密實，色澤均勻，穩定性佳。
烏心石	越南	奶油黃綠色	質地穩定不膨脹，似象牙木，是經濟型木板製材。
雙馬木	越南	深粉紅色	淺色似檜木，深色似檫木，紋路變化，質感細緻，硬度佳。

（資料來源：整理自林瑒璜，2001）

3.2.2 人造板材

由於尺寸有限，本身瑕疵（如節、瘤）及砍伐快，成長慢等，木材使用受到限制，解決之道乃是將剔除瑕疵之小木料，甚至廢木料予以膠合，此即膠合木材。膠合木材無尺寸之限制，材質均勻，更可廢物利用，是現在木材加工使用的主要材料。人造板材的構造種類很多，最常使用的有合板、木心板、塑合板和密集板等（林瑒璜，2001）。以下幾點為臺灣市場常使用之人造板材種類與特性分析（整理編寫自采威家具官網）：

1. 夾板

(1) 製成方法：

夾板亦稱合板，是以一層層的薄木片，依纖維方向上下層相互垂直，且以奇數層疊上膠後壓製而成，每一木片多使用不同種類的木頭切割拼接。膠合後之夾板，表面填補砂磨修整，並依照正確尺寸截切後分級銷售，由於品質穩定勻稱且不易翹曲，並可製成寬幅板材而廣受歡迎。夾板表面多具有貼皮加工，也會使用防火膠板等面板來修飾加工。亦有夾板塗一層防水保護膜後，再上漆使用。一般臺灣常用尺寸為 3×6 尺、3×7 尺、4×8 尺，厚度可依所需定製，常用厚度為一分（約 3mm）、二分（約 6mm）、三分（約 9mm）、六分（約 18mm）。

(2) 常見用途：

由於夾板在板材中具有較為堅固、支撐力強的特性，廣泛使用於一般裝潢建材。基於施工時間及材料價格等考量，許多住宅的隔間及牆壁會使用夾板作為材料。夾板隔絕噪音效果不如水泥牆面，但可依需求作裁切設計，變動性較大。夾板也廣泛用於一般展覽會場以及實體店面的展示隔間。家具方面，櫥類、櫃子兩旁側板、背板以及床台骨架，也常善用夾板不易變形的特性來乘載整體的重量。

(3) 特性：

夾板以多層木片黏合而成，最大的特色就是結構堅固、不易折斷。比起整塊原木的耐重性更強且不易變形。雖然同厚度的夾板比木心板來的貴，但是密度較厚實，結構也較堅固，更能符合傢俱所需要的承重度及耐壓性的需求。另一方面，夾板以螺絲穿透後較不會掉粉屑，維修和組裝上較簡便也較輕鬆，

所以不論是家具工廠或室內裝潢都很喜歡使用夾板。

2. 木心板

(1) 製成方法：

木心板是以木頭為實心的板材。層數為三層，中間是厚的實心材，上下兩層則為薄木片。木心板中間以實木條拼貼而成，需作上膠加工才能使之牢固，黏著劑裡面多半有添加甲醛等化學物質防止內部腐壞。木心板兩側的外層木片為夾板，一片約厚 2mm 不等。外層夾板通常會作貼皮或是上漆等加工處理，以符合現代家具的需求。

(2) 常見用途：

衣櫥、書櫃、餐桌等較大型的家具，由於需要承受的重量較大，材料多半使用木心板製成。尤其各種櫥櫃類的乘重面及桌子的桌面，幾乎皆以木心板製作。木心板比起整塊原木，較不會有彎曲變形的困擾；乘重量大，但重量相較於密集板卻來得輕，搬運上方便許多。木心板也廣泛運用於裝潢隔間的接合面，如隔間轉角及支撐點，皆善用木心板支撐力強的特點來使用。

(3) 特性：

即使品質再好的原木傢俱，也需要使用木心板的輔助。現代家具的造型偏向簡約、規格化，木心板能大量生產來製成桌面及櫃子的底部。除此之外，木心板也具有耐重、耐壓的特點，可以承受的重量亦大於同厚度的塑合板材，但木心板仍須注意甲醛等化學物質的含量是否過重。

3. 塑合板

(1) 製成方法：

塑合板（HDF, High Density Fiberboard）為高密度纖維板材，以碎木片、蔗渣、鉋花、削片為原料，不經蒸解，以人造樹脂或其他粘合劑粘壓而成。塑合板外層再壓合一層薄的美耐皿，可防水、防火、耐磨，在歐美屬環保性材質。目前廚具的層板多使用 E1 級 V313 的塑合板，防水、防火性佳，浸泡於水中 24 小時的吸水膨脹率少於 5%。

(2) 常見用途：

一般市面常見造型方正、大眾化的現代傢俱多以塑合板為內材來製作，而台灣比較高級的家具品牌或進口家具也都以原木和塑合板做為傢俱的材料。一

般使用在需組裝的系統家具中。

(3) 特性：

塑合板由於膠合密度高、空隙小，所以不易變形，並且具有防潮、耐壓、耐撞、耐熱及耐酸鹼等特性。塑合板的內層木屑取材容易，可使用再生木材來製作，因此塑合板材可以減少木材砍伐，較符合環保。另一方面，塑合板易於切割成方正形狀，加上施工方便，可以做出各種造型，很符合現代家具大量生產、快速製作的成本概念。因此市面上方正的現代家具多半為塑合板結構。除此之外，塑合板材的表面雖經過特殊處理，但比起密集板的甲醛含量要低。

4. 密集板

(1) 製成方法：

密集板（MDF, Medium Density Fiberboard）為中密度纖維板材，通常會作防潮處理，是市面上平價家具常使用的材料。密集板與塑合板製成的原理一樣，皆是以木材碎片加膠之後高溫壓製而成，但密集板比塑合板所使用的木屑更細、更碎裂，所以比重也較重。密集板為 1989 年才上市的新材質，組成方式有整片一體成型和兩片組合而成，目前以採用前者居多。

(2) 常見用途：

密集板屬於價廉耐用又容易處理的材料，很適合用來製造家具。一般市面上常見的 DIY 及組合式系統家具，多半使用密集板或塑合板材來製作。例如較大型的家具量販店 IKEA、綠的家具、歐德家具……等業者，皆看中密集板切割方便、易於大量生產的特點而使用之。現今流行的現代家具，設計風格多偏向方正的簡約設計，規格較為普遍、大眾化的走向，是使用密集板材的大宗。其他如 OA 辦公家具，還有家中常使用的三格櫃、六格櫃也經常使用。密集板家具通常具有可拆卸、易組裝的特質，深獲目前家具消費市場所喜愛。

(3) 特性：

密集板材具有易切割、可刨刮、可雕刻等優點，使用較普遍。而且密集板較環保，能減少森林的砍伐。密集板家具低價、大眾化，使用過久即可汰換丟棄，很符合租屋族群及學生族群的需求。密集板最大缺點為不耐潮，在潮濕的氣候或是過熱環境下容易扭曲變形，但只要別將整塊密集板浸泡在水中，還是可以堅固的承受重物，並維持一定的使用品質。此外，由於密集板上膠過程

需要使用甲醛以加強防潮能力，故需注意甲醛的游離量是否符合國家訂定之標準。

表 3-2：人造板材種類特性之比較

種類	外觀	組成方式	常見用途	特點
夾板	 圖片來源：http://fangwusheji.baike.com/article-258304.html#qgaspx?ItemID=111259308718025	外層： 貼皮或上漆。 內層： 薄木片拼貼。	• 櫃類背板、側板 • 大面積桌面 • 床板 • 住家隔間 • 加工裝飾板材	• 抗壓、堅固、耐撞、穩定度高。 • 載重力在四種板材中最大。 • 可依需求創造不同厚度的夾板。 • 不易變形扭曲。 • 上釘方便，不易掉屑。
木心板	 圖片來源：http://fangwusheji.baike.com/article-258304.html	外層： 夾板貼皮或上漆。 內層： 實木條拼貼。	• 櫥櫃側板、底板 • 大面積桌面 • 床架、床條 • 住家隔間	• 抗壓、堅固、耐撞、穩定度佳。 • 載重力比塑合板大，不易變形。 • 價格較同厚度之夾板便宜。 • 上釘方便，不易掉屑。
塑合板	 圖片來源：http://warmhomefs.blogspot.tw/2012/02/blog-post.html	外層： 貼皮或上漆。 內層： 木材碎片加膠高溫壓製。	• 平價家具 • DIY 家具 • 系統家具 • OA 辦公家具	• 屬高密度纖維板材。 • 廢棄木料回收製成，屬環保材。 • 易切割，施工容易。 • 價格較夾板、木心板低廉。 • 密度越高抗潮性越佳。
密集板	 圖片來源：http://www.tzychen.com.tw/products/products.php?iNo=3	外層： 貼皮或上漆。 內層： 木屑粉加膠高溫壓製而成。	• 平價家具 • DIY 家具 • 系統家具 • 吸音材料 • 手工藝材料	• 屬中密度纖維板材。 • 廢棄木屑纖維製成，材料環保。 • 易加工，具多元商業價值。 • 表面平整容易上漆。 • 價格最為便宜、大眾化。 • 不耐潮，遇水易膨脹變形。

（資料來源：本研究整理）

3.3 加工工藝技術

將木材原材料通過木工手工工具或木工機械設備加工成構件，並將其組裝成製品，再經過表面處理、塗飾，最後形成一件完整的木質品的技術過程，稱為木材製品的加工工藝（桂元龍、徐向榮，2007）。

3.3.1 木材的加工

木材加工是指通過刀具破壞木材纖維之間的聯繫，從而改變木料形狀、尺寸和表面品質的加工工藝過程。以下為常見的鋸割、刨削、鑿削、鑽削、銑削等方式（桂元龍、徐向榮，2007）。

1. 木材的鋸割：

木材的鋸割是木材加工中用得最多的一種操作。按設計要求將尺寸較大的原木、板材或方材等，沿縱向、橫向或按任一曲線進行開鋸、分解、開樺、截斷、下料時，都要運用鋸割加工。

木材鋸割的主要工具是各種結構的鋸子，利用帶有齒形的薄鋼帶——鋸條與木材的相對運動，使具有齒形或刀形鋒利刀口的鋸齒，連續地切割木材纖維，從而完成木材地鋸割操作。鋸割工具主要有木工鋸和木工鋸割機床。

2. 木材的刨削：

刨削也是木材加工的主要工藝方法之一。木材經鋸割後的表面一般較粗糙且不平整，因此必須進行刨削加工。木材經刨削加工後，可以獲得尺寸和形狀準確、表面平整光滑的構件。木材刨削加工的主要工具是各種鉋子，主要有木工刨和木工刨削機床。利用與木材表面成一定傾角的刨刀的鋒利刀口與木材表面的相對運動，使木材表面薄層剝落，完成木材的加工。

3. 木材的鑿削：

木製品構件間結合的基本形式是框架樺孔結構。因此，樺孔的鑿削是木製品加工的基本操作之一。木材鑿削加工的主要工具是各種鑿子，主要有木工鑿和木工樺孔機床。利用鑿子的衝擊運動，使鋒利的刀口垂直切斷木材纖維而進入其內，並不斷排出木屑，逐漸加工出所需的方形、矩形或圓形樺孔。

4. 木材的銑削：

木製品中各種曲線零件，製作工藝比較複雜，一般是通過木工銑削機床來完成。

木工銑床是一種萬能設備，可用來截口、起線、開榫、開槽等直線成形表面加工和平面加工，但主要是用於曲線外形加工。

3.3.2 木材的接合

木製品構件間的結合方式常見的有榫結合、膠結合、螺釘結合、圓釘結合、金屬或硬質塑膠聯結件結合以及混合結合等。

1. 榫結合：

榫接（榫卯）結構為傳統木製工藝中極具代表性的製作技法，榫卯的製作，被運用在一切家具結構上，使木製家具工藝散發出一種精緻的氣氛，這種木工製作技巧，一直有其穩當的傳統性，沒有釘子，不須黏膠固定，是中國家具工藝製作的基本法則（黃俊傑，2009）。它的優點是：傳力明確、構造簡單；結構外露，便於檢查。根據結合部位的尺寸、位置以及構件在結構中的作用不同，榫頭有各種形式（圖 3-2 ～ 3-12）。

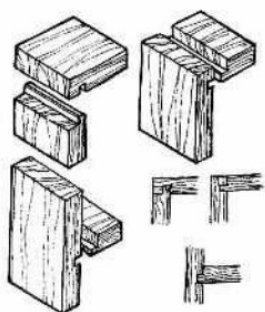


圖 3-2：榫舌榫槽結合

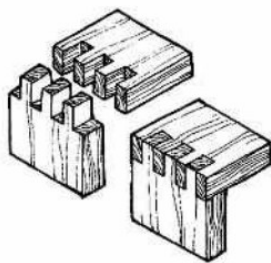


圖 3-3：指接榫

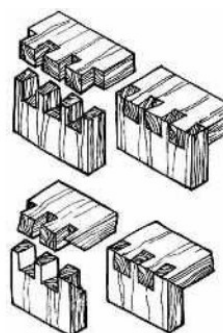


圖 3-4：鳩尾榫

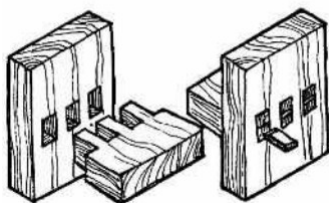


圖 3-5：指楔榫

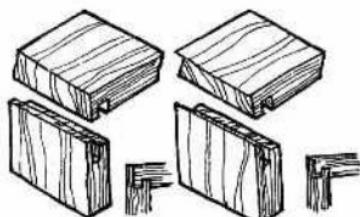


圖 3-6：直榫上連接和斜連接

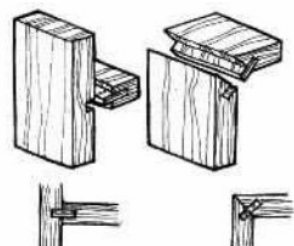


圖 3-7：置入式木榫角結合

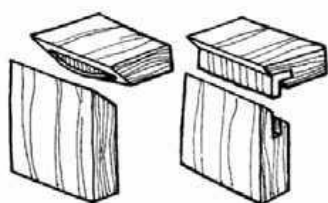


圖 3-8：斜角圓榫結合

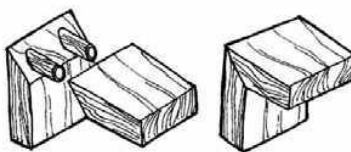


圖 3-9：特殊木榫角結合



圖 3-10：圓弧槽接和吸盤鳩尾槽接

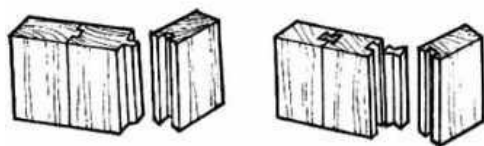


圖 3-11：止口拼接和鳩尾穿條連接

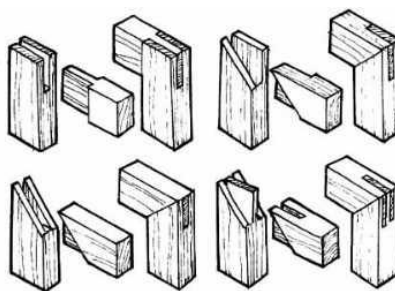


圖 3-12：槽榫結合

(圖片來源：桂元龍、徐向榮，2007)

2. 膠結合：

膠結合是木製品常用的一種結合方式，特別是隨著有機高分子合成工業的發展，研製和生產了品種與類型繁多的膠黏劑，使之得到更普遍的應用，主要用於實木板的拼接及榫頭和榫孔的膠合，製作簡便，結構牢固，外形美觀。木材膠合時使用的膠黏劑有很多，目前使用最多的是聚酯酸乙酸酯乳膠液，簡稱RVAC乳膠，即白乳膠。

3. 螺釘與圓釘結合：

螺釘與圓釘的結合強度取決於木材的硬度和釘的長度，並與木材的紋理有關。木材越硬，釘直徑越大，長度越長，沿橫紋結合，則強度越大；否則強度小。操作時要合理確定釘的有效長度，並防止構件劈裂。

3.4 曲木技術案例研究

無論天然或人造木質板材，在物理上皆具有一定程度之抗壓能力，若要改變板材特性，使之柔軟可彎曲或自由活動，傳統最常使用的技術主要為實木彎曲法及高週波積層曲木成形法。然隨時代及技術、科技的演進，陸續也衍生出多樣化的曲木加工技術，以下針對幾項具代表性之經典案例，作進一步探討與分析。

3.4.1 實木彎曲技術

實木彎曲是將材料先進行塑化處理（蒸煮軟化、藥劑處理、高週波或微波加熱化），再放入成形模具內，以壓床擠壓、加熱定型的技術。設備包括一組浸蒸設備及夾持木材候其乾燥之模具及壓床（圖 3-13）。模具一般以金屬製成，中間中空，其內可安裝電熱管。如果工廠有鍋爐或蒸氣加熱裝置時，可使用金屬軟管導引蒸氣於模具中，替代電熱管加熱的功能（鄭順福，2001）。

木料彎曲的步驟，是將事先裁切好的木條在加壓蒸氣室中加熱超過攝氏 100 度（華氏 212 度）。用手把已經變得極富彈性的木條放入鐵鑄模型中。為了防止木材裂開，必須在曲形外部緊緊扣上不銹鋼薄片；這種做法也可以讓木料超越平常的折彎程度。接下來，讓折彎的木料在攝氏 70 度（約為華氏 160 度）的環境中緩慢乾燥 20 小時。然後自模型中取出，砂磨、上色和拋光（Thomas Hauffe，2010）。實木的軟化技術，目前最新的方法是以氮化合物處理，經處理的木材其可塑性彎曲係數能增加數倍之多，任何彎曲度都能完成（鄭順福，2001）。

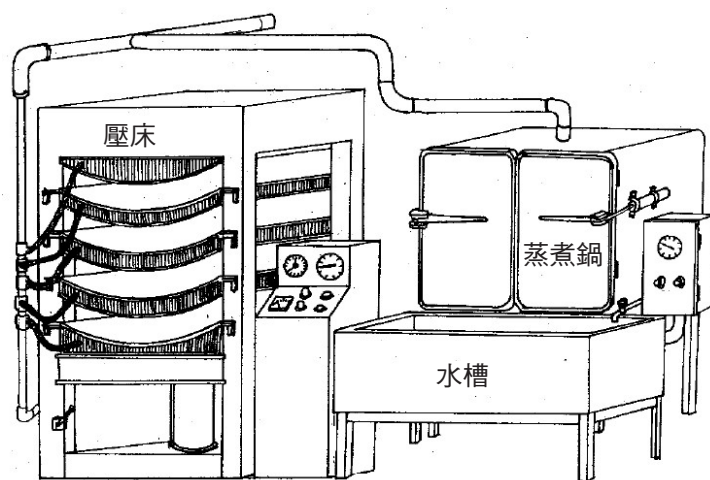


圖 3-13：實木彎曲壓床設備（鄭順福，2001）

3.4.1.1 實木彎曲技術—Thonet NO.14 咖啡椅

實木彎曲技術歷史悠久，緣起年代已不可考，而西方曲木技術的最大突破，則為十九世紀中葉 Michael Thonet（1796-1871）所研發的 Thonet NO.14 咖啡椅（圖 3-14）。

Thonet 這位現代家具生產的先驅，是一位來自德國萊茵蘭（Rhineland）的木匠、發明家和實業家，他嘗試把精確的手工技藝和現代的工業方法結合在一起。

Thonet 不滿足於只是用工業化製作方式來仿效工業化之前的產品款式，他決定要讓現代技術成為一種設計原則。約在 1830 年左右，Thonet 開始嘗試將木製家具元件彎曲成弧狀。他發展出一種方法，能夠讓堅硬的山毛櫸木條在蒸氣壓力之下彎曲成圓形或 S 形（Thomas Hauffe，2010）。藉著蒸汽和鑄鐵夾具成形的各種式樣，使 Thonet 可以隨意把任何長度的木條變成隨心所欲的形狀，使得之前要一個一個完成或先將木材一段段彎曲後再黏成的組件可以用簡單的螺絲扭緊後連接在一起了。這樣會使椅子更輕盈，而且也減少重量，比起當時其他所有知名的椅子，Thonet 所設計的產品在運輸上更佔優勢，它可以在運送前將零組件拆開來，等到收貨地點時再組裝起來。Thonet 因此得以將他的椅子外銷到全球各地，使得他舉世聞名（林幸蓉，2002）。

Thonet NO.14 咖啡椅於 1859 年首度發表，號稱「椅子中的椅子」，也被稱為維也納椅（La Vie 設計美學家，2013）。曲木椅的結構包含：只用一根木條所製作出與椅背相連的後椅腳、兩根前椅腳、用來強化椅背結構的彎曲木條還有支撐椅座的座環（圖 3-15）。Thonet 在組裝椅子時，並非使用黏著劑或榫接法將零件結合，而是使用螺絲釘。一張簡單、堅固、雅致又平價而且易於組裝的椅子就此完成（Philip Wilkinson，2014）。到了 1930 年，已經生產了 5 千萬把，法國建築師柯比意（Le Corbusier）更曾充滿敬畏地讚嘆道：「再沒有比它們在概念上更典雅、更卓越，在構造上更精確、更實用的東西了。」（Thomas Hauffe，2010）。直至今日，仍有許多廠商的曲木椅以原製作方式製造，儼然成為彎木椅的典範以及現代量產家具的原型。



圖 3-14：Thonet NO.14 咖啡椅（圖片來源 <http://www.jbdesign.it/idesignpro/Thonet.html>）



圖 3-15：NO.14 咖啡椅組件（圖片來源 http://blog.roodo.com/d_wh/archives/25209694.html）

3.4.2 積層曲木成形技術

積層曲木成形是以容易彎曲之單板（Veneers），塗佈膠合劑於每片單板之間，將所需積層之多片單板放入成型模具內，以壓床擠壓定型，再以高週波振盪電流加在膠合線上，使膠合劑發熱瞬間乾固，單板即依模具之形狀固定成型的技術（鄭順福，2001）。利用曲木結構製造的產品，線條彎曲自然，且可保持完整的木材紋理。在多層膠水貼合，熱壓彎曲成型之後，並不因此損壞木材纖維結構，更具有抗潮、抗扭、不開裂、經久不變形等優點（大肯曲木，2013）。曲木成形的設備包括佈膠機、高週波發射機及壓床等三部份（圖 3-16）。

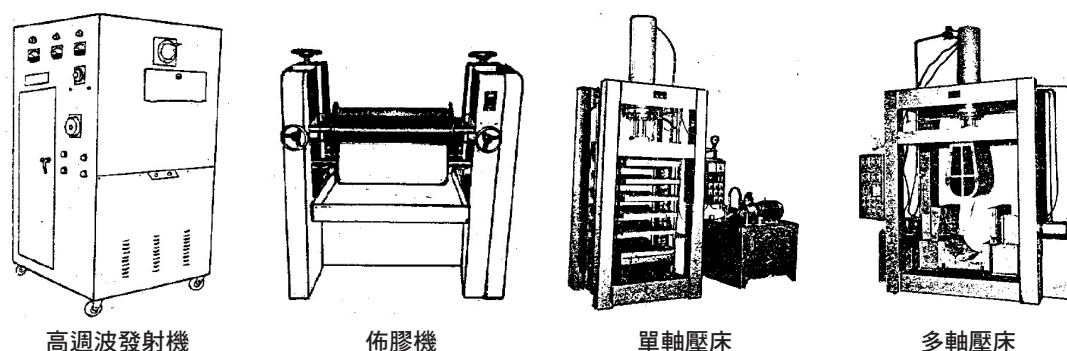


圖 3-16：積層曲木成形設備（鄭順福，2001）

3.4.2.1 積層曲木成形技術—Aalto 懸臂椅

成功運用積層曲木成形的經典案例為 Aalto 懸臂椅（圖 3-17）。芬蘭的 Alvar Aalto（1898-1976）長年致力於曲木實驗，潛心研究如何使木材能像鋼材一樣彎曲成需要的造型。他偏愛的材料包括膠合板和樺木，並且認為膠合板和樺木比當代設計師所青睞的鋼管，提供更佳的使用舒適度（Philip Wilkinson，2014）。他在前輩 Thonet 對模壓膠合板及彎曲木技術的研究基礎上，進行了改進與創新，而這項研究也導致了 20 世紀 30 年代革命性設計的產生。

Aalto 設計的懸臂椅是第一個使用積層板的懸臂結構設計，也開闢了使用積層木和膠合板的新方向。懸臂椅是一種以彎木將扶手、椅腿和支撐連成一體の木椅，支架則由一片樺木膠合板經蒸汽機器熱壓彎曲成型再切割而成，這種膠合板做懸臂結構的大膽嘗試是前所未有的，為當時彎木技術探索中邁出更為創造性的作品，懸臂支架不僅在力學上成為可能，還能讓使用者獲得一種更有彈性的舒適感，更重要的是它創造了一種新的木椅形式（盧永毅、羅小未，1997）。

此外，雖然 Aalto 的作品造型優雅，形式簡約並具現代主義重功能的設計觀點，卻同時具有溫暖的質地與觸感。Aalto 作品的靈感，大多來自芬蘭的大地景色，而且對於芬蘭盛產的木材，抱著感恩和惜愛的敬意（Philip Wilkinson，2014）。他的設計哲學與精神意志，以及愛護自然的心，使他的作品就像是技術熟練的工匠，使用自然材料一個個手工加工而成，極富人情味。這也使他當之無愧地成為現代主義機器化時代下，人性化設計的代表。



圖 3-17：Aalto 懸臂椅（圖片來源：Artek 官網）

3.4.3 切縫彎曲技術

切縫彎曲（Kerf Bending）不同於實木彎曲或積層曲木成形需經過高溫、加壓、定型等過程，改以切縫消去的方法，使板材達到彎曲的效果。其加工方法為，使用自動圓鉅機在板材內側等距削出切縫，切縫須盡可能均勻，並避免削切過深導致板材的斷裂（摘譯自 How to Bend Wood）。

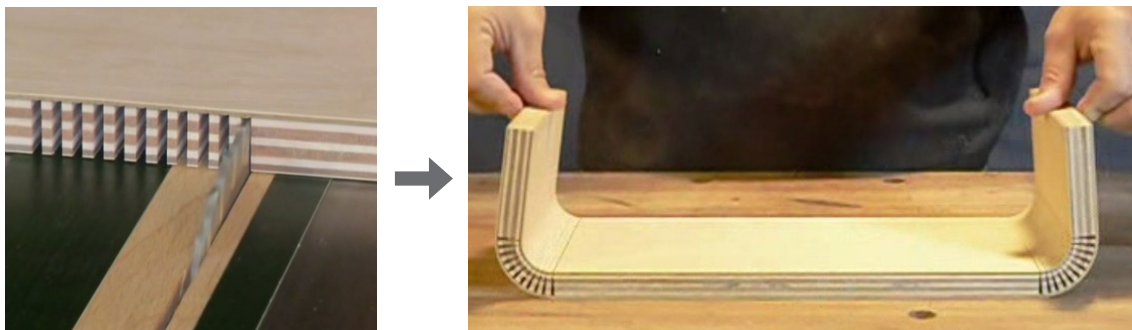


圖 3-18：切縫彎曲過程（圖片來源：截取自 <http://www.youtube.com/watch?v=g49H35ie2eQ>）

3.4.3.1 切縫彎曲技術—kerFchair

kerFchair 是由 Boris Goldberg 所設計，製作上使用樺木板材及 CNC 銑床技術²加工後組裝而成。Goldberg 運用 CNC 電鑽鑽頭的高速旋轉刀具，由上而下、由外而內在板材表面進行銑削，等距鑽鑿出特定厚度的切縫，使板材達到彎曲的目的。這種做法避免了過去彎曲木材及模具壓製定型的繁複過程，同時，這張 kerFchair 也是由平板板材及少許螺絲零件便可輕易組裝（摘譯自 Design Milk 官網）。

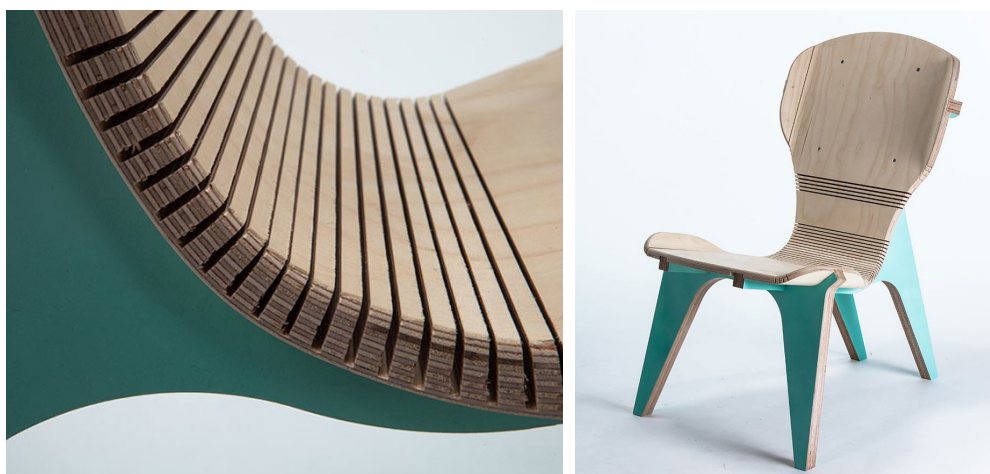


圖 3-19：kerFchair（圖片來源：Design Milk 官網）

3.4.4 木片紡織拼貼技術

木片紡織拼貼技術由德國設計師 Elisa Strozyk 所開發，傳達的是一種「木製紡織」的新感官體驗。將木材轉化為柔性表面的處理方法，是從木頭削下 0.6 公厘左右的木皮³後，經過裁切、解構為大量的三角形木片，再以人工方式黏貼到紡織品上，並以特定的幾何圖案排列，使木片彼此間留有空隙，因而整張貼滿木片的布料能自由的曲伸、折疊。由於並非所有削切下的木皮都適合當布料，這使得 Strozyk 花了好幾個月時間實驗各種木材，最後終於利用木皮本身具有彈性的特性，設計出 Wooden Textiles。（摘譯自 ELISA STROZYK 官網）。

-
2. CNC 銑床技術：多軸 CNC 電腦數值控制銑床是發展已久的工業自動化技術，設計者的數位模型表面或物體，透過電腦輔助製造（CAM）軟體設定材料屬性、加工速度、切削方法等所運算出的刀具路徑，以類似電鑽鑽頭的高速旋轉刀具，一層層由上而下、由外而內，在實體材質表面上進行銑削去除多餘部分的減法製造工法（邱浩修，2013）。
 3. 木皮（veneer）：木皮是薄薄削下、鋸下或切下的一種木質薄片，通常拿來貼在比較便宜的底木上，人們可以利用這種價廉物美的方式製造出統一的硬木表層（Thomas Hauffe，2010）。

以技術而論，Strozyk 的貼皮技法並非首創，最早可追溯自文藝復興時期，機械式的木皮削切機在 1817 年問世，它也開啟了維也納的貼皮技術工業（Thomas Hauffe，2010）。Strozyk 的木片紡織拼貼便是應用貼皮技術，以及參考傳統手工精裝書殼⁴的製作概念改良而來。

3.4.4.1 木片紡織拼貼技術—Wooden Textiles

木材作為硬質材料，我們知道走過木地板的感覺，以及撫摸木製桌面或樹皮的觸感，但 Strozyk 企圖挑戰的，是木材的可塑性及「軟和硬」結合後，情感上可能產生的化學作用。Wooden Textiles 是半木材半紡織品，質料介於柔軟與堅硬之間；它看起來和聞起來很熟悉，感覺卻非常特殊。

Wooden Textiles 已可製作為被子、毯子、窗簾、燈罩等家具配件（圖 3-19），甚至擴及服飾的設計，應用廣泛（摘譯自 ELISA STROZYK 官網）。不過，以目前工藝設計的趨勢而言，Wooden Textiles 手工拼貼耗時費工，且木片材料不如真正布料經得起水洗，在清潔、保養及耐用度等實用層面，仍有很大的改進空間。

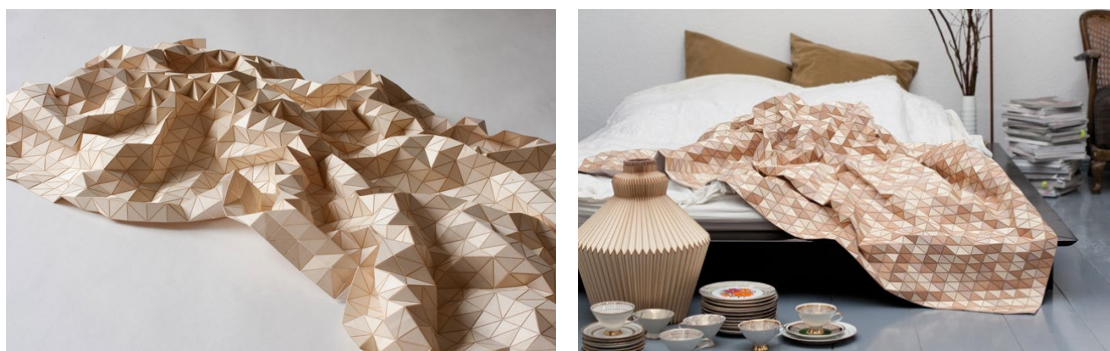


圖 3-20：Wooden Textiles（圖片來源：ELISA STROZYK 官網）

4. 精裝書殼：書殼的製作，先按規定尺寸裁切封面材料並刷膠，然後再將前封、後封的紙板壓實，留下空隙作定位（稱為擺殼），再用皮、布或厚紙等材料包覆邊緣和四角，進行壓平即完成書殼的製作。

3.4.5 鉸鍊式結構技術

鉸鍊（Hinge）是用來連接兩個固體，並允許兩者之間做轉動的機械裝置，由可移動的組件、或由可摺疊的材料所構成（維基百科，2013）。鉸鍊在日常生活中的使用極廣，材質有木材、石材及金屬等。一般的鉸鍊，是使用較薄的二片金屬板互相的組合，在邊緣製造成凹凸的構造，並在其中穿進金屬線成卷狀（朝倉直巳，1994）。另外，根據潘東波（2009）在包裝上對鉸鍊的定義為：「鉸鍊本是門固定門框上所使用的可供開閉的活動五金（圖 3-21），蓋子可以自由開閉的盒子也就稱為「鉸鍊式活蓋盒」（雖未真的裝有鉸鍊唯其功能是相同的）。」此結構也大量應用於塑膠材質之重複可開闔容器，例如眼鏡盒（圖 3-22）、CD 盒及工具箱等。

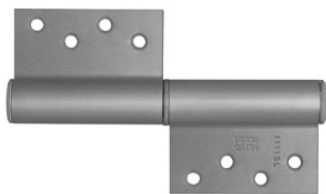


圖 3-21：五金鉸鍊
（圖片來源：http://www.jiyoujiang.com/nine2_3.asp?num=2782）

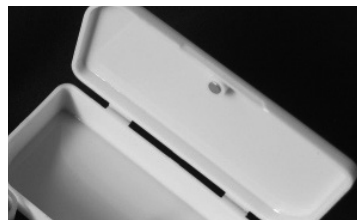


圖 3-22：塑膠眼鏡盒
（圖片來源：<http://detail.1688.com/offer/935819024.html>）

「鉸鍊式結構」為荷蘭 Snijlab 公司所研發。Snijlab 是一間位於荷蘭鹿特丹的數位化創意製作公司，提供個人或企業各式板材的數位運算切割服務。Snijlab 致力於機器及軟體的開發，研究如何提高削切效率、尋找合適的材料和自動化生產，盡可能降低生產成本，並使這一切成為可能。經由實驗，Snijlab 發現一項使木質板材能自由活動的創新性技術：利用雷射切割⁵或 CNC 銑床技術在板材表面進行穿透式幾何圖樣切割削減，破壞板材原本緊密的纖維組織，使木板變得柔軟，並能彎曲、摺疊而不斷裂（圖 3-23）（摘譯自 Snijlab 官網）。

5. 雷射切割：它的原理是以紅外線混合二氧化碳或氬氣產生的高溫雷射將材料快速溶解，並透過設定雷射功率高低，或行進速度快慢來控制在材料表面形成深淺刻痕，或將平面材料直接切斷的不同效果，屬於平面上將材料消去取出的減法構成方式（邱浩修，2013）。

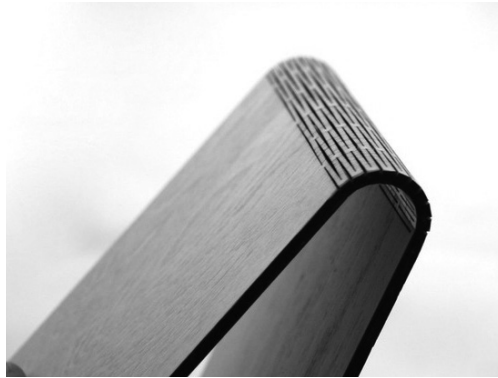


圖 3-23：鉸鍊式結構（圖片來源：Snijlab 官網）

3.4.5.1 鉸鍊式結構技術—Snijlab 木製文件夾

Snijlab 木製文件夾（圖 3-24）為白樺木膠合板所製成。木板經過精細切割後，表面看起來平滑工整，並保有彈性的觸感。木製蓋板可完全展開至背面，方便單手舒適掌握。裡面同材質製成的強力夾 hold 住 A7 大小便條紙，當它使用完後，還可以輕鬆地更換它。

在數位科技輔助下，只需單一材料及單一步驟便得以在內部完成所有程序，不必大批生產，同樣享有低廉的成本。事實上，這不僅看起來很酷，也的確是 Snijlab 一直追求的，數位化製造和個人製造的力量。

Snijlab 已將這項技術分享予創用授權⁶，讓顧客也能使用這項技術來創造個人化的設計（摘譯自 Snijlab 官網）。

6. 創用授權：著名法律學者 Lawrence Lessig 與具相同理念的先行者，於 2001 年在美國成立 Creative Commons 組織，提出「保留部份權利」（Some Rights Reserved）的相對思考與作法。Creative Commons 以模組化的簡易條件，透過 4 大授權要素的排列組合，提供了 6 種便利使用的公眾授權條款。創作者可以挑選出最合適自己作品的授權條款，透過簡易的方式自行標示於其作品上，將作品釋出給大眾使用。透過這種自願分享的方式，大家可以群力建立內容豐富、權利清楚、且便於散布的各式內容資源，嘉惠自己與其它眾多的使用者。而 Creative Commons 所提供的公眾授權條款，台灣稱為「創用 CC 授權條款」，取其授權方式便於著作的「創」作與使「用」之意（台灣創用 CC 計畫 <http://creativecommons.tw/>）。



圖 3-24：Snijlab 木製文件夾（圖片來源：Snijlab 官網）

總結以上案例，主要探討設計師對於木製工藝的精神與堅持，以及其理念下針對曲木技術的研發與改革。對於因時代演進、改良下的技術，並無法下定論哪種是最佳做法，重點仍在於材料的特性與目的需求。例如切縫彎曲採用相對簡便的方式替代傳統曲木法，追求的是「個人製造組裝」的概念；木片拼貼則在挑戰木材的可塑性與情感上的感官體驗；鉸鍊式結構的原理，與切縫彎曲及木片拼貼做法上源自類似的概念，亦即對材料做切割與削減、進行物理上破壞，減弱強度並使其柔軟。但又因設計物與材料厚薄度之分，而有不同的最適做法。可以確定的是，越強調個人化、小量化的工藝製作，越需仰賴結合工業精準度與手作隨機質感的數位輔助技術與革新，這也是本研究在創作技術層面的探討重心。

第四章 設計發展與創意理念

根據前述章節之相關學理與文獻探討，分析現今工藝設計思潮與發展趨勢，並藉由材料特性與案例的相關研究，瞭解材料與技術的實務應用面向。本研究在此階段，將藉助數位輔助軟體與技術，以「鉸鍊式結構」為基礎，利用其「可柔性化」及視覺上獨特的「裝飾效果」，採用單一環保密集板材、樺接結構接合，以及組件單元化為思考方向，設計出兼具美感與實用概念之造型創作作品（圖 4-1）。最後再依創作成果，對照先前文獻的檢討與驗證，綜合評析是否符合創作研究之設定目標。



圖 4-1：設計發展概念圖

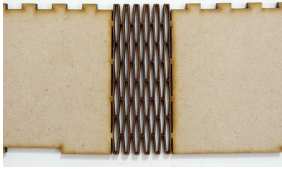
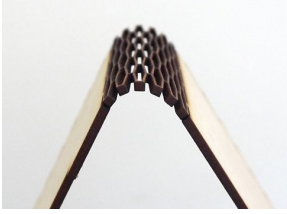
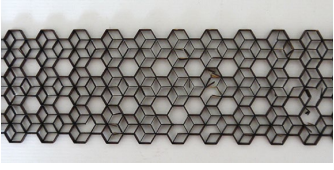
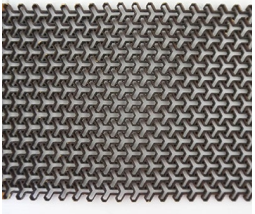
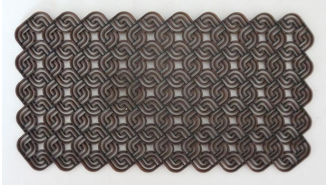
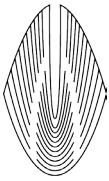
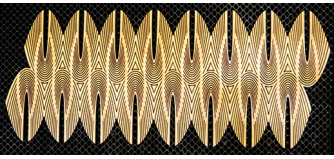
4.1 鉸鍊式結構實驗

進入創作階段之前，首先須對鉸鍊式結構的特性與技術，有確實的掌握及瞭解。本節針對鉸鍊式結構做圖案樣式與材料密度的切割測試，藉由實驗結果的整合與分析，挑選出具有最小彎曲弧度及最大柔軟度之結構，再進行後續造型的設計發展與創作。

4.1.1 幾何圖形切割與板材柔軟度之比較

本研究繪製出數個基本單位幾何形，由 Adobe Illustrator 軟體做二方連續等距複製，設計出 5 款鉸鍊結構之組成圖案樣本。以相同厚度（3mm）之密集板為材料進行雷射切割，並實際記錄各個樣本的柔性程度。以下為彙整後之實驗結果比較表（表 4-1）。

表 4-1：數列幾何形切割與板材柔軟度之比較表

編號	基本單位形	切割實品	柔軟度側視圖	說明
A				單位形瘦長且圖案較單純，可彎角度範圍大，柔軟度佳。
B				圖案複雜，線條過細導致彎曲後有斷裂的情形，柔軟度不佳。
C				圖案排列緊密複雜，僅能做大角度之彎曲。柔軟度普通。
D				圖案過於複雜方正緊密，幾乎無法彎曲。柔軟度極差。
E				圖案雖複雜，但切割線條多且細密，故彎曲效果不錯。柔軟度佳。

由表 4-1 之結果，獲致以下結論：

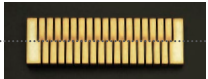
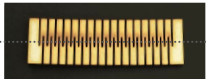
1. 基本單位幾何形寬度越窄，排列越單純，柔軟度越佳。
2. 基本單位幾何形越方正，排列越複雜，柔軟度越差。
3. 幾何排列圖案線條越細，柔軟度越佳，但強度也較差；反之，線條越粗，柔軟度越差，但強度較好。

4. 板材只能順圖案排列平行方向彎曲，若朝垂直方向彎曲會造成斷裂之情況。
5. 並非越複雜的圖案柔軟度就越差，還需考量切割的線條密度與方向。

4.1.2 密度切割與柔軟度之關連性

由表 4-1 推論，影響板材柔軟度之因素，除了鉸鍊式圖案類型，密度也是可能原因之一，故針對線條的排列密度再做進一步實驗測試。實驗方式為：取 5 片相同面積與厚度（6mm）之密集板材，由寬鬆至緊密程度，分別畫出不同密度之線段，並進行雷射切割，最後依切割結果比較密度與柔軟度之關連性。下方為彙整後之實驗結果比較表（表 4-2）。

表 4-2：切割密度與柔軟度之關連性比較

編號	切割實品	柔軟度側視圖	說明
A			A 的密度最寬鬆，上下兩方的線條並未於中心線處交錯。柔軟度最差。
B			B 與 C 密度相同，但上下兩方與中心線的交錯程度不同，結果也不同。 C 的彎曲柔軟度較 B 為佳。
C			
D			D 上下兩方的線條穿越中心線彼此交錯，切割的線段最長，柔軟度最佳。
E			E 的切割間距最寬，削減掉的材料也最多，但柔軟度不及 C。

由表 4-2 之結果分析，獲致以下結論：

1. 穿透切割的線段越長，密度越密集，柔軟度越佳。

2. 剷除掉的板材越多，餘下的板材面積越少，柔軟度越佳。
3. 間距相同，但切割線段長度不同，結果也不相同。相互交錯之切割線段越長，柔軟度越佳，反之則越差。

綜合上述兩項表格之實驗結果彙整與分析，得知鉸鍊式結構的組成形式、密度、線段切割長度及剷切面積等，都會影響整體結構之柔軟度。本研究認為單純由線段組成、或由瘦長單位形如「」、「」組成的圖案樣式結構，最符合廣泛的造型應用需求，故將其列為後續設計發展使用之結構樣式。

4.2 設計發展與創作

此階段運用上述之鉸鍊式結構樣式，並以基本形方形、三角形及圓形為造型設計方向，發展創作出：方形上蓋盒、三角開蓋盒、柱型長式提籠、錐型短式提籃及自由組裝式圓罩等五項系列作品。

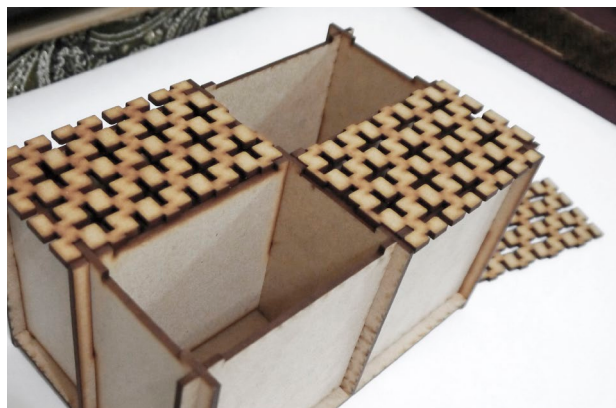
4.2.1 方形上蓋盒

傳統木盒設計多半為盒蓋與盒身分離設計，在材料的接合上，常用有指接樺、燕尾樺或十字交叉樺等結構，本創作目的以既有的方形盒結構為基礎，局部再進行弧度與盒蓋的改良，為方正印象的木盒賦予更圓融的面貌。

● 創作程序

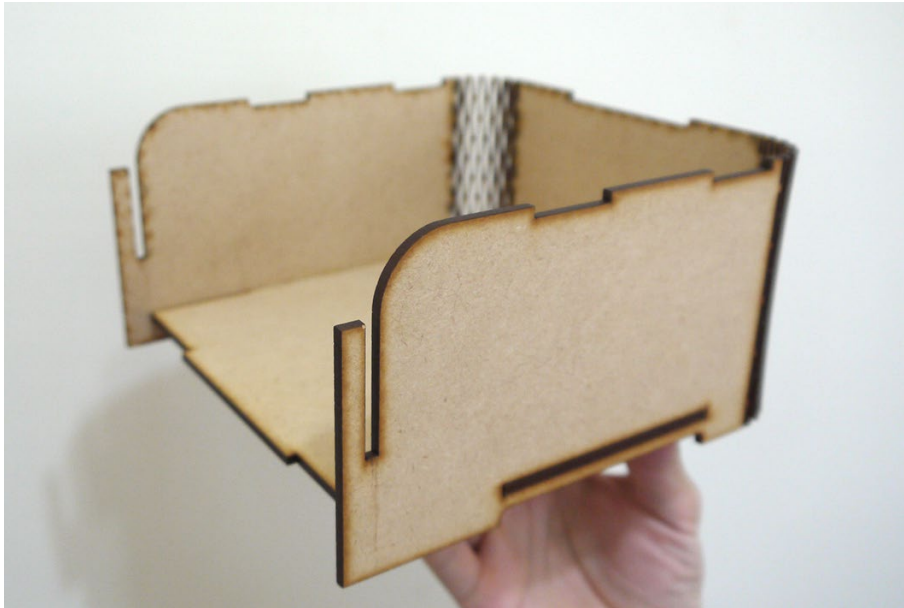
1. 創作媒材：Adobe Illustrator、3mm 密集板、雷射切割機
2. 造型設計與修正過程：

階段 1



參考市面既有方形盒結構，改良為十字交叉樺接式四格方形盒。此盒四邊皆為方正直角，盒身與盒蓋為分離的扣卡式設計。

階段 2



保留十字交叉榫接，並在盒身邊角加入鉸鍊式柔性結構，使原本方正的直角成為有弧度的圓角設計。

階段 3



鉸鍊式結構連接了盒身與盒蓋，在上蓋與盒身的邊緣做凹槽處理，使盒蓋能自由活動並緊扣卡接於盒身。

組裝步驟示意圖

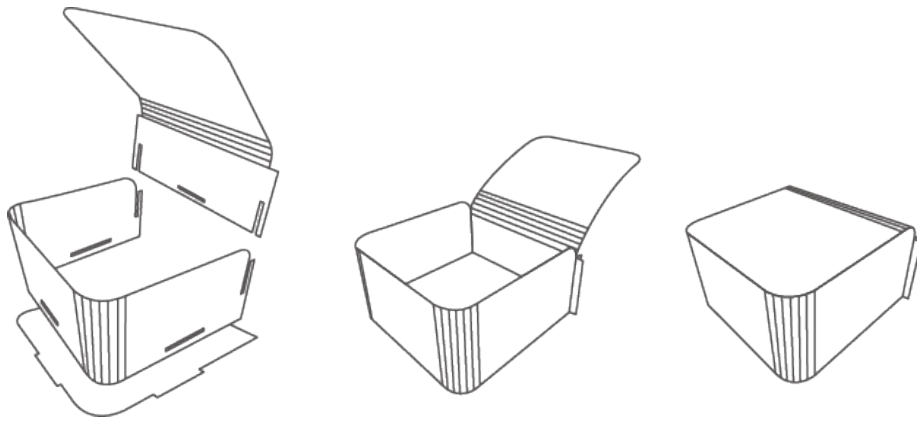


圖 4-2：方形上蓋盒—組裝步驟示意圖

造型成品—方形上蓋盒

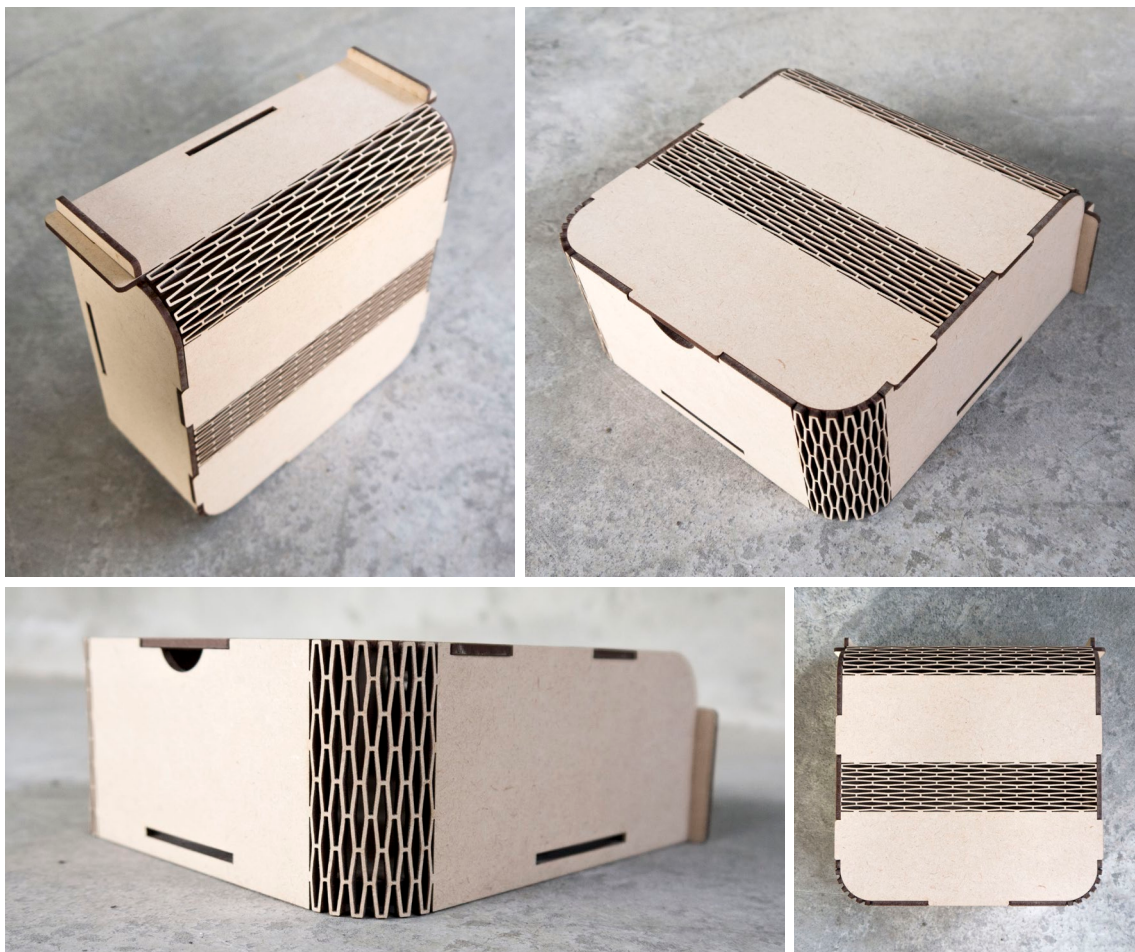


圖 4-3：方形上蓋盒—成品展示

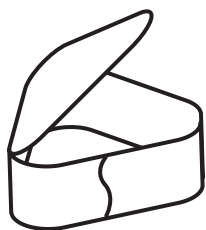
4.2.2 三角開蓋盒

正三角形為等邊等角組成，發展為立體造型後，又可再排列、組合、堆疊，變換成為各種幾何型體，對於造型陳列有很好的視覺效果。但也因為三角造型角度接合不易，在木質板材的結構設計上難有突破，鉸鍊結構的運用使板材可像紙張一般彎折，這解決了轉角的接合問題。本研究利用這項特點，對三角木盒進行結構實驗，嘗試創作出新的可能性。

● 創作程序

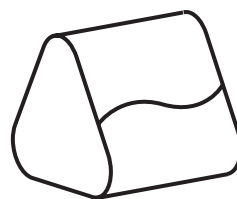
1. 創作媒材：Adobe Illustrator、3mm 密集板、雷射切割機
2. 造型設計與修正過程：

階段 1



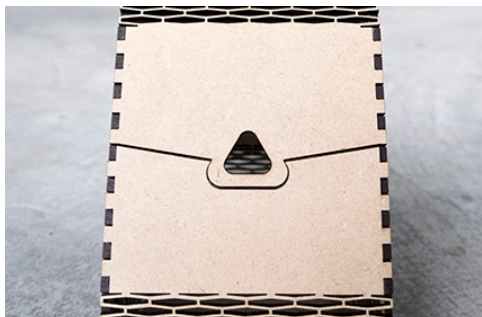
最初三角盒的設計與方形盒類似，採上開蓋的模式。但如此做法，一來在盒子側身會留下接合痕跡，造成視覺上的突兀感；二來結構與方形盒相同，較欠缺突破性，故再轉個方向思考。

階段 2



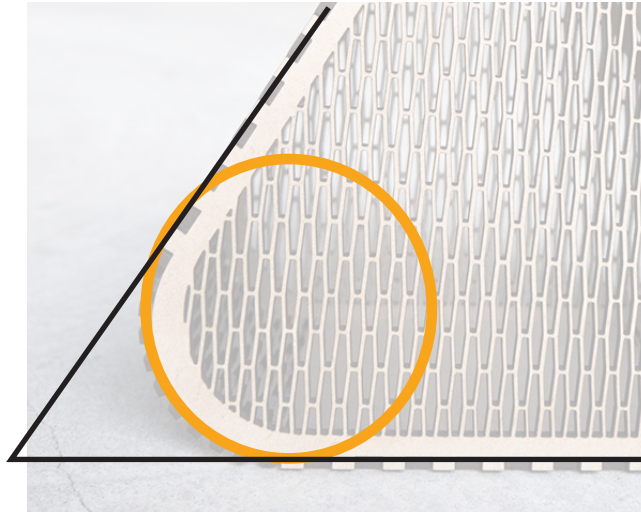
因無法避免在盒身留下接合痕跡，在不增加材料的做法下，直接將接合處設計成為三角盒的開蓋（類似皮夾的開啟方式），視覺上反而協調許多。

階段 3



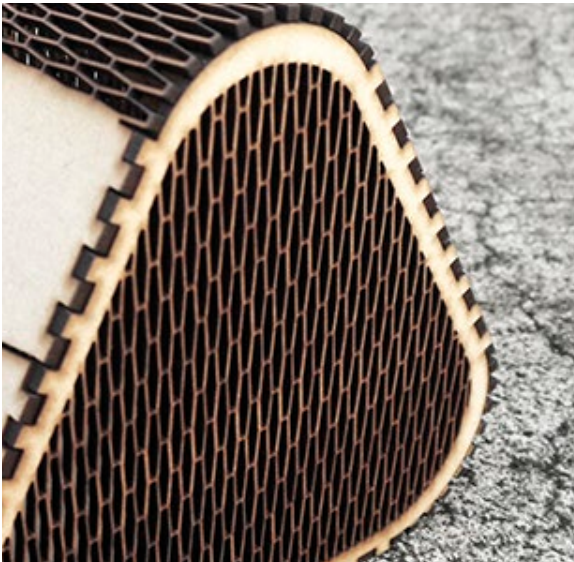
盒子開口設計為三角意象的鳩尾榫接合，並留下孔洞方便手指伸入開啟。側身採指接榫作為接合方式。

階段 4



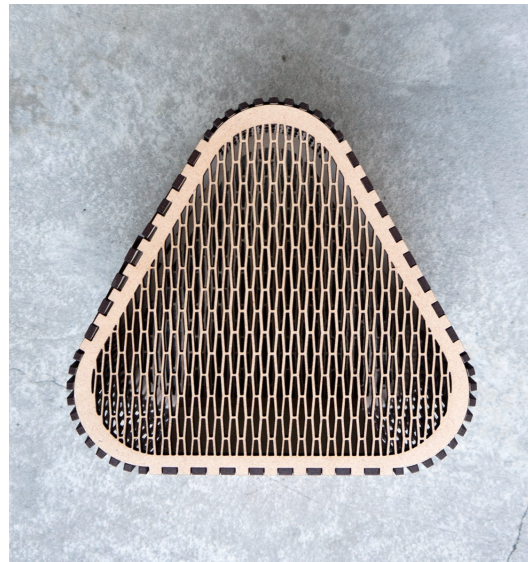
側身為圓角設計，外圍必須以角度推算弧長再計算總長度。由於板材薄，後續雷射切的功率設定也會造成切割上的誤差，必須多次測試拿捏精準度。

階段 5



鏤空設計在視覺上具裝飾及光影錯落的美感，故兩側三角板面也採用相同圖案做切割。材料經雷射切割後留下自然的焦痕色澤，具有一種樸拙美。

階段 6



材料再經砂磨處理後，則加強了表面與切面的色澤對比，呈現出較為乾淨簡練的味道。

組裝步驟示意圖

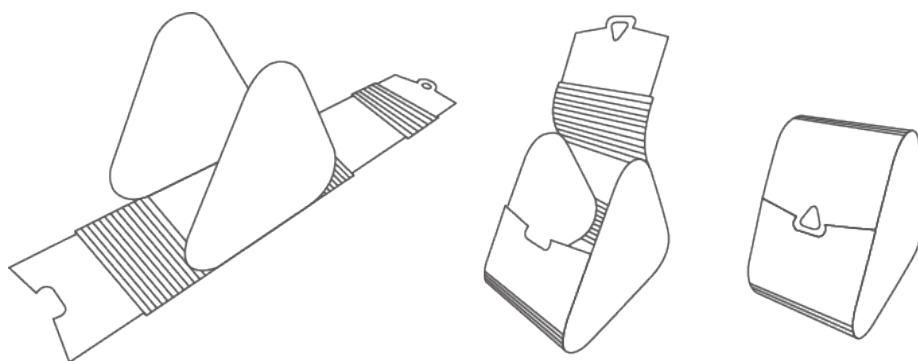


圖 4-4：三角開蓋盒—組裝步驟示意圖

造型成品—三角開蓋盒

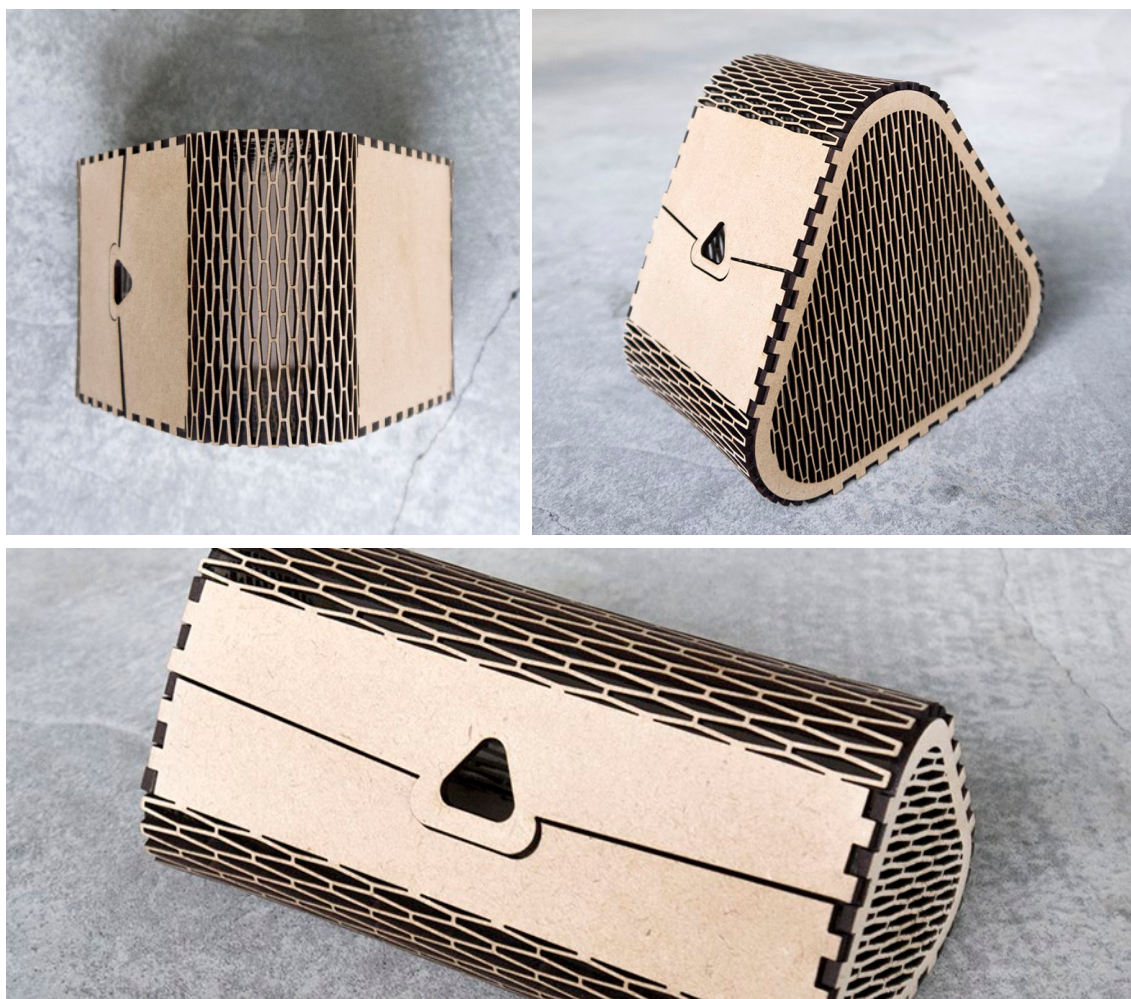


圖 4-5：三角開蓋盒—成品展示

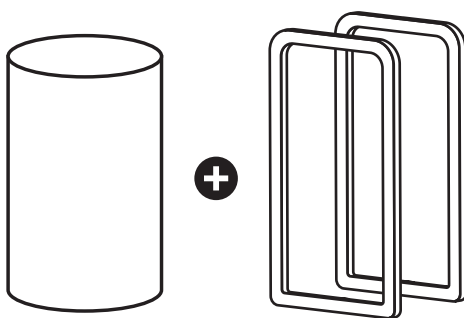
4.2.3 柱型長式提籠

現代繪畫之父塞尚認為，在自然中一切物象均可還原為圓錐、球體及圓柱體，這個論點也影響了後來立體主義的發展。作為立體造型創作，本研究認為「圓體」是相當重要的一環，如何應用鉸鍊式結構，將硬質板材發展為圓體造型，材料接合面的處理成為很大的挑戰。本創作主要針對鉸鍊式結構的柔性程度做實驗及修正，並賦予造型使用上的機能性。

● 創作程序

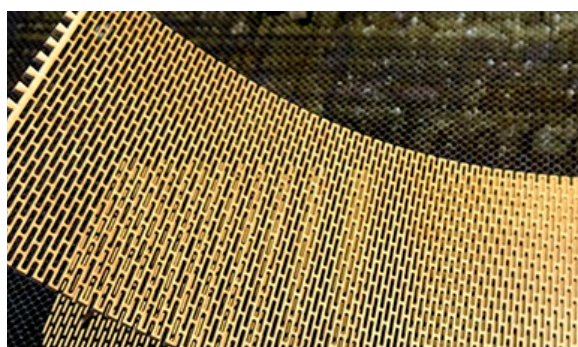
1. 創作媒材：Adobe Illustrator、3mm 密集板、6mm 密集板、雷射切割機
2. 造型設計與修正過程：

階段 1



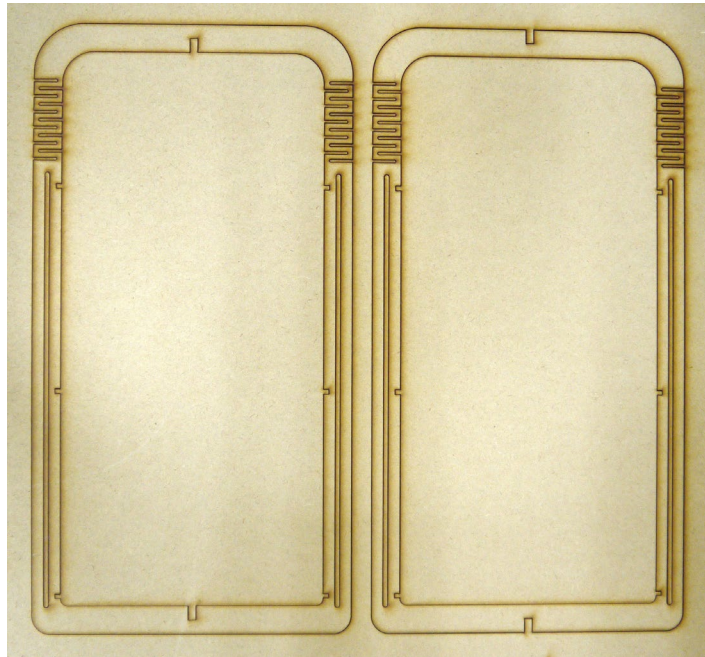
對於圓柱型體的設計思考，我希望除了造形之外，也能賦予使用的機能性。基本設定為具有盛裝空間與立架支撐的展示功能。

階段 2



針對圓柱體外圍的鉸鍊結構柔性程度做測試。以單位形「U」發展為鉸鍊的圖形結構，並且大面積應用於圓柱體身。這個步驟重點在調整鉸鍊的密度，確保材料切割後能順利彎捲為弧度優美的正圓形。

階段 3



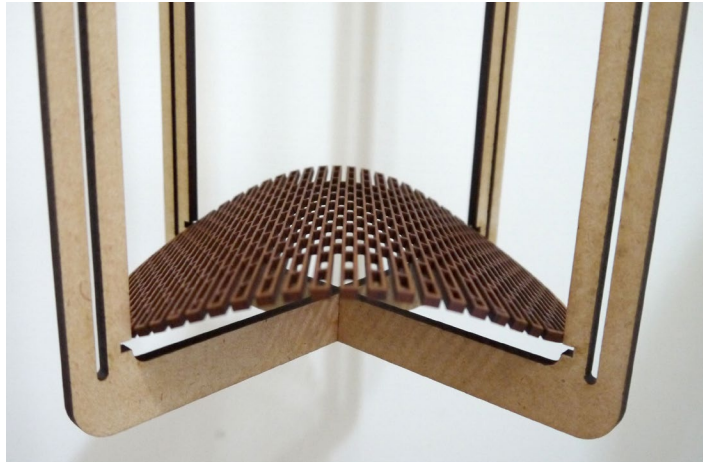
圓柱的支架必須能穩固撐起整體造型及重量，同時做為造型的提把機能。設計採用兩個封閉矩形做十字交叉接合。

階段 4



為了讓兩個封閉的支架能彼此鑲嵌卡接，在支架上端局部做鉸鍊式設計，利用結構的使材料具有彈性。

階段 5



圓柱型體底部同樣使用鉸鍊式結構設計，使底面材料能彎曲並順利伸展卡接進提把的溝槽。

階段 6



圓柱型體底部同樣使用鉸鍊式結構設計，使底面材料能彎曲並順利伸展卡接進提把的溝槽。

組裝步驟示意圖

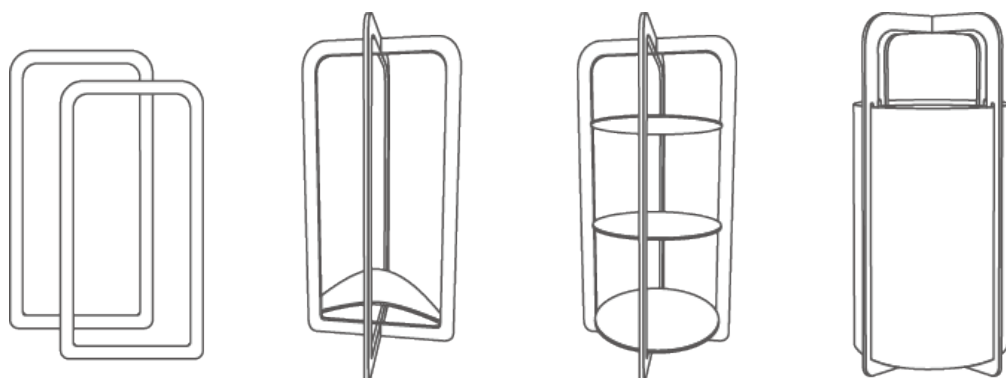


圖 4-6：柱型長式提籠—組裝步驟示意圖

造型成品—柱型長式提籠



圖 4-7：柱型長式提籠—成品展示

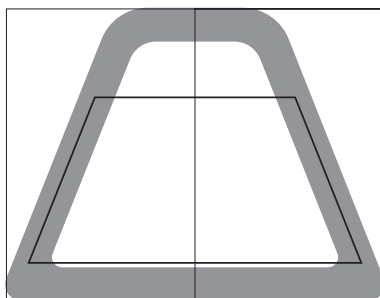
4.2.4 錐型短式提籃

錐形體在造型的概念上具有三角形與圓形的不同視角特質，因為具斜面角度，結構設計多了角度計算面的挑戰。本創作以「圓柱型提籠」的結構基礎下，設計改造為錐型提籃創作，並藉由實驗過程，更深入掌握鉸鍊式結構在不同形態面向的應用技術。

● 創作程序

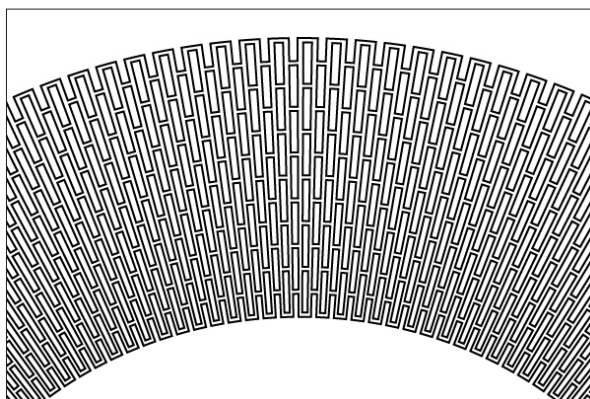
1. 創作媒材：Adobe Illustrator、3mm 密集板、6mm 密集板、雷射切割機
2. 造型設計與修正過程：

階段 1



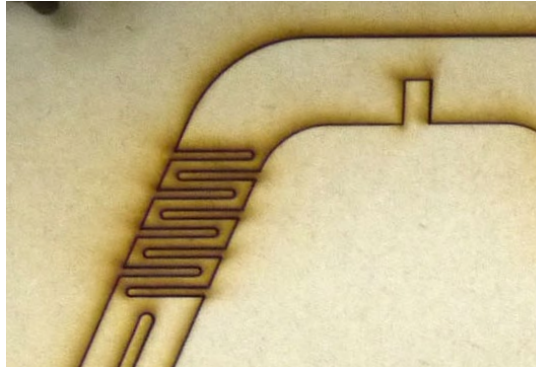
提籃外型採左右對稱，單身運用鉸鍊式結構設計。

階段 2



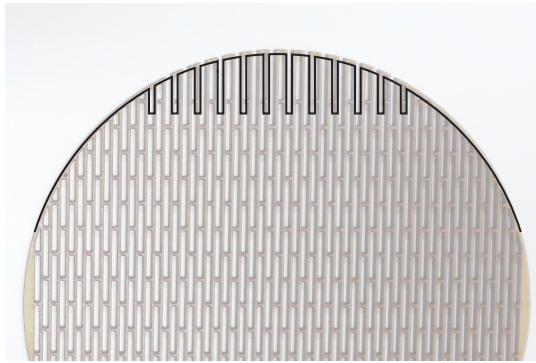
由於圓錐體展開為下窄上寬之扇形，在鉸鍊的圖案繪製也必須遵循此原則，材料切割後才能順利捲接成為錐立面。這個步驟需反覆測試圖案的排列切割密度，並注意板材柔軟度在造型弧度上的影響。

階段 3



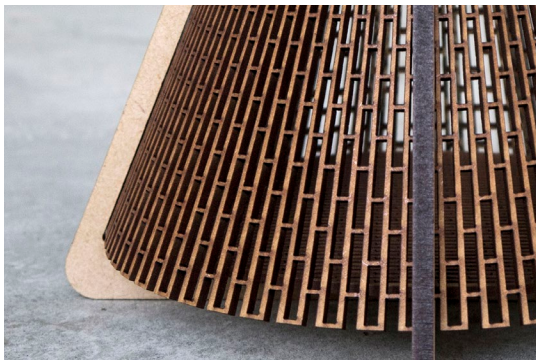
在提把局部做鉸鍊式設計，使兩個提把支架能彎折並相互卡接。

階段 4



圓錐造型底部同樣為鉸鍊式結構拼接設計，為了兼顧底面板材的強度與美感，特別在圓形外緣細節處做修正。

階段 5



經雷射切割的材料，切面處會留下焦痕色澤的手工質感與樸拙美。本研究決定利用這項特性，針對「未砂磨」與「砂磨」兩種處理方式，發展出不同味道的系列作品。

組裝步驟示意圖

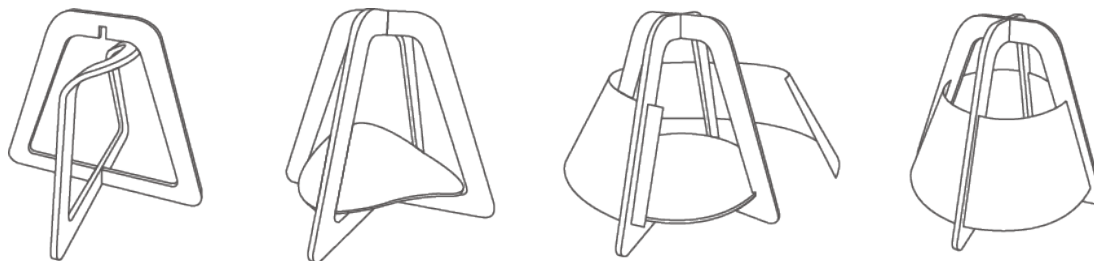


圖 4-8：錐型短式提籃—組裝步驟示意圖

造型成品—錐型短式提籃

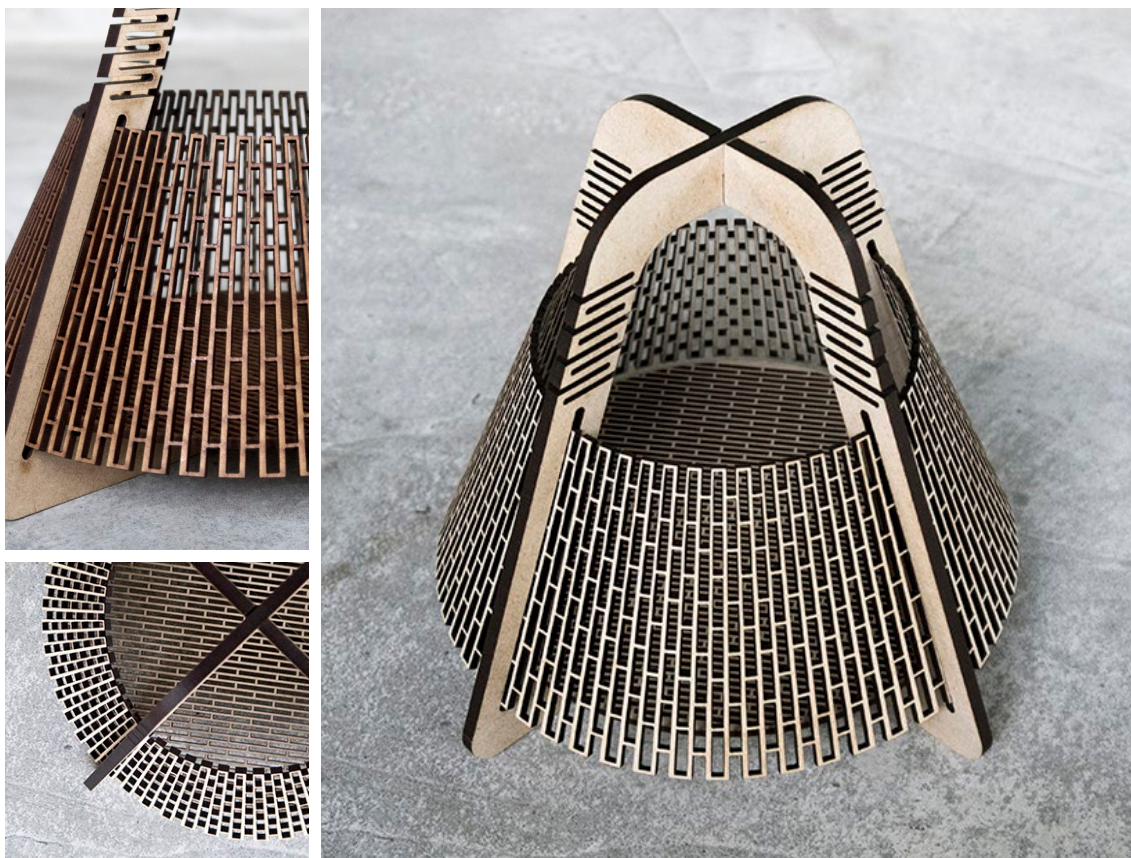


圖 4-9：錐型短式提籃—成品展示

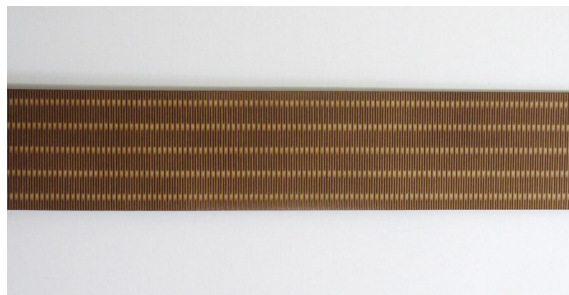
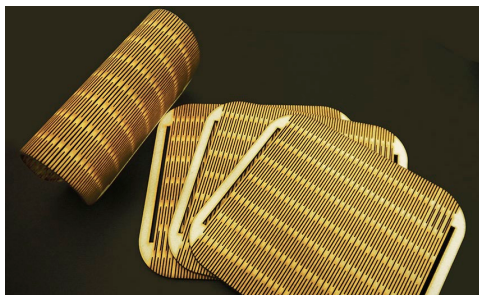
4.2.5 自由組裝式圓罩

經由先前材料實驗得知，單純線段密集排列切割後，柔軟度與彈性均為最佳。本創作決定利用這項結構特質，以具有模組化及 DIY 概念的形式，設計一款造型自由、不固定形式的「圓罩」組裝式創作。造型的完成由組裝者自行決定，增加造型形態上的變化與樂趣。

● 創作程序

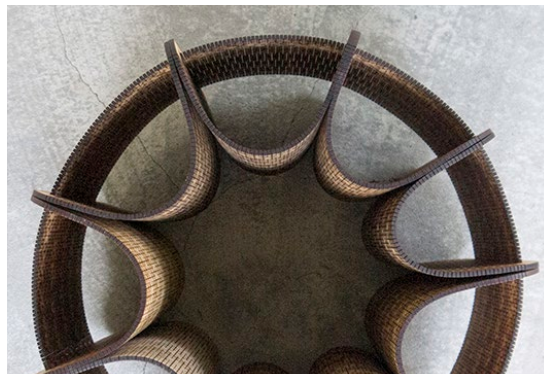
1. 創作媒材：Adobe Illustrator、3mm 密集板、雷射切割機
2. 造型設計與修正過程：

階段 1



將材料分割為數片方形板與單一長方形板（本創作材料長度約 110cm），並對板材進行密集的線段切割，使材料具有如竹席般的視覺意象，並有可任意扭曲的柔軟觸感。

階段 2



小型片狀板材彎折後依序穿插入長方形板中，片數、方向不拘（範例為向內彎折），最後再將整體接合，完成圓罩概念的作品。

組裝步驟示意圖

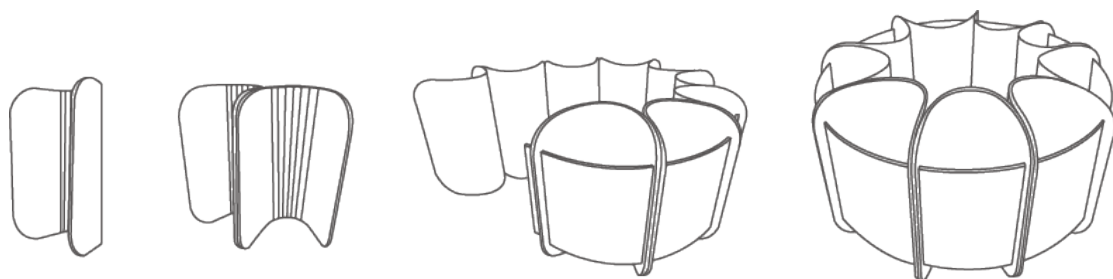


圖 4-10：自由組裝式圓罩—組裝步驟示意圖

造型成品—自由組裝式圓罩

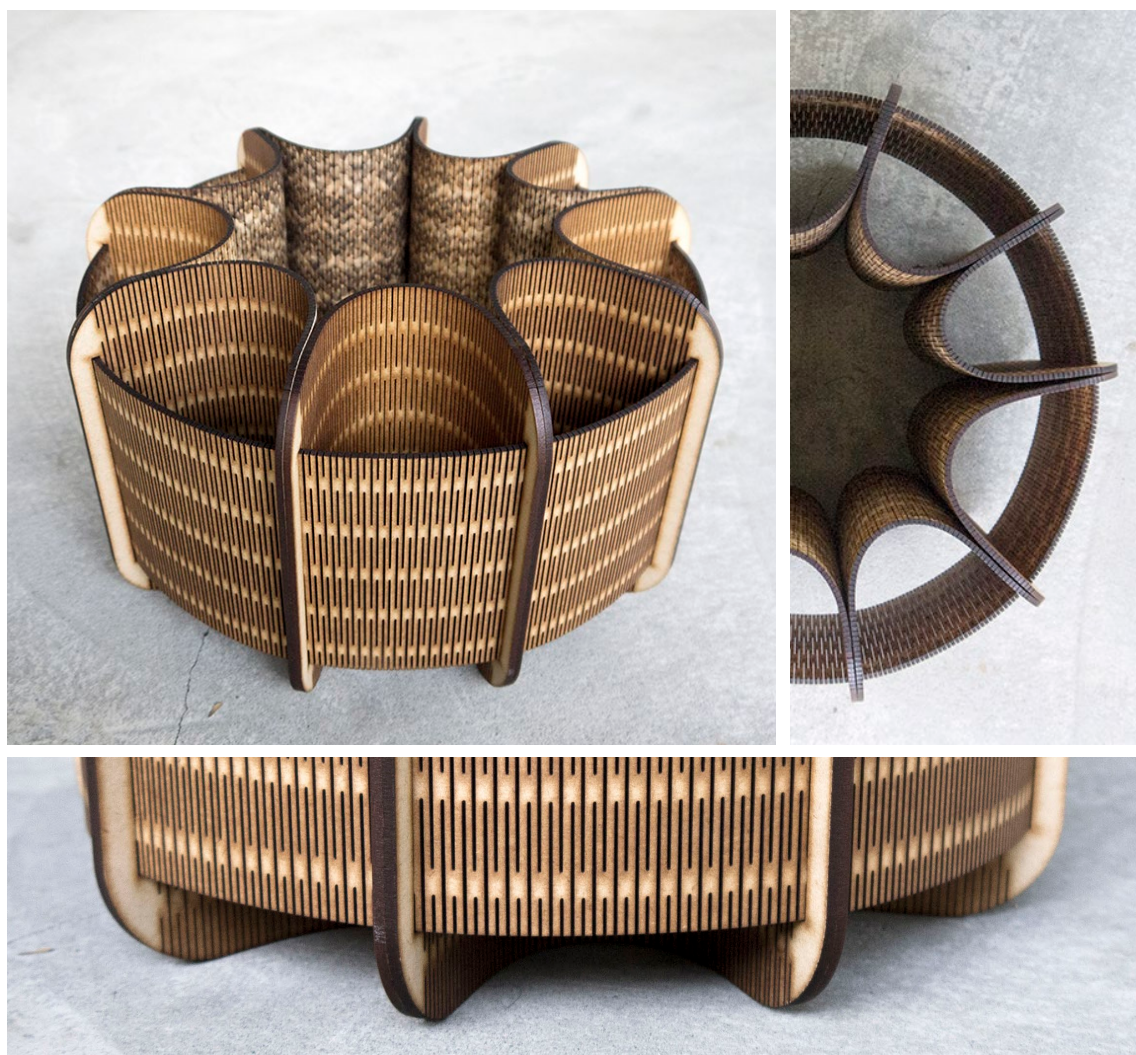


圖 4-11：自由組裝式圓罩—成品展示

4.3 創作成果展出

本創作作品展出地點為臺灣師大德群畫廊，展出日期為 2014 年 6 月 21 日至 6 月 26 日。展場規劃分為背板說明與立體展台兩個部分。牆上背板以文字、圖示與作品相片方式呈現；前方三個展台則分別放置各系列實體作品，以便參觀者能自由走動並調整視角觀賞。以下為展出現場照片（圖 4-12 ～ 4-15）。



圖 4-12：創作成果展覽—展示角度 1



圖 4-13：創作成果展覽—展示角度 2



圖 4-14：創作成果展覽—作品局部 1



圖 4-15：創作成果展覽—作品局部 2

4.4 綜合分析與探討

以上設計發展與創作程序，歷經材料柔性化的實驗與結果記錄、造型細節的反覆修正，以及對照文獻的檢討與驗證，力求達到造型美感與實用目的之最佳結合。彙整本創作之所有作品設計特色，可由以下二個面向做分析與探討。

(一) 美學角度方面：

1. 日本民藝之父柳宗悅在其著作《工藝之道》中曾指出：「自古以來，複雜的器物之中，很少見到美。印度或波斯的器物乍看之下雖繁雜，但仔細注視會發現那不是錯綜複雜，而是單純的複合。」鉸鍊式結構由相同的單位幾何形複合而成，組織看似細密複雜，但排列上有其規律性，所以整體視覺並不顯得雜亂，反而具有平衡與對稱的秩序美。

2. 鉸鍊式結構的組成為水平與垂直的排列設計；整體造型外觀則具備了圓角、弧度與曲線的柔性特質。鏤空的結構設計，光線照射下凸顯了空間的實與虛、光亮與深沈的對比之美，可視為對比的和諧與折衷狀態。
3. 木質材料經雷射切割，表面與切面留下自然的焦痕色澤，具有一種手工質感的樸拙美；若造型再經砂磨處理，特意加強材料表面與切面的色澤對比，則呈現出另一種乾淨素雅的簡約美。味道不同，各有特色。
4. 所有造型作品之構成，皆採完全對稱的形式設計，若再將節奏、韻律等形式原理融入鉸鍊式結構設計，或許可為造型帶來更豐富有趣的變化。

（二）結構設計方面：

1. 鉸鍊式結構本身具有「結構即裝飾、機能即型態」的特殊性質。本創作之所有作品，皆是利用這項結構的柔軟度與彈性，解決各式造型在局部的接合與組構問題。此外，本研究也進一步擴大此結構之運用面積，使板材達到極佳柔性自由度，可任意彎折曲張為多元的形態，並兼具整體視覺裝飾效果。
2. 造型組件皆以簡化外形與模組化的概念進行思考，方便不同造型之間，仍可共用相同或類似的組件，再做組合與變化。作品使用木質材料，藉助數位技術產出，可輕易進行個別小量或大量複製，卻能保有手作的隨機質感。符合工藝思考，工業生產的概念。
3. 全創作採用單一材料及榫接結構設計。造型組件可完全拆解攤平、輕易組裝，利於材料的運送與空間的縮減，並具環保概念。
4. 作為實驗性創作，本研究以鉸鍊式結構及榫接技法，可順利組構成為各式造型；作為工藝設計，則偏重器物在生活上的使用。若以實用價值為主要目的，鉸鍊式結構應用於木質板材的強度與耐用度，以及製造工時與成本問題，後續仍有很大的進步與探討空間。

第五章 結論

本研究以「鉸鍊式結構」為設計基礎，以美感與實用性為設計方向，透過數位輔助軟體與雷射切割設備的支援，採用密集板材與榫接技法，組構成為最終之造形創作作品。依此理念與做法，發展設計出五項系列作品：分別為「方形上蓋盒」一款、「三角開蓋盒」二款、「柱型長式提籠」一款、「錐型短式提籃」一款，以及「自由組裝式圓罩」一款，共計六件作品。以下針對創作研究的結論與後續研究方向的可能性，提出數點個人的見解。

5.1 研究結論

「鉸鍊式結構」作為一種技術，只是眾多曲木技術的方式之一，有它的優點亦有侷限之處。身為設計創作研究者，若能對各種材料的加工與處理做多方面的實驗與嘗試，不但能更深入掌握材料特性，也可能因此跳脫出既有的框架，發展出新的創作思維。本研究經由文獻資料分析、材料結構實驗及最終的造形創作等階段，對於「鉸鍊式結構」技術之探索，歸納出以下數點結論：

1. 結構即裝飾，機能即型態。

結構本身兼具機能性與裝飾效果，利用此結構的柔性機能，可解決造型局部的接合與組構問題；擴大此結構之運用面積，更能達到極佳之視覺裝飾效果。

2. 效率與多樣性的兼顧。

透過數位技術，除了能輕易地大量複製設計物，亦能客製類似但不完全相同的構件，以組成獨特的設計整體，兼顧效率與多樣性。

3. 傳統工藝與現代設計產業的新結合。

鉸鍊式結構的創新，在於它產生了一種相對於傳統人力，更簡單而不費力的製造方式。藉助數位技術，只需單一材料及單一步驟，便能輕易產出手工藝質感的設計成品，為臺灣的傳統工藝與工業設計產業，融合出另一種「工藝設計」新方向。

5.2 後續研究方向

本研究重點放在鉸鍊式結構應用於木質板材的探討，彙整實驗結果並發揮其

特性至造型的設計創作上，尚未進入商品化或品牌化的實務應用面向。若以實用性質為前提考量，在未來的後續研究，以下幾點是可以進行的方向：

1. 對於鉸鍊式結構的材料類型，可做更廣泛的嘗試；針對結構的強度與耐用度，做更嚴謹的實驗測試。
2. 關於鉸鍊式結構較為複雜的樣式組成，以及材料樁接的接合強度，因涉及力學與數學公式運算，後續研究者若能針對這項結構進行模組化軟體程式開發，相信對於造型的設計與變化，將有莫大助益。
3. 鉸鍊式結構的後續應用，可朝「少量客製化」及「商品量產化」兩種不同模式作思考，將文化或品牌符碼融入結構設計，嘗試文創商品的開發。另外，針對產品製程的突破與開發成本等，也都是需要再做深入研究的。

參考文獻

專書

- Becksvoort、Christian，1998，《The Shaker Legacy》，Taunton Press。
- PANTOGRAPH，2011，《創意造型 + 模型製作》，克莉絲，台北：龍溪。
- Philip Wilkinson，2014，《改變世界的經典設計：看懂經典之所以成為經典的關鍵》，台北：旗標。
- Sharon、Kalman，1991，《Shaker Style: Gift of Simplicity》，The Michael Friedman。
- Thomas Hauffe，2010，《設計小史》，陳品秀，台北：臉譜、城邦文化出版。
- 朱輝球、馮四東、吳天麟，2007，《立體構成及應用》，中國：北京工藝美術出版社。
- 李硯祖，2002，《造型藝術欣賞》，台北：五南圖書股份有限公司。
- 李佩玲，2002，《和風浮世繪—日本設計的文化性格》，台北：田園城市出版。
- 李佩玲，2003，《和風賞花幕—日本設計美學的演繹》，台北：田園城市出版。
- 安愛卿，2010，《品，芬蘭：漫步於芬蘭設計》，呂欣穎，台北：博誌文化出版。
- 林品章，2005，《造型原理：藝術・設計的基礎》，台北：全華科技圖書股份有限公司。
- 金慧建，2008，《造型設計與表達基礎》，中國：中國輕工業出版社。
- 邱茂林、洪育成、陳佩瑜，2007，《木家具—台灣新意匠 WOOD FURNITURE：Taiwanese new craftsmanship》，台北：積木文化出版。
- 林東陽，2011，《名椅好坐一輩子—看懂北歐大師經典設計》，台北：三采文化。
- 邱浩修，2013，《重構自然—數位構築方法下的建築新詩性》，台中：東海大學創藝學院建築研究中心。
- 柳宗悅，2013，戴偉傑、張華英、陳令嫻譯，《工藝之道—日本百年生活美學之濫觴》，台北：大鴻藝術。
- 高軍、俞壽賓，1991，《西方現代家具史》，台北：博遠出版有限公司。
- 桂元龍、徐向榮，2007，《工業設計材料與加工工藝》，中國：北京理工大學出版社。

許之敏，2004，《造型設計基礎》，大陸：中國輕工業出版社。

陸紅陽、喻湘龍，2006，《現代設計元素·工藝設計》，中國：廣西美術出版社。

朝倉直巳，1994，朱炳樹、洪嘉永、林品章譯，《藝術·設計的立體構成》，台北：龍溪。

張啟、王柯、陳朝傑，2007，《設計構成基礎與經典案例解析》，中國：中國電力出版社。

劉一星，2005，《木質廢棄物再生循環利用技術》，大陸：化學工業出版社。

潘東波，2009，《包裝設計與基本結構》。台北：相對論出版。

盧永毅、羅小未，1997，《工業設計史》，台北：田園城市文化事業有限公司。

論文

何立山，2004，〈木質材料在產品設計應用之探討〉，大葉大學碩士論文。

吳弦修，2013，〈文化意象應用於木質產品設計—以仿生造形為例〉，屏東科技大學碩士論文。

林貴生，2009，〈器—林貴生木質創作論述〉，國立臺灣藝術大學碩士論文。

侯啟全，2003，〈「趣，玩，設計」—活動樺接在木製家具中的設計創作〉，雲林科技大學碩士論文。

陳長志，2006，〈木質材料意象應用在家具設計之研究〉，南華大學碩士論文。

劉美雯，2009，〈劉美雯木工創作論述〉，華梵大學碩士論文。

期刊

于國華，2008，《視界·2008 臺灣工藝創意產業》，〈國際、yii、43 時尚與 ECO ARTS〉，國立台灣工藝研究所，P.56-61。

石大宇，2008，《視界·2008 臺灣工藝創意產業》，〈工藝時尚計畫〉，國立台灣工藝研究所，P.76-81。

呂豪文，2008，《視界·2008 臺灣工藝創意產業》，〈工藝設計新軸承—工藝產業的轉型與定位〉，國立台灣工藝研究所，P.101-111。

李朝金，2010，《文化創意 MIT·時尚新台灣：工藝思路—工藝創思設計系列講座成果專輯》，〈設計的未來考古學〉，國立台灣工藝研究發展中心，P.34-41。

杜瑞澤，2010，《文化創意 MIT・時尚新台灣：工藝思路—工藝創思設計系列講座成果專輯》，〈生活型態趨勢與設計變革〉，國立台灣工藝研究發展中心，P.48-55。

林瑋璜，2001，《電腦輔助建築製圖能力本位訓練教材》，〈認識木材〉，中華民國職業訓練研究發展中心。

林幸蓉，2002，〈座具型制的演變=The Form Evolution of Chairs〉，台灣工藝期刊。

林秀娟，2011，《工藝印記：台灣百年工藝文化特展》，〈綠工藝思潮的進行式—工藝美善精神之重返與創新〉，國立台灣工藝研究發展中心，P.108-119。

姚仁寬，2008，《視界・2008 臺灣工藝創意產業》，〈工藝研發新視點〉，國立台灣工藝研究所，P.56-61。

陳啟雄，1997，《國立雲林技術學院學報》，〈台灣傳統家具的結構與裝飾之研究〉，Vol.6，No.1，p.1-15。

黃俊傑，2009，〈木藝創作實習〉，建置木質材料設計教學成果展示交流空間設施及開發實習教材，97 學年度教學卓越計畫。

黃宏仁，2010，《文化創意 MIT・時尚新台灣：工藝思路—工藝創思設計系列講座成果專輯》，〈親人性・新工藝〉，國立台灣工藝研究發展中心，P.174-177。

張文信，2010，《文化創意 MIT・時尚新台灣：工藝思路—工藝創思設計系列講座成果專輯》，〈台灣工藝—異業、異類結盟的創造力〉，國立台灣工藝研究發展中心，P.104-111。

楊裕富，2008，《台灣工藝文化整體形象之塑造與提升》，〈視界・2008 臺灣工藝創意產業〉，P.90-97。

鄭順福，2001，《家具木工能力本位訓練教材》，〈特殊壓床的使用〉，中華民國職業訓練研究發展中心。

網路資料

Artek 官網，〈ARMCHAIR 42〉，瀏覽日期：2013 年 12 月 8 日。

<http://www.artek.fi/products>

Design Milk 官網，〈KERFCHAIR BY BORIS GOLDBERG〉，瀏覽日期：2013 年 11 月 29 日。<http://design-milk.com/kerfchair-by-boris-goldberg/>

ELISA STROZYK 官網，瀏覽日期：2013 年 11 月 21 日。

<http://www.elisastrozyk.de/seite/woodtex/woodentextiles.html>

How to Bend Wood，瀏覽日期：2013 年 11 月 29 日。

<http://www.wikihow.com/Bend-Wood>

LaVie 設計美學家，瀏覽日期：2013 年 10 月 30 日。http://www.wowlavie.com/life_in.php?article_id=AE1300894&c=%E5%AE%A4%E5%85%A7%E5%AE%B6%E5%B1%85

Less is More—北歐極簡設計探源，瀏覽日期：2014 年 8 月 1 日。

http://www.mottimes.com.tw/cht/article_detail.php?type=2&serial=180

Snijlab 官網，瀏覽日期：2013 年 9 月 29 日。<https://www.snijlab.nl/en>

Wikipedia，瀏覽日期：2013 年 9 月 27 日。

http://en.wikipedia.org/wiki/Living_hinge

Y-Chair 設計大師 Hans J. Wegner 的另一經典之作，瀏覽日期：2014 年 7 月 15 日。

<http://www.searchome.net/article.aspx?id=9332>

大肯曲木家具木業股份有限公司-綠色貿易資訊網，瀏覽日期：2013 年 9 月 29 日。

<http://www.greentrade.org.tw/sites/default/files/18.%E5%A4%A7%E8%82%AF%E6%9B%B2%E6%9C%A8%E8%BC%94%E5%B0%8E%E6%88%90%E6%9E%9C%E5%A0%B1%E5%91%8A--f1011212v1.pdf>

王怡仁，2009，〈木質材料性質〉，瀏覽日期：2013 年 7 月 15 日。

<http://140.130.94.202/fps/hand.out/Hand.pdf>

丹麥倉庫：現代椅子的故事，瀏覽日期：2013 年 9 月 27 日。

<http://blog.roodo.com/dwh/archives/25209694.html>

台灣 Wiki，〈曲木家具〉，瀏覽日期：2013 年 9 月 27 日。

<http://www.twwiki.com/wiki/%E6%9B%B2%E6%9C%A8%E5%82%A2%E5%85%B7>

阿爾瓦·阿爾托：捕捉自然的靈魂，瀏覽日期：2013 年 8 月 2 日。

http://blog.tianya.cn/blogger/post_read.asp?BlogID=63440&PostID=6425278

近代日本設計的開山祖師爺—渡辺力，瀏覽日期：2014 年 7 月 15 日。

<http://blog.roodo.com/ngisedjr/archives/21304076.html>

夏克 (SHAKER)，瀏覽日期：2014 年 8 月 2 日。

<http://www.hdgr.org/fel/Student/Shaker1.htm>

惟德國際，瀏覽日期：2013 年 7 月 15 日。

http://www.wellwood.tw/brand_technology.php?no=1&t_no=5

懷德居木工實驗學校，瀏覽日期：2014 年 7 月 3 日。 <http://hdg.tosaint.com/>