

國立交通大學

應用藝術研究所

碩士論文

鋼纜於產品設計的應用

The Application of Wire Rope on Product Design



研究生：陳瑞言

指導教授：林銘煌

中華民國一〇七年七月

鋼纜於產品設計的應用

The Application of Wire Rope on Product Design

研究生：陳瑞言 Student：Ruei-Yan Chen
指導教授：林銘煌 Advisor：Ming-Huang Lin

國立交通大學應用藝術研究所
碩士論文



July 2018

HsinChu, Taiwan

中華民國一〇七年七月

鋼纜於產品設計的應用

研究生：陳瑞言 指導教授：林銘煌 博士

國立交通大學應用藝術研究所碩士班

中文摘要

從工業革命後，大量的材料被更有效地開發利用，鋼鐵製品因其高強度與容易製造加工的特性，取代許多生活中的物件，人們的生活水平往前邁進。其中將細鋼條結合繩索編織方式所製成的鋼纜，因其重量輕且強度高的特性，被廣泛應用在交通工具的煞車線或油門線、掛畫線、大樓電梯的承載結構、甚至是搭建斜張橋的重要核心。但在大多數的情況下，鋼纜被視作類似螺絲釘的角色，鮮少以鋼纜做為設計切入點的產品。

本設計創作以探索鋼纜材料在產品設計上的應用，蒐集相關文獻以了解鋼纜的構成及相關使用方式；經由整理案例分析，歸納目前鋼纜被使用在產品設計上的特質或方式，並找出具有發展空間的設計可能性。透過實驗性創作，製作「Hii Line」、「TiS Lighting」、「WiS Lighting」等三件作品來呈現實驗成果。最後除了記錄創作過程的反思、亦針對創作方向提出修正建議。後續如有設計師進行鋼纜材料的探索，可供參考。

關鍵字：鋼纜、產品設計、工業風、異材質

ABSTRACT

Since the Industrial Revolution, a large amount of materials have been developed and utilized much effectively. Because of their high strength and ease for manufacture and production, steel products have replaced many objects in life and made people's living standard advanced. Among of steel products, the steel wire rope is made of several thin steel wires and combined with a rope weaving method. Due to its light weight and high strength, it is widely used as a vehicle brake cable or throttle cable, a hanging line, and used in the load bearing structure of an elevator. Even, it is an important core to build a cable-stayed bridge. But in most cases, the existence of wire rope is ignored as a screw. There are few products that use wire rope as a design entry point.

This practical design study explores the application of wire rope in product design. It firstly collects relevant cases to understand the composition of wire ropes and related usage patterns and then through case analysis, this research summarizes the existing characteristics or methods of wire ropes used in product design, and bring to develop design ideas. Through experimental works, including “Hii Line” , “TiS Lighting” and “WiS Lighting” were made to present final results. Finally, it documents the process of the practice and raise the suggestions for next versions of these 3 designs. We hope this study can be the reference for following designers who is interested in steel wire rope.

Keywords: Wire Rope, Product Design, Industrial Loft Style, Remix materials

誌謝

人生路途有許多難關和挫折，承受這些壓力的時候，會低潮、無奈、或是迷惘。成長過程的打擊很多、也會不停地來，我是何其有幸，有他人的幫忙與協助，能渡過每個關口走到現在。

謝謝林銘煌老師的指導與照顧，讓我對設計有更深入的思考，也了解何謂設計的過程與本質。謝謝陳俊智老師、鄧建國老師擔任我的口試委員，老師們的包容與建議，給我很多啟發，也完整了碩士論文的最後內容。謝謝我的家人，在人生黑暗期給我支持。謝謝白白，不斷的給我想法刺激，並提醒我各種細節瑣事。謝謝大中，常常被我無厘頭的想法或問題騷擾，但總能討論出可能的設計方向。

感謝所有人。

陳瑞言 謹誌

中華民國一〇七年七月

目錄

一、緒論.....	1
1-1 創作背景與動機.....	1
1-2 創作目的與方式.....	3
1-3 範圍與限制.....	3
1-4 創作架構與流程.....	4
二、文獻探討.....	6
2-1 鋼纜材質.....	6
2-1-1 鋼纜的結構組成.....	7
2-2 TENSEGRITY.....	10
2-3 鋼纜材料的相關設計分析與整理.....	11
2-3-1 Parentesi Suspension Light.....	12
2-3-2 Mobile ICHIJO.....	13
2-3-3 Cell.....	14
2-3-4 Snelson Stool.....	15
2-3-5 Contour Coffee Table.....	16
2-3-6 Underwood Pavilion.....	17
2-3-7 The Frame Book Storage.....	18

2-3-8 Tensilation Pavilion	19
2-3-9 Tensegrity 450h Lounge Side Table	20
三、材料實驗與設計創作過程	25
3-1 HII LINE.....	25
3-1-1 創作動機	25
3-1-2 創作發展與製作過程.....	27
3-1-3 最終創作成品	38
3-2 TIS LIGHTING.....	40
3-2-1 創作動機	40
3-2-2 創作發展與製作過程.....	40
3-2-3 最終創作成品	46
3-3 WIS LIGHTING	49
3-3-1 創作動機	49
3-3-2 創作發展與製作過程.....	49
3-3-3 最終創作成品	55
四、作品展出.....	57
4-1 作品展出	57
五、作品檢討與自我評述.....	61

5-1 HII LINE.....	61
5-2 TIS LIGHTING.....	63
5-3 WIS LIGHTING	65
5-4 結論.....	65



圖目錄

圖 1-1 設計創作流程與架構表.....	5
圖 2-1 鋼纜構造（資料來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2014）	7
圖 2-2 鋼纜截面構造範例（資料來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2014）	7
圖 2-3 鋼纜製造流程圖（本研究整理繪製）	9
圖 2-4 最基本能組成 TENSEGRITY 的單元體（中國公共藝術網，2015）	10
圖 2-5 KENNETH SNELSON 的 NEEDLE TOWER、RAINBOW ARCH、DRAGON 等三件作品.....	11
圖 2-6 PARENTESI SUSPENSION LIGHT（ACHILLE CASTIGLIONI AND PIO MANZÙ，1971）	12
圖 2-7 MOBILE ICHIJO（TOSHIHIKO SUZUKI，2001）	13
圖 2-8 CELL（PETER COHEN，2009）	14
圖 2-9 SNELSON STOOL（SAM WELLER，2012）	15
圖 2-10 CONTOUR COFFEE TABLE（ROBBY CUTHBERT，2012）	16
圖 2-11 UNDERWOOD PAVILION（GERNOT RIETHER, ANDREW WIT, AND A GROUP OF ARCHITECTURE STUDENTS FROM BALL STATE UNIVERSITY，2014）	17
圖 2-12 THE FRAME BOOK STORAGE（NAM，2014）	18
圖 2-13 TENSILATION PAVILION（GRIMSHAW，2015）	19
圖 2-14 TENSEGRITY 450H LOUNGE SIDE TABLE（FUTUREGLASS）	20
圖 2-15 案例的造型十字分析.....	23

圖 3-2 於交大應藝所「工業設計二」課程中所製作的凳子「REI」	26
圖 3-3 初始階段的椅子概念草圖.....	27
圖 3-4 置物架概念草圖.....	28
圖 3-5 置物架第一版草模.....	29
圖 3-6 置物架第二版草模.....	30
圖 3-7 置物架第三版草模.....	31
圖 3-8 鋼纜的韌性無法小半徑彎折，導致結構卡住，層板無法打平	32
圖 3-9 輔助鋼纜旋轉的機構.....	33
圖 3-10 修改外型後的 3D 模擬	33
圖 3-11 置物架第一版原型：高度過矮且全鐵材重量頗重、上方鋼纜無法拉緊強化結構、旋轉 支點錯誤無法順利拉起層板.....	35
圖 3-12 置物架第一版原型：餘裕小、溝槽小、間距小鋼纜無法鎖固	35
圖 3-13 置物架第二版原型製作過程.....	37
圖 3-14 預備用來調整替換的五金零件.....	37
圖 3-15 HII LINE 最終成果（收合狀態）	38
圖 3-16 HII LINE 最終成果（上至下）：1. 展開狀態；2. 3. 旋轉結構細節；4. 鋼纜固定方式.....	39
圖 3-17 桌燈的結構概念草圖.....	41
圖 3-18 第一種結構草模.....	41
圖 3-19 鋼纜搭配紅銅管的第二種結構草模.....	42

圖 3-20 桌燈概念草圖 2	43
圖 3-21 桌燈第一版原型.....	44
圖 3-22 桌燈第二版原型製作過程.....	45
圖 3-23 TIS LIGHTING 最終成果（展開狀態）	46
圖 3-24 TIS LIGHTING 最終成果（收合狀態）	47
圖 3-25 TIS LIGHTING 最終成果（上至下）：1. 卡件細節； 2. 3. 展開、收合狀態細節； 4. 底座細節	48
圖 3-26 大型燈具概念草圖.....	50
圖 3-27 大型燈具第一版原型製作過程：支架鑽孔過小，電線不易通過。	51
圖 3-28 大型燈具第一版原型製作過程：支架與鎖牆鐵片的間隙過短，因支架內部與鎖牆鐵件有電線穿過，使得支架不容易上下旋轉。	51
圖 3-29 大型燈具製作過程：為提高摩擦力而附加的繞圈紅銅管。	52
圖 3-30 大型燈具製作過程：為提高摩擦力而附加的 S 型紅銅管。	52
圖 3-31 WIS LIGHTING 最終成果.....	55
圖 3-32 WIS LIGHTING 最終成果：各部位細節	56
圖 4-2 【非偶然 NOT AN ACCIDENT】展覽海報.....	57
圖 4-3 【非偶然 NOT AN ACCIDENT】展覽.....	58
圖 4-4 【非偶然 NOT AN ACCIDENT】展覽	59
圖 4-5 【非偶然 NOT AN ACCIDENT】展覽.....	59

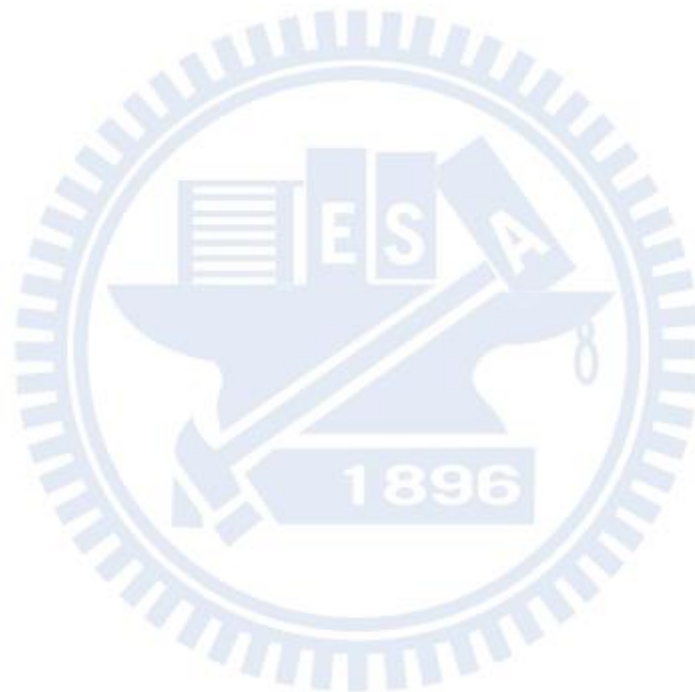
圖 4-6 【非偶然 NOT AN ACCIDENT】展覽平面圖.....	60
圖 5-2 HII LINE 框架強化方案：原框架 vs 新版框架.....	61
圖 5-3 HII LINE 框架強化方案：原框架溝槽 vs 新版框架溝槽.....	62
圖 5-4 HII LINE 各層高度略矮.....	63
圖 5-5 TIS LIGHTING 止滑 O 型橡膠環.....	64
圖 5-6 TIS LIGHTING 用來逼緊的三段 ABS 管或 POM 管.....	64
圖 5-7 WIS LIGHTING 燈頭零件重心高.....	65



表目錄

表 2-1 各案例之設計屬性分析.....21

表 3-1 POTENCE 與本研究實驗創作 WIS LIGHTING 比較.....54



一、緒論

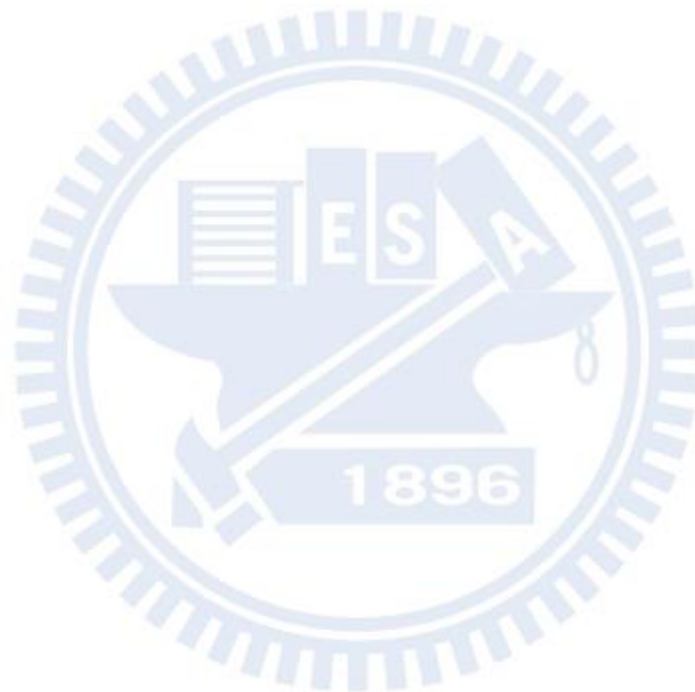
1-1 創作背景與動機

鋼纜這類傳統上以功能為主導的機械配件材料，時至今日，其應用應不局限在功能結構上，在外觀風格的應用或喻意上的寄託，也有其重要性與發展潛力。機械不再只侷限於內部的功能、結構，而是可跳脫至外部成為一種風格、裝飾甚至地位的表徵（王驥，2006）。鋼纜本身具有濃厚的工業色彩，在風格上，若搭配不同材質、顏色，能在原本工業風格以外，注入一些未來感或科技感。

進入交大應藝所後，有許多來自不同領域的同學，即使有些人原先並非設計背景，但他們對轉入設計領域後的未來想像及自身興趣的理解，都十分深入明確。反觀自己卻越走越遲疑、越行越猶豫、無法找到適合的定位與目標。

為沉澱並整理心緒，我辦理休學，暫時到專門生產鋼纜的傳統公司工作，工作內容為開發品的概念草圖繪製、草模製作、以及少量的 3D 繪製。在這段期間，我靜下心來專注在工業設計的工作上，除享受設計過程的樂趣，也找回對產品設計的純粹熱忱。

回到學校後，進行論文主題挑選時，最終選擇鋼索做為論文創作的主軸，是因在工作期間，觀察到鋼纜的材質特殊性與其可能的潛力。鋼纜為線材料，由多條細鋼絲構成，比一般棉繩堅固並具韌性。在物料搬運機械中，供提升、牽引、拉緊和承載之功能。其少量的材料便可提供相當的承載力，若應用在需頻繁轉換場域的產品上具有優勢。



1-2 創作目的與方式

本研究創作主要目的為探索鋼纜材料與其特性，透過案例分析，歸納不同設計元素搭配所產生的差異，進一步將結果應用於設計創作上。創作著重在利用鋼纜的特性，讓原本做為像螺絲釘般配角的鋼纜，也能跳脫成為主導設計的要角。

1-3 範圍與限制

本研究創作以鋼纜材料進行探索與創作設計，期盼能運用鋼纜的特性，找出在產品設計上的運用可能性。本研究創作主要範圍分為研究、創作兩個不同面向，各自的範圍與可能遇到的限制如下：

1. 研究方面：

本論文研究之於鋼纜材料的探討範圍，僅限於與設計師相關的材料認知、特性以及其應用，例如：鋼絲數多／股數多的鋼纜→較軟／較無韌性，但磨損較快等特性概念，然後在設計元素上又能如何運用與搭配。研究不著重於相異鋼纜構成材質或不同製程間之專業性質的評估，例如：304 不鏽鋼鋼纜、316 不鏽鋼鋼纜、鍍鋅鋼纜，3 種鋼纜之間，其物理、機械、表面處理、耐酸鹼、耐燃性、降伏強度等等專業性質的精確量化計算與差異。

2. 創作方面：

本論文創作以一般生活產品範疇做為設計範圍，針對設計創作的概念進行記錄以及製作過程思考，並製作 1：1 原型實體，暫不包括實際行銷規劃、大量生產的修改方案以及未來販售平台設定等等。

此外，因部分零件尺度小且為手工製作，在細節尺寸上會略有偏差；也因製作成本有限，常須遷就現有規格之管材、板材及五金零件的尺寸。

1-4 創作架構與流程

本創作論文進行流程與架構如下（圖 1-1），主要可分為三大階段：

第一階段：探討相關文獻資料，以了解鋼纜的製程、特性與使用鋼纜須注意的細節。整理分析現有國內外以鋼纜為材料的相關設計案例。進一步探索並以鋼纜特性或外型特徵為主軸，發展三件設計作品。

第二階段：材料的實驗探索與設計實做。以實體模型作為最終成果，並於展覽中呈現成果，同時紀錄創作過程與創作後的反思。

第三階段：進行自我評述並提出相關建議與修正方向。檢討過程中遇到的缺失與整理出後續發展之建議。

第一階段
探討相關文獻資料

創作背景與動機

確定範圍與限制

擬訂流程與架構

文獻探討

鋼纜材料特性

相關設計案例

第二階段
材料實驗與設計實作

擬訂設計創作題材

創作設計與材料探索

創作主題理念

原型製作

作品與說明

展覽呈現

第三階段
自我評述與修正

作品檢討與自我評述

結論與相關建議

圖 1-1 設計創作流程與架構表

二、文獻探討

本章節將探討「鋼纜」材料的組成與特性、在 Tensegrity 的應用與說明、最後整理並分析國內外相關的設計應用，以做為本研究設計的創作參考基礎。

2-1 鋼纜材質

鋼纜是由鋼絲、纜芯及潤滑油所組成。其強度高、重量輕、工作平穩不易驟然整根折斷，若在外面包覆絕緣材料，則可以減少長期暴露在空氣中的老化與銹蝕，延長使用壽命。鋼纜其特點如下：

1. 具抗拉、抗疲勞和抗衝擊特性。
2. 耐腐蝕，可在較為不良的環境下正常工作。
3. 柔軟性好，適合牽引、拉曳、捆扎等。
4. 能傳遞長距離負載。
5. 高速工作時，其耐磨、抗震且穩定性好
6. 重量輕，有利攜帶運輸。

2-1-1 鋼纜的結構組成

鋼纜是由許多根鋼絲繩圍繞一根纖維芯或一根鋼絲繩捻製而成的鋼絲束。中心的纖維芯／鋼絲繩稱做纜芯，若是麻繩又稱為麻心，周圍的 6 股（條）鋼絲繩（標準形式為 6 股）叫做鋼股，有些特殊鋼股的中心也有麻繩，這些在周圍鋼股中心的麻繩稱為鋼股麻心，而組成鋼股的鋼線是叫做鋼絲或素線。（勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2014）（圖 2-1）。隨著每條鋼纜組成方式不同，而有的強度高或彈性佳等不同差異（圖 2-2）。

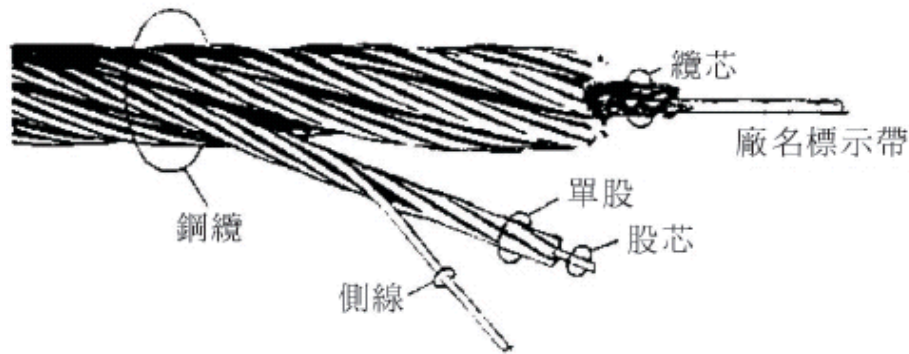


圖 2-1 鋼纜構造（資料來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2014）

稱呼	37線6股	填充型 29線6股	華氏緊密型 36線6股鋼纜芯	緊密型 19線8股
組成符號	6×37	6×Fi(29)	IWRC 6×WS(36)	8×S(19)
斷面				

圖 2-2 鋼纜截面構造範例（資料來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2014）

2-1-2 鋼纜的製造

鋼纜的生產，最基本為「拉絲」、「捻股」、「合股」三道工序（圖 2-3）。

1. 拉絲：原料經過酸洗、磷化、開坯等步驟，其間穿插一次或多次拉拔工序，改變其分子結構，以達到目標直徑的製作方法。

酸洗：用酸液洗去原料表面氧化物和軋皮的過程，避免雜質影響開坯。

磷化：將原料浸於磷酸鹽溶液中，使其表面覆蓋一層不溶於水的磷酸鹽薄膜，可以一定程度防止腐蝕。

開坯：將原料進行鍛壓加工，變成具有一定外型、規格和性能的胚料的生產過程。

冷拔絲：將一般的圓鋼強行通過直徑較小的孔，使得圓鋼的直徑縮小、長度伸長，不斷重複這樣的過程，其硬度與強度會增加，塑性與柔韌性會變差。

回火：因鋼絲的分子結構已被破壞，回火可還原鋼絲內部結構，不易斷裂，以便再次拔絲。

2. 捻股：將鋼絲捻成繩股。不同的用途，須考量鋼纜的強度、撓性、密實性、抗壓性、耐磨性、耐腐蝕性和抗疲勞強度等，除了原料外，捻股的方式和防鏽措施也有所不同。

塗油：所有鋼股必須塗油以做為防鏽潤滑，而纖維芯須浸油以避免腐爛。

鍍層：鍍鋅、鍍鋁、塗尼龍或塑膠等。

3. 合繩：將繩股圍繞纜芯，以螺旋線排列生產鋼纜的工藝過程。

鋼纜製造流程圖

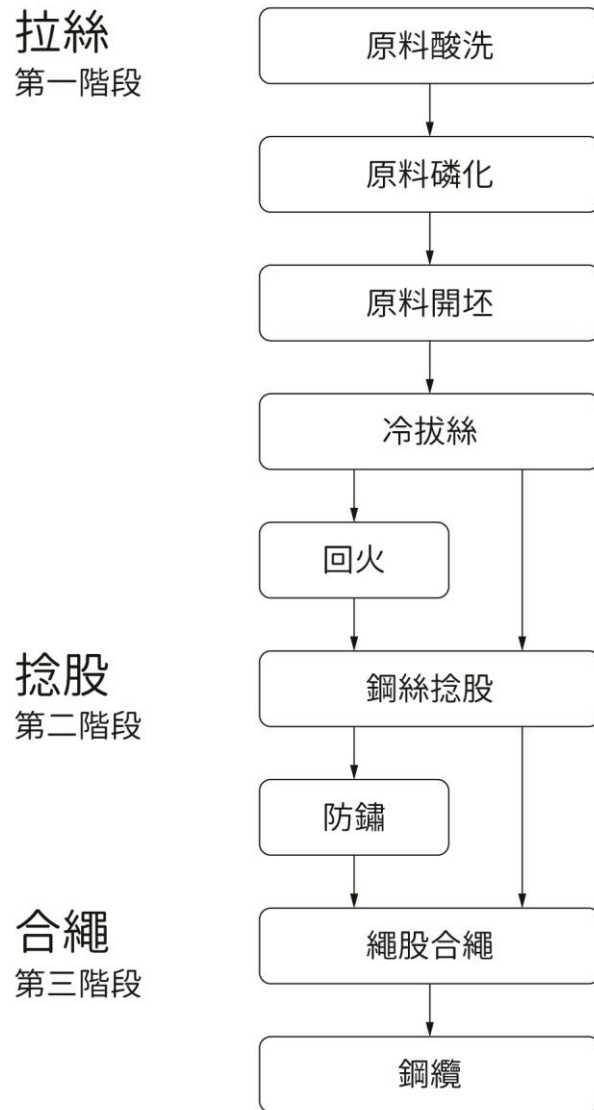


圖 2- 3 鋼纜製造流程圖 (本研究整理繪製)

2-2 Tensegrity

Richard Buckminster Fuller 在 20 世紀 60 年代提出。

Tensegrity 可視為一個系統，系統內部為連續張力網路受到壓力所構建的結構，張力、壓力互相抗衡達到平衡狀態(圖 2-4)。當系統受力產生擠壓時，整體外型會延展或改變型態做為因應。另外，Eleanor Hartley 提出視覺的通透感是這類結構重要的美學特徵(Eleanor, 2009)。

以製作 Tensegrity 戶外雕塑聞名的 Kenneth Snelson，不侷限用同大小的單元體來製作 Tensegrity 雕塑，這使得他的作品外型自由，創作許多遊走在平衡邊緣的作品，例如：Needle Tower、Rainbow Arch、Dragon... 等等(圖 2-5)。

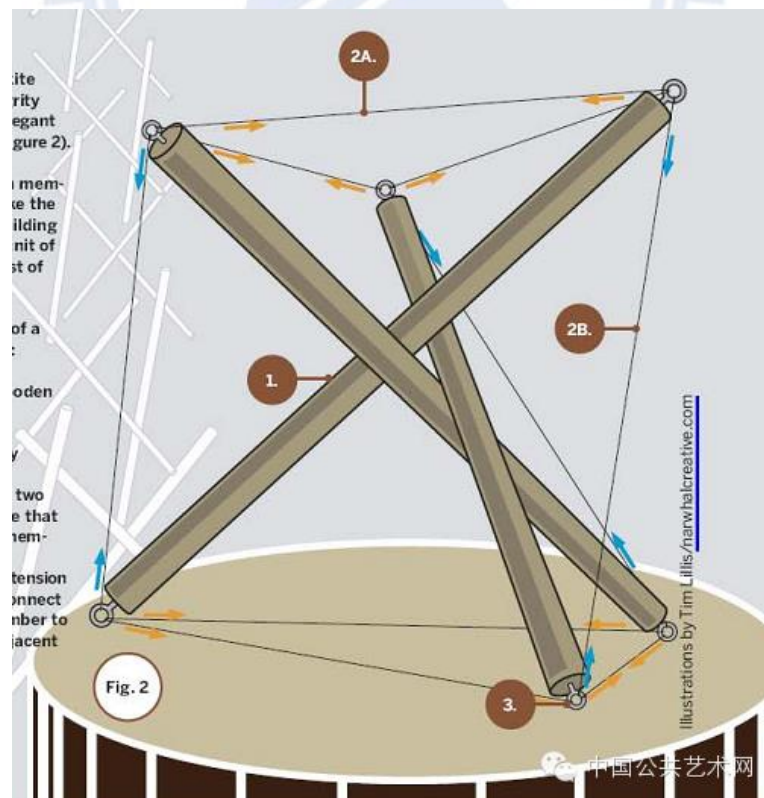


圖 2-4 最基本能組成 Tensegrity 的單元體 (中國公共藝術網，2015)

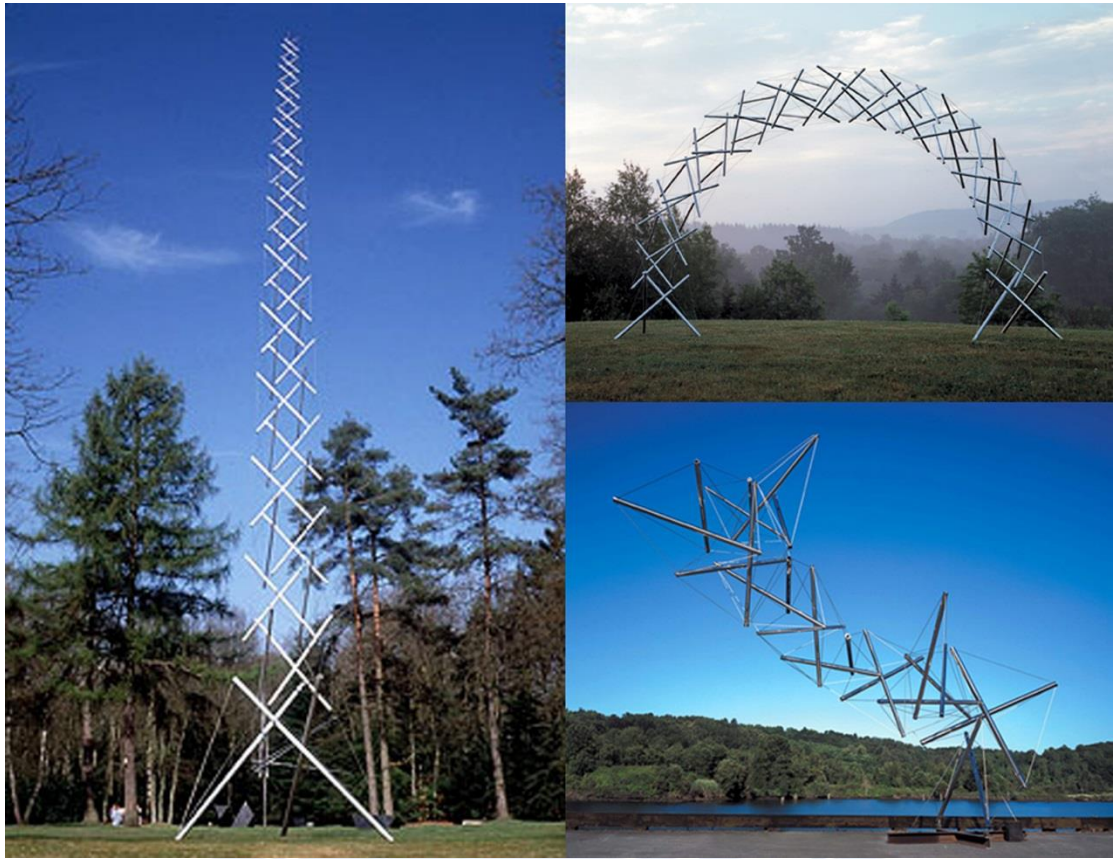


圖 2- 5 Kenneth Snelson 的 Needle Tower、Rainbow Arch、Dragon 等三件作品

2-3 鋼纜材料的相關設計分析與整理

本節挑選 1971 年~2015 年期間，與鋼纜相關的 9 件作品為案例，除了包含 Tensegrity 結構的相關設計，也納入近年常見的美式工業風的設計應用，以期能盡可能分析鋼纜在設計上的各種應用方式。以上作品資料源自雜誌、書籍與網路，用於整理相關設計應用，歸納風格與設計要素，以供後續發展參考。

2-3-1 Parentesi Suspension Light

Parentesi Suspension Light (圖 2-6) 最早在 1971 在意大利由 Achille Castiglioni 和 Pio Manzù 兩位設計師設計，直到 2018 才由 Flos 生產問世。在這件作品中，Achille 使用被折彎成類似圓括號 (Parentesi, 意大利文) 的鍍鎳鋼管為軌道與燈座架，不但鋼纜可以穿過管中，並留出燈座的空間，以維持重心不偏移。燈座跟著鋼管上下移動變換高度，另外自身可以旋轉調整照明方向。它使用許多金屬物件，線狀外型不具太多量感，有著纖細的氣質，不似典型美式工業風講求的粗曠、硬派感。



圖 2- 6 Parentesi Suspension Light (Achille Castiglioni and Pio Manzù , 1971)

2-3-2 Mobile ICHIJO

Toshihiko Suzuki (鈴木敏彥) 於 2001 年，設計了 Mobile ICHIJO (圖 2-7)，收闔狀態的外觀是一個 12 公分厚的鋁箱，容易攜帶移動，其展開之後可以變成 ICHIJO (意指一個榻榻米大小) 的茶道儀式空間。

ICHIJO 構成建築體的元素有兩個，一個是地板、一個是天花板。鋁箱內有塊 3/4 大的榻榻米做為地板，還有放茶用的可摺疊鋁製桌面，桌面可以伸縮並變形成適合高度。天花板是類似屋簷外型，利用鋼纜的張力與彈性來展開，搭建類似 Tensegrity 的結構，劃出使用空間範圍，形成有趣味的移動式小型建築。

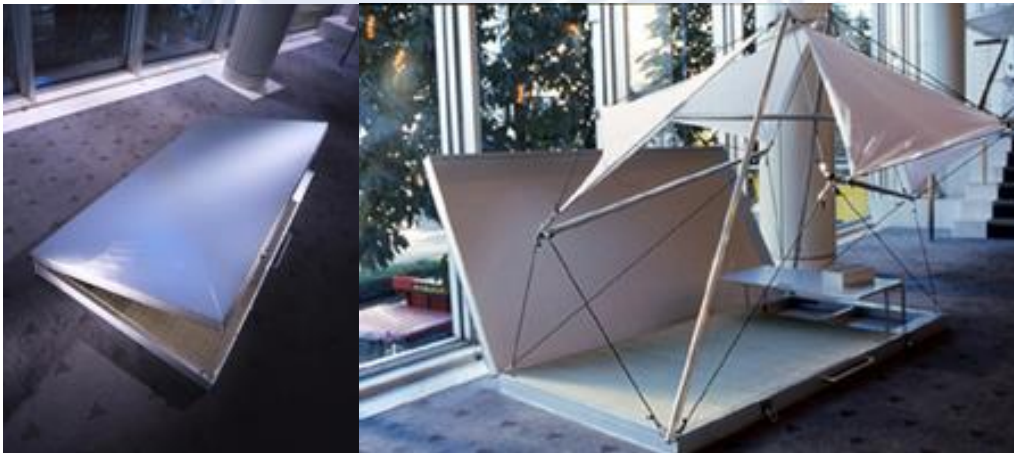


圖 2- 7 Mobile Ichijo (Toshihiko Suzuki , 2001)

2-3-3 Cell

Peter Cohen 在 2009 年設計了一組固定在牆上的書櫃 Cell。其外觀簡潔輕盈，輕薄層板與若有似無的細鋼纜，降低了書架的存在感，外型沒有粗、重的鋼鐵結構或框架，顏色也沒有大量的黑色或深色系，與上例 NAM 的 The Frame Book Storage 硬派風格截然不同，Cell 優雅而現代，它仿若透明地飄浮在空中（圖 2-8）。

Peter Cohen 也在鋼纜上附加許多金屬小球做為卡件，讓層板高度能因應需求變化。此外，Cell 是模組化的產品，能單獨使用，也能多組一起安裝，建立一整面牆的書櫃。相較一般書櫃，它看起來雖輕盈，但支撐力仍然足夠，甚至能支撐整層樓高的書。



圖 2-8 Cell (Peter Cohen, 2009)

2-3-4 Snelson Stool

Sam Weller 在荷蘭看到 Kenneth Snelson 的 Needle tower II 時，受到其結構的啟發，接著於 2012 年製作了 Snelson Stool（圖 2-9）這張小凳子，並命名 Snelson 做為致敬。

Snelson Stool 是個不靠膠合、卡榫，結構承襲最簡單的 Tensegrity 結構所製作的三角凳，僅透過線的張力拉住這些彼此不相碰的椅腳，結構穩固，溫潤的木頭色與偏向簡單的造型相互搭配，產生現代風格。



圖 2-9 Snelson Stool (Sam Weller, 2012)

2-3-5 Contour Coffee Table

Robby Cuthbert 曾在 Williams College 學習雕塑與工程學，這影響他之後以鋼纜作為主要材料，並將雕塑視為產生新想法的一種途徑，然後轉化想法變成懸掛家具的設計。他堅持僅依靠張力而不是膠水或釘子來固定結構。

Contour Coffee table (圖 2-10) 以竹膠合板製成桌腳，透過鋼纜搭建類似斜張橋的視覺感受，像四座橋墩。桌腳依賴彼此間的拉力來穩定整體但不接觸，鋼纜連接這些桌腳，來達成拉力平衡。

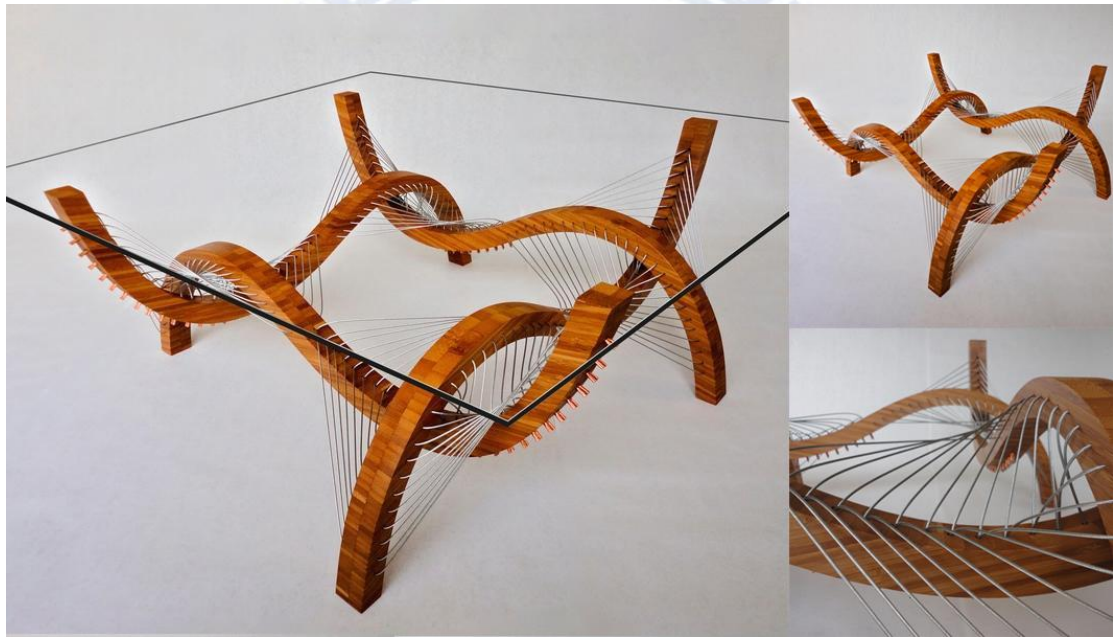


圖 2- 10 Contour Coffee Table (Robby Cuthbert , 2012)

2-3-6 Underwood Pavilion

Gernot Riether、Andrew Wit 和一群來自 Ball State University 的建築系學生於 2014 年製作了一個參數化戶外建築設計 Underwood Pavilion 涼亭 (圖 2-11)。它由許多單元體組成，每個單元體材料為鋁管、鋼纜與萊卡布，一共 56 個單元體。單元體可以拆解後存放體積縮小，利於運輸與循環利用。其重量輕但組合之後非常平衡穩固，還可以透過調整單元體尺寸來改變整體曲率、開口大小、形狀等等，造就最後整體的框架呈現。另外，白色的萊卡布可以提供乘涼的功能，外型更凸顯各個單元的獨立性。在這個設計中，鋼纜恰恰發揮了它做為結構的輕便、容易拆裝的優勢。



圖 2- 11 Underwood Pavilion (Gernot Riether, Andrew Wit, and a group of architecture students from Ball State University , 2014)

2-3-7 The Frame Book Storage

NAM 利用鋼纜、鋼鐵與木頭於 2014 製作了 The Frame Book Storage (圖 2-12)。在這個書櫃設計中，NAM 使用不鏽鋼方管、鋼纜和金屬網等材質創造的硬派感，使用木頭做為書框並柔和調性，讓整體設計不至過於硬朗。此外，鋼纜的結構是整個設計的核心，結構即是造型，功能也是風格。



圖 2- 12 The Frame Book Storage (NAM , 2014)

2-3-8 Tensilation Pavilion

Grimshaw 建築設計事務所與 MDT-tex 合作開發了 Tensilation Pavilion 的輕量遮棚系統（圖 2-13）。它是個可拆卸的系統，可被運用到大眾群聚的各種活動場合，由鋼纜、拉張膜、中心支撐柱與柱上四個方向的支撐臂構成。鋼纜提供大雨來襲時的結構強度，中心支撐柱的開放中空管與底部挖洞是用來處理排水問題，支撐臂上的節點可以令各單元快速簡單地連接且靈活排列，並整體更加穩定，各單元之間有條帶連接，更進一步防水。

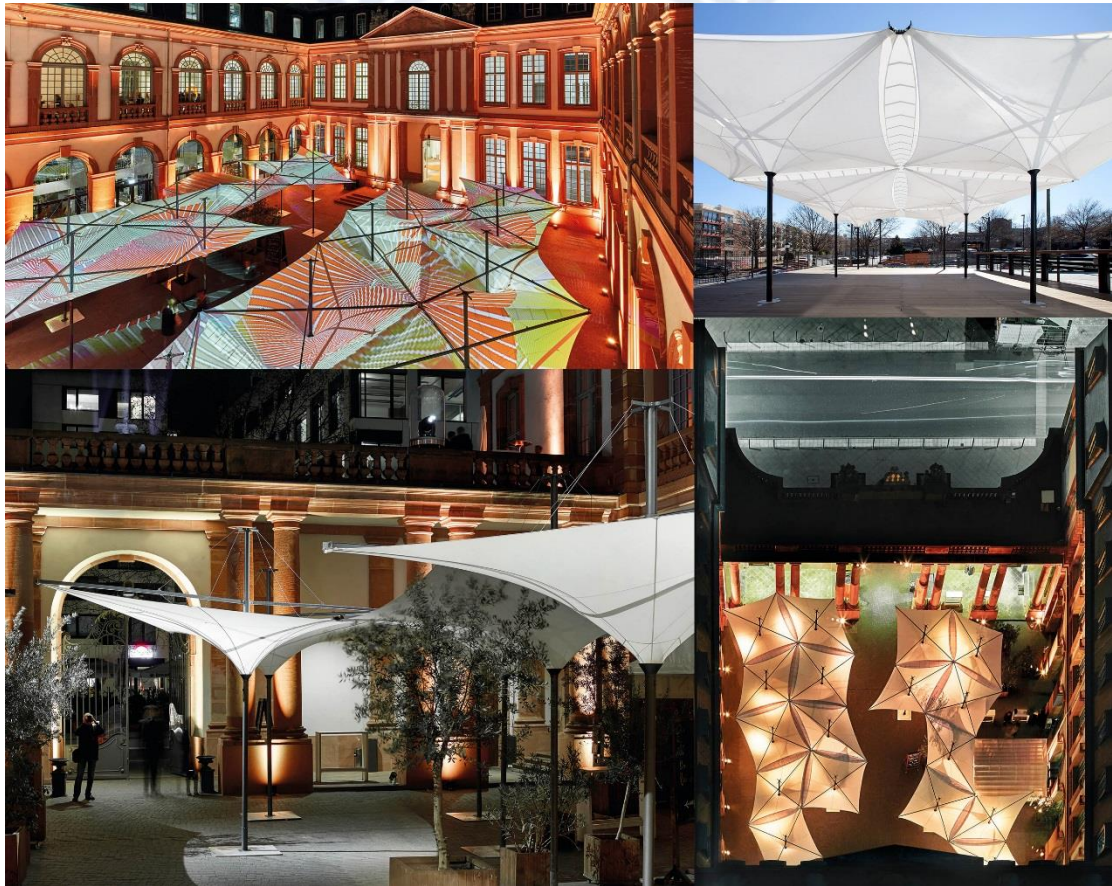


圖 2- 13 Tensilation Pavilion (Grimshaw , 2015)

2-3-9 Tensegrity 450h Lounge Side Table

Futureglass 推出過數款以 Tensegrity 為結構來製作的傢俱。其中 Tensegrity 450h Lounge Side Table (圖 2-14) 以透明玻璃、金屬與鋼纜的組合，強調了結構的表現，機能成為風格，不僅凸顯鋼纜自身的工業元素，更帶有一絲高科技 (High-Tech) 派建築的未來感。



圖 2- 14 Tensegrity 450h lounge Side Table (Futureglass)

以上所列舉之案例，可常見導入 Tensegrity 結構，善用了鋼纜最大的特性「拉力」，但為達成整體系統的平衡，結構會較為繁複，且畢竟萬法不離其宗，這類的結構常會有彼此相似的影子。為更進一步瞭解設計元素的搭配效果，本研究歸納以上案例的設計屬性並製作表格 (表 2-1)，以供後續研究參考。

表 2-1 各案例之設計屬性分析

	Parentesi Suspension Light		1971
	應用的鋼纜特性	材質組合	顏色
	韌性	鋼管 上下鎖固五金	黑 黑
	Mobile ICHIJO		2001
	應用的鋼纜特性	材質	顏色
	拉力	布 鋁管 鋁板 榻榻米	白 銀 銀 米白
	Cell		2009
	應用的鋼纜特性	材質	顏色
	承載力	塑膠板 固定用五金	白 銀
	Snelson Stool		2012
	應用的鋼纜特性	材質	顏色
	拉力	木頭 固定用五金	黃 銀
	Contour Coffee Table		2012
	應用的鋼纜特性	材質	顏色
	拉力	玻璃 木頭	透明 紅棕
	Underwood Pavilion		2014
	應用的鋼纜特性	材質	顏色
	拉力	萊卡布 鋁管 固定用五金	白 銀 銀

	The Frame book storage		2014
	應用的鋼纜特性	材質	顏色
	承載力	鋼方管 金屬網 木頭	黑 黑 黃
	Tensilation Pavilion		2015
	應用的鋼纜特性	材質	顏色
	拉力	鋁管 彈性布	暗灰 白
	Tensegrity 450h Lounge Side Table		-
	應用的鋼纜特性	材質	顏色
	拉力	玻璃 固定用五金	透明 銀

從 1960 年代 Kenneth Snelson 持續利用 Tensegrity 製作戶外雕塑起，Tensegrity 至今依然是在產品上常見的鋼纜應用方式，而利用鋼纜承載力的設計也是不在少數，此外還有少數利用鋼纜其他特性的案例。透過造型十字分析（圖 2-15）了解各案例相對的造型風格，也有隨年份變得現代、極簡的趨勢。

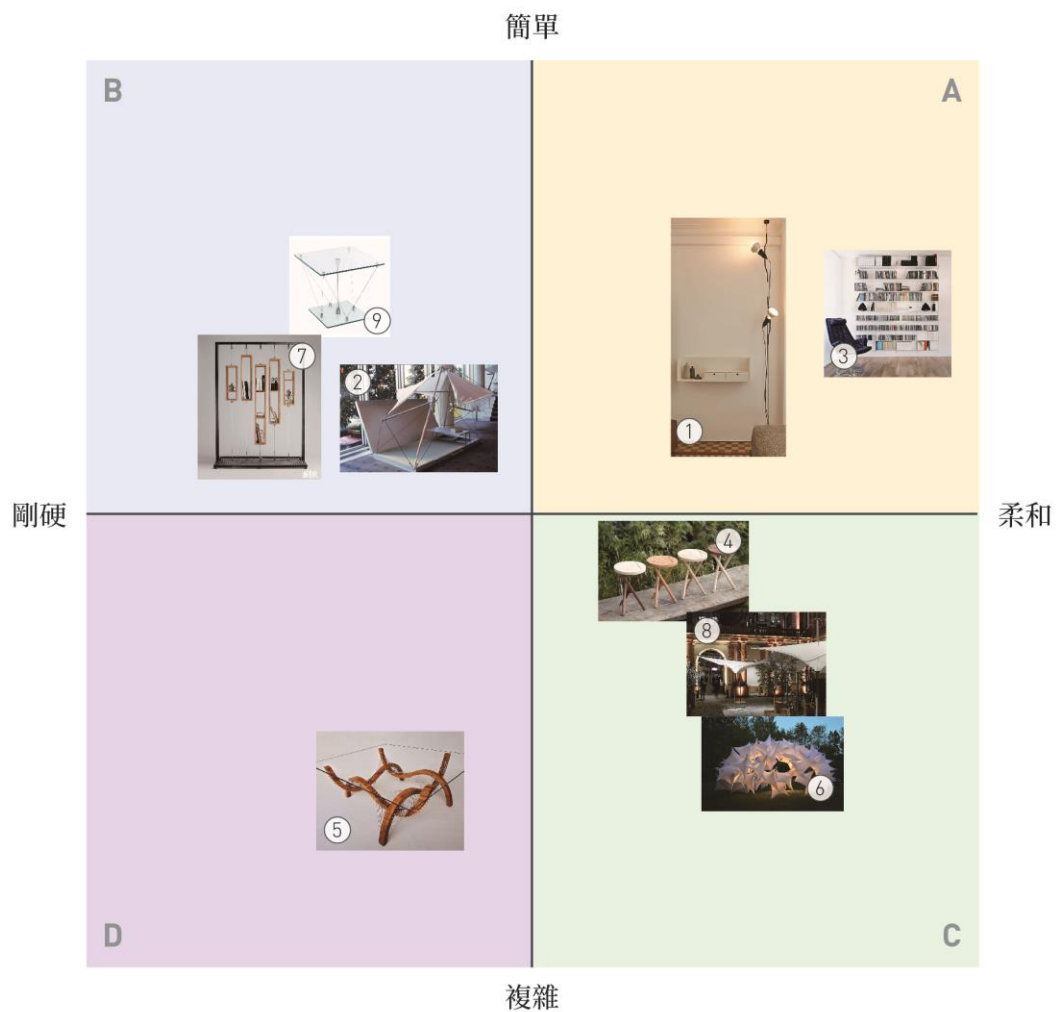


圖 2-15 案例的造型十字分析

鋼纜除了提供結構上的支撐外，與木頭、玻璃、金屬、布料組合，可以產生出截然不同風格語彙。雖然最後風格確立的變因繁多，除了材質以外還有顏色、造型、表面處理...等等，但經由上方（圖 2-15）十字分析能粗略了解哪些設計元素組合會產生的風格偏向。

基於以上案例，整理一些設計元素搭配註記，做為後續製作原型時的方向參考。

1. 【鋼纜＋黑色表面金屬管／棒／板】容易有工業風的感受。
2. 【鋼纜＋黑色表面金屬管／棒／板＋木頭】容易有工業風、粗曠的感受，但保有一絲溫潤感。
3. 【鋼纜＋銀色表面金屬／塑料】工業風或現代風。
4. 【鋼纜＋布料】容易有現代風的感受，搭配其他輕材料，容易移動收納。
5. 【鋼纜＋銀色表面金屬＋玻璃】容易偏向現代風或極簡風，甚至帶有未來派的氣質。

本論文偏好的設計方向是「Parentesi Suspension Light」、「The Frame Book Storage」和「Cell」這三件結構單純、造型又具有特色的作品。



三、材料實驗與設計創作過程

鋼纜目前常被使用在功能零件上，不論是電梯纜繩、煞車線、油門線等等，它就像是螺絲五金一般的品項，鮮少以鋼纜做為主軸的設計。本研究嘗試以鋼纜做為目標，期盼最終能製作出同時利用鋼纜特性及鋼纜外觀的設計，設計範疇以生活產品為主。本章分為三節，分別詳述三件實驗作品的創作過程。

3-1 Hii Line

3-1-1 創作動機

在應藝所的課程「工業設計二」時，課程內容是製作一張椅子／凳子，最初我選擇鋼纜做為材料來進行（圖 3-1），但經過實驗之後，即便是直徑 2 公分的鋼纜，單純做為椅腳依然無法提供足夠的支撐性，需要其他材料輔助支撐。最後，我使用同樣工業色彩濃厚的鋼筋做為椅腳輔助，但原本所用的粗鋼纜已具有相當重量，再加上鋼筋之後，產生外觀與實際重量的反差。也因為這次嘗試，體悟到只論外觀，不談材料結構的預想落差結果。經由這次的經驗，在本論文研究初始時，我便希望能再次挑戰傢俱類的設計。

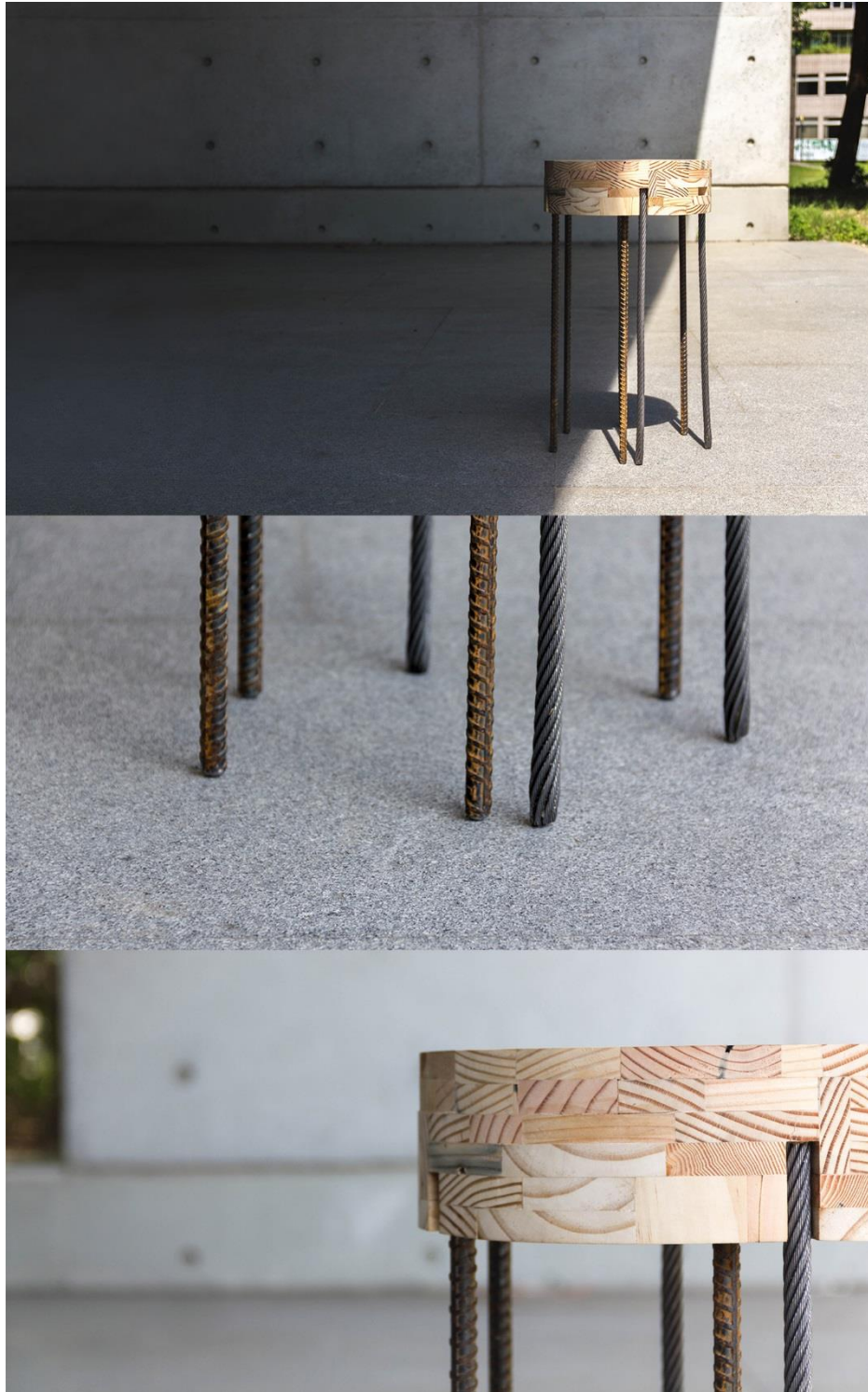


圖 3- 1 於交大應藝所「工業設計二」課程中所製作的凳子「REI」

3-1-2 創作發展與製作過程

從家具設計開始切入，直覺想到利用鋼纜的負重性與懸吊結構來製作一張椅子，但機構不是過於複雜、太過脆弱就是支撐力不夠，需要其他具有強剛性的材料作為框架，否則容易落入 Tensegrity 的結構窠臼（圖 3-2）。最後，決定將概念轉換應用在置物架設計上。



圖 3-2 初始階段的椅子概念草圖

變更方向後，利用先前草圖裡的結構來發展置物架的新概念草圖（圖 3-3），並製作第一版草模作為結構的修正基礎。

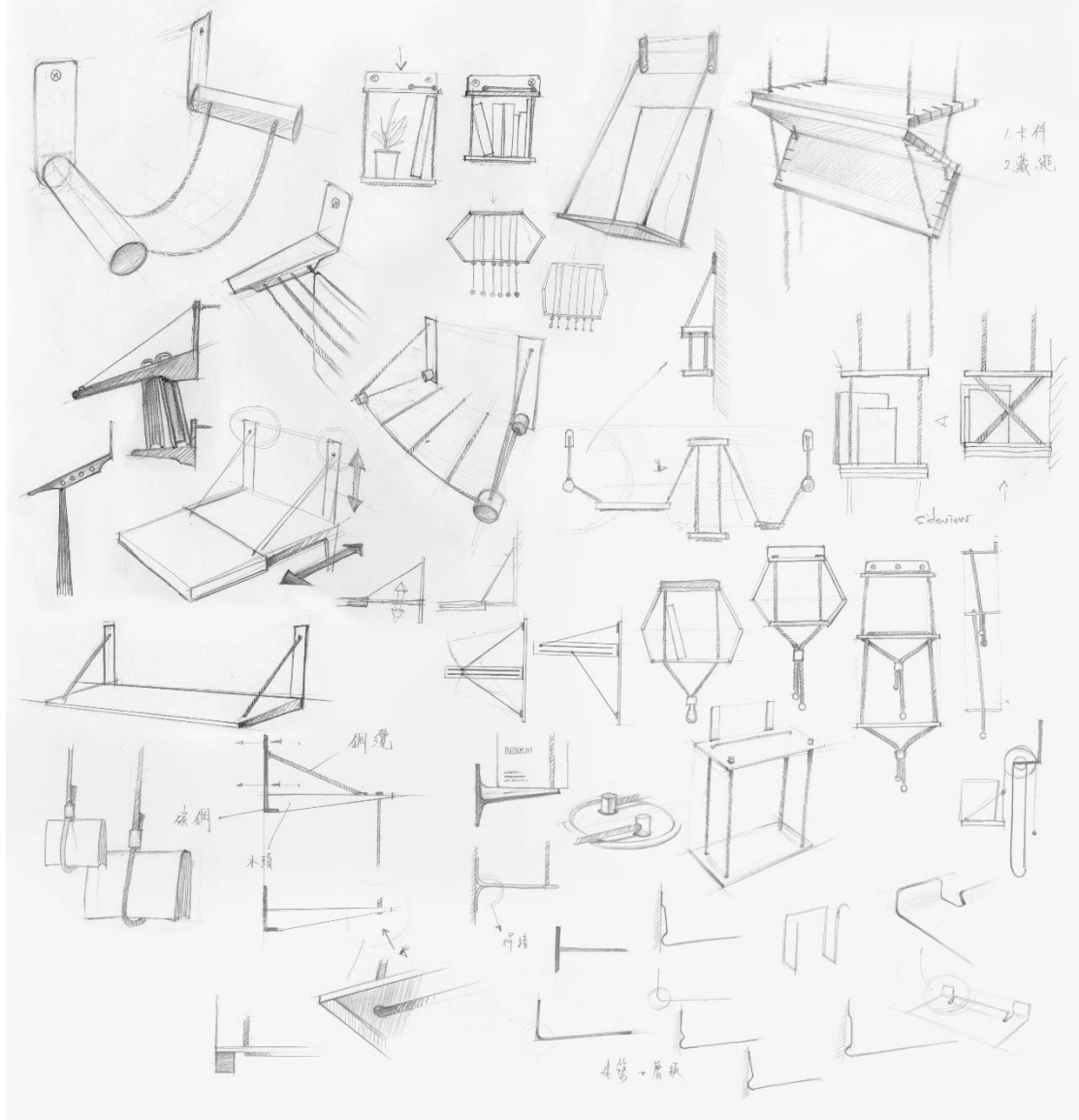


圖 3-3 置物架概念草圖

在第一版草模（圖 3-4）中，是 4 組獨立固定在牆的層板，這些層板左右側各有 1 條串起 4 塊層板的釣魚線來模擬鋼索，為了利用這 2 條線來建構 4 個層板的承重結構，釣魚線須在每片層板內部走 S 型，最後從置物架前方跨過頭頂到後方，當拉扯釣魚線時，最上層板先被拉起收闔、接著第二層板被拉起收闔，依此類推直至最下層板收闔。

在這版草模中，僅是結構就有以下問題：

1. 跨過頭頂的釣魚線不合理且不好操作。
2. 釣魚線夾在層板裡的 S 型結構難施力。
3. 逐一收闔 4 塊層板非常費力且耗時。

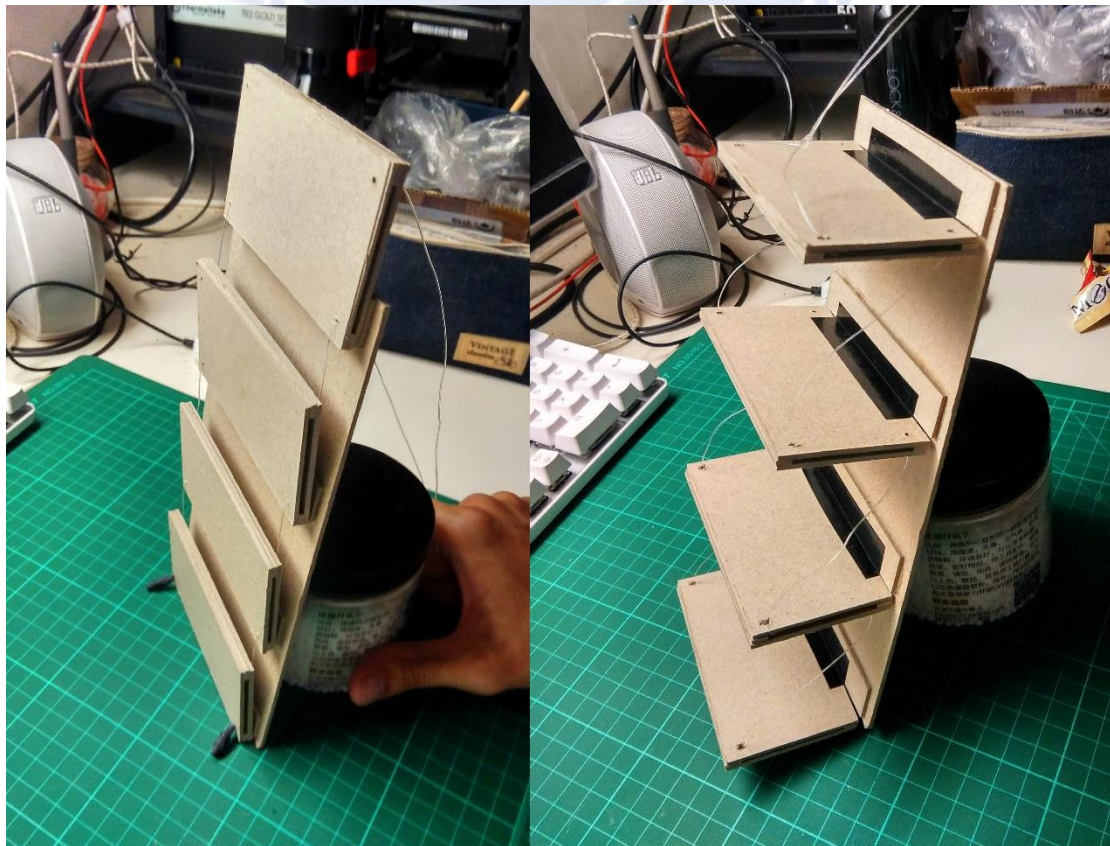


圖 3-4 置物架第一版草模

經第一版草模後，製作了第二版修正（圖 3-5）。將 4 片層板都固定在一個背板上，將 2 條釣魚線改為 4 條，各自控制 1 塊層板，釣魚線位置從左右兩側改為中間，並穿過背板到後方收攏成 1 條釣魚線，拉扯釣魚線時，4 片層板會同時作動收闔，修正後的釣魚線連接方式也比第一版容易施力。

在這版草模中，還是有以下問題：

1. 背板需要留出釣魚線的走線通道。
2. 改為各層板各自搭配釣魚線，使得控制用線數量增加，即使將原先左右側 2 線併為中間 1 條，總數還是有 4 條，且置於中間不利於層板的空間利用。
3. 層板固定在背板，背板再固定於牆壁，這樣的聯結非常複雜且無效率。

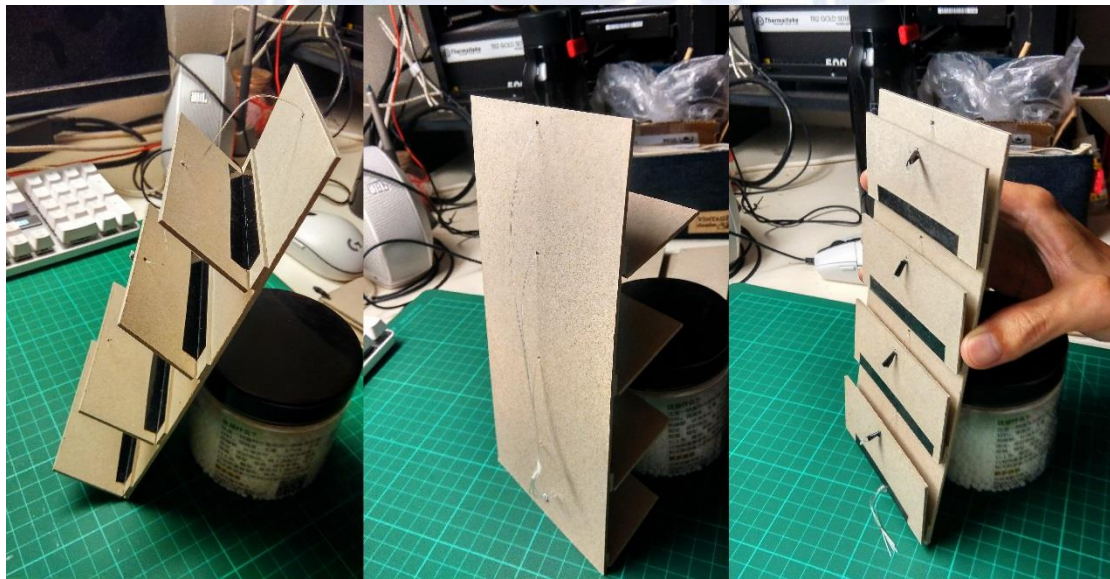


圖 3-5 置物架第二版草模

接著第三版草模（圖 3-6），調整框架外型，使其能倚靠在牆上，並將二版草模裡的 4 條控制線，透過修改整體結構，收斂為僅靠 1 條棉線來控制所有層板的開闔，並且線位置移到後方，不影響層板空間利用。整體能打平收納成薄板的外型。置物架傾斜的角度不同，層板可利用框架底下的凸出卡件，將控制線卡在不同位置，讓層板保持水平。



圖 3-6 置物架第三版草模

接著重新調整外型並製作比例草模，將第三版裡的棉繩改為鋼纜，卻碰到了鋼纜具有韌性的特質，無法有小半徑的彎折。這導致原本收闔狀態能打平的層板無法平放（圖 3-7）；另外，第三版草模的控制線配置於層板中間，雖然靠層板後方，已經盡可能減少干擾層板的空間利用，但就外觀來說，並不那麼理想。

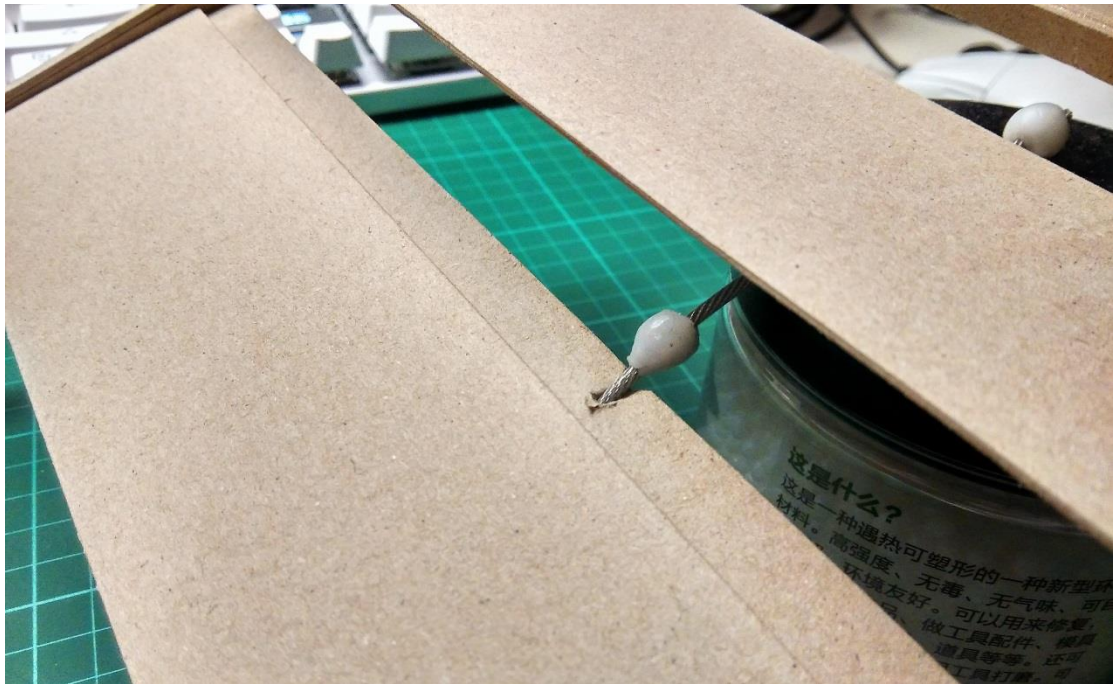


圖 3-7 鋼纜的韌性無法小半徑彎折，導致結構卡住，層板無法打平

為解決鋼纜韌性導致層板無法打平的問題，測試了很多方式，最後決定使用一輔助鋼纜旋轉的機構（圖 3-8），並且將鋼纜從層板中間移到側邊。在外型調整並建立 3D 模擬之後（圖 3-9），將各組件發包廠商打樣，材質為避免過軟而使用黑鐵而非鋁材質。

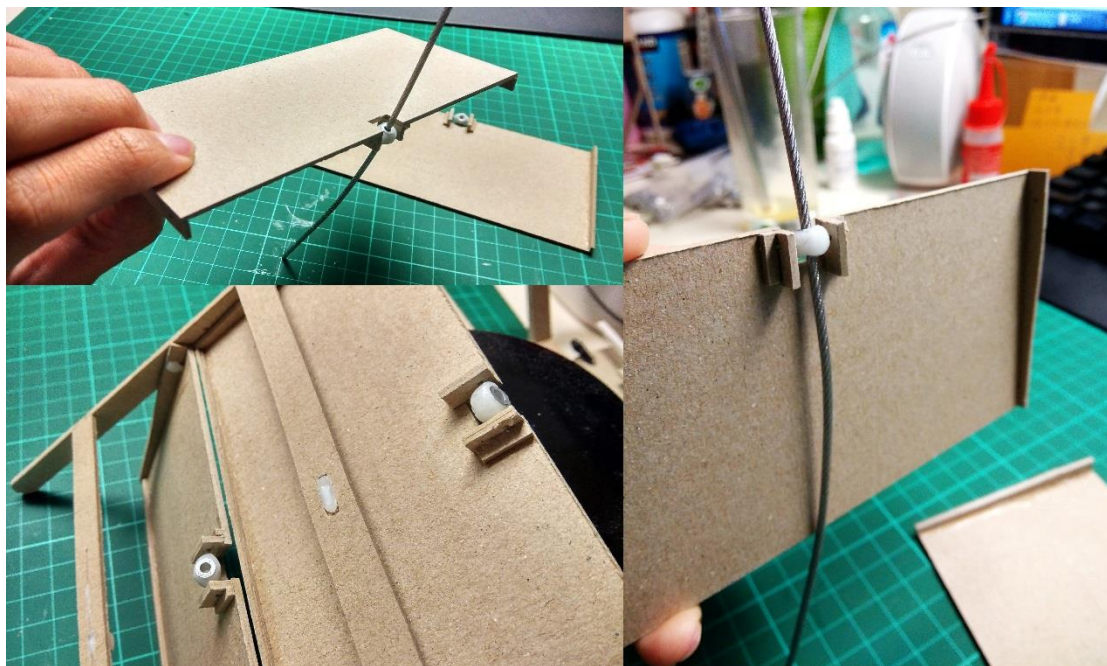


圖 3-8 輔助鋼纜旋轉的機構



圖 3-9 修改外型後的 3D 模擬

在第一版原型製作完後，發現有蠻多在草圖、3D 模型上沒有注意到的不完善細節（圖 3-10、圖 3-11），例如零組件在組立時的誤差、整體重量、框架受力變形的情況...等。這些待改善的問題有：

1. 整體高度過低。
2. 框架、層板的材質均為鐵，導致重量相當重。
3. 框架橫桿僅一支，不夠穩固，受力會有扭轉的現象。
4. 框架上方的鋼纜無法如預想般拉緊，且框架會受力扭轉，鋼纜沒有提供固定框架的功能。
5. 旋轉結構的位置不良，導致無法如預想的拉起層板。
6. 在旋轉結構，鋼纜與層板的間距太窄小，無法加上零件來固定鋼纜。
7. 層板右上方留給鋼纜的溝槽開口過窄，使得層板旋轉作動不順。
8. 原本設定鋼纜穿過轉軸後，自己再用低溫焊料於各層板間焊上一小鐵球，用來抬起層板。實際測試之後，該焊料無法附著在鋼纜（不鏽鋼）上，且該焊料結構鬆散，不適合用在受力的位置，但可適用於補洞之類的無結構類用途。
9. 手拉鋼纜的零件過小，不好施力。
10. 因為是工廠手打樣，再加上鐵件焊接後的收縮現象，製作之前沒有預留尺寸誤差空間，使得機構作動不易。
11. 組立設計上有許多改善的空間，須盡量可以拆解回復，以利修改。



圖 3-10 置物架第一版原型：高度過矮且全鐵材重量頗重、上方鋼纜無法拉緊強化結構、旋轉支點錯誤無法順利拉起層板



圖 3-11 置物架第一版原型：餘裕小、溝槽小、間距小鋼纜無法鎖固

第二版原型有以下修改方案：

1. 調整整體高度。
2. 框架保留黑鐵材質，層板材質從黑鐵板改為木夾板，雖然變厚但重量減輕，且仍具有一定強度。
3. 估算零組件組立的誤差。
4. 增加四支橫桿強化框架結構，並且可以限制層板旋轉角度、降低物件向後滑的情況。
5. 修改旋轉結構的位置，使其容易拉起層板。
6. 增大旋轉結構與層板的間距，使之可以附加鎖件並且容易施力拉起層板。
7. 鋼纜末端修改成拉環。
8. 考量組立情況，並保留適量空間以容許零組件誤差。
9. 零件挑選須考量整體風格一致性。
10. 須噴砂+表面漆等表面處理，以避免進行焊接或打磨時，裸露的黑鐵接觸空氣一段時間後氧化生鏽。



圖 3-12 置物架第二版原型製作過程

第二版原型製作時，因為已經有了第一版原型的經驗，材質與組立結構都盡可能保留最大的自由度，以利微調修改。除了鐵件的雷射切割與焊接之外，大多零件都以現有規格品當基礎，再利用學校工場機具或自己準備的手工具來修改、製作，提升對最終設計的把握度，並有利於零件變更（圖 3-13）。



圖 3-13 預備用來調整替換的五金零件

3-1-3 最終創作成品

1. 作品名稱：Hii Line
2. 創作日期：2018.5
3. 作品材質：鋼纜、黃銅、鐵、夾板
4. 作品尺寸：155cm x 36cm x 8 cm
5. 作品摘要：台灣發展創意市集至今十餘年，市集已成為品牌在創業初期時，用來累積知名度與測試市場的方式之一。然而每次場地提供的支援不盡相同，有時會需要用來展示產品或作為招牌廣告的架子。Hii Line 置物架操作簡單，收闔體積小容易攜帶移動，可以用來展示產品或廣告宣傳。Hii Line 能夠調整一定的傾斜角度，在寬窄不同的室內空間也能因應變型。

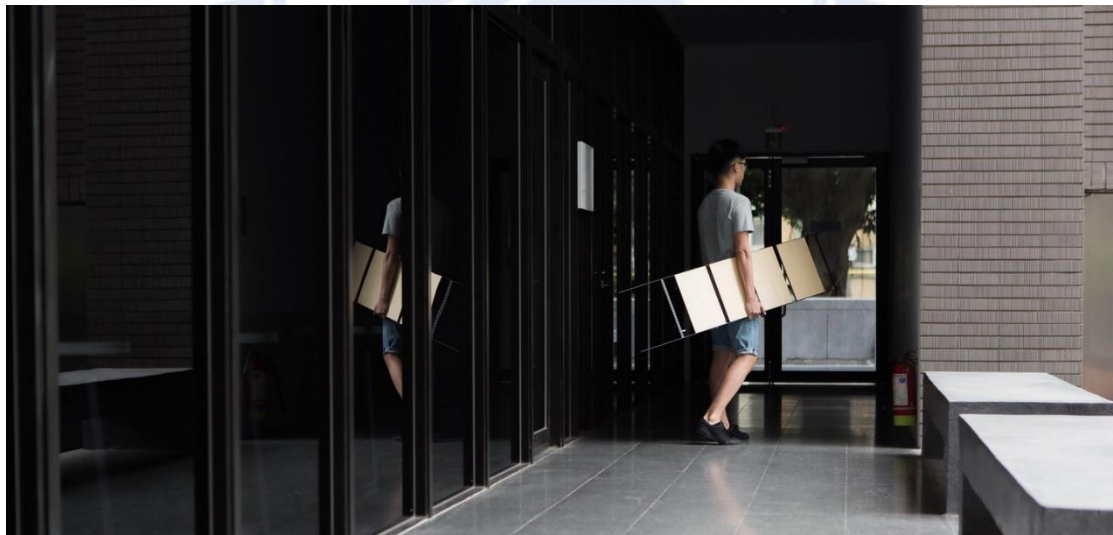


圖 3- 14 Hii Line 最終成果（收合狀態）

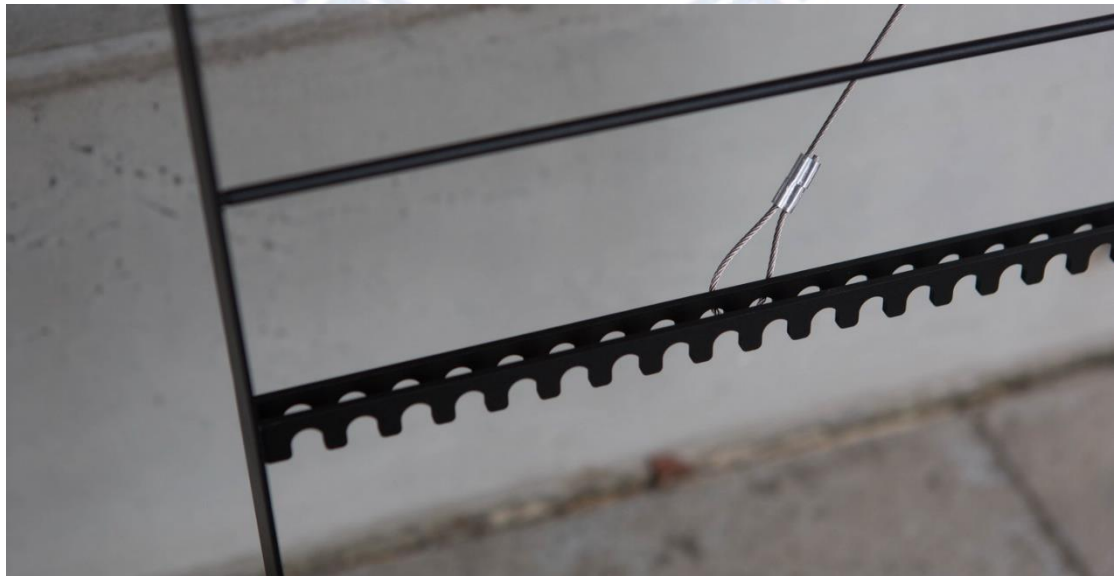


圖 3- 15 Hii Line 最終成果（上至下）：1. 展開狀態；2. 3. 旋轉結構細節；4. 鋼纜固定方式

3-2 TiS Lighting

3-2-1 創作動機

起初在考慮設計時，希望能讓鋼纜出現在生活環境中，挑戰不同於一般的鋼纜使用方式，或是利用鋼纜的外型為主軸去塑造產品。最終選擇「桌燈」作為設計的物品，嘗試將一般被用來承重的鋼纜應用到照明用燈上時，能組合出新的火花。

3-2-2 創作發展與製作過程

創作初期曾一度不曉得該從何下手，因為桌燈不太需要承重，鋼纜的優良拉力就不是主要的重點。若是用不太具有剛性的鋼纜來做框架，其結構會不穩定，最好還是使用其他材料來做框架。故在先前應藝所的課程【工業設計二】中，設計主題是椅或凳，但當時單純用鋼纜來作為椅腳並不成功。經過一段如同撞牆般的摸索期之後，決定利用鋼纜最純粹的特性來進行設計，不依靠其他複雜的機構或過多材料。

在概念草圖中（圖 3-16）有好幾種簡單的結構，並以這些結構繪製簡單的應用方向，經過與指導教授的討論後，從中挑出比較能展現鋼纜特性的方式，並製作數個結構草模，來試驗是否可行，以及哪種方式較合用（圖 3-17、圖 3-18），最後以此作為基礎，繼續發展延伸概念草圖 2（圖 3-19）。

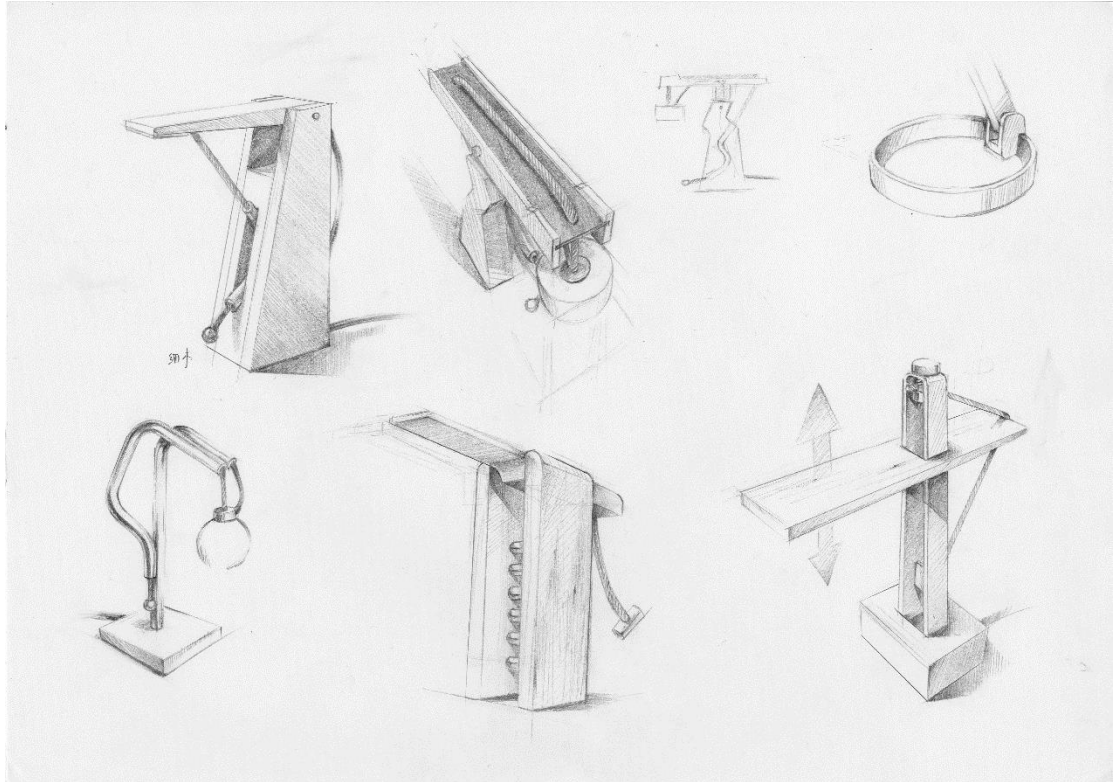


圖 3-16 桌燈的結構概念草圖

討論後第一種結構草模，是類似生物骨骼與肌肉的控制關係，但鋼纜不能像肌肉一樣能夠收縮或鬆弛，所以透過一個環來限制鋼纜、控制結構的曲撓。



圖 3-17 第一種結構草模

第二種結構草模，主要是藉鋼纜自身的韌性。鋼纜在受到撓折的時候，會有個力量要恢復鋼纜本身的形狀，若將鋼纜放入一尺寸相近的銅管中，再做銅管的 S 型彎折，會讓鋼纜與外部銅管產生逼緊的效果，C 型彎折也有逼緊的效果但遠不如 S 型彎折。S 型的轉折越快會使得逼緊效果更明顯，但同時也會更難進行微調，因為調整所需的力量變大，容易拉過頭；但若轉折過緩，則沒有什麼逼緊的阻力效果。這應用到實作產品時就需要反覆試驗，以達合適的彎折角度。

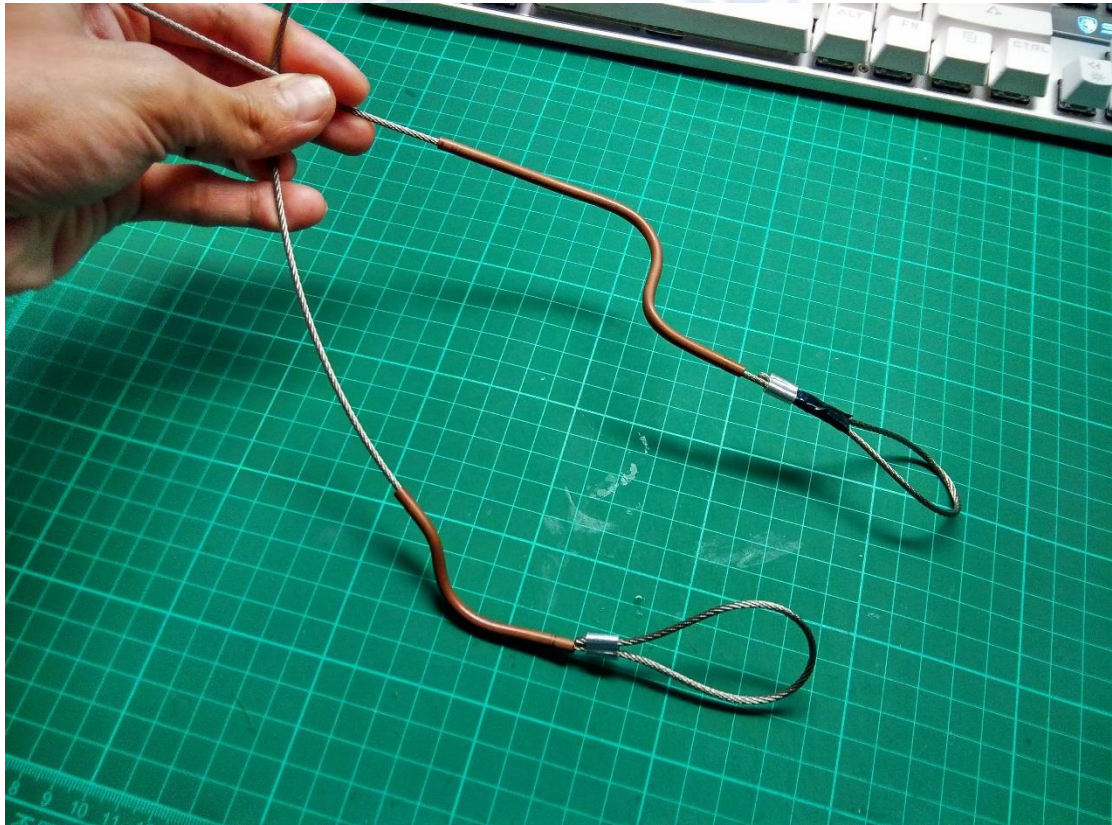


圖 3-18 鋼纜搭配紅銅管的第二種結構草模

最終選擇使用第二種結構，因其非常單純，可以大量地減少機構零件的使用又能展現鋼纜韌的特質，而且經測試，該結構可以輕易吊起一瓶裝滿水的寶特瓶而不滑落，以桌燈的零件來說，這樣的支撐力已經相當足夠。

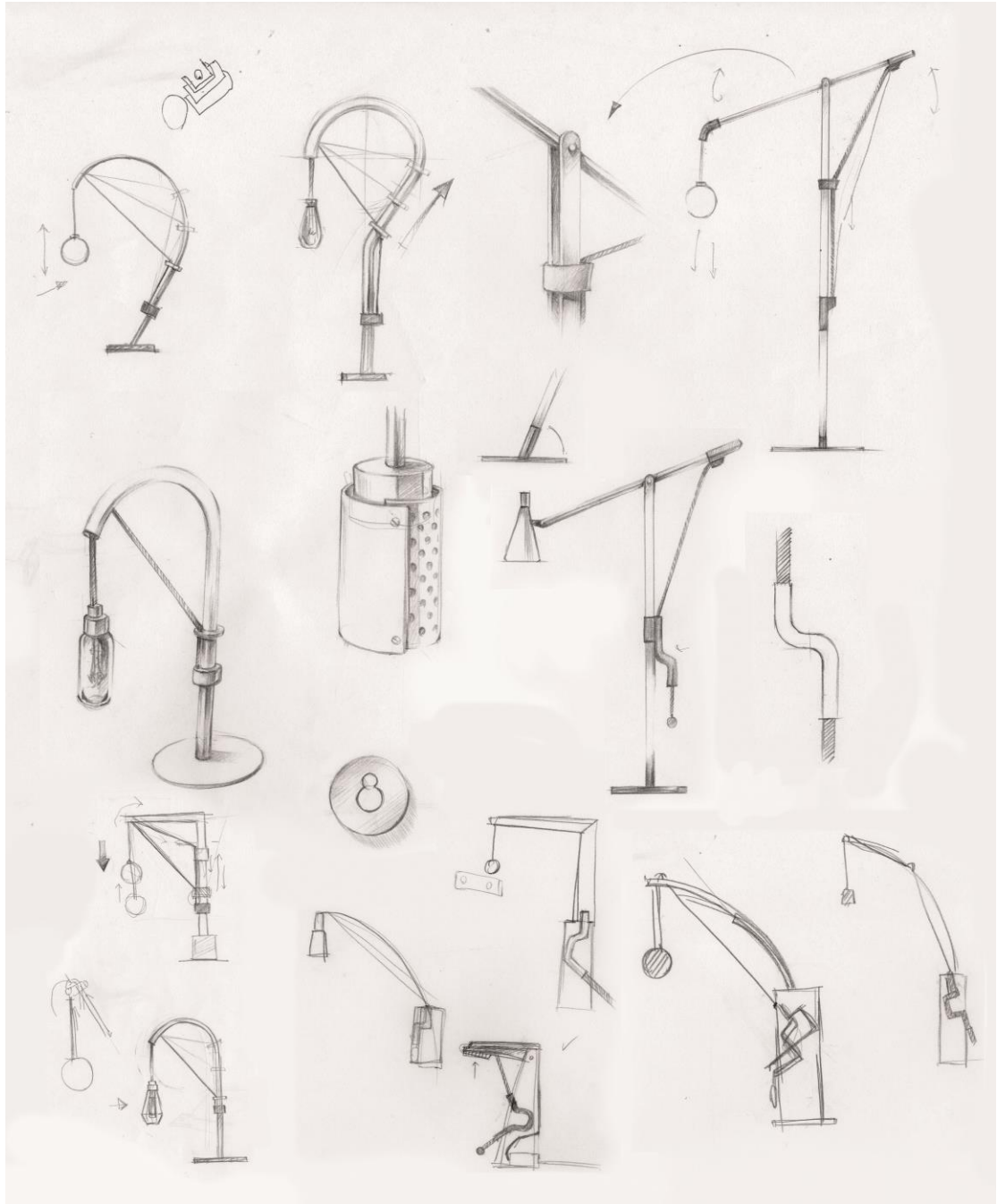


圖 3-19 桌燈概念草圖 2

在草圖部分，將空間利用納入考量，並刪去不夠成熟的概念，確認完機構之後便製作第一版原型（圖 3-20）。暫不需琢磨細節，先將雛型製作出來，並考量旋轉作動、組立方式後，產出一功能陽春的原型。

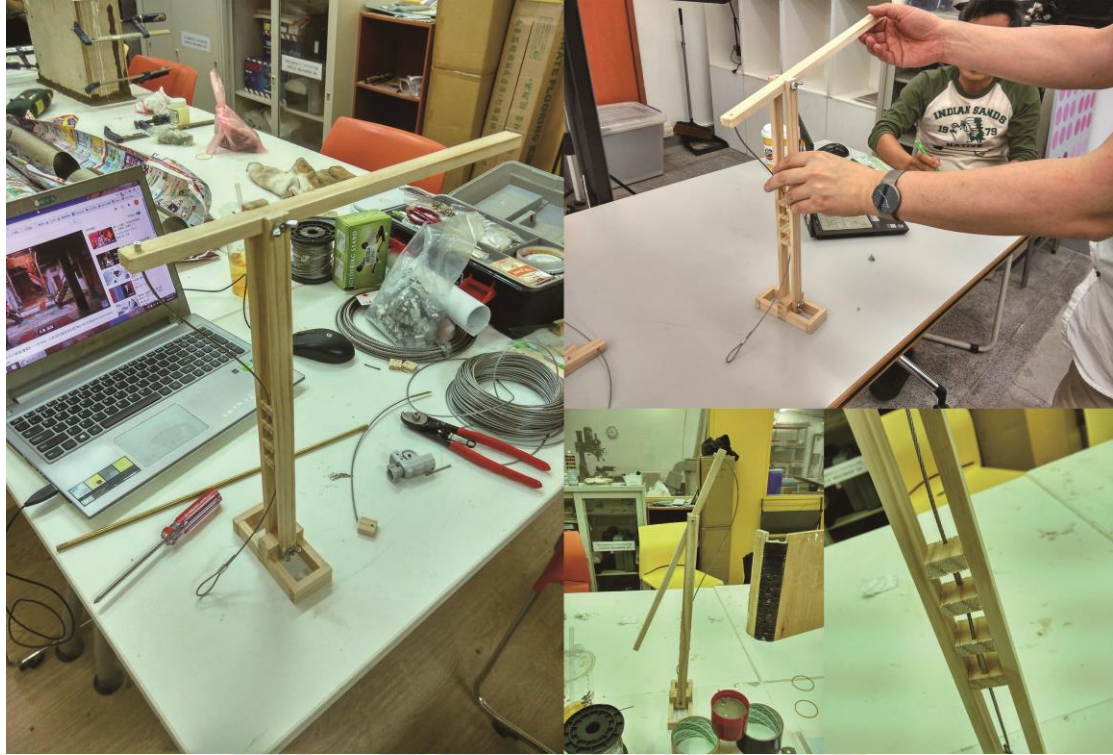


圖 3-20 桌燈第一版原型

在第一版桌燈原型製作完成後，仍有許多問題尚須修正：

1. 基座配重過輕。
2. 規劃電線擺放路徑。
3. 鋼纜的控制結構，外觀需要整理收斂。
4. 高度稍低（40cm）。
5. 增加折疊收納的結構。
6. 基座若以水泥製作，不但具有重量能穩定整體，也有工業風的特色。
7. 挑選大小、外型、顏色適合的五金零件來帶出細節。



圖 3- 21 桌燈第二版原型製作過程

3-2-3 最終創作成品

1. 作品名稱：TiS Lighting
2. 創作日期：2018.5 月
3. 作品材質：鋼纜、鐵、木頭、水泥、LED。
4. 作品尺寸：50cm x10cm x 47cm
5. 作品摘要：盡可能使用單純的材料與簡單的機構，不訴諸鋼纜的強拉力，反倒是利用鋼纜自身的韌性所產生的摩擦力做為設計的主軸，製作成一盞造型簡約的桌燈。



圖 3- 22 TiS Lighting 最終成果（展開狀態）



圖 3- 23 TiS Lighting 最終成果（收合狀態）

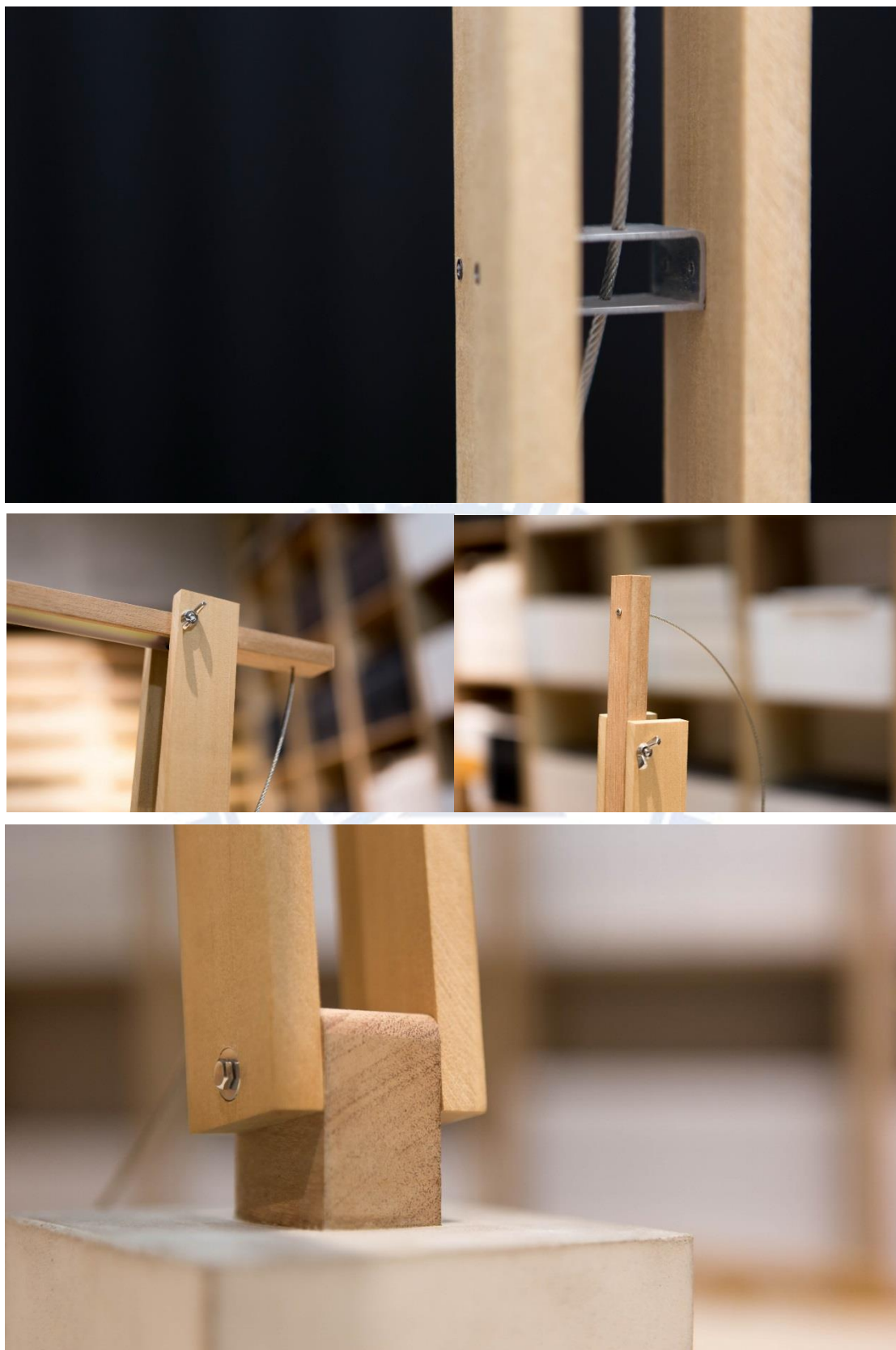


圖 3- 24 TiS Lighting 最終成果（上至下）：1. 卡件細節； 2. 3. 展開、收合狀態細節； 4.

底座細節

3-3 WiS Lighting

3-3-1 創作動機

在創作第三件作品時，我希望能使用先前曾思考過的滑輪來製作，並利用鋼纜的高拉力特性，若有機會再輔以鋼纜其他特質，切入產品以大型燈具作為主要類型。

3-3-2 創作發展與製作過程

一開始發想時，我試著將鋼纜、水泥和滑輪做結合來設計立燈，但因為使用的鋼纜細，滑輪也不大，使得設計的注目點反而過多落在外框骨架的造型與燈泡／燈罩的造型（圖 3-25）。

另外，除了立燈，也想了幾個吊燈的雛形，例如用輕鋼架裝潢時的平板燈搭配外部水泥燈罩，來製作大型室內吊燈，其懸吊部分是依靠鋼纜，鋼纜會通過定滑輪，其上焊接一 S 型鐵管，用來增加鋼纜摩擦力，鋼纜穿過該管後通過動滑輪，最後連回天花板，透過調整動滑輪位置來控制燈的高度。但這個結構有許多細節要注意，不論是 S 型止滑管與定滑輪的連接方式、那又是否能順利作動、鋼纜走線的方式是否能穩定滑輪等等。在這時候，我發現我已經設計太過，為了達到某些功能而產生了更多實作上的問題。

與指導教授討論過後，決定將整個概念再收斂一些，結構簡單一些，並和其他壁燈的草圖結合，縮小範圍為發展壁燈。

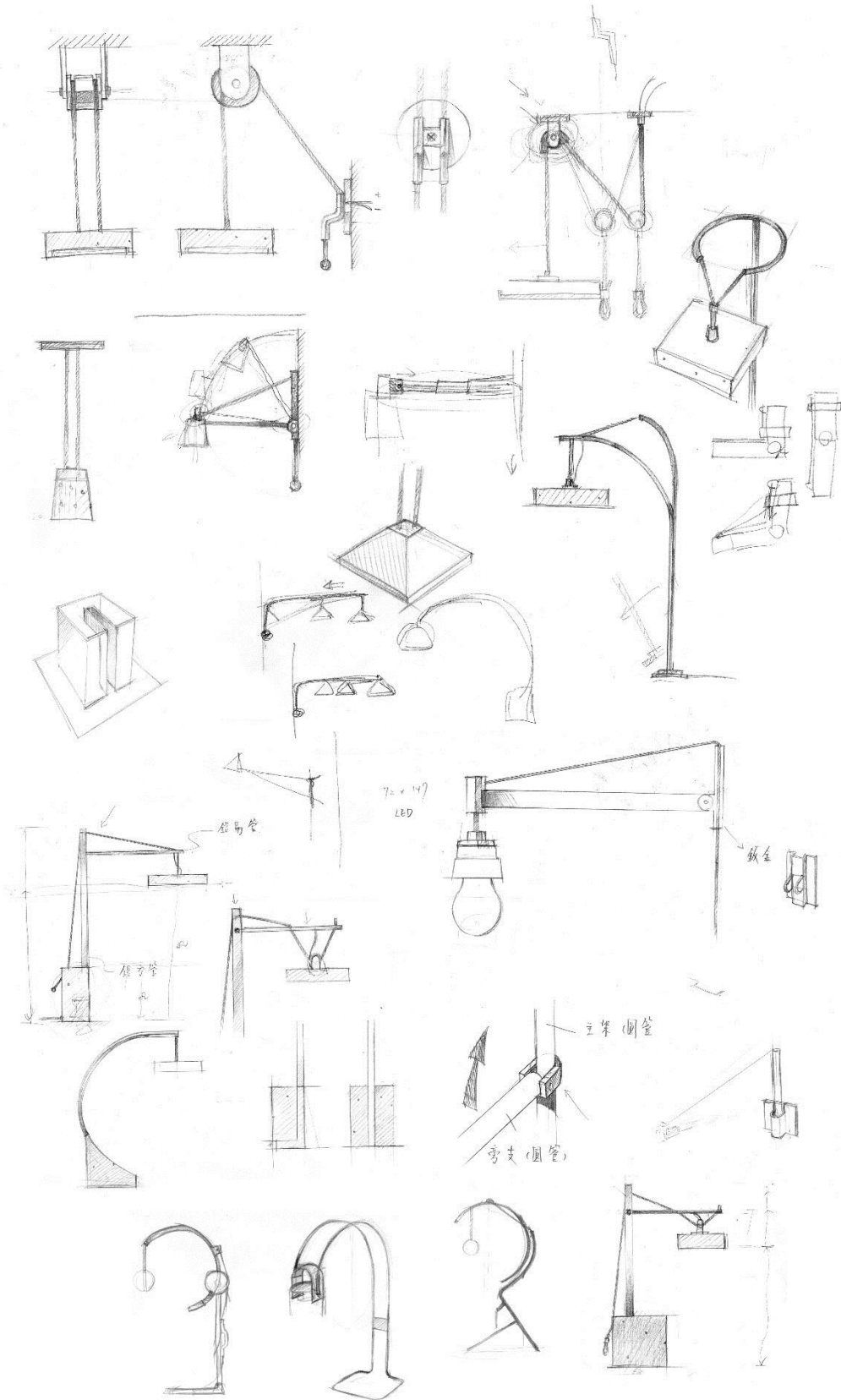


圖 3-25 大型燈具概念草圖

經過 3 次的 1:1 實際大小的三視圖檢討造型與機構後，便開始製作第一版原型。其中有些地方不如預期順利，像是支架的鑽孔過小，電線難以通過（圖 3-26），或是支架與鎖牆鐵件的間隙過短，使得支架不好上下旋轉（圖 3-27），以及原本設定的止滑結構阻力不夠，無法撐起燈架...等等。

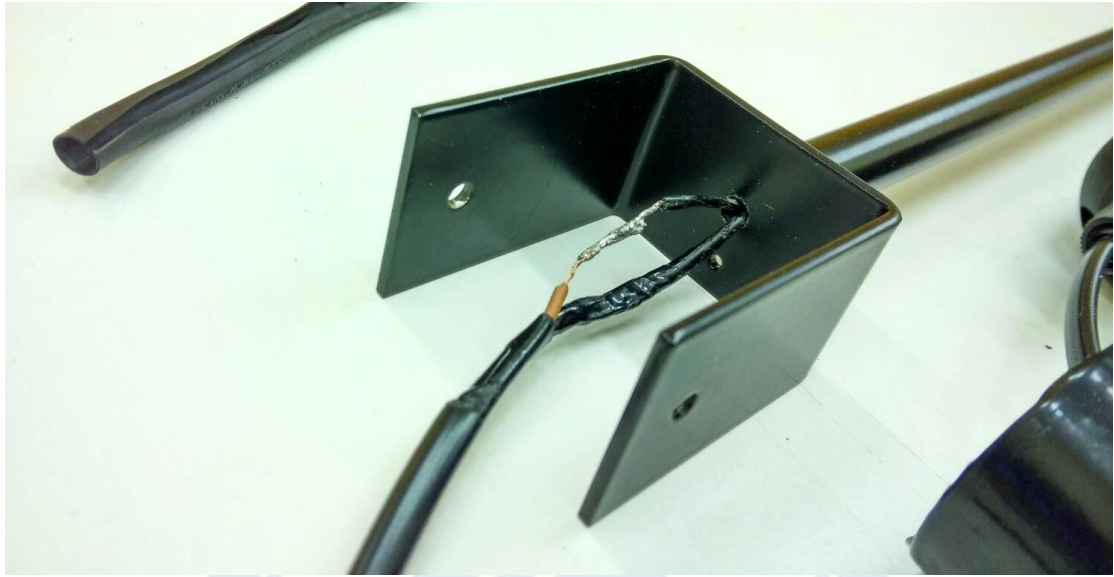


圖 3- 26 大型燈具第一版原型製作過程：支架鑽孔過小，電線不易通過。



圖 3- 27 大型燈具第一版原型製作過程：支架與鎖牆鐵片的間隙過短，因支架內部與鎖牆鐵件有電線穿過，使得支架不容易上下旋轉。

為補強鋼纜撐起支架的力量，在鎖牆鐵片下方再增加一段繞圈的紅銅管，並讓鋼纜通過，希望能透過鋼纜自身韌性產生的摩擦力來止滑撐住支架。但無奈的是，從大半徑到小半徑（圖 3-28）的測試過程，繞圈的 O 型結構仍然無法提供足夠摩擦力，最後使用 S 型結構（圖 3-29），但其外型不夠理想，且摩擦力相當大，導致難以控制力量來微調壁燈高度。



圖 3- 28 大型燈具製作過程：為提高摩擦力而附加的繞圈紅銅管。



圖 3- 29 大型燈具製作過程：為提高摩擦力而附加的 S 型紅銅管。

與指導教授後，認為 S 型紅銅管的機構應用產生多餘問題並不合理，它需要 2 個人才能較為穩定操作。在討論過程，改用懸吊重物的方式來測試，發現操作簡單可行性高，故決定從砝碼的方向下手。而原本滑輪附近的止滑機構，雖然不能單靠它就止住燈架，但卻對燈架的上下轉動的有平滑輔助的效果。

在第一版壁燈原型製作完成後，仍有以下需要克服的問題：

1. S 型止滑紅銅管改為砝碼懸吊結構。
2. 包覆塑膠鋼纜改為一般鋼纜。
3. 燈座上方旋轉鐵管重心配置修改。
4. 長度 (95cm) 增加為 120cm。
5. 增加開關與調光器。



另外，Jean Prouvé 曾在 1950 設計 Potence 壁燈，與本研究的實驗創作 WiS Lighting 的外型相近，但所運用之結構、材料、功能及操作方式並不相同，於下方整理差異表格（表 3-1）。

表 3-1 Potence 與本研究實驗創作 WiS Lighting 比較

	Potence		1950
	操作方式	功能	材料
	1. 移動下方櫟木球來旋轉燈具方向 2. 控制調光器，變更燈泡亮度	左右旋轉 調光	鋼管 櫟木 鋼線 鐵片
	WiS Lighting		2018
	操作方式	功能	材料
	移動燈支架，直覺地調整燈泡位置	左右旋轉 上下旋轉	鋼管 銅管 鋼纜 滑輪 鐵片

3-3-3 最終創作成品

1. 作品名稱：WiS Lighting
2. 創作日期：2018.5 月
3. 作品材質：鋼纜、紅銅、黃銅、黑鐵、白鐵、鎢絲燈泡
4. 作品尺寸：90cm x 30cm x 5cm
5. 作品摘要：鋼纜和滑輪相搭配，用盡量少的零件，來提供調整燈位置與高度的功能，滑輪附近的小結構能讓鋼纜穩定且帶有一點阻力，將燈架隨意移動，停下的瞬間就是靜力平衡狀態。燈泡使用工業感濃厚的鎢絲燈泡，統一整體的硬派調性。

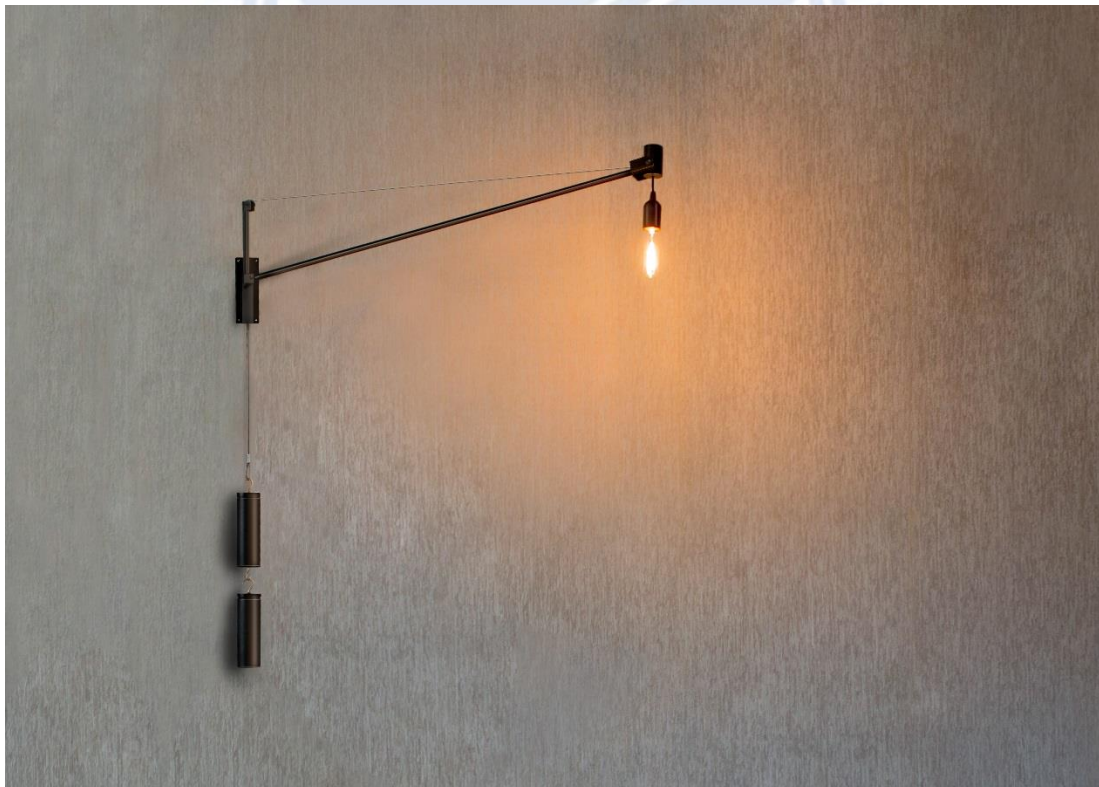


圖 3- 30 WiS Lighting 最終成果



圖 3- 31 WiS Lighting 最終成果：各部位細節

四、作品展出

4-1 作品展出

展覽主題：【非偶然 NOT AN ACCIDENT】

展覽海報：

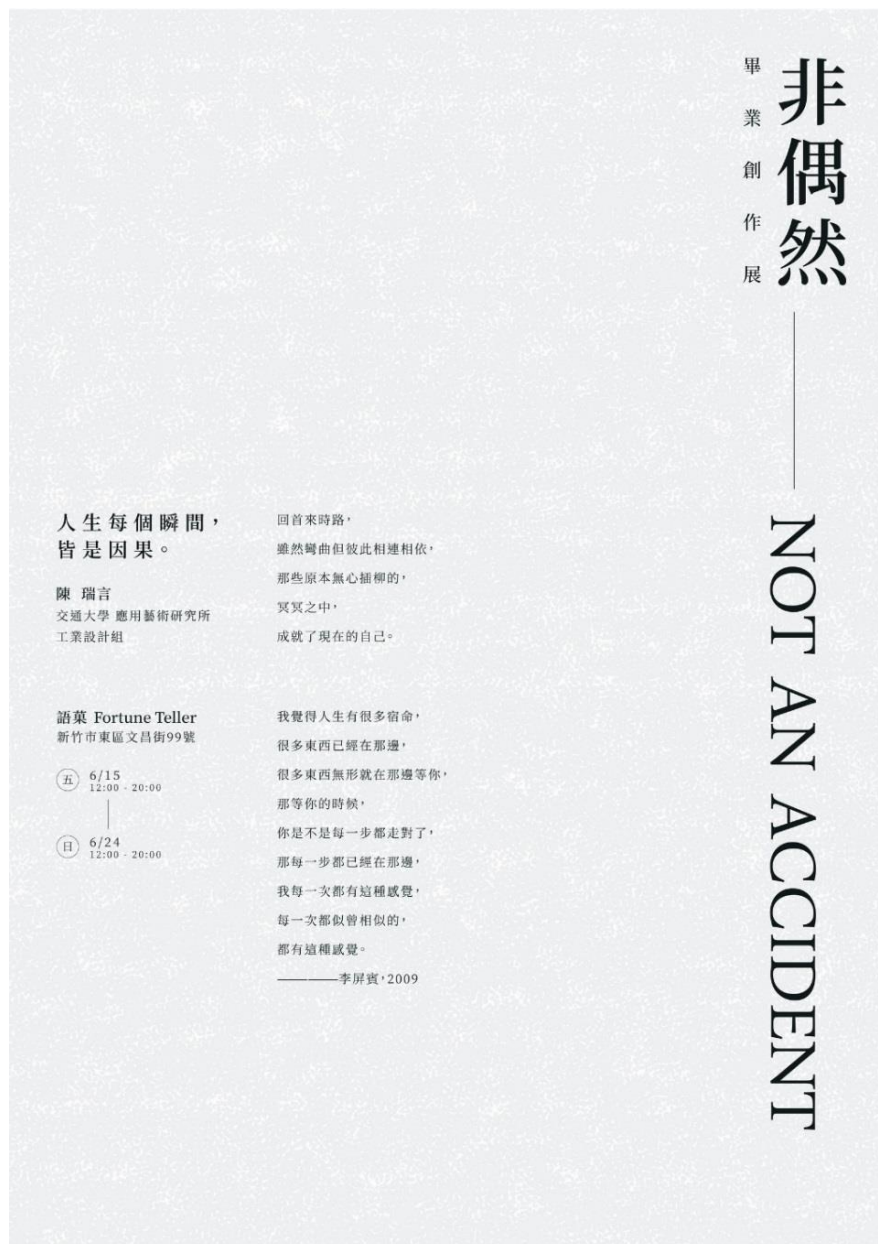


圖 4-1 【非偶然 NOT AN ACCIDENT】展覽海報

展覽地點：語菓 Fortune Teller

新竹市東區文昌街 99 號

展覽時間：2018.6.15 – 2018.6.24 | 每日 12:00 – 20:00

展覽說明：

【人生每個瞬間，皆是因果。】

生活中的每個經驗都像一條線，初始獨立互不相干，但隨著時間這些線彼此交纏，絲凝成線，錯綜複雜像鋼纜一樣，匯聚成一條叫做人生的纜線。

創作的過程也是如此，有很多東西要去嘗試、要去實踐，測試通過的那些東西，當下就能夠拿來創作，完成後有很多地方要再改進，就以這個版本當基礎再更迭新創作。測試不行的那些，在某些面向反而是收穫，甚至未來能夠再連接回來。這些創作過程，就像人生每個瞬間，都是因，都是果。



圖 4-2 【非偶然 NOT AN ACCIDENT】展覽

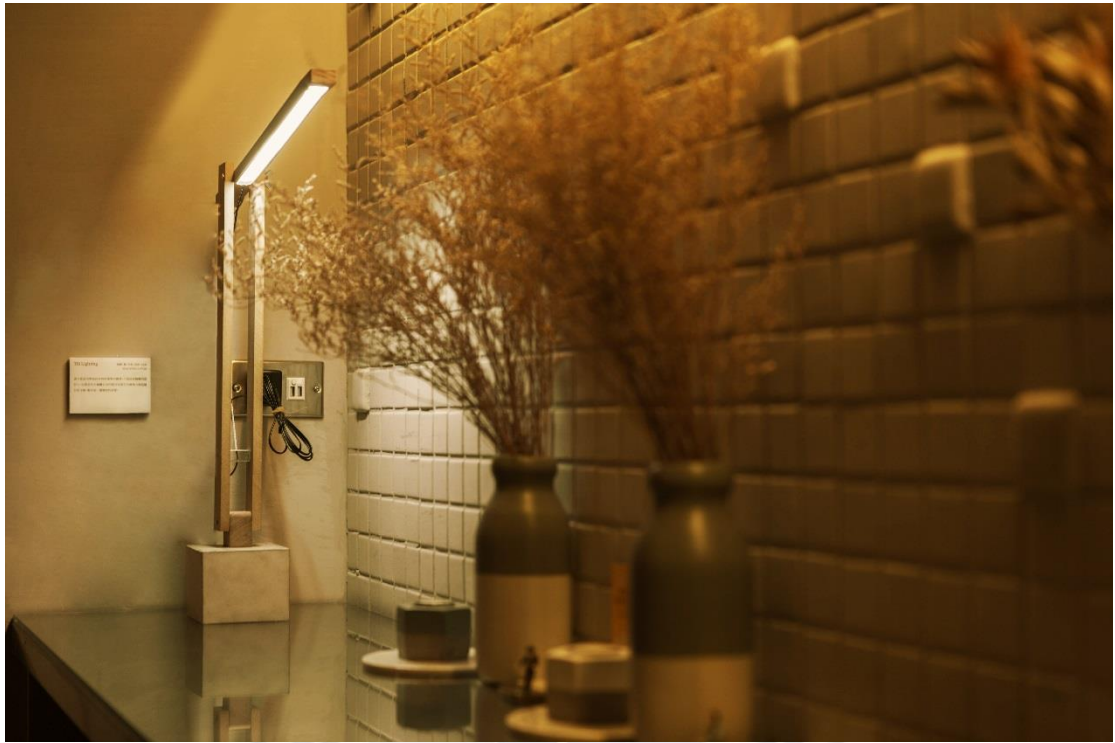


圖 4-3 【非偶然 NOT AN ACCIDENT】展覽



圖 4-4 【非偶然 NOT AN ACCIDENT】展覽

展場平面圖：

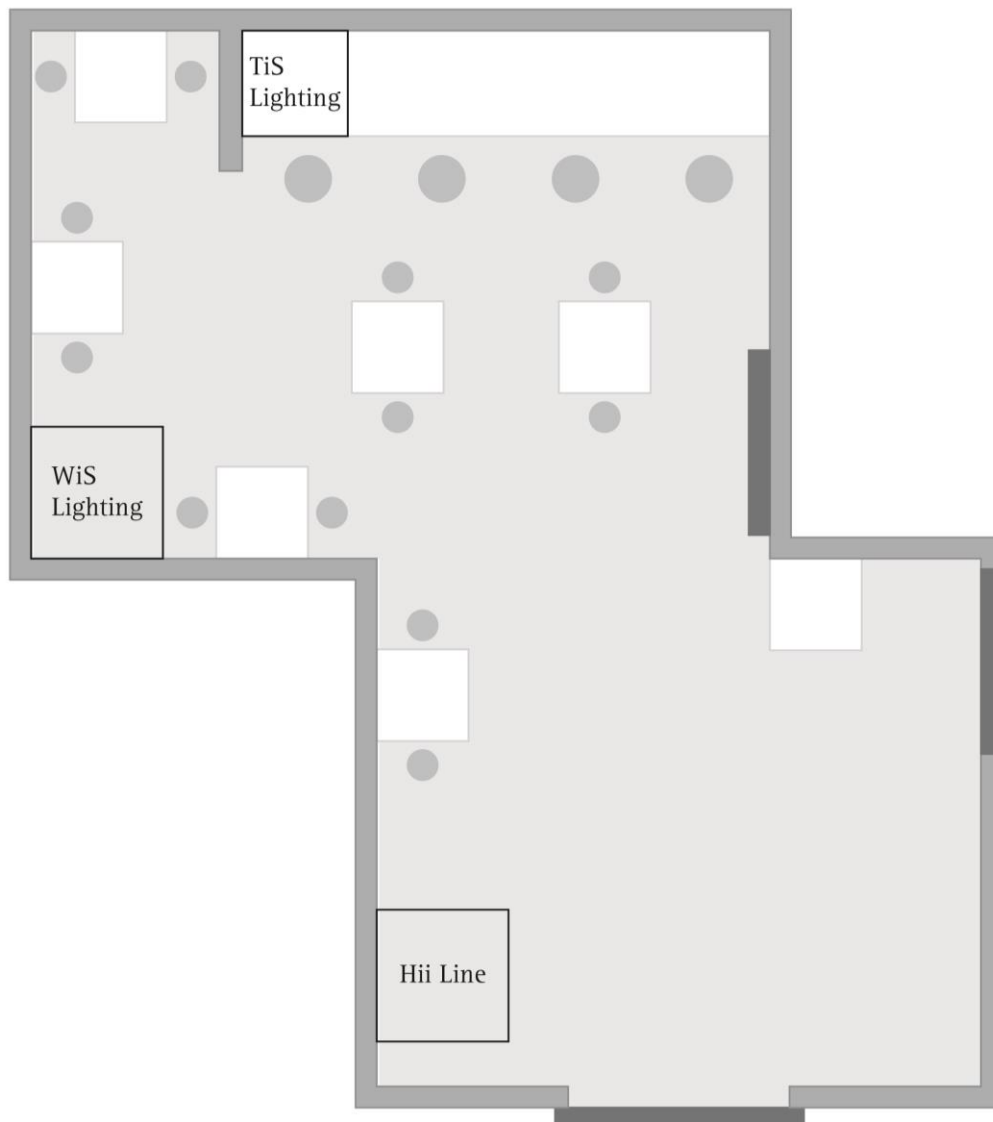


圖 4-5 【非偶然 NOT AN ACCIDENT】展覽平面圖

入口左方會先看見 Hii Line 置物架，然後往空間內深入，會發現放置在吧檯的 TiS Lighting 桌燈，然後轉頭正好面對放在角落的 WiS Lighting 壁燈。

五、作品檢討與自我評述

研究創作的過程中，做了很多草模與原型，但設計就是不斷迭代的歷程，永遠都有修改進步的空間，需要就是不斷地改版，讓創作變得更好、更完善。

以下針對目前 3 件創作的原型，提出新版本的修改建議。

5-1 Hii Line

1. Hii Line 的金屬框架厚度只有 2mm，即便有多根橫桿連結，但受到外力時還是會框架扭轉的情況。下個版本的修改方向可為框架兩側鐵片，透過鈹金或焊接做成 L 型的截面，這樣能僅增加些許重量又能強化結構（圖 5-1）。



圖 5-1 Hii Line 框架強化方案：原框架 vs 新板框架

2. 夾板雖然有強度但截面容易破損且板厚略薄。下個版本可以考慮拼接柚木板或密集板（MD 板），不過需要注意整體重量的增加。
3. 下方固定的溝槽鐵片過薄，因為鐵片具有彈性，容易受鋼纜拉力變型。修改溝槽的位置到框架較下方，且厚度（3mm）變厚（4mm），並且改為 T 字型，能穩定框架減少扭轉（圖 5-2）。



圖 5-2 Hii Line 框架強化方案：原框架溝槽 vs 新版框架溝槽

4. 每層的高度過矮，需調整每層高度，能輕鬆放進直 A4 資料夾（圖 5-3）。



圖 5-3 Hii Line 各層高度略矮

5. 架子的腳增加止滑套。

5-2 TiS Lighting

1. 底座水泥的底面積小一點，避免佔用太多桌面空間。
2. LED 通電時會產生大量熱，加上木頭保溫性良好，導致部分 LED 因為溫度過高燒燬，塑膠燈罩也有局部膨脹現象。可變更材料、外型來加強散熱效果或是增加一個限流電阻，降低電流量等來避免 LED 過熱。
3. 以原木製作的燈柄，因為中心木料被挖掉用來做為置放 LED 的凹槽，導致變型，原本的長方體變得有點像螺旋型。下一個版本需要考量原木的穩定性或

是更換其他材質。

4. 底座旋轉機構不夠好，因為木頭質地太軟，逼緊一段時間後木頭的夾力會下降。可以先嘗試使用 O 型橡膠環，夾在兩側板與底座之間，用以增加一些磨擦力（圖 5-4）。或者是使用 3 段 ABS 管或 POM 管（圖 5-5），各段各自固定側板、基座木頭，再利用螺絲去夾緊這 3 截管材，而不是依靠木頭彼此夾緊。

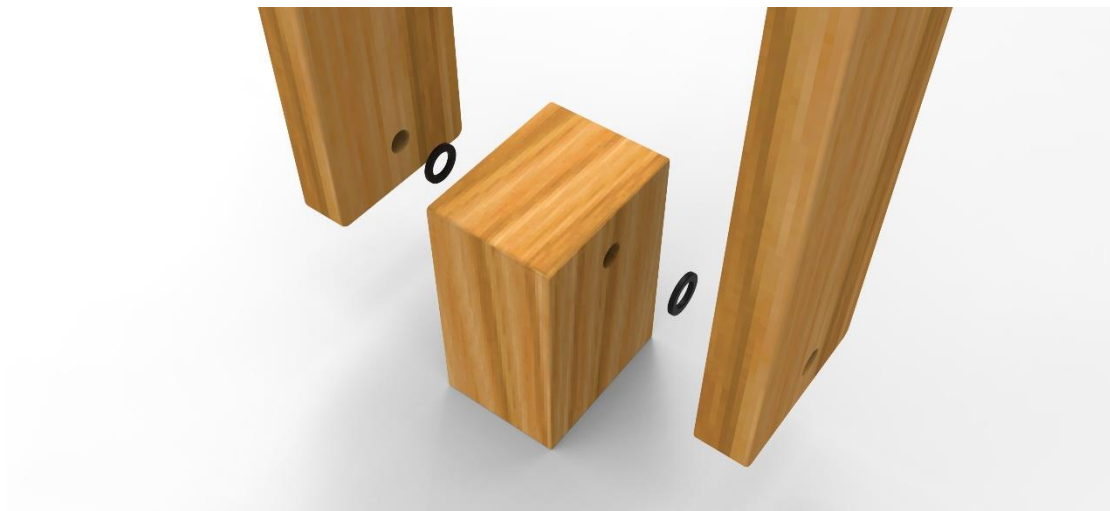


圖 5-4 TiS Lighting 止滑 O 型橡膠環

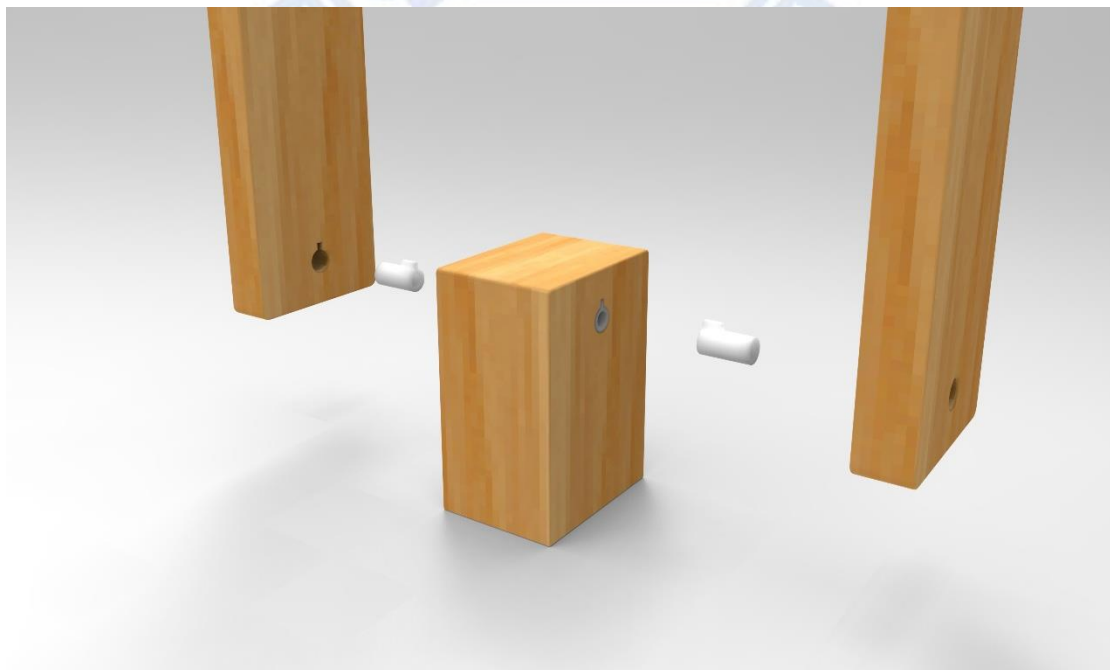


圖 5-5 TiS Lighting 用來逼緊的三段 ABS 管或 POM 管

5-3 WiS Lighting

1. 燈泡需要有個燈罩保護，以免旋轉時，意外撞到其它物品導致燈泡碎裂。
2. 燈頭的零件重心過高，所以沒有辦法如預想的，燈泡受到重力向下而始終與地面呈垂直。側邊孔洞上移可讓重心偏下。

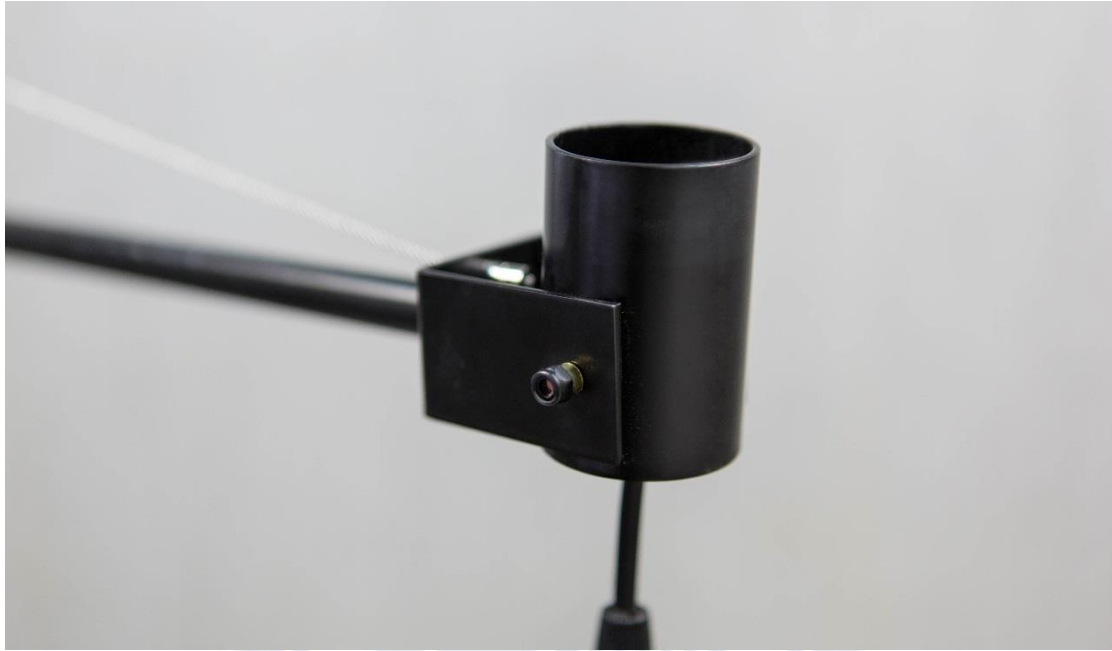


圖 5- 6 WiS Lighting 燈頭零件重心高

5-4 結論

科技的進步能讓過往不起眼的小材料在新的時代有新的面貌，原本主要提供功能的工程零件也能成為設計的主軸、風格的要角，這樣的潮流並不是件壞事，它不但讓設計有更多面貌、更加自由，也代表了世界更加多元。

本創作論文主要以鋼纜做為創作之題材，經過文獻資料蒐集與分析之後，

進行作品的試驗與創作。在創作過程中，常常會出現原本沒有意料到的狀況，這些狀況可能是驚喜也可能是錯誤，但都將創作往前推進。隨著草圖、草模、原型的版本更動，雖然花很多時間也很挫折，但每一次改版，就是作品與自己對話後的一次成長。

在創作時，相對以往大學時期的設計流程的改變，是我印象深刻的部分。產品設計是需要變成實體的創作，在手繪草圖時，原本看起來沒問題的造型或是機構，直接製作出來時才發現有非常多的地方需要修改。這是設計的過程中會常常碰到的問題。如若草模與草圖彼此配合，有個概念就可以立刻著手草模製作，然後草圖分析修正，接著在草模製作...不斷且快速修正錯誤，將作品改版，類似軟體設計中的敏捷開發（Agile），就能讓設計過程較為平滑且順利，且在相同時間內，作品的完成度會較高。這是與以往熟悉的，先畫清楚、想明白，才開始著手進行設計的流程不同，而且，以往的設計流程，依然會碰到草圖沒畫到或沒想到的意外情況。

除了以上個人心得收穫以外，本研究嘗試了一些鋼纜少被使用的特質，另外也整理歷年來一些鋼纜應用的案例，其應用鋼纜的方式、設計元素的搭配等等，希望能提供後續設計師發展相關材料或風格時的產品參考。

參考文獻

參考書目

1. Ray Hemachandra., & Julie Hale. (2008). *500 TABLES : inspiring interpretations of function and style*. Lark Books.
2. Alex Johnson. (2012). *Bookshelf*. Thames & Hudson.
3. David Hanks. (2010). *THE CENTURY OF MODERN DESIGN*. Flammarion.
4. DAAB. (2005). *YOUNG ASIAN DESIGNERS*. DAAB.
5. Bernd Polster. (1999). *Design Directory Scandinavia*. Universe.
6. Matthias Dietz., & Michael Mönninger. (1992). *Japan Design*. Taschen.
7. Renny Ramakers. (2004). *Droog (Michael Gibbs 英譯)*. Droog.
8. Rob Thompson. (2011)。產品製造工法入門：產品+家具設計篇(陳建男、陳維隆譯)，龍溪。
9. Rob Thompson. (2012)。產品製造工法入門：原型製作+少量製造(陳建男、陳維隆譯)。龍溪。
10. Nekkei Design. (2014)。設計師一定要懂的材質運用知識(林大凱譯)，旗標出版。
11. 林銘煌(2005)。Alessi 義大利設計精品的築夢工廠。桑格文化。
12. 漂亮家居編輯部(2014)。混材設計學 設計師一定要懂 最潮材質混搭創意 350。麥浩斯。

期刊論文

1. 吳佳駿(2015)。薄殼水泥於產品設計的應用。國立交通大學應用藝術研究所碩士論文，新竹。
2. 蘇薇晨(2013)。基於張拉整體結構探討動態性結構。國立交通大學建築研究所碩士論文，新竹。
3. 邱以潔(2013)。以電線線材形構裝飾性紋理。國立交通大學應用藝術研究所碩士論文，新竹。
4. 王驥(2006)。機械美學展現之家具設計。國立交通大學應用藝術研究所碩士論文，新竹。

網路資料

1. ATELIER OPA. <http://www.atelier-opa.com/>
2. Dezeen. <https://www.dezeen.com/>
3. Michal Maciej Bartosik. <http://www.mmbartosik.com/>
4. Marei. <http://www.marei-ltd.com/en/index.html>
5. Kenneth Snelson. <http://kennethsnelson.net/>
6. 永遠不倒的張拉塔，你不了解的物理結構建築。
<http://www.paigu.com/a/755125/36368447.html>