



## 以模組化技術設計與製作創意眼鏡鏡架之研究

黃郁誠

國立高雄科技大學模具工程系研究生

### 摘要

根據世界衛生組織表示，在不遠的將來人類的視力將會大幅下降，日前眼球雷射手術高額的費用下，眼鏡的需求勢必會上升。如今物聯網的開發，促使以智慧工廠為軸心，藉由改變生產方式，不同以往的大量製造而是將產線、商品賦與模組化成為了現在主流趨勢。本研究基礎透過人因工程設計與利用大數據分析技術，將眼鏡朝向少量多樣化的生產模式，提供客製化服務，使用綠色材質減輕環境的負擔。利用 3D 列印可快速生產出不同形狀需求的優勢，使用綠色材料 PLA 結合 3D 列印技術製造眼鏡，選用勞動部公布的人臉資訊結合 CNS 規範下眼鏡的生產尺寸當成本研究製作基礎。

眼鏡模組化後，便可以針對單一組件進行更換、混搭不同顏色與外形的眼鏡零件，創造出個人化特色的客製化眼鏡。

**關鍵字:**模組化、人因參數、大數據分析、3D 列印

\*通訊作者 E-mail:1105316122@nkust.edu.tw



# A Study On the Creative Glasses Frame Of Design And Fabrication With Modular Technology

HUANG, YU-CHENG

Master student, Department Of Mold And Die Engineering, National Kaohsiung  
University Of Science And Technology

## Abstract

According to the World Health Organization, Nowadays the human eye vision will drop sharply. According to the high cost of LASIK( Laser-Assisted in Situ Keratomileusis) surgery is more inconvenient than glasses more and more people dress contact lenses . Today smart factories emerge due to the needs of IoT development. The ability of Modular Technology to produce a finished good change the way of traditional production instead of Mass Production. Human factors engineering design and the big data analysis technology to build a base for the this study .To push glasses on High-Mix Low-Volume Customized Production Model. By 3D printing, able to produce the different shape to satisfy customer's requirement. Using 3D printing technology to manufacture glasses with PLA. The face information published by the Ministry of Labor and production size of glasses followed Chinese National Standards (CNS) specifications to build a base for the this study.

After the modular of glasses, it can be substitute to other components, or mixed with different colors and shapes of glasses parts. To create personalized features of customized glasses.

**Keyword:** Modular 、 Human Parameters 、 Dig data 、 Three-Dimensional Printing

\*Corresponding author E-mail:1105316122@nkust.edu.tw

## 一、研究背景與目的

世界衛生組織表示：「預計在 2050 年全球將有 10 億近視人口會因近視而影響視力。」表示全球超過半數的人將需要配戴眼鏡，對於眼鏡的需求勢必產生一種趨勢，如今物聯網的開發，推動「工業 4.0」以智慧工廠為核心在製造與服務上建構出智慧裝置(Intelligent Equipment)、智慧工廠(Smart factory)以及虛擬實境系統(Virtual & Actual System)等三大目標，有別於以往的大量製造，現今使用模組化生產和人因資料的大數據擷取分析技術，達成客製化服務為導向的體系，進而發展積層製造(3D 列印)技術的趨勢，朝向小量多樣的客製化加工。近期對材料的環保性能有所要求，而 PLA(Polylactic Acid)聚乳酸是對人體無害、可被環境分解的綠色材質

固本研究將眼鏡賦予模組化生產，提供消費者自行選擇外型花紋和搭配的顏色，成為擁個人化特色的產品之後出貨到消費著手中。

本研究利用模組化設計，將眼鏡分割成鏡框、鏡腳與鼻樑等三大部分，基本接合位置設計相同、變更外觀就是新的設計，節省開發時間，可製作出能獨特風格的眼鏡。

## 二、研究方式與參數取得

### 2-1 研究方式

本研究設計模組化眼鏡，優先考慮到各模組之間裝配的可行性，與以往的塑膠框眼鏡相比當以往鏡框毀損後，無法修復的化就必需更換一副新的，不僅造成資源上的浪費，也可能因沒有現貨必須等待導致不變的情況產生。模組化設計便可解決這項不便，模組化生產過後的組件可針對需要替換的單一組件進行更換，不影響其他組件。設計基礎用眼鏡製作所需的人因參數，配合大數據分析人臉參數找出與眼鏡製作參數相符的數據進行設計。

### 2-2 商品模組化定義

模組化(Modular)的定義:模組化是將一種產品藉由數種標準化過後的零件透過組裝的達到功用的設計方式。「模組」發展觀念來自於德國，試將積木構成的概念加以運用之方式。模組化是透過複述功能的標準模組單位作組合搭配，整合不同樣式與功能的模組零件，更快速有效的組合成全新的產品已達到不同客戶的需求，並且同時在標準化界面的設計上，可隨時將功能模組進行變換搭配，辦到更多樣化的效果，點單來說，模組化是將一個完整體藉由多個組件共通組件組合而成，而這些共通組件皆具備特定的功能。

模組化生產優勢在於當模組被使用的範圍相對廣泛的時候，以模組化設計的方式，生產週期與成本可大幅度的降低。例如製造業為例，傳統加工方式只能針對設計好的形狀大小的零件進行夾取與加工且生產上非常耗時，如將零件模組化，就能製作成不同形狀大小的產品，不僅成本低廉、擴充性也曾大、生產週期也可以縮短。模組化設計以及模組化生產線是當今各種行業相當重要的手段，使得大量生產之產品附有客製化、多樣性、與低成本的可能性，大幅減少生產的成本與設計周期。

### 2-2-1 模組化分類

本研究將模組化分成三階段:1.拆解 2.歸類 3.組裝:

1. 拆解:依照需求或是生產限制做零件
2. 歸類:根據拆解後，將零件群組分類
3. 組裝:將所需的零件設計組裝成形

拆解對於模組化是一到非常重要的手續，根據功能需求做分割或是根據結構分割，判斷標準已能簡則簡，過頭的切割只會增加製作的成本、並且更換便的複雜反而吃去模組化的本意。歸類則是將相同性質的零件群組在一起，可能由多個小零件及合而成的群組，用意為更換時方便。組裝則是能根據需求，將所需要的組件裝配成形的設計，能夠隨著不同需求做到組裝相配合的可能性。

拆解:根據經常損壞的部分，拆解成鏡腳、鏡框、鼻樑三大部分(圖 1):

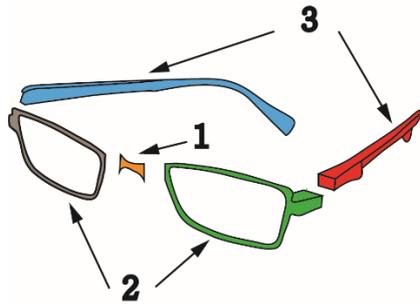


圖 1.眼鏡拆裝示意圖 分成三大部分

歸類:鏡框分成左、右兩個零件，鏡腳也分成左、右兩零件，鼻樑則是一個零件。

組裝:利用兩種不同的組合方式將組件接合在一起，其一為使用螺絲作接合、其二為使用卡槽的方式將鏡框固定於鼻樑零件之中。

## 2-3 眼鏡設計

### 1. 定義模組部件

藉由模組化將以往只有鏡框、鏡腳兩部分，增加成左右鏡框 2 個模組(咖啡色與綠色)、左右鏡腳 2 個模組(藍色與紅色)與鼻樑 1 個模組(橘色)分成三大部分共 5 件模組(圖 2、圖 3、圖 4)。

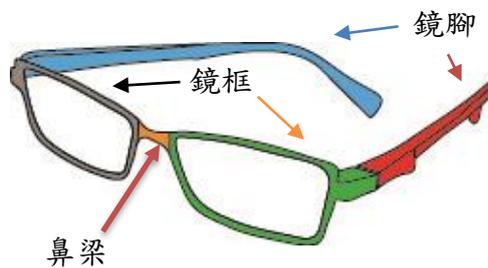


圖 2.眼鏡組裝示意圖，分成橘色鼻樑；棕、綠色鏡框；紅、藍色鏡腳

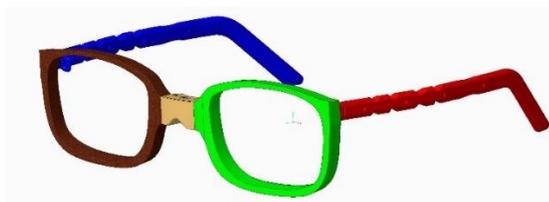


圖 3. 正常眼鏡設計圖



圖 4. 框型不同格設計圖、綠色方框、棕色圓框、藍色鯊魚形右鏡腳、紅色愛心形右鏡腳

## 2. 置換設計

模組化之後各模組之間因具有裝配相容性，就算外觀採取設計變更(圖 5、圖 6)，基於接合部分無異，只需購買所需要的鏡框或是鏡腳，就能成為一副全新且可擁有不同造型的眼鏡。並且利用磁鐵吸附的方式穩定使鏡框在配戴途中保持整體的定位性，可針對需要的模組進行購買、減少過多的浪費。

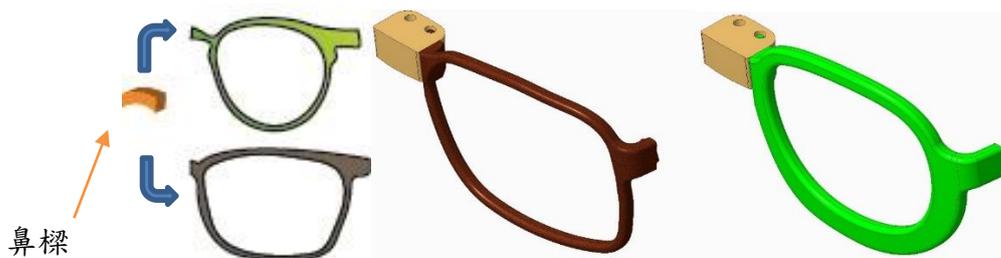
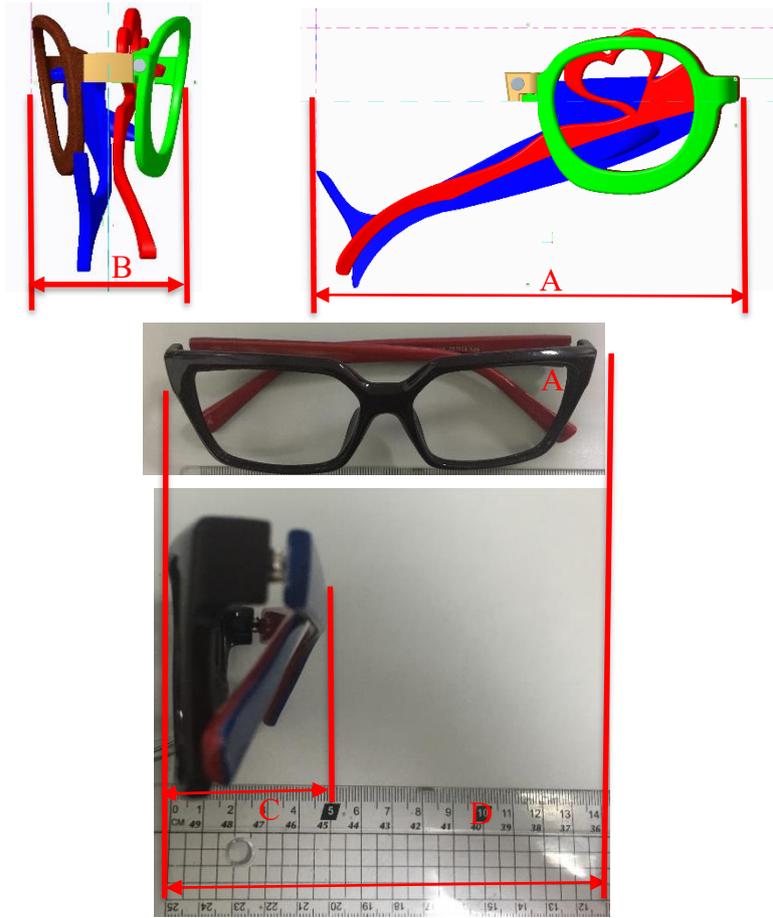


圖 5. 眼鏡模組置換示意圖、圖 6. 置換設計圖(a)圓框、(b)方框

## 3. 空間靈活運用

收納折疊設計與傳統眼鏡所需空間相比，收納式設計下，傳統眼鏡所需的空間，收納式設計可放入多一副的鏡框與鏡腳，方便作更換(圖 7、圖 8)。



註:A:130mm、B:45mm、C:50mm、D:131mm 圖 7.模組化眼鏡、實際眼鏡尺寸圖

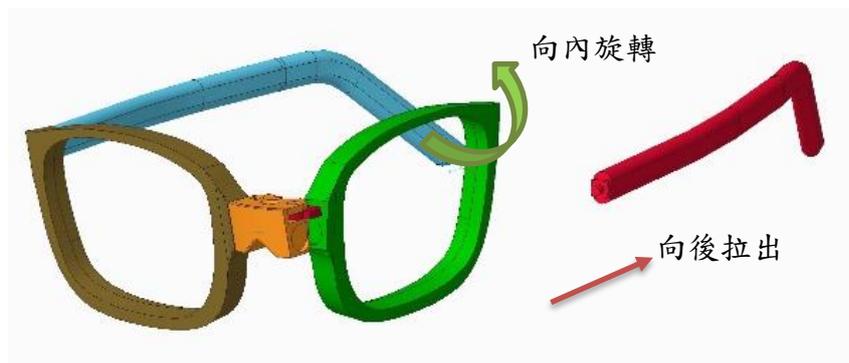


圖 8.模組化眼鏡折疊示意圖

## 2-4 接合樣式設計

根據各個零件所需強度的地方，考慮成形方向去避開機台成形的脆弱方向性，機台列印的方式為由下往上疊層成形，因此Z方向的強度只依靠材料本身的黏性，而黏性強度取決於材料本身的性質，是否受潮與材質純度高低、加工列印的溫度是否超過材料的熔化點、列印時的速度是否能確保材料有足夠的時間可穩定的附著在前一層上，以上所闡述的原因都會影響層與層之間的黏著性。

在列印開始前就必須決定好成形方向，需要強度上需求的地方必須避開Z方向，因此大幅度影響接合樣式的設計，本研究朝兩種接合方式去克服Z方向性的問題:1.螺絲接合(圖 9)、2.凹槽式接合(圖 10)

### 2-4-1 螺絲接合

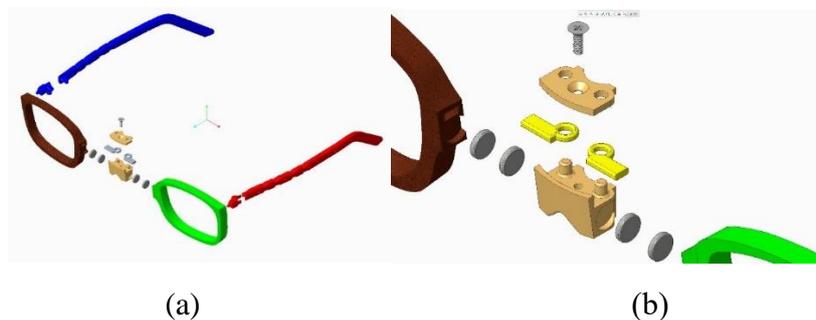


圖 9.螺絲固定式爆炸圖、(b)鼻樑放大圖

### 2-4-2 凹槽式接合

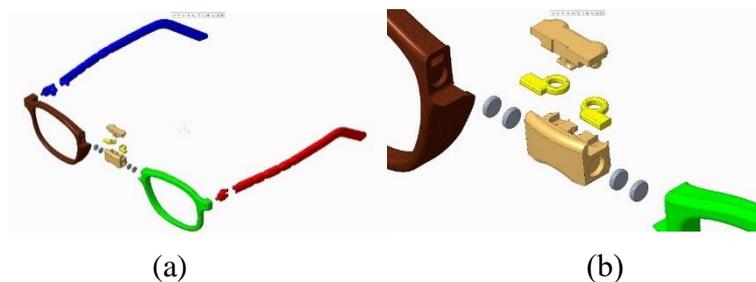


圖 10.凹槽固定式爆炸圖、(b)鼻樑放大圖

設計不同固定各零件的接合方式(圖 11)，其中共通零件有鼻樑上蓋(a)、接合片(b)、鼻樑本體(c)、磁鐵(d)、鏡腳(e)、鏡框(f)

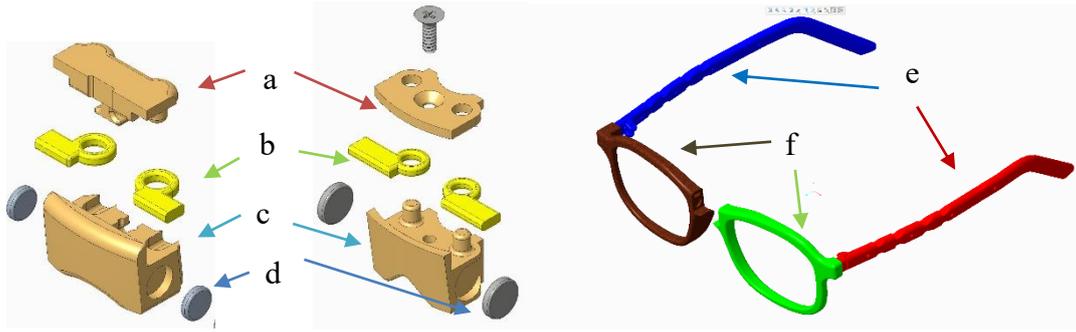


圖 11.模組化零件圖

### 2-4-3 無接合片凹槽式接合

使用無接合片的方式，減少所需零件，朝向更簡便，並且增加創意性風格，表現出模組化過後的置換方便性與客製化的獨特性(圖 12、圖 13)。接合部分的設計改變成軸孔配合，圓柱中間設計一凸圓環(圖 15(a))，當成卡槽讓鏡框、鏡腳定位，而尺寸的設計根據機台零件上成形的極限，並根據表 2 的間隙需求，去製作出最小尺寸的鼻梁本體、鏡框與鏡腳。(圖 14、圖 15、圖、16)



圖 12.客製化特殊風格眼鏡示意圖

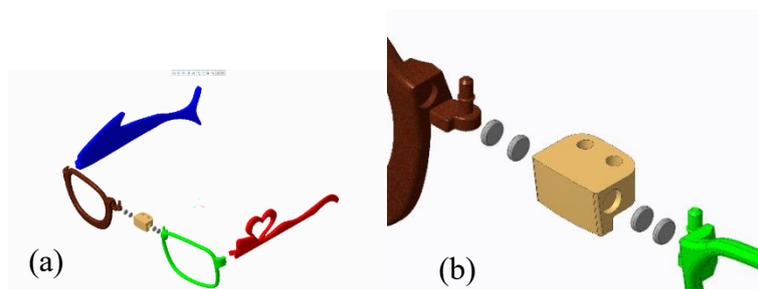


圖 13.(a)螺絲固定式爆炸圖;(b)鼻樑放大圖

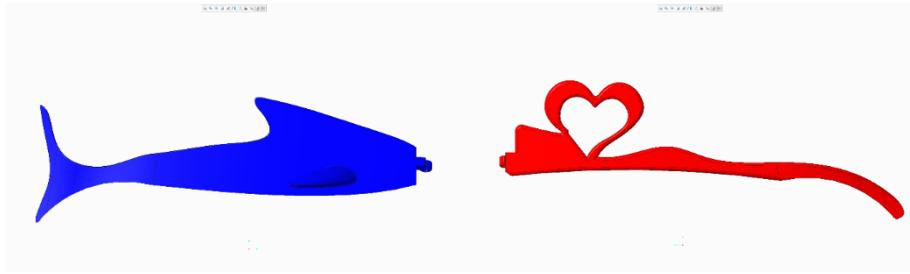
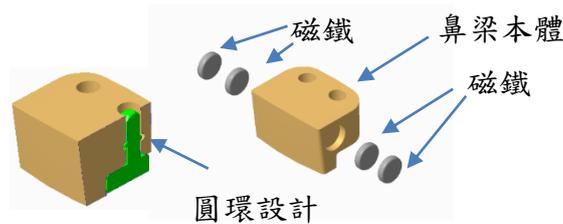
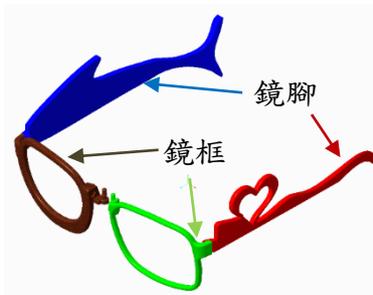


圖 14.客製化特殊風格左鏡腳圖、圖 15.客製化特殊風格右鏡腳圖



(a)



(b)

圖 16.(a)零件放大圖(b)鏡框鏡腳圖

## 2-5 設計最佳化參數

本研究分四種狀況下做參數選擇:一、人因參數;二、眼鏡參數;三、成型設計參數,選用國家公布的勞工頭部尺寸當成人因參數(圖 17、表 1),使眼鏡更貼近人類實際頭形,增加配戴舒適度減緩長時間戴眼鏡所導致的不舒服感。參考 CNS 規範下眼鏡設計製作的基本條件,命名資訊等等。根據 CNS 所規範的強度需求,成為有品質保障的商品能夠讓購買的消費者多一層保障。成型設計參數根據列印出來的形狀完整度為考量利用嘗試錯誤法(trial and error),以外觀成行性為優先、擁有需求強度、尺寸最小化加上最短加工時間為目的,試出需要接合的兩個零件與單一零件中接觸面與接觸面之間、旋轉間隔所需要的設計預度、尺寸間隙度分別為多少。軟體參數大幅影響著列印時間,調整最少的列印時間。

## 2-5-1 人因參數

利用台灣勞動部勞動及職業安全衛生研究所提供的人體計測資料庫，在 2016 年所公布的台灣地區靜態二為頭部尺寸資料庫，取樣人數 1073 人量測出各種臉部參數，根據 CNS-15067 中所規範製作眼鏡參數，建構出眼鏡鏡框、鏡腳與鼻樑的尺寸。並將所得到的參數作為製作本論文模組化眼鏡組件的設計。

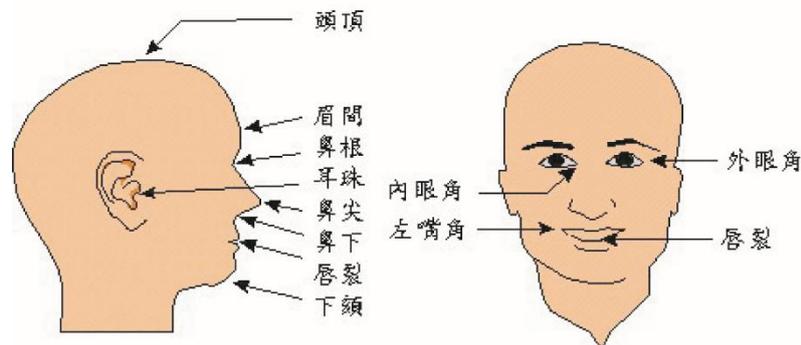


圖 17.靜態二為頭部資料圖

資料來源: 台灣勞動部勞動及職業安全衛生研究所

表 1 靜態二為頭部尺寸資料表

資料來源:台灣勞動部勞動及職業安全衛生研究所

no	name	mean
1	兩眼角間距	104.74
2	兩耳珠間距	154.17
3	兩嘴角間距	61.49
4	頭頂至眉間	109.1
5	頭頂至鼻根	126.97
6	頭頂至眼角	129.02
7	頭頂至鼻尖	165.73
8	頭頂至耳珠	148.93
9	頭頂至唇下	219.74
10	鼻尖至耳珠	109.71
11	眉間至後腦	188.71

單位:mm

## 2-5-2 眼鏡參數

眼鏡會增加 A 的角度讓眼鏡前傾，用意為看近處的時候視角會比水平線低，眼球處於朝下的視角，為讓鏡片發揮功用而呈現向下的傾斜度。

鏡片的光學中心需對準眼球中心，而光學中心為鏡片最高處與最寬處的交接點。有效直徑(ED)為製作鏡片時所需考慮使用胚料直徑的參數，鼻樑尺寸(DBL)，瞳孔距離(PD)(圖 18、圖 19)眼鏡的資訊會呈現在鏡腳內側，例如(圖 20) 6195 55 □4-135 代表色號-6195、55 是鏡片最大寬度(單位:mm)、14 為鼻樑寬度(單位:mm)、135 為鏡腳長度(單位:mm)。

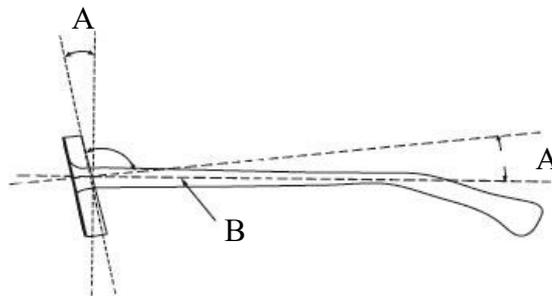
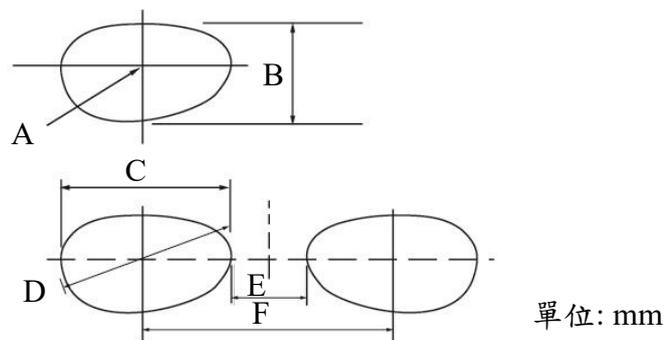


圖 18.眼鏡的配戴角度圖 A:視域廣闊角度，10 度、B:鏡中心線



A:光學中心、B:鏡片最高處、C:鏡片最寬處、D:有效直徑、E:鼻樑尺寸、F:瞳孔距離

圖 19.鏡架的測量和標記定義圖

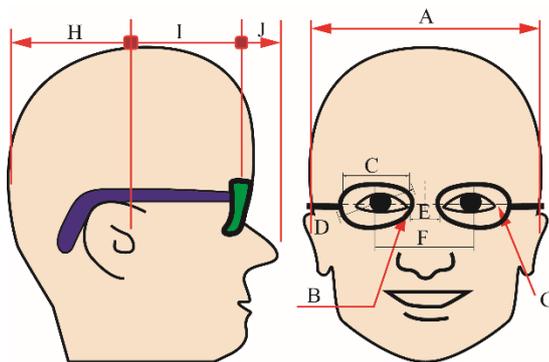


圖 20.鏡腳內側資訊圖

從人因參數中擷取與眼鏡參數有相關的數據，當成本研究製作的基礎(表 2)。利用人因參數中所提供的資訊，推算出適合的鏡框、鏡腳尺寸，進而設計出符合性別的記本尺寸設計(圖 21)。

表 2. 設計眼鏡使用參數表

人因參數	眼鏡參數
兩眼角距	瞳孔距離(PD)、鼻樑尺寸
兩耳珠距	鏡框最大尺寸
鼻尖至耳珠	鏡框厚度、鏡腳尺寸
鼻尖至後腦	鏡框厚度、鏡腳尺寸
眉間至後腦	鏡框厚度、鏡腳尺寸
鼻根至後腦	鏡框厚度、鏡腳尺寸



A:兩耳珠間距、B:內眼角、C:鏡片最高處、D:有效直徑、E:鼻樑尺寸、F:瞳孔距離、G:外眼角、I+J:鼻尖至耳根 H+I+J:鼻尖至後腦、H+J:鼻根至後腦、J:鼻尖至鼻根

圖 21.鏡架的測量和標記定義圖

### 2-5-3 成型設計與軟體參數

軟體參數使用預設的高精度參數，調整基礎為根據 CNS-12522 規範(圖 22)，塑膠鏡框需將眼鏡以鼻樑為中心，將一半固定於桌上，另一端在鏡框末端負重 500g，1 分鐘內無變形，無裂痕的前提下去進行形狀間距的設計，再將眼鏡鏡框與鏡腳的厚度、寬度等等各項參數調整至符合規範的強度要求。

軟體參數主要以能符合規範所需的強度並完整呈現形狀外觀的最小尺寸為目標，藉由成形性參數所確定尺寸，調整軟體參數中的填充密度、打印方式、表層厚度、左右層厚等等實驗方式為根據要求的強度參數下使用軟體本身提供的高精度參數，隨後挑整各參數觀察其設計與實際的尺寸誤差與外觀完整度、鏡框整體、接合部位強度是否都符合規範得出最小成形尺寸(圖 23、表 3):

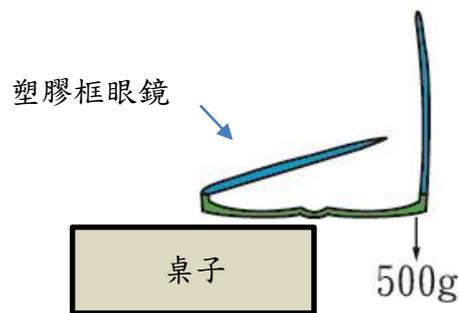


圖 22.CNS 規範鼻樑強度測試示意圖

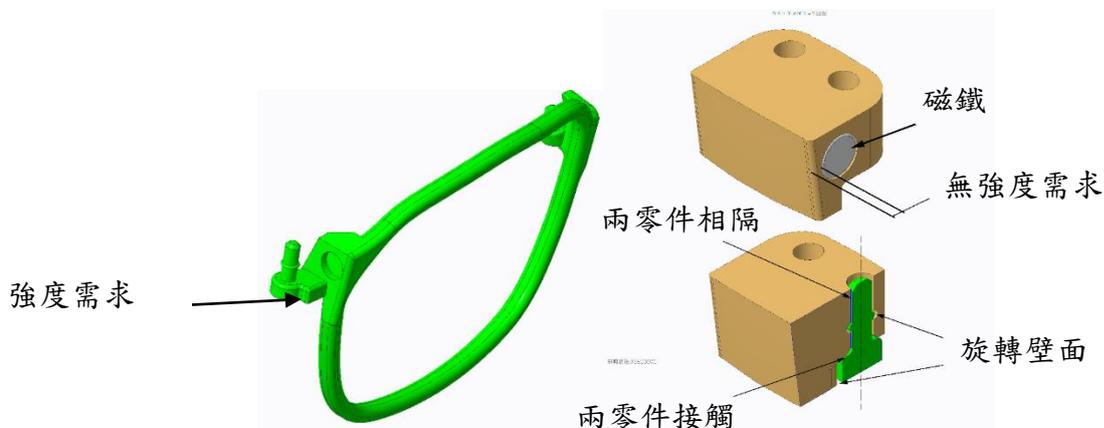


圖 23.參數間距示意圖

表 3. 參數表

間隙環境	兩零件接觸	兩零件相隔	旋轉壁面	圓角	無強度需求	強度需求
單位 mm	0.1	0.2	0.3	0.5	1	1.5
註釋	無拆裝需求	有拆裝需求	須做旋轉配合	成形性佳的最小成形尺寸	同一零件內面與面之間的距離	同一零件內需要拆裝的接合面之間的距離

### 三、實驗材料與設備

#### 3-1 研究材料

##### 3-1-1 聚乳酸

聚乳酸(Poly Lactic Acid, PLA)為眾多可被分解材料中的一種，其製程過程所消耗的能量遠低於傳統石化高分子製程，生命週期(LCA)評估整體 CO2 的排放量亦比其他石化塑料低，同時，由於性質與價格上較趨近於一般石化塑料(PS)，再加上聚乳酸為生物可分解材料，屬於環保材質。因此，PLA 普遍被使用在民生用途。

固本研究選擇 PLA 當成生產原料並且使用通過雙認證”無添加塑化劑”與”RoHS”(圖 24-b)的商家-彩家科技 3D 列印(圖 24-a)進行購買研究所需的線材(圖 24-C)。



圖 24. 彩家列印商家介紹圖

##### 3-1-2 生產耗能與對環境的影響

表 4、表 5 PLA 與常見塑膠的生產耗量相互比較，針對客製化的需求下，少量多樣

的生產方式選擇 PLA 作材料比起使用 PS、PET 等等來的更環保、更節省能源。

表 4. PLA材料性質表

性質	數值
結晶度	37%
玻璃轉化溫度	65°C
熔點	180°C
拉伸模數	3-4GPa
段列拉伸強度	50MPa
斷裂伸長率	≥5%

表 5. PLA材料與塑膠材料性質比較表

	PLA製品	塑膠製品
原料	天然穀物為主	燃燒石油後的廢棄物
耐熱度	相對較低	相對較高
分解過程	可由微生物降解成二氧化碳及水	無法被自然界生物分解
燃燒焚化	不會產生戴奧辛， 但依然會有二氧化碳	會產生戴奧辛且， 塑膠的熱值會降低焚化爐壽命
能源利用	製造1 kg PLA需要58MJ能源	製造1 kg PS需要 85MJ能源 PET/PP/PE 需要 80 MJ
二氧化碳產生的量	生產1 kg PLA 會產生1.8 KG CO2	製造1 kg PS 會產生3.3 kg CO2
水的用量	生產1 kg PLA 用水量約 50kg	生產1 kg PS 需要 150 kg
回收	可回收再製造	可回收再製造
優點	掩理由微生物分解，	硬度較高、化學物品抵抗力強，
缺點	若大量製造可能造成糧食短缺	因無法分解恐造成環境高汙染

資料來源:財團法人塑膠共業技術發展中心、主婦聯盟環境保護基金會

## 3.2 使用軟體

### 3-2-1 Cura 切片軟體

Cura 3.2 (圖 25-a)是 Ultimaker 公司設計的 3D 列印軟體，以"高度整合性"以及"容易使用"為設計目標。它包含了所有 3D 列印需要的功能，此軟體最主要的功能為把所需列印的物體，藉由調整參數去進行層狀剖析，中間的預覽視窗(圖 26)調整成-分層檢視(圖 26-b)，便可知道成形後的樣貌，藉由軟體定義的外殼、填充、輔助結構分別用不同的顏色上色，藉由前述 CNS 規範去破壞測試這組參數強度上是否足夠。



圖 25. 軟體樣式圖

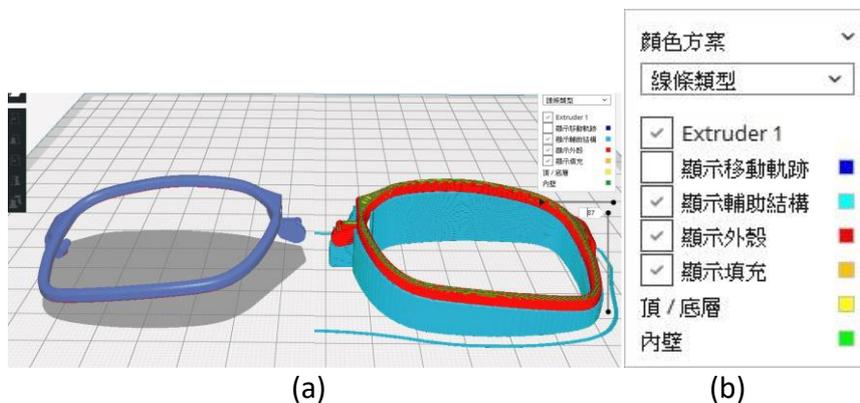


圖 26 (a)紫色實體預覽、彩色分層檢視圖、(b)分層檢視代表顏色

## 3.3 加工機台

### 3-3-1 CR-8 3D 列印機

使用機台是"創想三維-CR8 機台"(圖 27)，列印空間 210mm\*210mm\*210mm，單一加熱式金屬噴頭，利用 SD 卡作讀取，可列印材質為 PLA、ABS、TPE。

本實驗利用 3D 列印技術：FDM（熔融擠製 Fused Deposition Modeling）以層狀射出將元件以層狀堆疊、黏合的技術成型。目前主要提供客製化產品(圖 b)。



(a) (b)

圖 27.創想三維商標圖(a)、創想三維 CR-8 機台圖(b)資料來源:創想三維官網

FDM 立體打印技術(圖 28)是利用發熱頭將 PLA 線材熔解，然後透過金屬噴頭，以吐絲的方法，沉積在層層堆疊基礎上的方式，人性化界面設計使操作簡單化 CR-8 列印機通常單一噴嘴只能噴出 1 色，如有其餘的色彩需求由染色或塗料來加工，可拋光及噴漆。

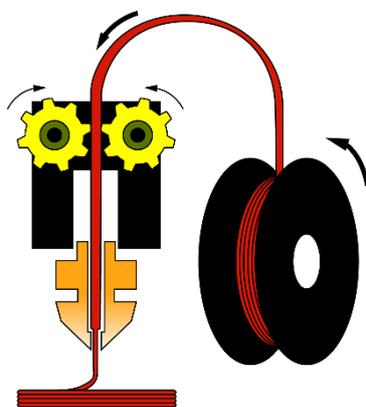


圖 28.3D 列印加工示意圖

### 3-3-2 擁有快速製造的能力

因應全球趨勢並引導國內產業升級轉型，我國發展的「生產力 4.0」策略，以消費者需求為核心，因此客製化銷售激起快速成型的迫切需求。為此 3D 列印機的就非常適合，有別以往的大量生產不需要顧慮庫存的壓力而是接到訂單後才進行生產(表 6)。

表 6. 3D列印模式與一般製造模式比較表

模式/特性	傳統加工機 (減法製造)	手工製造	3D列印 (加法製造)
客製化/多樣性	低	高	高
生產數量	高	低	平均
自動化	高	低	高
每件生產成本	低	高	平均

資料來源:馬路科技 Road Ahead Technologies Consultant

#### 四、實際成品展示



圖 29. (a)螺絲結合成品圖、(b)凹槽式接合成品圖

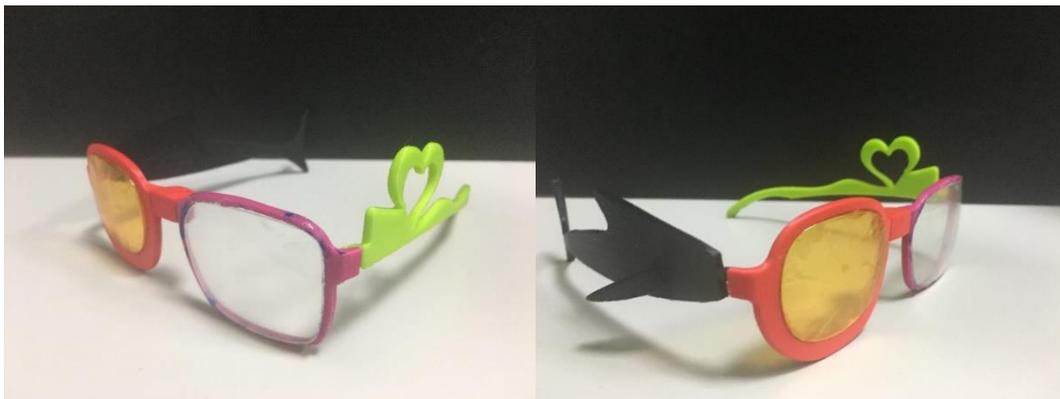


圖 30.無接合片凹槽式接合成品圖

## 五、結論

根據設計的結果，各模具經過破壞測試，因具有獨立性，單一損壞亦不影響其他的模組的完整性，與以往傳統眼鏡相比，可省下損毀部分部件就必須整組換新等等，導致高額的花費，因使用環保材質也降低對環境的耗損。設計模組化的是能快速因應不同的客戶需求，只需要等訂單下定，再進行生產出貨，無需增加庫存。組件模組化，利用模組的組合成型就能出貨，與以往的生產週期大幅縮短，提高出貨速度，模組化設計的可配合不同設計需求，能夠更快速應付不同的搭配風格，賦予了成品更多、更高的價值。希望能在未來製作大量販售形的模組化眼鏡，能使用射出機來提高表面精度，解決 FDM 表面橫紋的問題。

## 參考文獻

- 李泓儒，(2016)，模組化概念雙輪交通工具設計，實踐大學工業產品設計學系碩士班碩士創作論文
- 李家宏、劉景隆，(2013)，消費性聚乳酸容器的回收再研究，國立勤益科技大學
- 張正平、陳志勇、游志雲，(2005)，國人人體計策資料庫的更新與工作場所設施尺寸研究
- 邱靖雄，(2001)，可調式電腦桌之人因工程設計與研究，逢甲大學碩士論文
- 彭剛毅，(2001)，眼鏡設計之人體顏面計測調查研究，亞東技術學院工業設計科
- 陳思翰，(2006)，輕量化與模組化概念應用於低音電吉他之設計，實踐大學、工業產品設計學碩士班
- 行政院勞工委員會勞工安衛生研究所-台灣地區靜態二維頭部尺寸資料庫(樣本 1073 人)，(2016)，<https://www.ilosh.gov.tw/menu/1188/1201/人體計測資料庫/台灣地區靜態二維頭部尺寸資料庫-樣本 1073 人>
- Cristiano P. Coutinho, António J. Baptista, José Dias Rodrigues，(2017)，Modular approach to structural similitude in International Journal of Mechanical Sciences，Volume 135，Pages 294-312
- 劉威宏，(2017)。石膏粉末型 3D 列印之高分子研究。台北科技大學碩士論文
- YunziHu Walid A.Daoud BinFei LeiChen Tsz HimKwan Carol SzeKi Lina，(2017)，Efficient ZnO aqueous nanoparticle catalysed lactide synthesis for poly(lactic acid) fibre production from food waste Volume 165, Pages 157-167