

# 111 學年度第二學期

## 機械專題實作

班級：機三丙

組別：第七組

組員	分工	負責項目
E14096122 陳品均	25%	取物機器人整體設計
E14094065 劉 樺	15%	夾爪設計、零件加工
E14094049 簡唯倪	15%	書面報告
E14096245 林子耘	15%	電路設計
E14093019 詹逸濃	15%	運輸機器人整體設計
E14093043 陸 祥	15%	財務支出
合計	100%	

指導教授簽名：詹逸濃

日期：民國一百一十二年九月十一日

# 目錄

第一章 計畫目標：	3
第一節 設計概述.....	3
第二節 夾物機器人.....	3
第三節 運輸機器人.....	11
第二章 動機與文獻回顧：	16
第一節 動機.....	16
第二節 文獻回顧—步行機機構.....	17
第三節 文獻回顧—機械手臂.....	18
第四節 文獻回顧—伺服馬達.....	19
第五節 文獻回顧—直流馬達.....	20
第三章 組員工作分配：	22
第一節 組別負責人.....	22
第二節 組員工作分析.....	23
第四章 預算規劃：	24
第五章 進度報告：	26
第六章 系統整合動態描述：	29
第一節 運輸機器人 PID 控制.....	29
第二節 夾物機器人運動控制.....	29

第七章 系統程式設計分析與驗證：	31
第一節 夾爪受力分析	31
第二節 夾爪齒輪應力分析	32
第三節 手臂動力扭矩	36
第四節 UART-通訊協定	36
第五節 Arduino 控制手臂程式	40
第八章 設計圖：	41
第一節 三視圖	41
第九章 測試結果：	44
第一節 夾物機器人	44
第二節 運輸機器人	46
第十章 實作成品：	47
第一節 夾物機器人與運輸機器人成品	47
第二節 比賽結果	48
第三節 改善與優化	48
第四節 心得與討論	49
第十一章 工零件簡圖與工序說明：	51
第一節 夾物機器人	51
第二節 運輸機器人	59
附錄：	61

# 第一章 計畫目標：

## 第一節 設計概述

本專題課程以透過組員之間的團隊合作，並整合過去所學的機械相關知識，設計與製作取物機器人及運輸機器人，達成將客戶訂單中所需零件，由輸送帶上夾取並蒐集至置物盒再運輸至訂單放置處的指定任務。其中運用了材料力學基礎下的靜態機構設計及應力分析、機械畫所學之 Solidworks 的 3D 繪圖、機動學的機構設計及齒輪運用、機械設計的疲勞壽命及失效分析、工廠實習的加工技巧和最後的 Arduino 及 EV3 控制程式撰寫，再經過不斷測試並修正機構與程式的搭配，最終完成本次計畫。

## 第二節 夾物機器人

### 壹、設計理念及目標

#### (1) 手臂

- ✓ 手臂設計升降平台，並各連接一伺服馬達（MG996R）進行不同關節的角度控制，透過馬達運作，能帶動整個手臂升降平台進行上與下、伸長與收合的動作
- ✓ 在手臂底座加裝伺服馬達（MG996R）使整隻升降平台能旋轉到不同方位
- ✓ 因為擔心只依靠鑲嵌的方式組裝手臂平台會不穩固，因此加上角鋼增加組合結構強度
- ✓ 利用 3 根直線光軸及 1 根螺桿搭配螺母將手臂平台固定在層板上完成升降

#### (2) 夾爪

- ✓ 以馬達控制齒輪旋轉，並帶動齒條升降再透過可活動的接點與桿件的搭配，使夾爪進行開合動作
- ✓ 夾爪設計有多個自由度，以配合物件在各種角度各種尺寸大小的形況下皆能夾取
- ✓ 夾爪開合採用小步進馬達 SG90 控制，使用齒輪作為開合動作機構
- ✓ 夾爪所使用的齒輪原先計畫用黏著的方式固定，因擔心不穩固因此設計一塊填充物再加以熱熔膠固定

#### (3) 升降平台

- ✓ 以直流馬達控制齒輪轉動並帶動齒條上下移動，使平台能垂直、水平移動

#### (4) 訂單分類盒

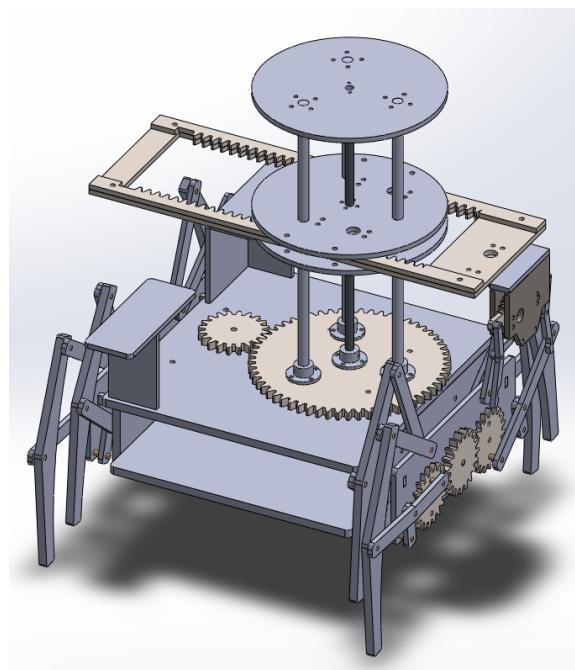
- ✓ 為了確定目標零件與夾取零件移置及穩定性，我們決定一次完成夾取一筆訂單的目標零件，因此僅設計了一格的訂單分類盒，而格底下具備一活板門，並各由一伺服馬達（MG-90S）控制，使目標零件能正確地依照指定訂單掉落至下方的置物盒

✓ 為了防止目標零件在掉落時位置偏移，我們在訂單分類盒外側設計類似擋板與滑道的結構，使目標零件能準確落下至置物盒

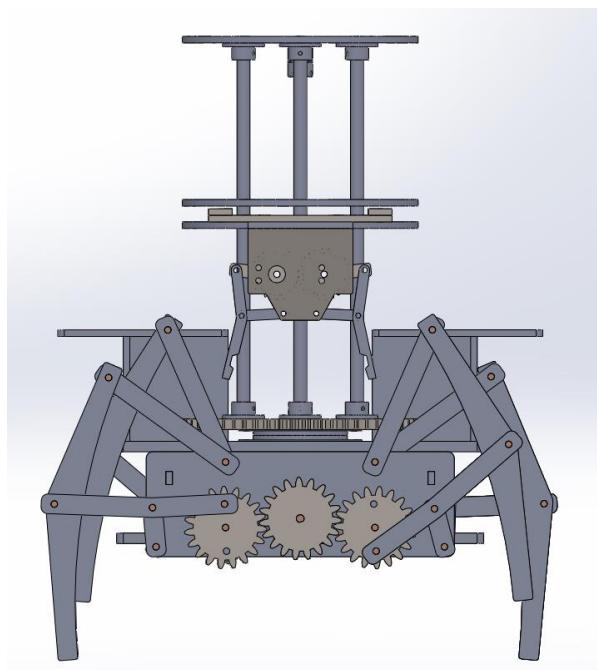
✓ 控制活板門的伺服馬達固定方式將參考常見伺服馬達的固定片，將伺服馬達放入孔中，再將固定片向上插入樓層地板，並設計可將固定片嵌住的板，將其固定在樓層地板上，再以螺絲鎖在不會與馬達干涉的側邊位置加強固定

## 貳、預估組裝圖

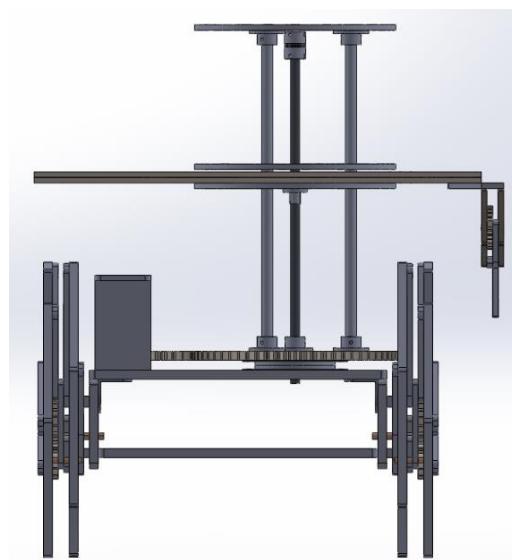
下半部組裝圖：



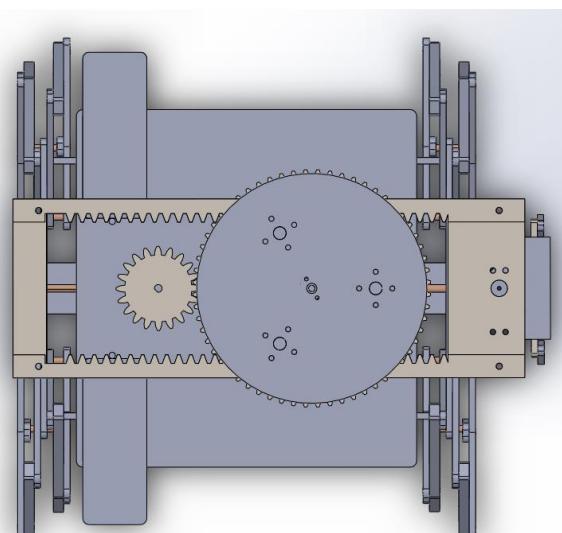
下半部組裝圖-側視圖：



下半部組裝圖-前視圖：



下半部組裝圖-上視圖：



## 參、手臂機構

### (一) 手臂機構概念設計

機械手臂可以區分成以下幾種：線性機械手臂、SCARA 型、關節多軸型、DELTA 型、碼垛型。而我們從中選出線性機械手臂作為手臂主要設計之概念，因為其主要特色為：易於安裝且帶懸臂軸、即裝即用的模組化套件且控制相對容易，僅需用直流馬達即可完成所有的控制行為，並且在操作上也較為直觀，目前線性機械手臂已被廣泛應用於取放系統、貼標系統、微電子、醫療技術中的識別。

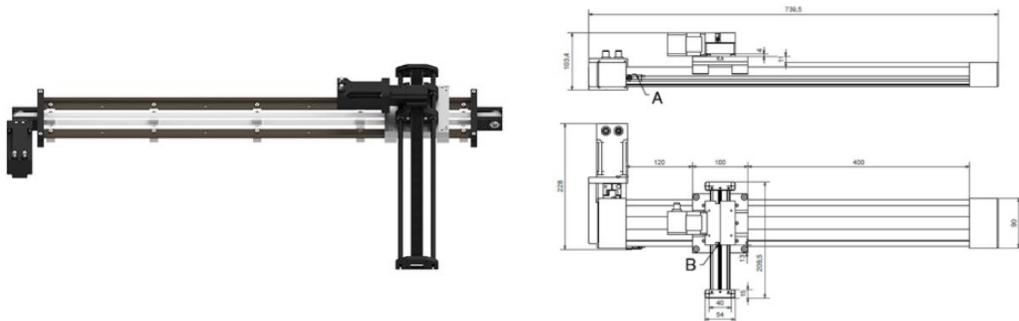


圖 1-1 線性機械手臂示意圖

### (二) 馬達選用

選用伺服馬達作為動力來源，伺服馬達最佳操作範圍為 180 度，適用於轉動範圍不大的裝置，例如：機械手臂的轉動。其內含有迷你電路板，配有一個感測器，對自動控制器、電腦或微控制器傳遞控制訊號，當控制器收到由 Arduino 版發出的訊號後，會將它轉化為帶有不同電壓的電磁脈衝，再傳給馬達，以控制馬達的旋轉角度。考量手臂機構所造成之力矩，本設計選用的馬達型號為 MG996，重量 55 克，在 6V 時，扭矩為 15 公斤 · 公分，工作電壓：4.8V-7.2V。



圖 1-2 MG996R 伺服馬達

### (三) 馬達與聯軸器定位

為了避免使馬達轉軸呈承受整個手臂的重量，並考量其螺絲固定孔位置，本設計透過將兩側支撑版進行挖深以將伺服馬達鑲嵌。

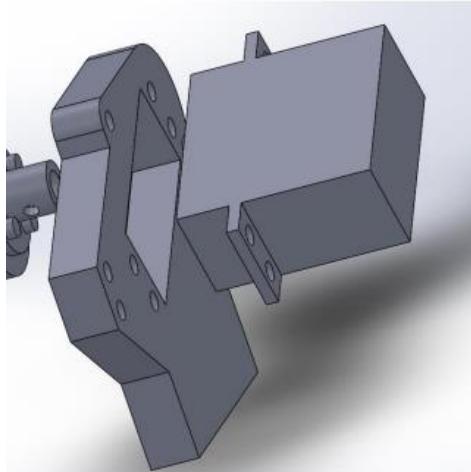


圖 1-3 底座挖深設計

由於馬達轉軸長度的限制，因此需要透過聯軸器以便帶動輸入桿。考量到固定馬達所冒出的螺絲頭，避免其與相鄰桿件的螺絲頭發生干涉，因此輸入桿與側板間的距離至少需大於 3mm。

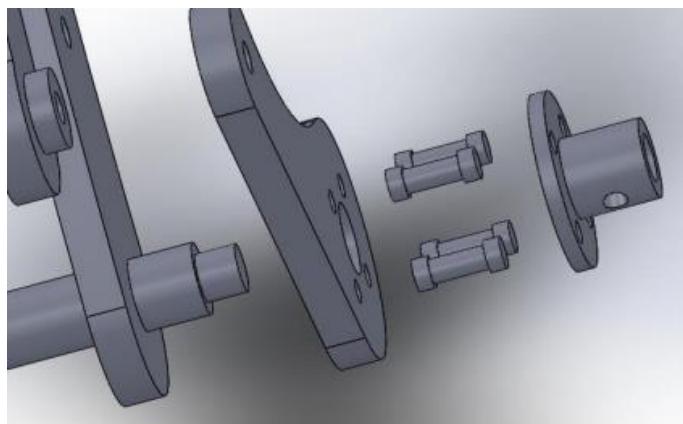


圖 1-4 聯軸器爆炸圖

## 肆、夾爪機構

### (一) 夾爪機構概念設計

夾爪機構的概念設計以網路上的 finger gripper 為藍圖，以齒輪帶動的方式，並決定採用含齒輪箱的減速馬達作為動力來源，透過減速馬達達到類似的自鎖功能效果。

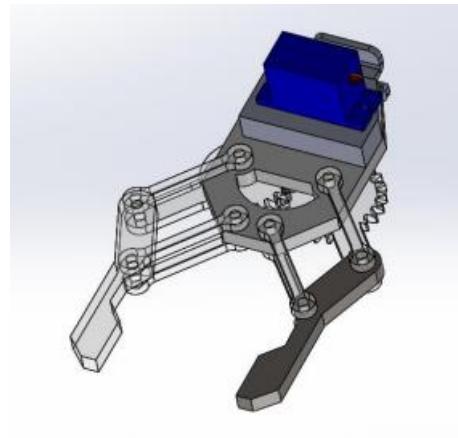


圖 1-5 齒輪型夾爪設計

## (二) 機構原理分析

為了確認零件組合完成之後不會有干涉，先於 Solidworks 中進行初步的碰撞檢測分析。

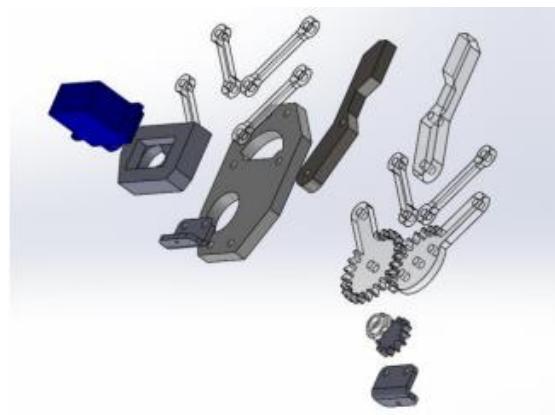


圖 1-6 夾爪爆炸圖

## (三) 材料選用與加工考量

在材料選擇上，考量了加工的可行性與材料強度後，選擇了 5mm 的壓克力做為主要材料，而齒輪選用厚度 8mm 的壓克力，同時搭配 5mm 的公母螺絲作為連結壓克力的工具。

## (四) 馬達選用

夾爪機構選用伺服馬達作為動力來源，而伺服馬達的最佳操作範圍為 180 度，適用於轉動範圍不大的裝置，其內含有迷你電路板，配有一個感測器，對自動控制器、電腦或微控制器傳遞控制訊號，當控制器收到由 Arduino 版發出的訊號後，會將它轉化為帶有不同電壓的電磁脈衝，再傳給馬達，以控制馬達的旋轉角度。考量手臂機構所造成之力矩，本設計選用的馬達型號為 MG90S，重量 13.4 克，於 4.8V 時，扭矩為 1.8 公斤 · 公分。

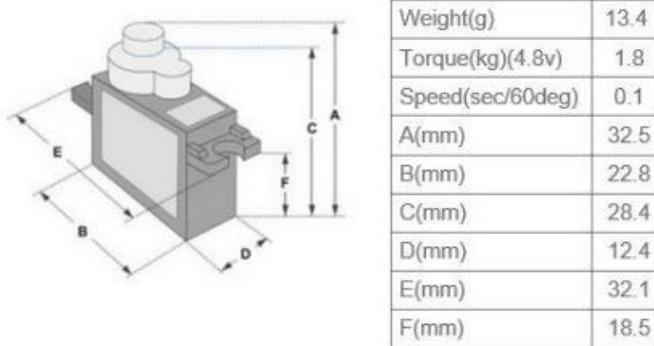


圖 1-7 SG90 伺服馬達

## 伍、足型機構

### (一) 機構設計概述

大二修習《機動學》中有提及史帝芬森的連桿機構，以此基礎去進行文獻搜索，參考數篇文章後決定以雙史蒂芬森III六連桿橫行機構之橫行運動之設計為基礎，並進行調整，將原先左右各一隻腳更改為左右各兩隻腳，並在中間用齒輪作為連續啮合傳遞運動和動力的機械零件，達到更穩定的效果。

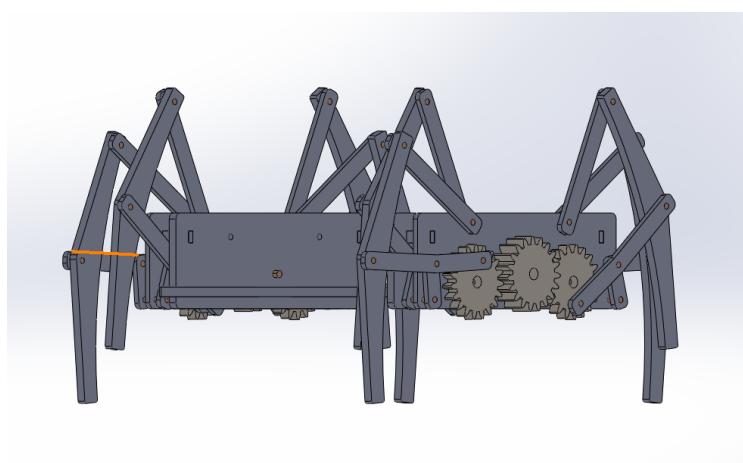


圖 1-8 足部機構設計

### (二) 馬達選用

足部機構我們選用直流減速馬達作為動力來源。直流減速馬達通過在 DC 直流馬達的基礎上為直流馬達加裝齒輪箱，而齒輪箱是將具有改變轉速、扭力、出力軸方向等不同功能齒輪，組裝在一起的裝置，透過將齒輪箱安裝在直流馬達可有效降低馬達輸出轉速並增大輸出轉矩，藉由齒輪箱互相連結的結構進而獲得較大的扭力。此外減速馬達還可透過齒輪箱改變出力軸的方向，直流減速馬達所輸出的轉速與扭力可依據齒輪減速箱的結構不同、齒輪比數不同而有不同的出力軸方向以及動力輸出表現。本設計選用的馬達型號為 GB37-555，

重量 350 克，功率 8W，最大輸出力矩 300Kgf.cm，工作電壓：6V-24V。

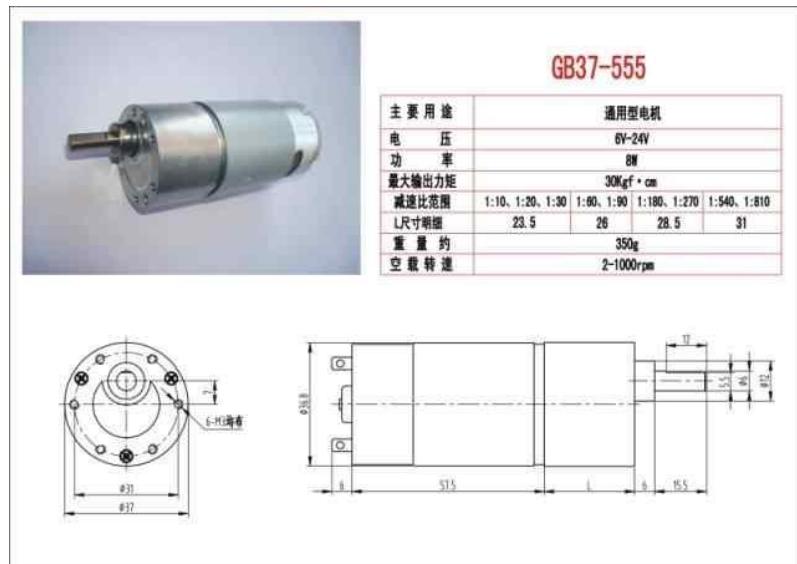


圖 1-9 減速直流馬達 GB37-555

## 陸、機構控制

### (一) 控制概念概述

使用 PS2 搖桿，並以藍芽對接的模式控制 Arduino 板，使手臂進行運動。為使操控簡便，決定將底台移動的操控，與遙控手臂分開控制。

### (二) 硬體設備

本設計使用 Arduino 板，並搭配 Motor Shield PS2 無限手把支援馬達驅動板作為主要硬體設備。供電部分以鉛蓄電池取代行動電源進行供電，並讓硬體設備與馬達之供電系統分開供電，夾物車上的電力系統我們預計採用兩組 18650 電池組，提供直流馬達相對應的電壓，並配合 L298N 來控制馬達，再用 L298N 降壓後提供 5 伏電壓給 Arduino 以及夾爪上的伺服馬達。

#### Motor Shield PS2 簡介：

Motor Shield PS2 特色有，提供專用 PS2 無線手把接口，並可完全插接到 arduino uno 開發板上；通過 I2C 和 arduino 通訊，可疊加級聯；可接 6 個舵機，其中 2 個由 Arduino 直接控制，另外 4 個由 PWM 驅動器驅動；可接 4 個直流有刷馬達或 2 個 4 線步進電機；使用了 TB6612FNG 電機驅動芯片，1.2A 驅動能力，峰值 3.2A，較 L298N 模塊好；含完整的示例教程和代碼庫；支持超聲波傳感器接口和藍牙模組介面。

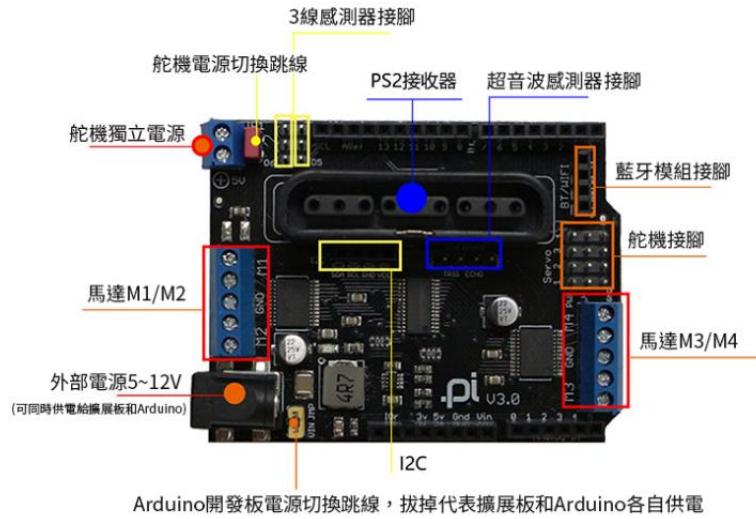


圖 1-10 Motor Shield PS2 接腳圖

## 柒、齒輪選用

### (一)齒輪種類

常見的漸開線齒輪類型有正齒輪、螺旋正齒輪、傘齒輪等，其中正齒輪是最方便加工的一種，用途較為廣泛，也較易與直齒齒條搭配。

### (二)齒輪齒條的搭配

圖 9 中為標準正齒輪與齒條的咬合狀況，在搭配時模數要相同。在這個咬合中，標準正齒輪的標準節圓與齒條的節線相切，且齒條與正齒輪咬合時，正齒輪旋轉一周的齒條移動長度 $l$ 為標準節距齒數倍。

$$l = \pi m z$$

其中 $z$ 為齒數， $m$ 為模數， $\pi m$  乘積為節距  $p$

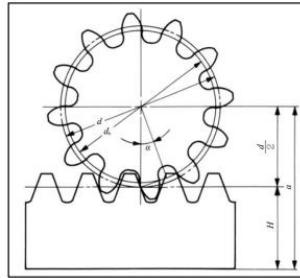


圖 1-11 標準正齒輪齒條咬合狀況

### (三)其他注意事項

設計齒輪與齒條時，因搭配機構中各部件尺寸，可能出現需要較小尺寸的情形，若要使用 CO2 雷射切割機進行加工，需參考切削時的性質，以避免齒距過小，導致加工時可能變形或無法切割之情形。

### 第三節 運輸機器人

#### 壹、設計概念

車體由於 EV3 積木為現成的資源，因此若能使用 EV3 作為運輸車體，將會節省時間與金錢成本。然而，影響採用 EV3 的最主要因素為馬達是否能夠提供夠大的扭力，以承載運輸車上的訂單，總共約 3-5 公斤的重量。

EV3 大型馬達擁有  $0.21 \text{ N} \cdot \text{m}$  之扭力，而據估算結果，兩顆馬達理論上能承受約 5 公斤重之負荷，在經過測重實驗與實際測試後，我們發現 EV3 能承受壓克力板與四筆訂單的重量，因此我們選擇以 EV3 作為運輸車主體。

#### 履帶輸送設計：

以履帶輸送作為設計，取代傳統使用載物盒運輸的方法，為了配合場地高度以及零件需要的深度，設計履帶輸送的高度為 10 公分，這個高度可以避免倒入零件時彈出以及行進過程中因為晃動而掉出車外。同時考量到運送過程中有可能因為震動零件從開口處滑落，因此在旁邊以瓦楞板作了防護，也使得在倒入零件的過程能更準確地倒入訂單盒。



圖 1-12 履帶輸送設計

#### 貳、車體設計

由於行進過程中需要同時載運多個零件，因此當承載的零件過多或過重時，重心會偏移，同時因為運輸帶有一定的高度限制，必須高於運輸帶才能夠順利倒入零件，這使得無法降低運輸帶高度來壓低重心，因此為了克服重心偏離的問題，我們選用瓦楞板來做為盒子的材料來減輕重量，並將車身底盤加大來使整個力平衡更加穩固。

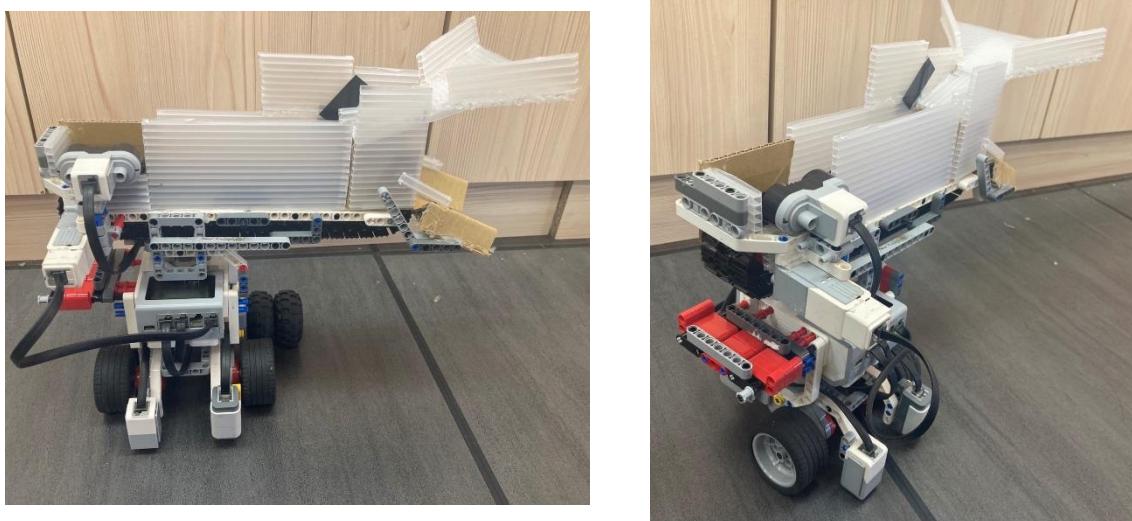


圖 1-13 車體設計

## 參、裝置選用

### (一) EV3 大型馬達

使用大型馬達來作為前進、後退、轉彎之用途，其所具備的扭矩足夠驅動整個EV3車體。



轉速： 160-170 RPM (接近每秒 3 圈)  
 角度編碼器誤差： +/- 1 度  
 扭力： 0.21 N\*m  
 重量： 76g  
 自動識別連線(Auto-ID)

圖 1-14 EV3 大型馬達

### (二) EV3 中型馬達

使用中型馬達來轉動減速齒輪增加扭力，進而帶動上升機構使得載物盒得以上升將零件到入訂單盒內。



轉速： 240-250 RPM (超過每秒 4 圈)  
 角度編碼器誤差： +/- 1 度  
 扭力： 0.08 N\*m  
 重量： 36g  
 自動識別連線(Auto-ID)

圖 1-15 EV3 中型馬達

### (三)EV3 光感測器

使用顏色感測器來進行循跡、辨識訂單盒前的不同色條、感測起點的棕色進行停機。



可以感應 7 種樂高常見顏色和沒有顏色 (所以共 8 種)

感應速度：每秒 1000 次 (1kHz)

感應距離：15 to 50 mm (太近無法感應)

自動識別連線(Auto-ID)

圖 1-16 EV3 顏色感測器

### (四) EV3 超音波感測器

夾物機器人靠近時偵測並準備開始運行程式，等到夾物機器人一離開，偵測到距離超過 30 公分，即開始運行程式放入訂單。



感應距離：3cm to 250cm (實際量測約 1~160cm)

感應角度：20 度

誤差：讀值是 0.1cm，不過誤差是約 1cm

左方眼鏡發射，右方是接收，新的 LED 燈在發射時會閃動

有純接收模式 - 可以感應環境中的超音波訊號

自動識別連線(Auto-ID)

圖 1-17 EV3 超音波感測器

## 肆、控制系統

### (一)運動邏輯

PID 紅外線循跡：因為只有一個紅外線感測器，所以採用超聲波的感測器來感測盒子位置，紅外線感測器只單做循跡的功用。

### (二) 前進及轉彎

採用 PID 控制系統，其利用比例、積分、微分增益來控制調節，PID 控制可能是實時應用中最好的控制器，因其可透過實時監控取得數據，並及時給予控制命令。透過調整這三個單元的增益  $K_p$ 、 $K_i$  和  $K_d$  來調定其特性。要適用於基本上線性，且動態特性不隨時間變化的系統。其作用方式如圖所示：

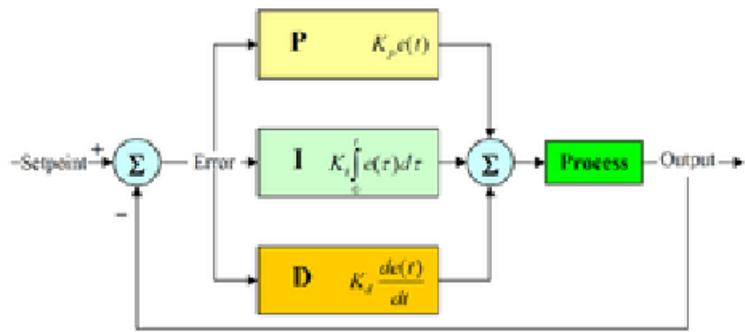


圖 1-18 PID 控制作用方式

P control P 為 Proportion，比例之意。比例循跡法是按照光的強度，來決定轉彎的程度，讓車子保持行走的順暢。將 X 軸的數值稱為 Error，也就是誤差量，Y 軸的部分將設定成轉速差百分比( $100\% = 1$ )，因此如圖所示，斜率公式為  $Y=m*X$ ，轉動角度的大小為  $Turn=m*Error$ ， $m$  是一個很重要的比例常數(proportionality constant)也是  $K_p$ ，其計算方式就是(Y 軸每單位變化)/(X 軸每單位變化)。

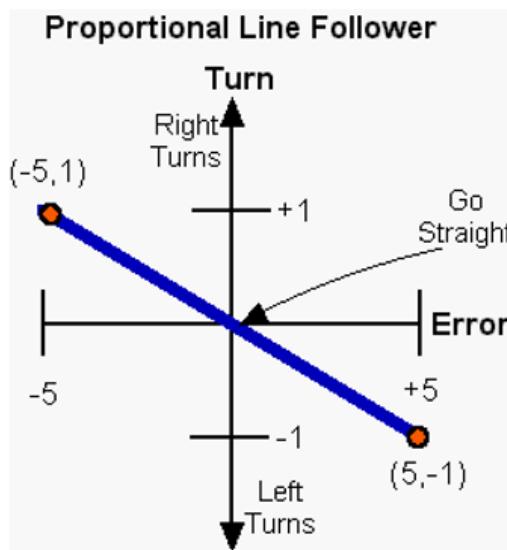


圖 1-19 Proportion 計算方式

I control I 為 Integral，積分之意，其為將每次的錯誤加起來。  $Integral = Integral + Error$ 。

在 PI 控制器下:  $Turn = K_p*(Error) + K_i*(Integral)$  。

D control D 為 Differential，微分之意，利用微分以預測數值接下來的發展。物體的位移函數利用微分可以求得速度和加速度，利用趨勢等於現在的偏

差值減去過去的偏差值，也就是未來的偏差值等於趨勢加上現在的偏差值。在 PID 控制下：馬達旋轉量(Turn) =  $K_p * (\text{現在的偏差量}) + K_i * (\text{過去的偏差量}) + K_d * (\text{未來的偏差量})$ ，調整 PID 的影響 調整 PID 控制器任一部分可能造成系統的 rise time、settling time 等性質改變，其影響如圖所示。

提高變數的影響				
變數	上升時間	過衝時間	穩定時間	不穩定誤差
$K_p$	下降	上升	小變化	下降
$K_i$	下降	上升	上升	消除
$K_d$	小變化	下降	下降	無

圖 1-20 統的性質改變造成影響

上升時間：車子改變偏差量速度

過衝時間：車輛超線的時間量

穩定時間：遇到大變化時回復所需時間量

不穩定誤差：車子處於有誤差量卻沒有修復回來的時間

PID 控制搭配由 Zeigler-Nichols 提出的 PID 參數調整 Z-N 法進行控制。PID 控制器的轉移函數可以表示為：

$$C(s) = K_p \left(1 + \frac{K_i}{s} + K_d s\right)$$

PID 控制中，需要計算被操控的物理原件(plant)的轉移函數以便找出各種參數和 PID 函數的值，但當被操控的物理原件的部分參數無法掌握時，便只能依靠經驗法則及不斷的實驗才可以得到確切的數值，而 Z-N 法則提供了一個更實用的方法來調整 PID 的數值。

Z-N 法，首先僅先調整  $K_p$  值至下臨界穩定，然後調整增益使控制系統處於連續振盪狀態。其相應的增益稱為極限增益  $K_u$  (ultimate gain)，相應的振盪週期稱為極限週期  $T_u$  (ultimate period)。最後可以由 Z-N 調整表中參考  $K_u$  和  $P_u$  得出 PID 控制器參數。

控制器形式	$K_p$	$K_i$	$K_d$
P	$0.5K_u$	$\infty$	0
PI	$0.45K_u$	$1/(0.833T_u)$	0
PID	$0.6K_u$	$1/(0.5T_u)$	$0.125T_u$
無過衝量	$0.2K_u$	$1/(0.5T_u)$	$0.33T_u$

圖 1-21 調整 PID 控制器參數

### (三)遇到紅色條停止並倒入零件

EV3 顏色感測器內建不同色塊感應模組，與循跡共用同一顆 color sensor 並將循跡的作動時間調整至非常快速(ex 前進 0.03 秒)，以此來增加循跡以及光感的更新率，降低沒有辦法偵測到色條的機率，有些組別使用兩個 color sensor 來達到這個目的，但是因為一個 color sensor 要價不斐，因此我們透過增加更新率這個方式一樣可以達到這樣的目標。

感測到色條之後就會觸發中型馬達轉動，透過減速齒輪的使用我們將中型馬達的扭矩放大到  $0.12 \text{ N}*\text{m}$ ，在履帶運輸時儘管是使用最重的零件也不會造成任何問題。

### (四)遇到起點綠色停機

起點綠色色條是一個比較棘手的問題，大部分的組別都沒有辦法讀到綠色，即使可以也會被場地黑線與白線交界處的讀值干擾，若是使用 EV3 內建的顏色感應模組不穩定性非常高，在研究過後我們改用另一種感測方式也就是 RGB 進行感測，RGB 可以準確感測到綠色色條的 R、G、B 三種讀值，並不會被黑線以及白線交界處的讀值干擾，其穩定性也高出許多，在不同場地也只需要事先進行感測調整數值即可。

### (五)偵測到夾物機器人靠近及離開

由於 EV3 的運行過程必須全自動化，一啟動後就不可再碰觸調整，因此為了使 EV3 知道載物機器人已將零件放置於履帶上並開始運行程式，我們使用超音波感測器進行感測。

其邏輯為，載物機器人靠近運輸機器人後，超音波感測判斷其距離少於 10 公分作為第一個觸發點，第一個觸發點觸發後進入第二個判斷，若是載物機器人倒入零件成功並離開運輸機器人，超音波感測判斷其距離大於 30 公分作為第二個觸發點，第二個觸發點觸發後則進入程式運行開始循跡。

## 第二章 動機與文獻回顧：

### 第一節 動機

在修習大一大二的課程後，逐漸瞭解系上必備的基礎能力，直到機械設計這樣的整合課程出現，引誘起我們的好奇心，希望能藉由這次的實作計畫，將腦中的機器人付諸實行，盡力利用網路資源及生活所啟發的靈感想像，結合三年的必修知識，完成機械系必修的里程碑。

由於現今產業自動化的緣故，機械手臂的設計可幫助人類在更為方便更為安全的從事某件事情將不可能變為可能，比如在真空下或在危險的區域取重物、連續性的動作，或取放大型物件等等，所以我們必須先了解如何正確的運

用夾物機器人來夾取各種零件，在多種組合的零件中如何快速並且正確的夾取每份訂單成為我們主要的目標，於是我們決定選用線性機器人手臂來當我們的夾物機器人。

## 第二節 文獻回顧—步行機構

在步行機構方面，依照發表的相關資料[Song and Waldron, 1989]的記載，最早有申請專利的步行機器是 Rygg 在 1893 年所發明的步行機器馬，連桿與齒輪構成機構，以腳踏板作為動力來源，但這機器馬僅有紙上的設計，卻沒有實際的製作出來設計外型如圖 2-1 所示。

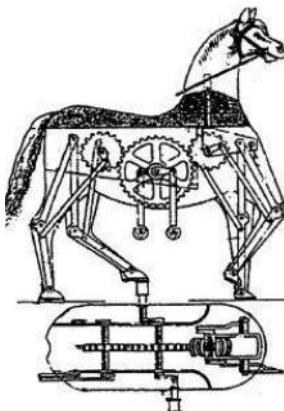


圖 2-1 步行機器馬

1990 年荷蘭的 Theo Jansen 的 Beach animal，設計出藉由撲翼受風力移動作為動力來源的仿生受如圖 2-2 所式，每個翼骨都連接一個曲柄搖桿機構，風力帶動曲柄的轉動，接著帶動八連桿的機構運動，由耦點取縣近似直線的部分推動機構前進。

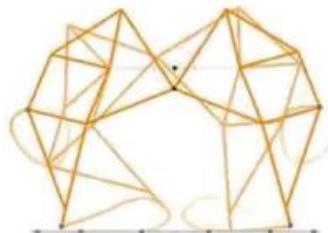


圖 2-2 仿生獸機構示意圖

1999 年中華人民共和國燕山大趙鐵石對於螃蟹機構的仿生在海底適應性進行了討論，將螃蟹的行走參數畫且模擬，其模型原型如圖 2-3 所示

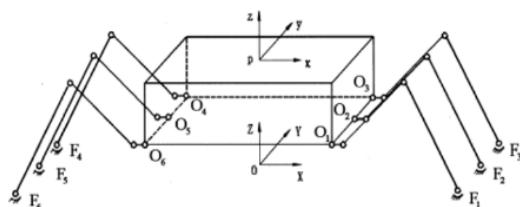


圖 2-3 螃蟹原型機

2004 年國立成功大學陳玉崗提出一套系統化方法，用以設計多種單動力源驅動且能達到靜態穩定平衡行走之四足步行機器，並製作了一架單動力源四足機器原型如圖 2-4 所示，以證明所提出之設計方法之可行性。



圖 2-4 足步行機器原型機

2013 年國立雲林科技大學林琦育參考雙史蒂芬森 III 六連桿橫行機構，以橫行的方式達到跨步的運動模式，最後透過相位角及身體高度等數據，有效控制雙史蒂芬森 III 六連桿橫行機構之橫行運動能力，本計畫將以此為基礎，並進行挑整，將原先左右各一隻腳更改為左右各兩隻腳，達到更穩定，以符合本次足型機器人之需求。

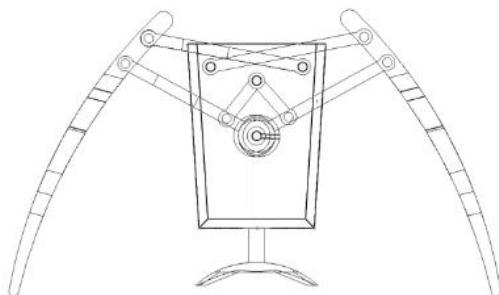


圖 2-5 雙史蒂芬森 III 六連桿橫行機構示意圖

### 第三節 文獻回顧—機械手臂

機械手臂常以仿生的方式設計，其中依照自由度不同及特殊設計，分為幾種較常見的類型，如：SCARA 手臂、多軸線性手臂、多軸關節手臂。其中 SCARA 手臂擁有較高的反應及移動速度；多軸線性手臂常見龍門式的結構，因其線性移動的結構，可達到較精準的控制；關節手臂則從三軸至六軸都有許多相關產品，搭配笛卡爾座標中 XYZ 軸及沿著各軸旋轉之旋轉軸，雖會降低一些精準度，但可以擁有較高的靈活度。



圖 2-6 EPSON SCARA-T3



圖 2-7 線性三軸機械手臂

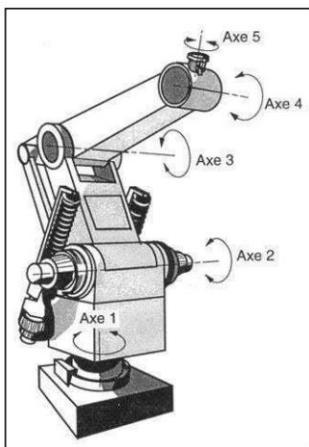


圖 2-8 五軸機械手臂

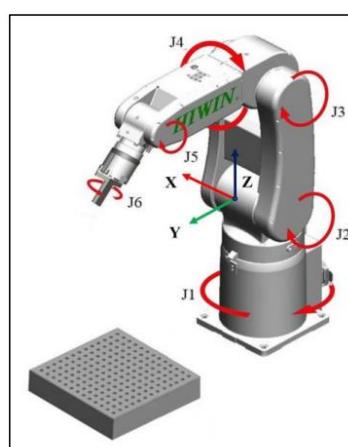


圖 2-9 六軸機械手臂

#### 第四節 文獻回顧—伺服馬達

伺服馬達的裝置由下列三者構成：發出動作指令的"指示裝置"（控制器，Controller），依照指示裝置的指示訊號與回饋訊號下等指令使馬達動作的"控制裝置"（伺服放大器），以及將由伺服放大器而來的電力供給驅動控制對象和偵測其狀態的"驅動、感測裝置"。

伺服馬達的動作特性是進行位置定位控制和動作速度控制，其主要特點是轉速可以精確控制，速度控制範圍廣，可以安定平順等速運轉之外，還可以根據需求隨時變更速度。在極低速度也可以穩定轉動。能迅速做出正轉與逆轉，也能迅速加減速。在由靜態改為動態運作或由動態改為靜態運作所需費時極短，而且即便有外力附加仍可以保持位置。並在額定容量範圍內瞬間產生大轉矩，輸出功率大且效率也高。

伺服馬達分為交流（AC）和直流（DC）兩種，直流伺服馬達機體較細長，因此轉子慣性較小，而且具有線性反應佳與簡單易於控制特性，因為直流伺服馬達因為操作容易，也就是旋轉方向由電流決定，並且旋轉速度由改變施加的電壓來控制，控制簡單所以廣泛使用因此現在直流伺服馬達是使用最多的

馬達。

而交流伺服馬達多使用在感應馬達與永磁同步馬達。為了讓感應馬達變化旋轉速度，必須改變電源頻率，因為這個目的而使用變頻器（Inverter）。由此可知，因為伺服馬達是以回饋訊號控制，可以與藉由輸入脈衝電流控制的步進馬達有所區別。

### (一) SG90& MG996R

	SG90	MG996R
重量	9g	55g
尺寸	23*12.2*29mm	40.8*20*38mm
工作電壓	4.8V	4.8V-7.2V
轉矩	4.8V@1.8kg·cm	6V@15kg·cm
運轉速度	4.8V@0.10sec/60°	6V@0.19sec/60°

表 2-1 SG90 和 MG996R 規格表

## 第五節 文獻回顧—直流馬達

### (一) 直流有刷馬達

其內部構造有三個部分：用來產生扭矩的電樞（轉子）、用來產生磁場的永久磁鐵或激磁線圈，以及使流經電樞線圈的電流具有固定方向性的整流子。因為直流電電流方向固定的特性，傳統的直流馬達需要搭配一組電刷來改變電流方向，否則電動機將被固定磁場鎖住。其中電樞通常是由電樞線圈及鐵心所構成，整流子片的材質通常使用銅或銀銅合金。

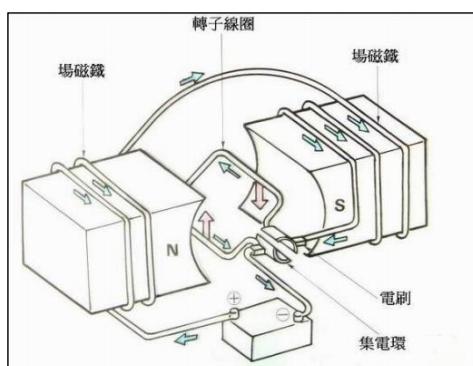


圖 2-10 直流有刷馬達線路示意圖

圖 2-10 為一個直流馬達線路圖，電流由電池正極出發，經過電刷與整流子後，沿著導線流入電樞線圈中，電樞線圈的導線通入電流在磁場中受磁場作用，產生一個作用力作用在電樞線圈上，使其開始轉動，而當轉子轉動半圈後接觸反向電刷，進而導入反向電流，其流經導線亦產生一個相反但大小相同的作用力，並引導磁場反轉，此兩作用力使馬達的轉子能持續轉動。

一般市面上販售的直流有刷馬達通常只有兩條引線，一個是正極，另一個是負極。將兩根導線直接連線到電池，馬達就可以旋轉，透過切換極性，即可控制馬達的旋轉方向。

直流有刷馬達的優點為：只須改變電壓大小即可控制轉動速度、啟動轉矩較大且具備高可靠度。缺點是高強度使用下的高維護成本以及低生命週期，且不適合在高溫或易燃等環境下操作，維護工作包括定期更換易磨損之整流子上導電的碳刷以及彈簧，也需要清潔或更換整流子。

## (二)、直流無刷馬達

傳統直流馬達使用電刷，會有磨損、噪音、火花、碳沉積等問題，且需要定期清潔與更換，因此目前大多採用直流無刷馬達，也就是不需要電刷的直流馬達。而無刷馬達擁有三組以上的線圈，藉由在不同時間供給每個線圈不同方向的電流，即可讓轉子不斷被吸引或推動而產生轉動。無刷馬達通常會搭配一組感測器和控制器，感應目前轉子的位置並決定電流方向。

直流無刷馬達利用電力電子技術（變頻器）輸入控制訊號到馬達，切換直流電的開關和通過的線圈組，進而得到力矩使轉子轉動。其中馬達控制器可以用霍爾效應感測器或是類似元件感測轉子的角度，來調整電流的時序及相位，以達到力矩最大化、能量轉換以及速度控制，甚至部份的剎車機能。有些馬達控制器沒有位置感測器，便利用電流量測以及馬達的相關參數來推算轉子的轉速。

在控制直流無刷馬達時，一般使用的是逆變器電路，例如脈衝寬度調製（PWM），通過調整脈衝占空比（ON/OFF）改變電壓：若 ON 的比率較高，可以得到和提高電壓相同的效果，反之亦然。直流無刷馬達的優點包括壽命長、高效率、散熱性高、啟動扭矩大、調速範圍大且控制較佳，從低速到高速均可保持穩定的速度與轉矩。其缺點是成本高、馬達速度控制器複雜等。

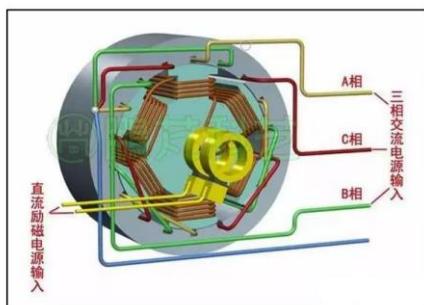


圖 2-11 三相直流無刷馬達結構圖

## **第三章 組員工作分配：**

### **第一節 組別負責人**

為求合理的分配工作，我們將每個人分配成不同的組別以期望可以通力合作。

**總組長 林子耘：**

負責規劃安排加工進度，網路採購，給予其他人協助，以及給予大家動力完成進度。

**電控組 林子耘：**

負責 Arduino 的程式撰寫，以 ps2 搖桿作為控制模組，其工作職位包含零件選擇以及電路設計。

**EV3 組 謙逸濃：**

負責 EV3 的程式撰寫及 EV3 的機構設計及組裝。

**財務組 陸祥：**

負責控制各項目支出，並確保不要有浪費零件的產生，並且負責採購其他組別所需要的零件。

**機構組 陳品均：**

負責設計以及調整分配各項機構，並且負責模擬個零件相對運動確認是否有干涉產生，如有便隨即調整。

**加工組 劉樺：**

使用機台加工零件，並確保組員在加工的時候的安全。

**報告組 簡唯倪：**

負責撰寫計劃書、期中報告、期末報告，並負責記錄加工進度。

## 第二節 組員工作分配

人員		林子耘	詹逸濃	陳品均	陸祥	劉樺	簡唯倪
任務項目							
夾物機 器人 - 機構設計	夾爪			✓			
	手臂			✓			
	足部			✓			
Solidworks 繪製				✓			
夾物機 器人 - 零件加工	夾爪					✓	
	手臂					✓	
	足部					✓	
材料採購		✓			✓	✓	✓
預算規劃					✓		
運輸機器人 -設計、組裝			✓				
控制程式編寫		✓	✓				
電路設計		✓	✓		✓		
計劃書撰寫							✓
期中、末 報告書撰寫							✓

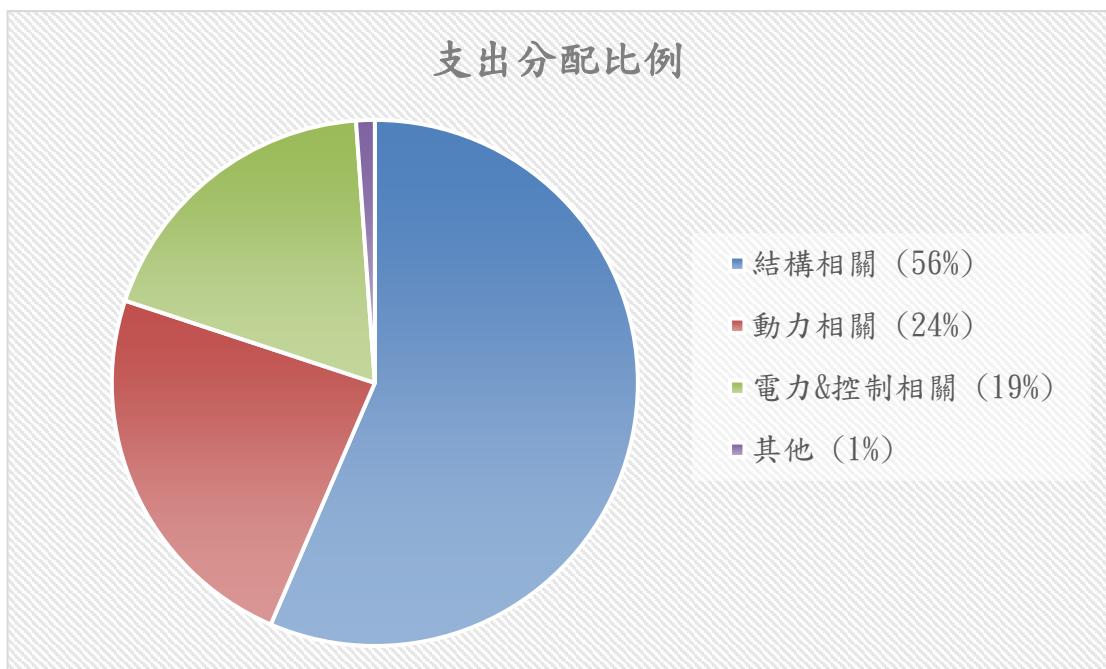
表 3-1 組員工作分配表

## 第四章 預算規劃：

項目	單價	數量	總價格	預算用途詳述
壓克力板 5mm(400*400)	250	3	750	
壓克力板 8mm(400*400)	430	2	860	
壓克力板 8mm(300*300)	214	2	428	
壓克力板 8mm(300*300)	370	2	740	
壓克力板	0	1	0	抓取機構的主要材料(學長姐贊助)
Motor Shield PS2 無限 手把+接收器	1142.86	1	1142.86	馬達驅動板
Arduino Uno 板	238.1	1	238.1	執行程式
防滑鉻鉗十字精密起子	75.24	1	75.24	鎖螺絲用
鋰電池專用充電器	380.95	1	380.95	充電池
545 減速直流馬達	510	2	1020	足形機構的動力源
舵機	140	3	420	手臂底盤旋轉的動力源
伺服馬達	57.14	2	114.28	抓取物件的動力源
372 減速馬達支架	60	2	120	
12V 直流減速馬達	266.67	1	266.67	提供減速直流馬達的主要電源供應
電池盒	0	5	0	裝電池用的(學長姐贊助)
杜邦線 40P	40	1	40	接線路用
螺絲五金	5	20	100	鎖住零件
PP 板	90	1	90	運輸機器人裝零件的盒子
步進馬達組	50	1	50	
三星加工電池	714.29	1	714.29	
2P 端子轉 DC2.1 公插頭	14.29	1	14.29	
2P 端子轉 DC2.1 母插頭	14.29	1	14.29	
細配線 2m	3.81	2	7.62	
400 孔麵包板	40	1	40	配線
彈性聯軸器 5mm	40	1	40	
T8 螺桿螺母	25	1	25	
直線光軸	30	3	90	
T8 螺桿	110	1	110	
電子工具	20	1	20	
端子	19	1	19	
砝碼	90	4	360	配重
角鋼	49	1	49	
預算估計:11617				

三柱贊助				
壓克力板 8mm (型號:ACAE-400-400-8)	1196	2	2392	底座主要結構
預算估計:2392				
總預算估計:10334				

表 4-2 預算規劃表



由圖可以發現結構的部分占了總支出的大多數，是因為當時在加工時沒有考慮到公差的問題，所以導致一些加工材料需要重新加工因此又額外多花費了一些錢。

## 第五章 進度報告：

周次 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
資料查詢	■	■	■														
設計機構		■	■	■													
Solidworks 繪圖		■	■	■	■	■	■										
專題企劃書			■	■	■	■											
機構模擬				■	■	■	■	■	■								
材料採買							■	■	■	■	■						
加工組裝							■	■	■	■	■	■	■				
組裝電路										■	■	■	■	■			
程式編寫										■	■	■	■	■			
場地測試															■	■	■

表 5-1 工作進度甘特圖

周次	各週完成之項目及規劃	是否按計畫進行
Week 2	1.分成各小組，確認各組負責人。 2.向學長姐索取相關資料。 3.確認已有的材料及討論要購買的材料。	分工   ✓ 資料查詢   ✓
Week 3	1.添購 SG90 馬達、PS2 搖桿模組。 2.分成夾爪、手臂、足部三個類別分開設計。 3.確認 EV3 載貨訂單次數。	設計機構   ✓
Week 4	1.討論企劃書內容。 2.足部： 馬達*4、L298N*2、code、擴充版；選用管理馬達驅動的板子；查馬達需要的 Loading、價格、電壓；底座之旋轉機構實現；理想高度模擬。 3.手臂： 高度、長度；碰撞偵測；馬達選用；角度限制。 4.夾爪： 固定馬達的方法；電磁鐵需不需要選用；解決齒輪干涉問題。 5.EV3 設計；把車廂進行分解；輪子選用；與 EV3 之連結設計。	設計機構   ✓

	6.列出所有部件之所需材料、圖檔編號、加工方法。BOM表，把所需要選用的螺絲寫出來。	
Week 5	1.確認馬達選用。 2.修改夾爪、底座、手臂等設計。	繪圖   ✓ 修改設計   ✓
Week 6	1.確認壓克力加工之價錢。 2.企劃書撰寫： 計畫目標、動機與文獻回顧、組員工作分配、 進度規劃、設計概念草圖、預算規劃 3.加工材料購買(5mm,8mm 厚度之壓克力) 4.確認 Solidworks 進行模擬之方式，如果有找到可以作為學習的案例的話，請將網站連結貼至群組。	繪圖   ✓ 模擬機構   提前 計劃書   ✓
Week 7	1.確認不委外加工 2.將需要加工之零件列表，並採購零件。	材料購買   提前
Week 8	1.確認加工零件： 雷切：上下版，5mm 墊片。 2.確認防滑材料。 3.確認電池用法，以及轉接頭購買。 4.公母螺絲的購買	加工零件   ✓ 零件購買   ✓
Week 9	1.確認加工零件： 雷切：上版要先出來，測試倒貨機構需不需架高。 2.期中報告： 主要設計概念、組員工作分配、預算規劃、 進度報告、測試結果、系統設計分析驗證、 加工零件簡圖與工序說明 3.運輸車設計完成	加工零件   ✓ 材料購買   ✓
Week 10	1.上板需要擴孔。 2.系統設計分析驗證： 動態：模擬手臂扭力分析、的位置分析、 所有的力的分布。 3.測試結果：程式控制、加工跟模擬的差別 4.EV3：確認循線的結果 5.控制：伺服馬達控制。	加工零件   ✓ 撰寫程式   ✓ 電路組裝   ✓
Week 11	1.完成期中報告書。 2.EV3 拖車 week11 完成測試。 3.完成電路組裝。 4.完成夾爪測試，以及確認如何修改。	撰寫程式   ✓ 電路組裝   ✓
Week 12	完成期中報告書以及期中 ppt。	期中報告書   ✓
Week 13	1. 預期完成兩台機器人。	完成度   延遲

	2.期中報告。 3.運輸機器人履帶改良。	
Week 14	1.加工修正後的零件(原先零件公差太大)。 2.測試電路與機器人組裝。 3.運輸機器人載物測試。	運輸機器人測試 ✓ 修正、組裝   ✓
Week 15	1.加工修正後的零件(原先零件公差太大)。 2.測試足部及馬達組裝。	修正、組裝   ✓
Week 16	1.加工測試時壞掉的零件。 2.測試夾爪、手臂及馬達組裝。	修正、組裝   ✓
Week 17	兩台機器人完成最終測試及修正。	測試、修正   ✓
Week 18	完成海報、期末報告書以及期末 ppt。	期末報告書   ✓

表 5-2 週進度表

- 因為在詳細討論夾物機器人的機構設計後，發現一些能更加完善的部分，因此完整的夾物機器人機構設計延至第 9 週完成
- 因為結構設計須再修改、學校設備使用狀況不穩定等關係，取物機器人的加工組裝將延至第 12 週完成
- 因為取物機器人的加工組裝進度延後，因此 Arduino 以及手機藍芽操控的程式撰寫改至從第 10 週開始，並不斷修正調整到第 16 週
- 因為運輸機器人的結構組裝進度提前，因此 Ev3 的程式撰寫提早從第 8 週開始，並持續測試與修正到第 16 週

## 第六章 系統整合動態描述

運輸車：

PID 紅外線循跡：因為只有一個紅外線感測器，所以採用超聲波的感測器來感測盒子位置，紅外線感測器只單做循跡的功用。

$I^2C$ 控制 Arduino 馬達： $I^2C$ 為主從式架構，不過它不同於 SPI 的點對點或點對多點結構，它是以匯流排型式介接，同時匯流排上允許有多個 master(主設備)和多個 slave(從設備)。

$I^2C$ 的匯流排接線十分簡單，只有兩條訊號線:資料線(SDA，SerialDataLine)及時脈線(SCL，SerialClockLine)，所有 $I^2C$ 裝置(不管是 master 或 slave)的這二支接腳都是 CMOS 開汲極(OpenDrain)或者是 TTL 開集極(OpenColloecor)的 I/O 接腳，並且並接(Wired-AND)在這兩條線路上。

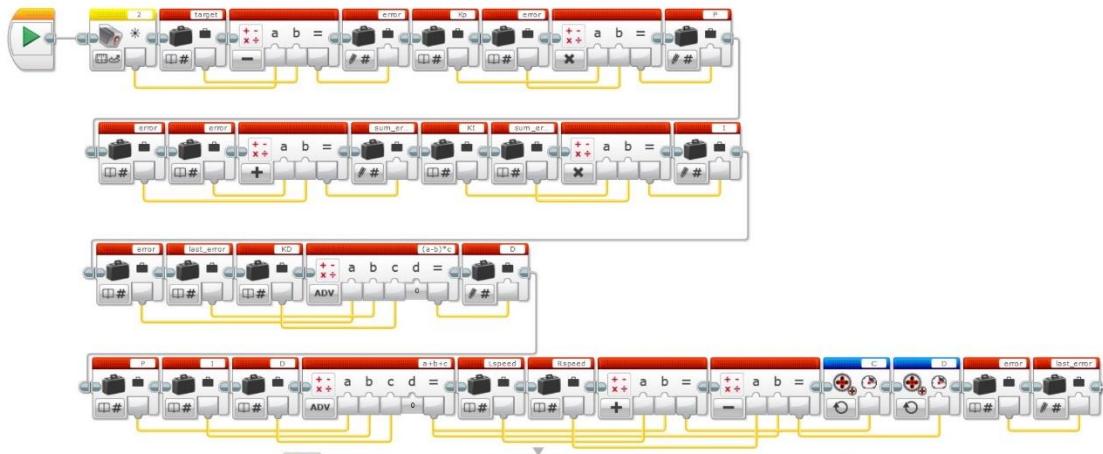
主要是解決馬達孔位不夠，藉由  $I^2C$  的通訊方式始 EV3 與 Arduino 進行溝通，來擴充馬達的使用孔位。

### 第一節 運輸機器人 PID 控制

#### 壹、PID 程式設計：

程式我們使用 PID 控制，以這樣的方式做到可以較好的循跡。其中需要注意的是，需要在每次測試的時候先針對場地測光，因為環境光會造成顏色感測器所感測到的數值不相同。而當後方拖車加上後會造成以下兩個主要問題：

1. 載物時車體因重量不均會翹一邊。
2. 車頭在做循跡時他的反應速度會下降許多，容易跑出線外。



1. 在車體前面加上一些重物(如：鋁圓柱、金屬板)，減少輪子的翹起。

2. 調整 PID 裡面的參數值( $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$ )，它們各自對系統的影響為：

(A) $K_p$ ：為系統的增益值，可以調整系統的相對穩定度及穩態誤差。加大增益值可以降低穩態誤差，讓系統反應更快速，但也會影響穩定度。

(B) $K_i$ ：在原點增加極點，可以消除穩態誤差，而且有利於高頻的抑制。但會

造成系統不穩定，站態響應會變差。

(C)KD：此為微分器，可以改善系統的阻尼與站態響應，並且增加相對穩定度。

針對這三個參數不同的影響進行參數的調整，所以我們調整的順序依序為：

KD→Kp→KI

以達到運輸車順利完成循跡的路線。

表四-1 各個參數對系統的影響

Parameter	Rise time	Overshoot	Settling time	Steady – state error	Stability
$K_p$	↑	↓↓	↑	↑	↓ Degrade
$K_i$	↑	↓	↑	↑↑	Eliminate Degrade
$K_d$	↑	↓	↓	↓ → 不變	↑

## 第二節 夾物機器人運動控制

夾物車：

X 軸：透過三節式滑軌、直流馬達、齒條來做 X 軸移動，並且足夠伸長到輸送帶中間。

Y 軸：主要透過車體底盤做 Y 軸移動。

Z 軸：透過滑軌、定滑輪、直流馬達與水線來做 Z 軸升降。

Z 軸旋轉：透過軸承與低速直流馬達完成 Z 軸旋轉。

夾爪：以 MG996R 藉由控制角度抓取零件。

底盤：運用史帝芬森機構，完成基本的前後左右、斜向移動，以及原地自轉。

## 壹、 PS2 搖桿控制



PS2 搖桿結合 arduino 達到操控機器人的目的，我們運用按鍵來進行操控，以按下去，手臂以等速的方式進行正轉或是反轉，或是，讓手臂以等速的方式

移動到指定的角度。而在操控直流馬達的部分，我們運用類比遙控的想法，將左類比的按鍵進行劃分，劃分成 9 個空間，也就是將 0-255 劃分成 3 等分，並且利用 arduino 設定在各個情況下的馬達正轉反轉。



## 第七章 系統程式設計分析與驗證

### 第一節 夾爪受力分析

我們用 solidwork 對於夾爪進行了靜態的夾物模擬，夾物最重的重量大約為 100g，而我們在夾爪後端給於固定，而前端則給予大約 1N 的垂直方向的力與 5N 的正向力，整體有設定重力施加於夾爪上，從下圖的模擬結果可以看出整個夾爪受力最大的地方是位於夾爪前端較薄的地方，位移最大的位置是在夾爪前端受力的部分，但是即使是最大的應力還是比降伏應力小，最大位移的量也很小，所以符合我們設計的目標。

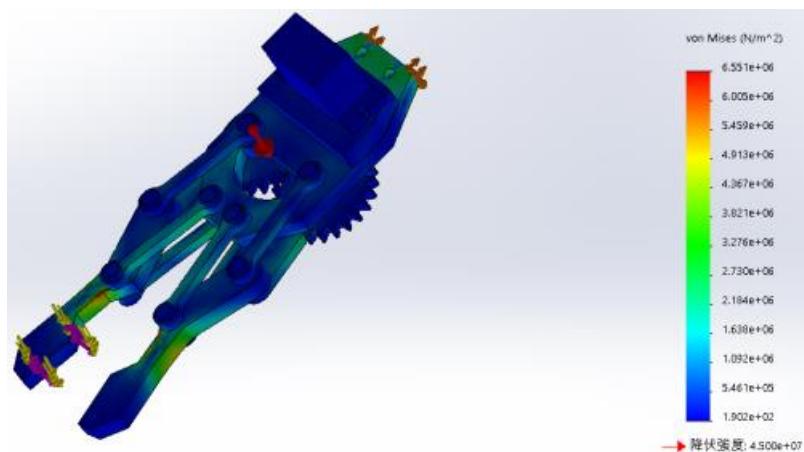


圖 7-1 夾爪受力分析

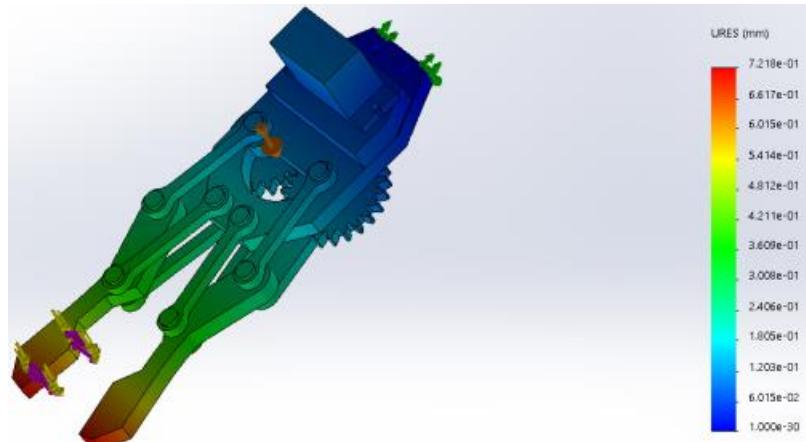


圖 7-2 夾爪位移分析

## 第二節 夾爪齒輪應力分析

### 壹、 ANSYS

在設計上，我們利用 ANSYS 做了應力應變分析，以確保在 SG90 的扭矩  $1.8\text{N\_mm}$  的輸出，並不會造成超過壓克力的降伏強度已造成斷齒。

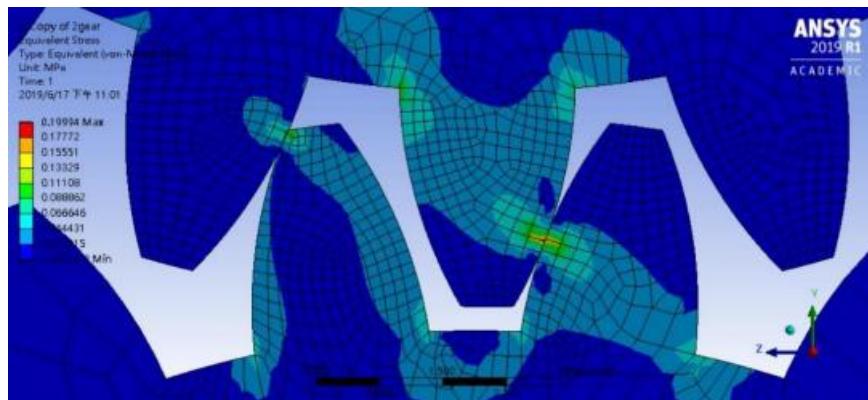


圖 7-3 手臂齒輪應力分析

從應力分析上可以看到最大值出現在接觸點的位置，而應力為  $199\text{kPa}$ ，以壓克力作為材料時，降伏強度在  $60\text{MPa}$  左右，所以可以確認這樣的材料 選用不會造成齒輪上的應力破壞。

### 貳、 理論值計算

同時除了利用軟體分析之外，我們也運用了機制課本中的計算方法作為套用。計算內容為討論在齒頂有一切應力存在時，在齒根處會有應力集中的問題，而本次計算便是計算在齒根處的最大應力值。

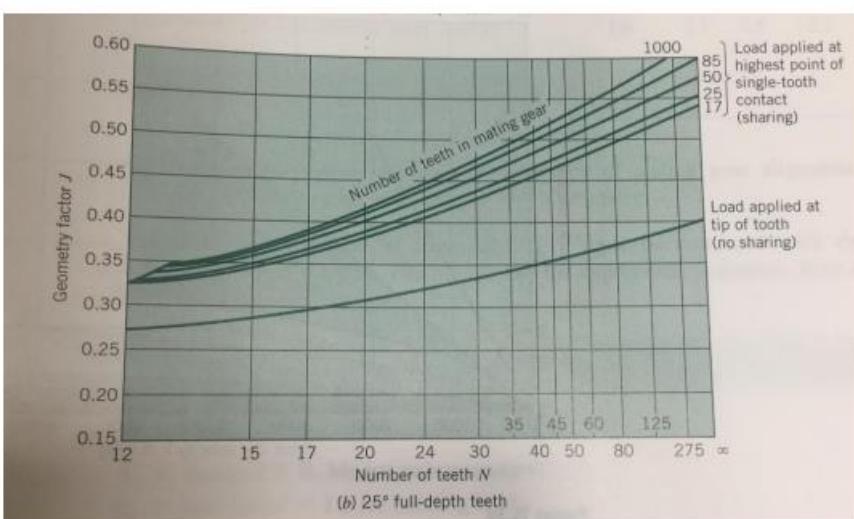
根據公式  $\sigma = \frac{F_t P}{bJ} K_v K_o K_m$ ，為找到這些參數，我們查詢了幾張圖表

$K_m$ Characteristics of Support	Face width(in.)			
	0 to 2	6	9	16UP
Accurate mountings, small bearing clearances, minimum deflection, precision gears	1.3	1.4	1.5	1.8
Less rigid mountings, less accurate gears, contact across the full face	1.6	1.7	1.8	2.2
Accuracy and mounting such that less than full-face contact exists	Over 2.2			

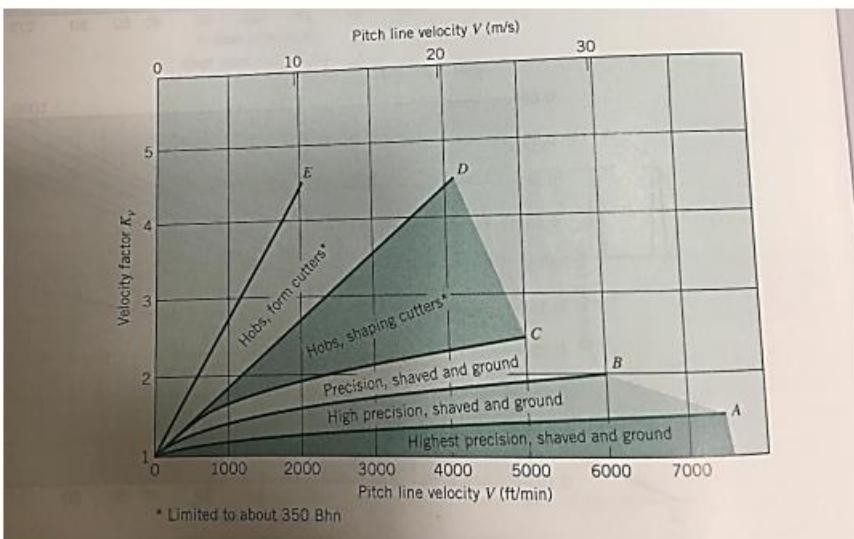
$K_o$ Source of Power	Driven Machinery		
	Uniform	Moderate Shock	Heavy Shock
Uniform	1.00	1.25	1.75
Light shock	1.25	1.50	2.00
Medium shock	1.50	1.75	2.25

表 7-1  $K_m K_o$

J



$K_v$



$m = 1 \rightarrow P_d = 25.4$	By Fig	$\rightarrow K_v = 1$
$\emptyset = 25^\circ$		$\rightarrow K_m = 1.6$
$N = 24$		$\rightarrow K_o = 1$
$d = 24mm$		$\rightarrow J = 0.42$
$b = 3mm$		
$M = 1.8N * mm$		$\sigma = \frac{F_t P}{bJ} K_v K_o K_m$
$F_t = \frac{1.8}{12} * \cos 25^\circ = 0.136N$		$\sigma = 172.68kPa$

從結果可以看出應力值為 172kPa，同樣也遠小於降伏強度。

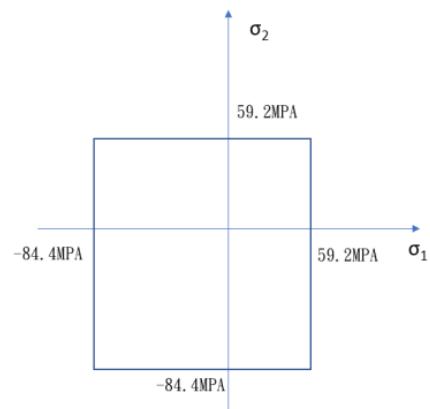
## 參、 Maximum-Normal-Stress theory

這個理論是只要最大拉伸應力趨於超過單軸抗拉強度，或者當最大壓縮應力趨於超過單軸抗壓強度時，會發生失效。對於圖中延伸超出任一虛線垂直邊界的任何應力狀態，都可以預測失效。該理論與脆性斷裂的測試數據具有良好的相關性。正如所料，它不適合預測延性破壞。出於這個原因，雙軸最大應力分別是假定的脆性材料的拉伸和壓縮極限強度。

$\sigma_x: 7.8193MPA$

$\sigma_y: 3.1208MPA$

$\tau: 0.19328MPA$



經過計算：

$$\begin{vmatrix} 7.8193 - \sigma_1 & 0.19328 \\ 0.19328 & 3.1208 - \sigma_2 \end{vmatrix} = 0$$

$$\sigma_1: 7.82723MPA ; \sigma_2: 3.11286MPA$$

與圖比對，可以清楚知道我們的  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  在限制裡面，且安全係數為 7.57

## 肆、 Maximum-Shear-Stress theory

最大剪應力理論有時被稱為 Tresca

理論或 Guest 定律。不管名稱如何，

這個廣義形式的理論指出，只要最大剪切應力超過材料的剪切強度（屈服或極限），承受任何載荷組合的材料都會失效（通過屈服或斷裂）。反過來，剪切強度通常假定由標準單軸拉伸試驗確定。該理論在圖中方式表示。在“第一和第三象限中，零主應力包含在主莫爾圓中，而在第二和第四象限中則沒有。單個測試點標記為 Syt，拉伸屈服強度，假設的延展性材料。壓縮或扭轉數據點也可以，但拉伸試驗是最常見和最準確的；因此，通常使用它。當然，如果材料的行為確實符合最大剪應力理論，所有測試數據都與失效相關的剪應力水平一致。該理論與延性材料的屈服相當好。

$$\sigma_x:7.8193 \text{ MPa} ; \sigma_y:3.1208 \text{ MPa} ; \tau:0.19328 \text{ MPa}$$

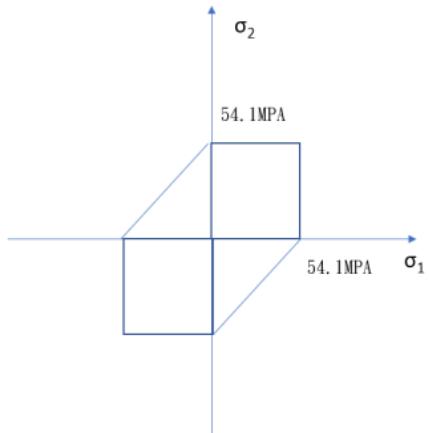
經過計算

$$\begin{vmatrix} 7.8193 - \sigma_1 & 0.19328 \\ 0.19328 & 3.1208 - \sigma_2 \end{vmatrix} = 0$$

可以求出

$$\sigma_1:7.82723 \text{ MPa} ; \sigma_2:3.11286 \text{ MPa}$$

與圖比對，可以清楚知道我們的  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  在限制裡面  
並且安全係數為 6.9



## 伍、 Maximum-Distortion-Energy theory

最大變形能量理論

(Maximum-Octahedral-Shear-Stress 理論)

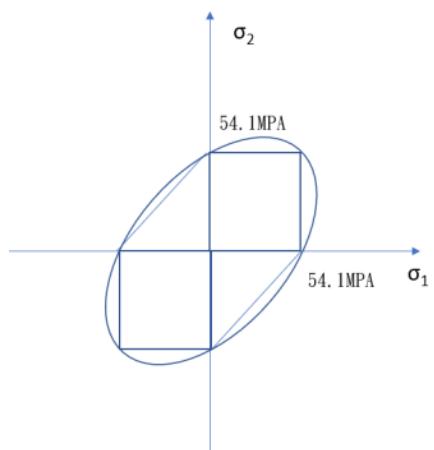
關於最大變形理論的一個非凡之處能量是方程可以從至少“五個不同的假設中推導出來。因此，根據該理論，相同的失效可能性）

就現有主應力而言

$$\sigma_e = \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_2)^2]^{1/2}$$

並可以推導出

$$\sigma_e = (\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2}$$



### 第三節 手臂動力扭矩

考量手臂機構所造成之力矩，本設計選用的馬達型號為 MG996R，重 55 克，在 6V 時，扭矩為 15 公斤·公分，工作電壓：4.8V-7.2V。為了驗證本組的馬達選用是否合適，本組利用 solidwork 運動分析的動力扭矩，可以看到最大不超過 500N\*mm，考量到安全係數 2，我們選用 MG996R 作為動力是合適的選擇。

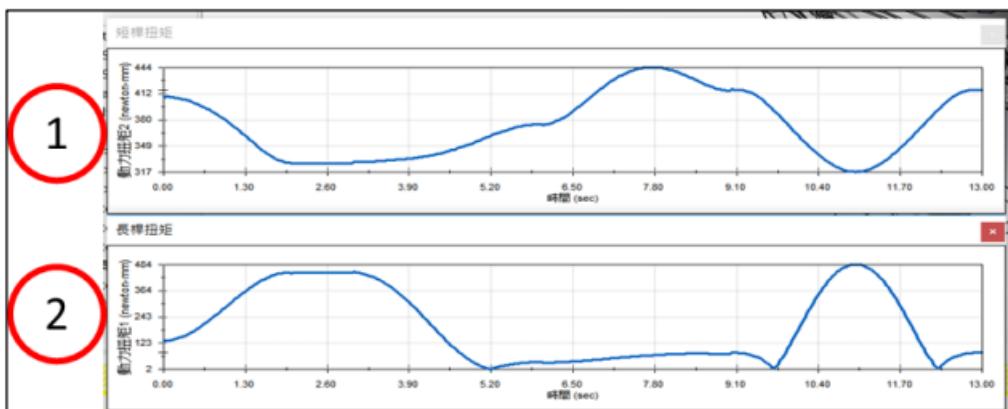


圖 7-2 手臂馬達扭矩分析

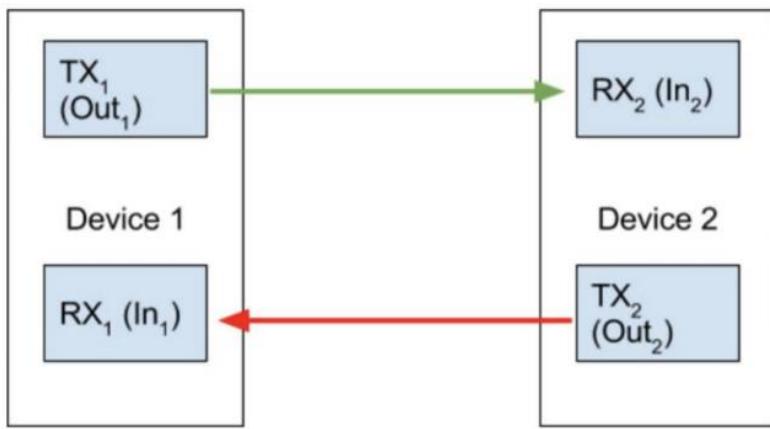
### 第四節 UART-通訊協定

#### 壹、Introduction

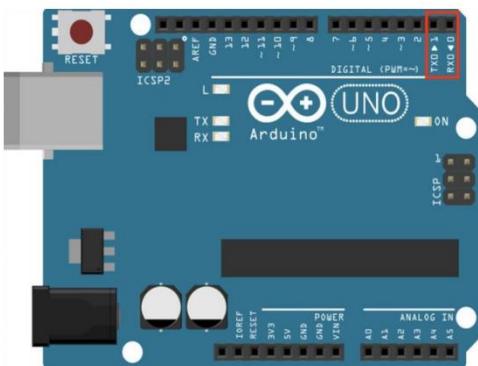
1. 串列傳輸為 CPU 與周邊裝置或 CPU 與 CPU 間的資料傳輸方法之一，而 USART (universal synchronous asynchronous receiver transmitter)，通用同步/非同步收發傳輸器，則常被用於一般的串列傳輸應用中。
2. 嚴格而論 UART 不是個具體的介面，此介面只提供一個離形基礎，以此基礎再加搭電路與軟體，才可以實現不同的介面，如 RS-232、RS-422、RS-485 等；不過就運用而言幾乎是用來實現 RS-232 介面。

#### 貳、Transmission Protocol/Interface

1. 以 RS-232 介面而言，其只允許兩個裝置直接對接，無法接更多裝置（若為 RS422、RS-485 則可接多個裝置）。
2. TX 線 (發送器)用於發送資料，RX 線 (接收器) 用於接收資料；其中，TX 線和 RX 線將構成一介面，以進行通訊。



3. UART GPIO on Arduino - Arduino 預設的 UART 硬體串列埠是 GPIO\_0 (RX)、GPIO\_1 (TX)，是用來實現 RS-232 介面，主要是用來與電腦進行通訊使用，因此當已與電腦進行通訊的動作，便不宜使用這兩個腳位；為了同時與其他微控制器進行通訊，便可以使用 <SoftwareSerial.h> 函式庫，以軟體模擬方式定義多組 DIO 腳位，當作 UART 串列埠，速率可達 11500 bps。



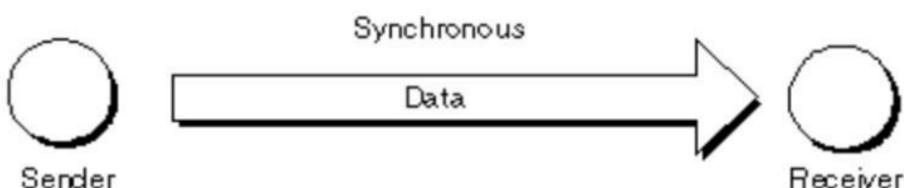
4. 傳統的電腦大多具備 RS-232 介面以進行通訊，然而因應現代 USB (TTL 介面)的興起，便需要一條傳輸線 (TTL to RS-232)以支援其與微控制器之間的通訊；兩者的差別只是在於邏輯準位的不同而已，通訊協定的設定則大致相同。

R2-322 TTL Type	R2-322 TTL Type	R2-322 TTL Type
-15V ~ -3V +2V ~ +5V HIGH (1)	-15V ~ -3V +2V ~ +5V HIGH (1)	-15V ~ -3V +2V ~ +5V HIGH (1)
+3V ~ +15V 0V ~ 0.8V LOW (0)	+3V ~ +15V 0V ~ 0.8V LOW (0)	+3V ~ +15V 0V ~ 0.8V LOW (0)

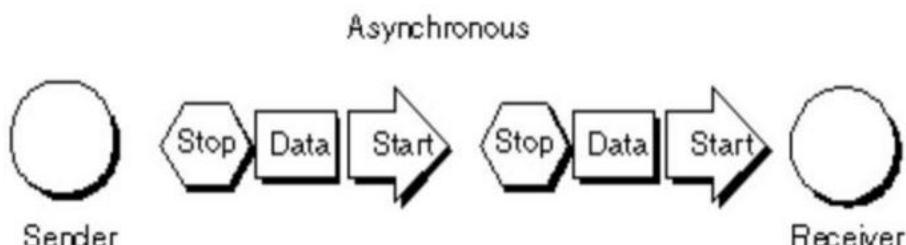
## 參、RS-232 Interface

1. RS-232 是全雙工非同步串列通訊，乃通用非同步收發器 UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) 技術的一種，用來在兩個裝置之間互相進行資料的傳遞；只採用 TX (Out) 與 RX (In) 兩條線同時雙向互傳資料，且兩邊 GND 要共接才行，在介面上比並列通訊要單純。

- I. 全雙工：允許二台設備間同時進行雙向資料傳輸；EX：手機。
- II. 半雙工：允許二台設備之間的雙向資料傳輸，但不能同時進行；因此同一時間只允許一設備傳送資料，若另一設備要傳送資料，需等原來傳送資料的設備傳送完成後再處理；EX：無線電。
- III. Synchronous 同步傳輸：額外提供時脈訊號，使兩端機器在溝通時能夠藉此同步收發資料；比起非同步傳輸，同步傳輸不需要 start/stop bit，因此能夠一次傳較多的資料；另外，其需要解決時鐘偏移對資料傳輸造成的影響，而且額外的時脈分佈網也需要大量的驅動電路，比起非同步傳輸增加了更多的耗能。



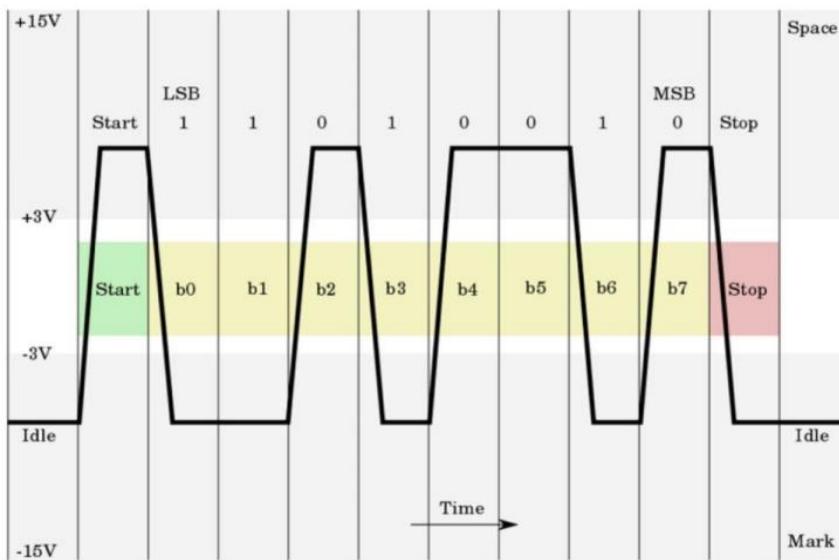
- IV. Asynchronous 非同步傳輸：在傳送資料時插入額外資訊，用以表示資料的起始、結束；好處是設定時間短、硬體成本低、機器時脈不同也能傳資料；缺點是單次可傳輸的資料量較少。



## 肆、Data Format

在 RS-232 標準中，資料是以串列(serial)方式傳輸，其最常用的編碼格式是非同步起停(asynchronous start-stop)格式，它使用一個 start bit 後面緊跟 7 或 8 個資料位元(bit)，然後是可選的奇偶校驗位元，最後是一或兩個停止位元；所以傳送一個字元至少需要 10 位元，主要功能為提供 DTE 以及 DCE 的實體連接。

- I. Data terminal equipment (DTE)：數位資料的接收或輸出端，並用傳輸協定對資料傳收流程做控制的機器；EX：電腦。
- II. Data circuit-terminating equipment (DCE)：對類比訊號做編解碼，藉此傳收數位資料的機器；EX：數據機。



- i. Idle - 表示 Serial port 資料送完了，目前沒事做，正在等待下一筆資料中；UART level 固定在 HIGH (-3v ~ -15V)。
- ii. Start - 將狀態反相，是送資料前的準備動作，這樣接收端才知道後面有資料要送；UART level 固定為 LOW (+3V ~ +15V)。
- iii. b0 ~ b7 - 送資料的順序是 D0 先送，D7 最後送，所以在示波器顯示的波形是 D0 : D7 (LSB)，在判讀資料前記得先在腦中反序變成 D7 : D0 (MSB)再來判讀。
- iv. Stop - 資料送完後，要變成 Stop 狀態，與 Idle 狀態相同；可以設定是 1 bit or 2 bits。

## 伍、Library

### 1. <Serial.h>

I. `Serial.begin(speed)` - 此函式主要的參數，speed，指的是「鮑率」(Baud Rate  $\approx$  Bit Rate)，可傳入值為 300~115200bps，且通常設為 9600，也是 Arduino IDE 的序列埠監控視窗的預設值。

II. `Serial.print(val [, format])` - 將 val 值的每個字元都轉成可讀的 ASCII 字元後才輸出，並採用 TX 腳傳送資料；參數 val，可以是任何型態資料(字串、數值、布林)；參數 format，只有在 val 是數值(整數、浮點數)時才可使用(預設是 DEC)，字串或布林則不行。

III. `Serial.println(val [, format])` - 功能與 print 相似；兩者差別在於，println 會在輸出資料後自動換行 (\r\n)，且可以無參數；而 print 至少要有一個參數，否則會編譯失敗。

IV. `Serial.available(void)` - 當從 RX 接腳接收對方傳來的資料時，會儲存在緩衝記憶區(Buffer)，可以用 available()函式檢查緩衝區是否已經有資料，其傳回值是 8 位元的 byte 數值 (即字元數，型態為 byte 或 char)；如果

傳回值大於 0，表示已收到對方傳來放在緩衝區之資料。

V. Serial.read(void) - 該函式用來從緩衝區讀出一個 byte 的資料；若緩衝區無資料就傳回-1，且讀取後該 byte 資料便會被緩衝區刪除。

## 2. <SoftwareSerial.h>

用法多與 <Serial.h> 相同，只是需要以類別 (class) 預先定義一組軟體串列埠的 DIO 腳位，TX 與 RX。

## 第五節 Arduino 控制手臂程式

```
1 #include <Wire.h>
2 #include <PS2X_lib.h>
3 #include <Adafruit_MS_PWMServoDriver.h>
4 #include "QGPMaker_MotorShield.h"
5 #include "QGPMaker_Encoder.h"
6 QGPMaker_MotorShield AFMS = QGPMaker_MotorShield();
7 PS2X ps2x;
8 QGPMaker_Servo *Servo0 = AFMS.getServo(0);
9 QGPMaker_DCMotor *DCMotor_1 = AFMS.getMotor(1);
10 QGPMaker_DCMotor *DCMotor_2 = AFMS.getMotor(2);
11 void forward() {
12     DCMotor_1->setSpeed(255);
13     DCMotor_1->run(FORWARD);
14     DCMotor_2->setSpeed(255);
15     DCMotor_2->run(FORWARD);
16     delay(500);
17     DCMotor_1->setSpeed(0);
18     DCMotor_1->run(RELEASE);
19     DCMotor_2->setSpeed(0);
20     DCMotor_2->run(RELEASE);
21 }
22
23 void backward() {
24     DCMotor_1->setSpeed(50);
25     DCMotor_1->run(BACKWARD);
26     DCMotor_2->setSpeed(50);
27     DCMotor_2->run(BACKWARD);
28     delay(500);
29     DCMotor_1->setSpeed(0);
30     DCMotor_1->run(RELEASE);
31     DCMotor_2->setSpeed(0);
32     DCMotor_2->run(RELEASE);
33 }
34
35 void turnright() {
36     DCMotor_2->setSpeed(255);
37     DCMotor_2->run(FORWARD);
38     DCMotor_1->setSpeed(255);
39     DCMotor_1->run(BACKWARD);
40     delay(500);
41     DCMotor_1->setSpeed(0);
42     DCMotor_1->run(RELEASE);
43     DCMotor_2->setSpeed(0);
44     DCMotor_2->run(RELEASE);
45 }
46
47 QGPMaker_DCMotor *DCMotor_3 = AFMS.getMotor(3);
48 void spin1() {
49     DCMotor_3->setSpeed(255);
50     DCMotor_3->run(FORWARD);
51     delay(500);
52     DCMotor_3->setSpeed(0);
53     DCMotor_3->run(RELEASE);
54 }
55
56 void spin2() {
57     DCMotor_3->setSpeed(255);
58     DCMotor_3->run(BACKWARD);
59     delay(500);
60     DCMotor_3->setSpeed(0);
61     DCMotor_3->run(RELEASE);
62 }
63
64 void turnleft() {
65     DCMotor_1->setSpeed(50);
66     DCMotor_1->run(FORWARD);
67     DCMotor_2->setSpeed(50);
68     DCMotor_2->run(BACKWARD);
69     delay(500);
70     DCMotor_1->setSpeed(0);
71     DCMotor_1->run(RELEASE);
72     DCMotor_2->setSpeed(0);
73     DCMotor_2->run(RELEASE);
74 }
75
76 void setup(){
77     AFMS.begin(50);
78
79     int error = 0;
80     do{
81         error = ps2x.config_gamepad(13,11,10,12, true, true);
82         if(error == 0){
83             break;
84         }else{
85             delay(100);
86         }
87     }while(1);
88     for(size_t i = 0; i < 50; i++){
89     }
90     ps2x.read_gamepad(false, 0);
91     delay(10);
92 }
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129 }
```

## 第八章 設計圖

### 第一節 三視圖

#### 壹、夾爪

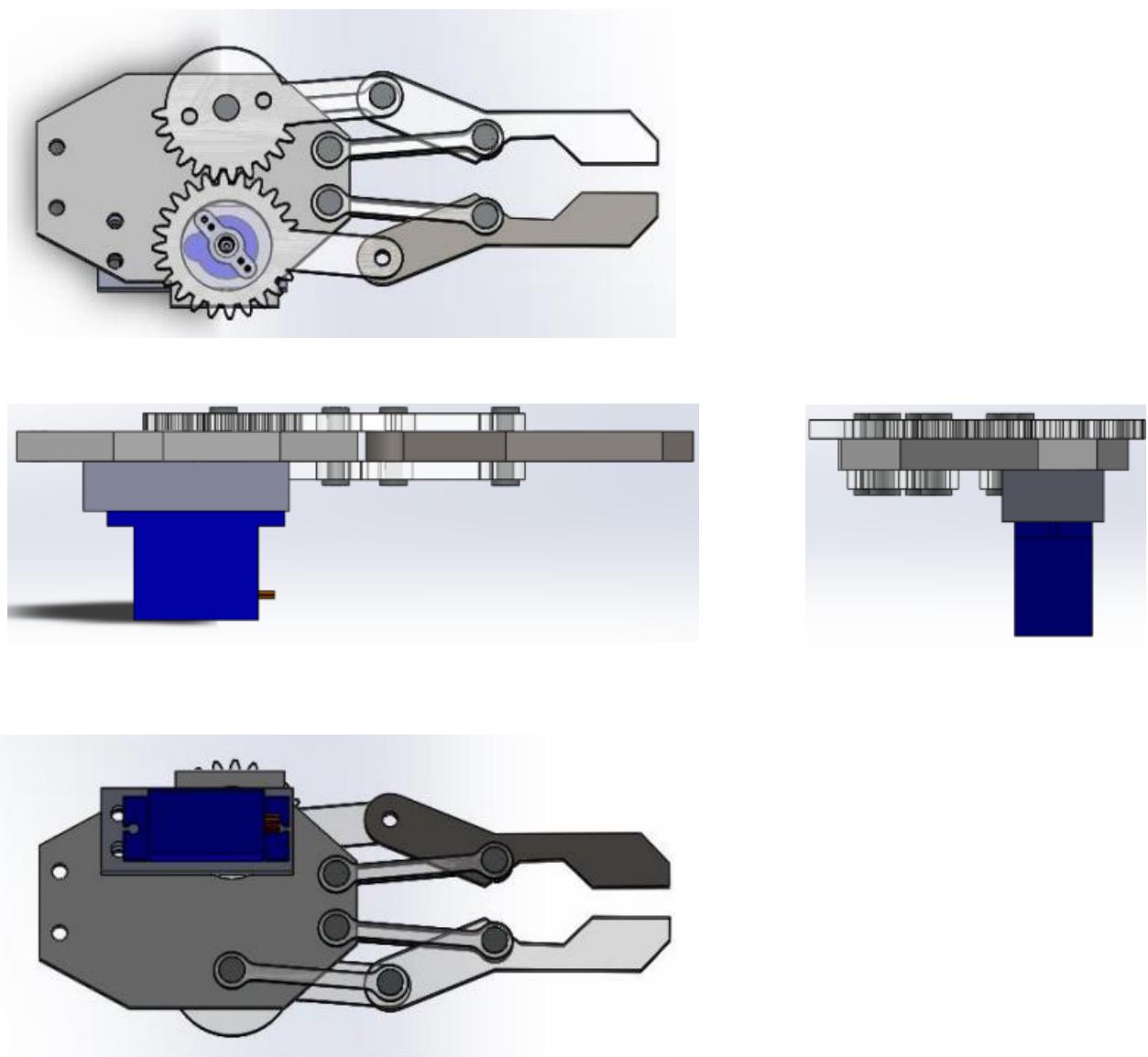
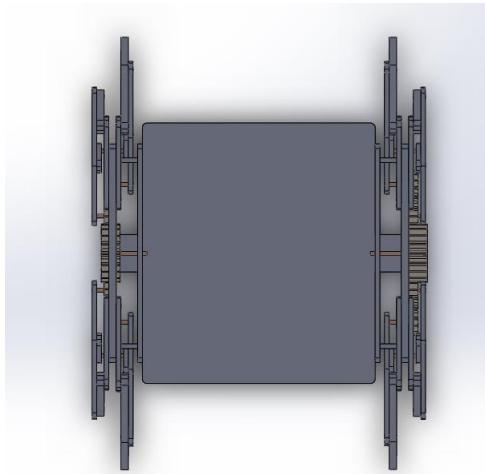
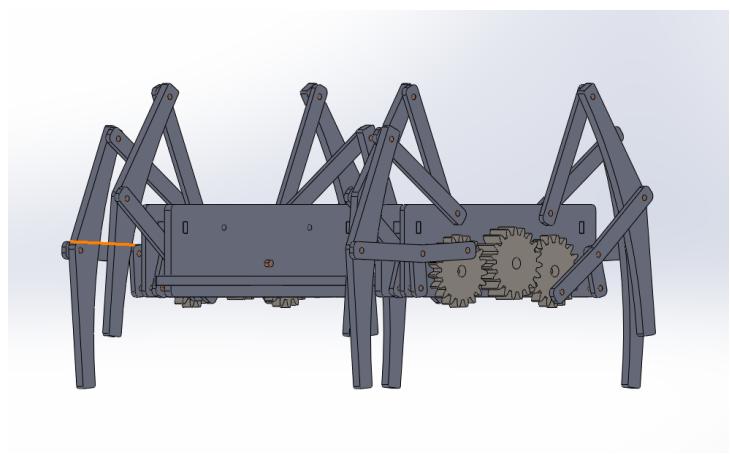


圖 8-1 夾爪三視圖

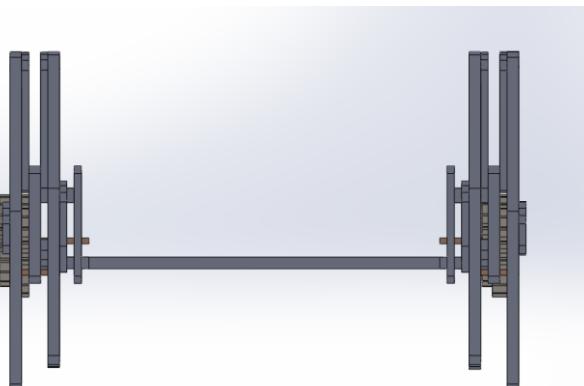
## 貳、足型



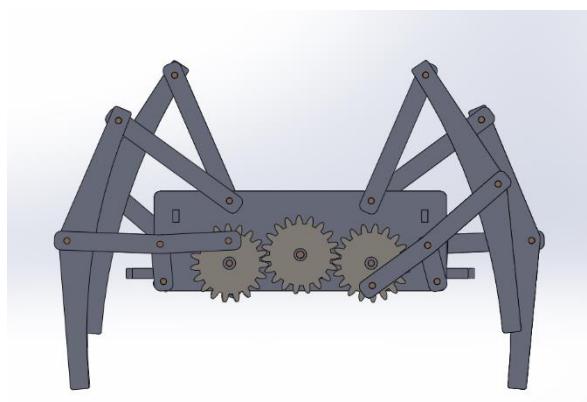
俯視圖



等角視圖



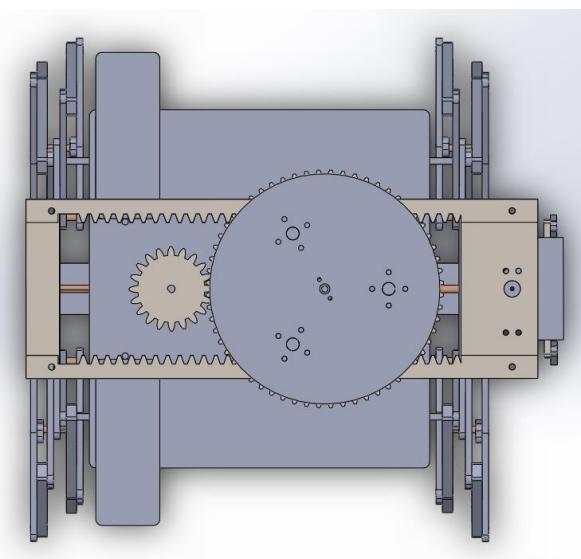
前視圖



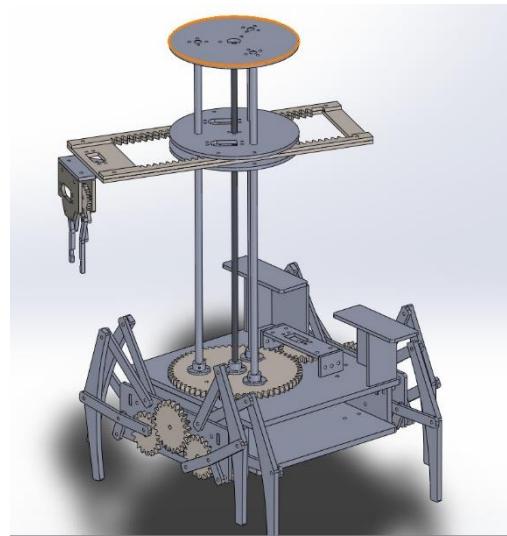
側視圖

圖 8-2 足型三視圖

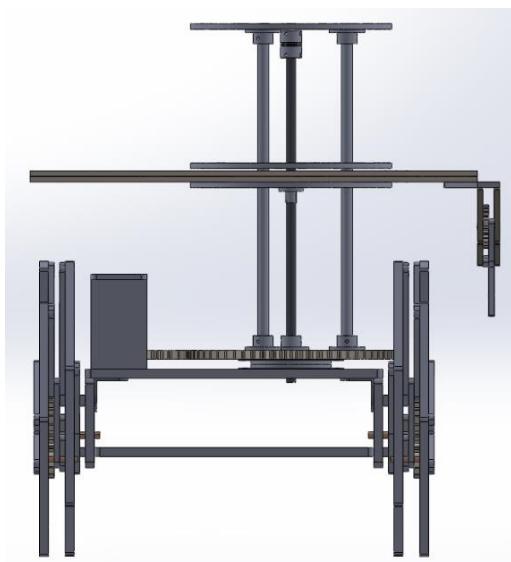
## 參、整體



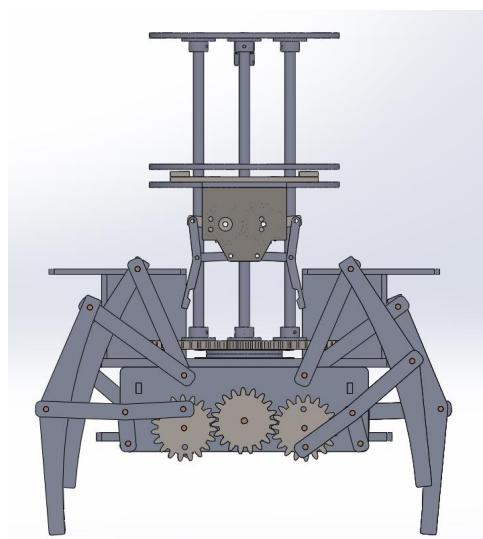
俯視圖



等角視圖



前視圖



側視圖

圖 8-3 整體三視圖

## 第九章 測試結果：

### 第一節 夾物機器人

#### 加工

- A. 連桿結構中的孔洞為了配合購買的子母螺絲對（子母鉚釘），加工補正需改用 0.1mm，因為子母螺絲的內螺紋在製造上可能較容易會有擠到外徑的問題，會造成尾端的外徑尺寸稍比原定管徑大，無法裝進洞口
- B. 因為壓克力不適合攻牙，特別是在 10mm 以下的厚度容易發生牙崩，因此有需要類似四角或六角的螺帽結構搭配螺絲加強固定
- C. 因壓克力加工的公差不小，原定的組裝方法與設計上有差異，經過測試後，利用角鋼在四邊加強固定

#### 組裝

- A. 因小台的雷切機會有功率不穩定的問題，若想要切斷壓克力常常會需要加工兩到三次，但加工完後常會有不平整的問題，這樣在組裝時會有部分是較難配合的，需要用砂紙稍微磨過才較好組裝
- B. 原本足型機構設計上是無干涉的，但實際組裝時發現留的裕度可能會太小，因此利用多的壓克力廢料切一些較有厚度的墊片，相較於到五金行買多個墊片疊加，利用壓克力板切割的尺寸會更為固定且不會有墊片與墊片間的空隙。

#### (一) 夾爪

在加工完成之後，進行組裝根據設計圖，並無產生干涉的部分，雖然沒有產生干涉，但是在加工小齒輪的部分，雖然已經有預期雷切會將輪廓線切銷掉，而有向外偏移 0.1mm，但在組裝之後發現仍然被切銷的太多，而改成再放大 1.1 倍，以這樣的方式材完整的還原設計圖上的尺寸。

待組裝過後，測試齒輪之間的相對轉動是否有產生干涉，其結果試並無產生干涉，相信在設計時有依照著齒數比要相同的原理就不會產生干涉的問題。

在測試時，發現在固定齒輪端，無法完整地將 SG90 的動力傳輸到齒輪上，會產生相對旋轉，而在測試過程中也讓一個 SG90 燒壞了，為改善這樣的問題，選擇採用 MG996R 做測試，而避免相對運動的部分，除了嘗試以膠黏著以及增加防滑墊，同時以螺絲鎖住。



圖 9-1 夾爪齒輪示意圖

## (二) 手臂

在使用大台雷切機時，因為功率較大，所以在雷射射到底下的槽狀網而產生反射，使壓克力的邊界產生破損。預期可以利用下面具有墊片的方式改善這樣的情況，將所需要加工的壓克力向上墊高，在下面墊了一片沒有使用價值的壓克力，以這樣的方式讓加工零件不直接的接觸下方的槽狀網，以改善這樣的問題產生，具體有沒有功效並未嘗試。



圖 9-2 壓克力破損示意圖

作為連接桿件與桿件之間旋轉隊的部分，我們選用工母螺絲，首先工母螺絲在製造實雖然具有一定的精度，但是仍有誤差存在，若鎖太緊可能會造成桿件上配合產生不必要的摩擦力，鎖太鬆的話，會因為轉動次數提高而有螺絲鬆脫的問題，作為解決方法，若購買的是剛好長度的工母螺絲，可以將之轉鬆一點，並且運用膠將螺絲固定住；或是可以考慮購買大 1mm 的公母螺絲，將螺絲鎖緊，避免鬆脫的情況產生。



圖 9-3 公母螺絲示意圖

在底座圓盤與兩立片之間的連結，原本預期在加工後可以以緊配方式固定，但是以雕刻機加工過後，發現在考慮配合時應當將他的加工誤差考慮進

去，並同時需要考慮到雖然壓克力片標明其為 5mm 或是 10mm，材料也同樣具有誤差存在，因此，應當調整為考慮到加工順序，根據前方加工完之工件，做出一些調整，若需要緊配，可以考慮向內偏移 0.5mm。而本組解決方法為，利用膠將之黏合在一起。

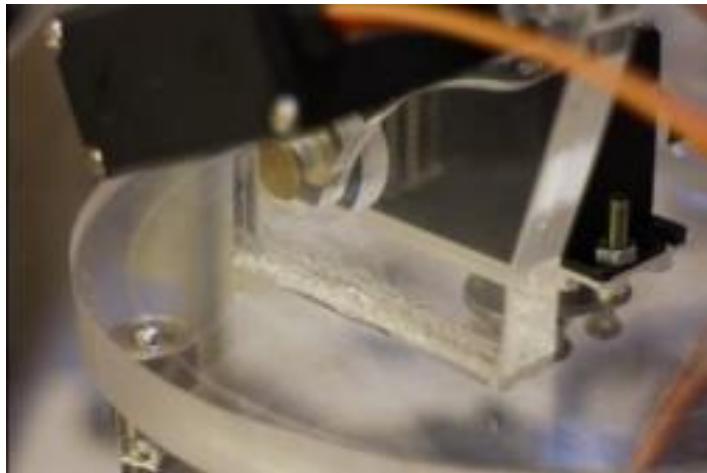


圖 9-4 圓盤示意圖

## 第二節 運輸機器人

### 壹、程式測試

#### 重量配置

A. 原先因為履帶設計再加上其他支撑履帶的結構，會使重量集中在其中一側，對該側輪子施加過大的力量，使運輸機器人在移動上有困難，在測試過後除了改變履帶的位置，也增加了配重的結構設計，讓運輸機器人在整體重量上分配較平均，移動時也不會有問題產生

#### 程式設計

- A. 因為競賽地點 A 場與 B 場的路線與訂單順序配置不同，因此必須設計兩組程式使競賽時能順利因應實際場地
- B. 在速度控制上必須設計妥善，使運輸機器人在行經彎道時能夠穩定且不出界，在直線上則能加速使移動的時間減少
- C. 在兩個輪子的速度分配上，要使行經彎道時迴轉半徑足夠大，使運輸機器人能在不偏離軌道的情況下順利轉彎，而在直線上則不能太大，否則會碰撞到其他障礙物
- D. 期望在將置物盒順利放到訂單放置處之後，設計運輸機器人行走不同路線節省總共的移動時間
- E. 必須正確判定置物盒已被推到訂單放置處，運輸機器人才能離開
- F. 必須利用距離感測器搭配一指定值，判定夾物機器人已把置物盒放到履帶上，且預留充裕的時間讓夾物機器人離開，運輸機器人才開始進行任務
- G. 必須正確判斷目前為第幾個訂單，並偵測正確的訂單放置地點

首先我們已循跡的程式先在場地進行試跑，在場地上測試過之後，確認是可以完整的跑完，但是這是在後方的拖車尚未加裝上去的情況，程式我們使用PID控制，以這樣的方式做到可以較好的循跡。其中需要注意的是，需要在每次測試的時候先針對場地測光，因為環境光會造成顏色感測器所感測到的數值不相同。

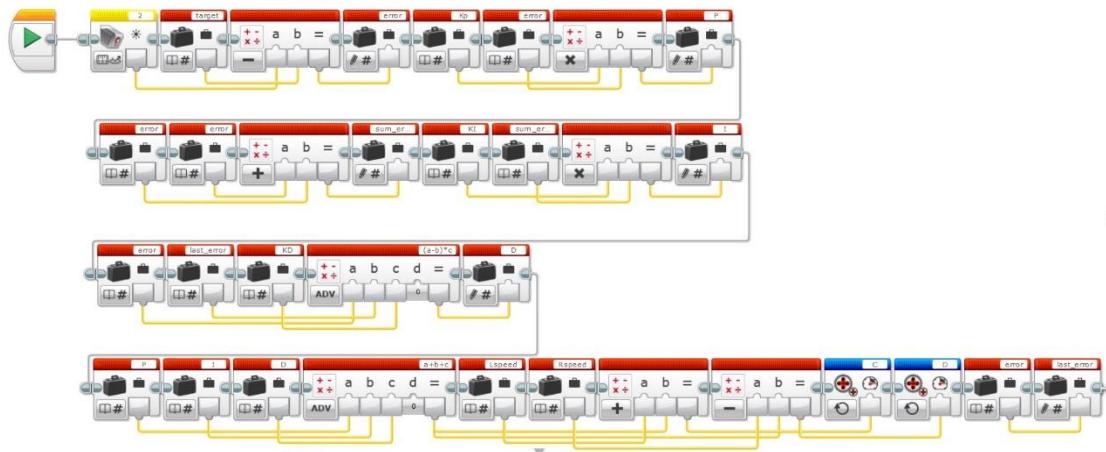


圖 9-5 EV3 循跡程式

## 第十章 實作成品

### 第一節 夾物機器人與運輸機器人成品

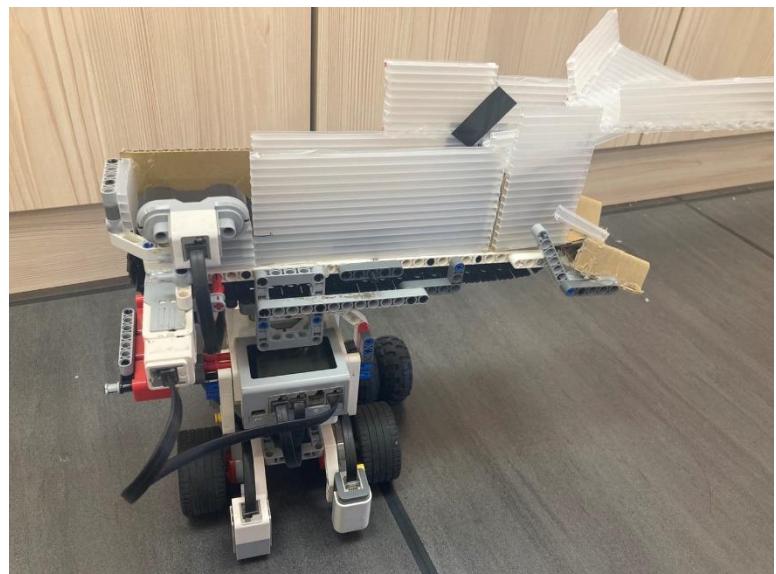
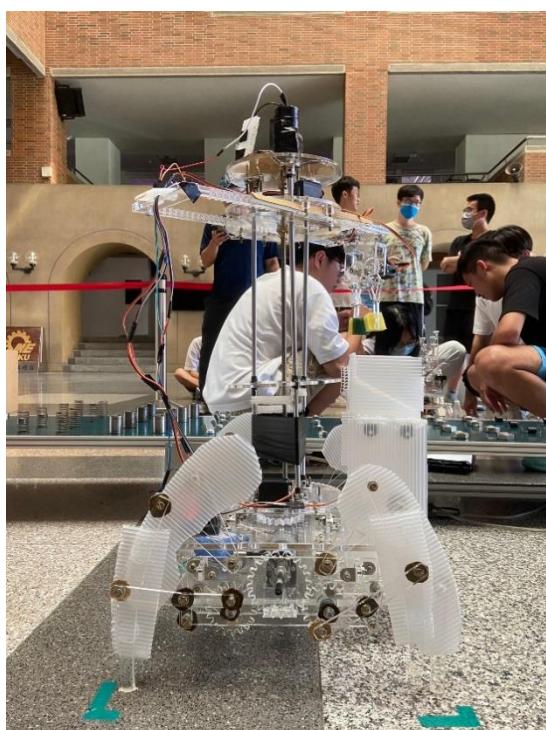


圖 10-1 夾物機器人與運輸機器人成品圖

實際上的成品圖與當初設計的仍然有些出入，像是當時足型機構利用 Solidwork 確認後是為無干涉，但實際組裝後可能因為加工上的誤差疊加，導致足型機構會與一開始想像的不一樣，後來緊急使用瓦楞板格擋才成功解決了此問題。另外升降平台的部分也與一開始所設計的長度不一致，但後來及時做更改後也順利解決。另外當時設計時因為沒有考慮到摩擦力的部分，導致因為測試場地摩擦力過小容易有打滑現象，後來在足型機構及夾爪部分增加止滑墊來增加摩擦力。

運輸機器人的部分，因為在測試時發現履帶的寬度可能會讓我們的零件從夾物機器人的暫存機構運送到運輸機器人時會有掉落的可能，因此在設計上我們多設計了一個擴口，讓零件從暫存機構到履帶上時可以更穩定，確保零件有順利掉落在履帶上。

## 第二節 比賽結果

比賽前幾天測試時，皆可順利運行，但是可能因為前幾天測試過多次，導致部份的組裝零件磨耗過多，在比賽當天測試時，足型機構其中一邊馬達的軸因磨損導致鬆脫無法行走，但機器人上半部仍可夾取零件，因此第一場時我們有成功夾取零件但因足型無法行走導致無法將零件運輸至運輸機器人。後來我們緊急修復，使用熱熔膠黏著，但是在後來發現此法不可行，因此比賽當天還是可以夾取但無法行走的狀態。

## 第四節 改善與優化

本次設計，穩們認為已經完整地發揮出了線性手臂的作用，因為，線性手臂在運動的過程中，馬達之間需要進行逆向運動學計算之後，才可以達到直觀的操作方法。若需要更加的改善，主要需要改善的有兩點：夾爪更改構型、手臂更換設計。

### 壹、 夾爪更改構型

在觀看其他組設計之後，發現我們這樣的設計會有問題。在面對不同大小的零件的時候，只能夠調整手臂以及底座來進行夾物，但如果在夾爪前端增加一個可以向上或向下偏擺的自由度，這樣會大大的改善夾物時所要對準的難易度。

### 貳、 手臂更換設計

若不考慮使用線性手臂，運用 SCARA 或是其他類型的手臂，會在操控時更加的直觀，並且，更加快速的夾物，不會受到上下置物盒的限制。

## 第五節 心得與討論

陳品均：

我覺得這學期的機械專題實作是大學課程中最有參與感的一堂課，因為不只是單純聽課和考試，而是實際從零打造一台看的到摸的到會動的機器，一開始分工的時候我選擇做取物機器人，後來發現這是一項大工程，著實花了不少時間，之前所學的 SOLIDWORK 技巧對我的工作有大大的加分，讓我在設計、審視、加工跟隊友討論的時候都很有幫助，然而一開始的思路不對，參考了教室前方的腳，還有材料全部選擇壓克力，導致我們的機器人負擔頗大，走起來搖搖晃晃，更是在正式比賽的時候因為齒輪的軸磨壞了而無法行走，不過還好最後在補考的時候過了，整個過程中，從初期的設計與討論，到中期的實作與測試，最後再到後期的比賽與優化，這些都不是一兩個人可以完成的大工程，但每個人都沒有怨言的工作著，縱使有龐大的課業壓力、做不完的心理壓力以及金錢使用上的限制，我們都還是負責任的做到完成感謝組員們的幫忙，才能在比賽之前把機器人做出來！。

劉樺：

這堂課給我的最大感想就是良好的時間規劃真的很重要，並且進入加工要越早越好，因為很多問題會在測試後才出現，從一開始的各個零件配合至整體運作是否能達到預期效果，每項都十分容易發生錯誤需要十件進行修正或者很不幸的需要重新設計，因此如果太晚發現這些問題，即使只是其中一小部分零件，也很有可能趕不上正式賽的，所以時程的規劃與進度的拿捏真的很關鍵。

另外雷射切割機的部分，有時功率會有異常，所以可以在廢料上試切後，調整適當的參數再切一次。若壓克力板的厚度是雷射切割機台操作手冊上沒有的尺寸，最好先詢問助教合適的參數後，再進行加工。雷射切割記得要在工程圖上做補償。

購買壓克力板時，不能買跟工程圖一樣尺寸的板材，要買略大的尺寸，以供雷射切割，最好各邊要預留 3mm 以上。設計時要考慮壓克力板的厚度是否能承受負重，剛性夠不夠，建議保守地挑選尺寸。盡可能在雷射切割機開放加工的第一周前就把壓克力板與圖檔畫好，以免週數越後面越多組別排隊是用，導致來不及切完耽誤到後面的加工進度。

詹逸濃：

這堂機械專題實作每組都要做一台夾物機器人跟運輸機器人，夾物機器人還要用足型，非常麻煩，而且補助還比去年少，應該每組都有超過，希望教授可以多要點補助。這堂課讓我學到了很多新東西，像是機構設計還有程式的寫法，雖然中途遇到了許多困難，但到了最後都解決了，補考也過了，真棒！

這是我們在機械系最後一門必修課，檢驗我們大學所學的成果，從機構上的設計、出圖加工、整體零件的配合到最後控制程式上的搭配，說來簡單，但是在過程中卻花了很多時間在改正、改進、外加學習很多課程沒教的事情，不過學校只是教會我們基本能力，在過程中還是需要我們自學、合作、不斷進步

的部分，更重要的事能夠充分發揮所學習到的知識才有可能做得出來。

簡唯倪：

這學期的機械專題實作課程讓我們實際應用到以前在課堂學到的技能，除了之前課程的複習，大一靜力學、大二材料力學幫助我們了解靜態結構分析，大一動力學，大二機動學幫助我們了解動態運動分析，大二工廠實習教我們加工，到大三的自控、機設等，將這些課程內容充分的應用出來，除此之外這堂課也帶給我很多新的收穫和體驗，都讓我受益良多。

在設計或在製作、加工自己組的作品時，可以看到大家截然不同的設計也是非常有趣，先不論有效率與否，我覺得我可以從大家的設計看出大家各自都有些巧思，我不禁讚嘆原來想要達到同一個目的可以有這麼多種方法被想出來。當然如果考慮到效率問題肯定有非常多設計是會被淘汰的，但是能夠知道大家的無限創意我覺得是非常難得的體驗。也很感謝所有的隊友盡力的付出，和助教每堂課都盡心盡力的幫助、輔導我們，讓我們可以完成這堂課程。

陸祥：

這學期的機械專題實作和以往的必修課很不同，我們需要透過小組合作做出一台足型機器人以及 EV3 的搬運機器人，而且和之前專題課不一樣的是以前可以用輪子，但今年需要作出足型的機器人，這讓我們在設計時機器人的負重考慮變得至關重要。這學期間其實遇到不少困難，有雷切切錯的，導致材料需要重買，還有因為時間比較緊迫導致沒辦法所有零件都上網買節省成本，這使我們的預算超過補助不少，而且經過每天在系館趕工到半夜，測時時也完全順利，沒想到比賽時卻因為足部的鐵桿磨損嚴重，使機器人只有一邊的腳能動，無法整體前進，只能夾取一個零件，這對我們的打擊蠻大的，還好最後補考在團隊合作下順利通過。不過這堂課其實也讓我學習到不少東西，身為總務的我學到了許多 excel 的編輯方法，還有在組裝機器人時的分工合作以及各種腦力激盪出的解決方法，整體而言，雖然這堂課真的很耗費時間、精力和金錢，不過能實際應用到之前機械系所學習的知識蠻有成就感的。

林子耘：

這次的機械專題實作讓我學到了許多，首先它讓我理解到團隊分工的重要性，分工應該要分的確確實實，這樣每個人都能有明確的目標去完成，每周才不會不知道要做甚麼，當遇到事情的時候，也能很快速地找到是誰負責的部分來做對症下藥，再來就是時程上的安排，計畫總是感不上變化，就算我們當初已經訂好哪個時間要做甚麼事，但往往事情總是有很多變化，使得進度一直往後推遲，最後就是理論要到實際運用能有很多的地方需要學習，在模型的設計圖、應力分析都是非常理想的狀態下，切割出來的壓克力板能有公差，並且因為整體重量太重，足部在行走時承受非常大的扭矩，也導致我們的機器人走起來搖搖晃晃，給我們添了很多的麻煩，簡而言之，專題實作雖然將所學應用到

實務上，講起來非常容易，但做起來才知道非常之困難

## 第十一章 加工零件簡圖與工序說明：

### 第一節 夾物機器人

#### (一)、夾爪

雷射切割:

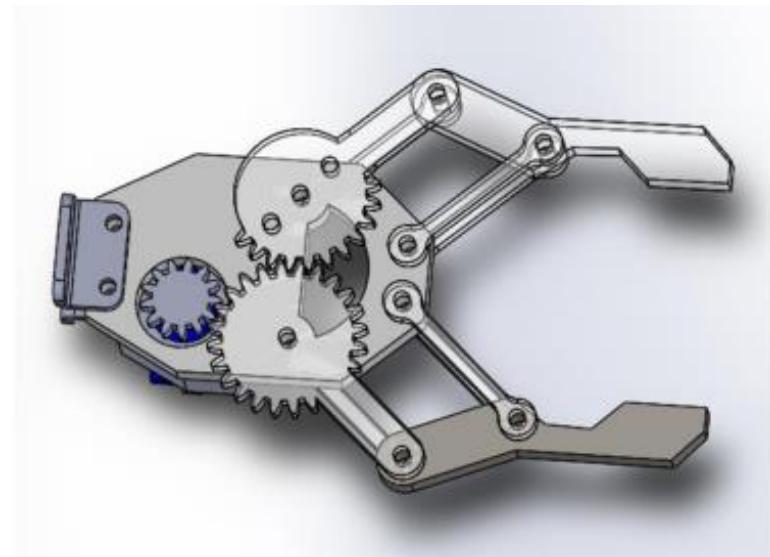


圖 11-1 夾爪機構示意圖

簡介：

夾爪驅動型式為伺服馬達帶動齒輪，優點是夾爪可較靈活活動，使用兩組平行四連桿機構確保夾爪上夾物的相對兩個面保持平行，不管夾爪的開度為多少都能保持夾取力。

名稱	數量	材質
桿件 1	2	壓克力
連桿	8	壓克力
齒輪 1	1	壓克力
齒輪 2	1	壓克力
小齒輪	1	壓克力
主片	1	壓克力

表 11-1 夾爪零件列表

項目	加工方式	零件示意圖	零件尺寸圖
桿件 1	雷射切割： 1. 檢查機器是否正常 2. 設定工作原點 3. 設定加工參數 4. 加工		
連桿	雷射切割： 1. 檢查機器是否正常 2. 設定工作原點 3. 設定加工參數 4. 加工		
齒輪 1	雷射切割： 1. 檢查機器是否正常 2. 設定工作原點 3. 設定加工參數 4. 加工		
齒輪 2	雷射切割： 1. 檢查機器是否正常 2. 設定工作原點 3. 設定加工參數 4. 加工		
小齒輪	雷射切割： 1. 檢查機器是否正常 2. 設定工作原點 3. 設定加工參數 4. 加工		

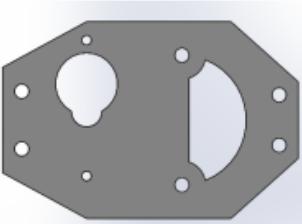
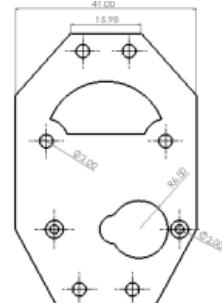
主片	<p>雷射切割：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 檢查機器是否正常</li> <li>2. 設定工作原點</li> <li>3. 設定加工參數</li> <li>4. 加工</li> </ol>			
----	---	---	---	---

表 11-2 夾爪零件加工表

### (一) 手臂底座

雷射切割：

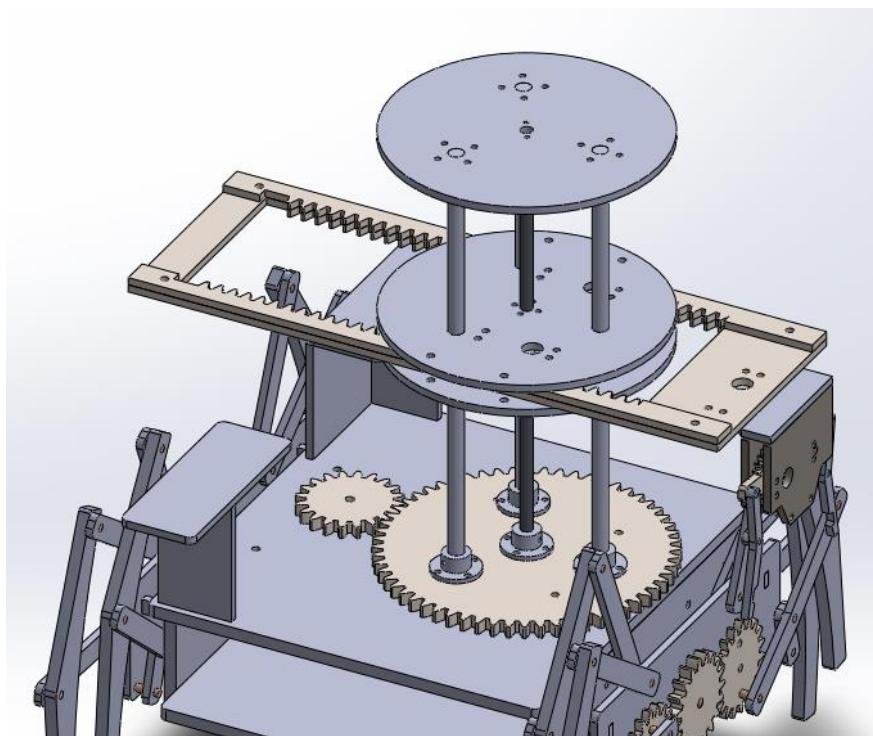


圖 11-2 手臂底座機構意示圖

#### 簡介：

手臂底座機構設計運用齒輪、雙邊尺條傳動來控制手臂的位移軌跡。

當齒輪主動時，可以將旋轉運動變成直線運動，而當齒條主動時，可以將直線運動變成旋轉運動，齒輪齒條傳動常應用在升降機、軌道系統。

名稱	數量	材質
升降盤	2	壓克力
底盤馬達齒輪	1	壓克力

底盤齒輪	1	壓克力
頂盤	1	壓克力
單邊齒條	2	壓克力
雙邊齒條	1	壓克力
上半底板	1	壓克力

表 11-3 手臂底座機構零件列表

項目	加工方式	零件示意圖	零件尺寸圖
升降盤	雷射切割： 1. 檢查機器是否正常 2. 設定工作原點 3. 設定加工參數 4. 加工		
底盤馬達齒輪	雷射切割： 1. 檢查機器是否正常 2. 設定工作原點 3. 設定加工參數 4. 加工		
底盤齒輪	雷射切割： 1. 檢查機器是否正常 2. 設定工作原點 3. 設定加工參數 4. 加工		
頂盤	雷射切割： 1. 檢查機器是否正常 2. 設定工作原點 3. 設定加工參數 4. 加工		

單邊齒條	<p>雷射切割：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 檢查機器是否正常</li> <li>2. 設定工作原點</li> <li>3. 設定加工參數</li> <li>4. 加工</li> </ol>		
雙邊齒條	<p>雷射切割：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 檢查機器是否正常</li> <li>2. 設定工作原點</li> <li>3. 設定加工參數</li> <li>4. 加工</li> </ol>		
上半底板	<p>雷射切割：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 檢查機器是否正常</li> <li>2. 設定工作原點</li> <li>3. 設定加工參數</li> <li>4. 加工</li> </ol>		

表 11-4 手臂底座機構零件加工表

### (三)足部及底板

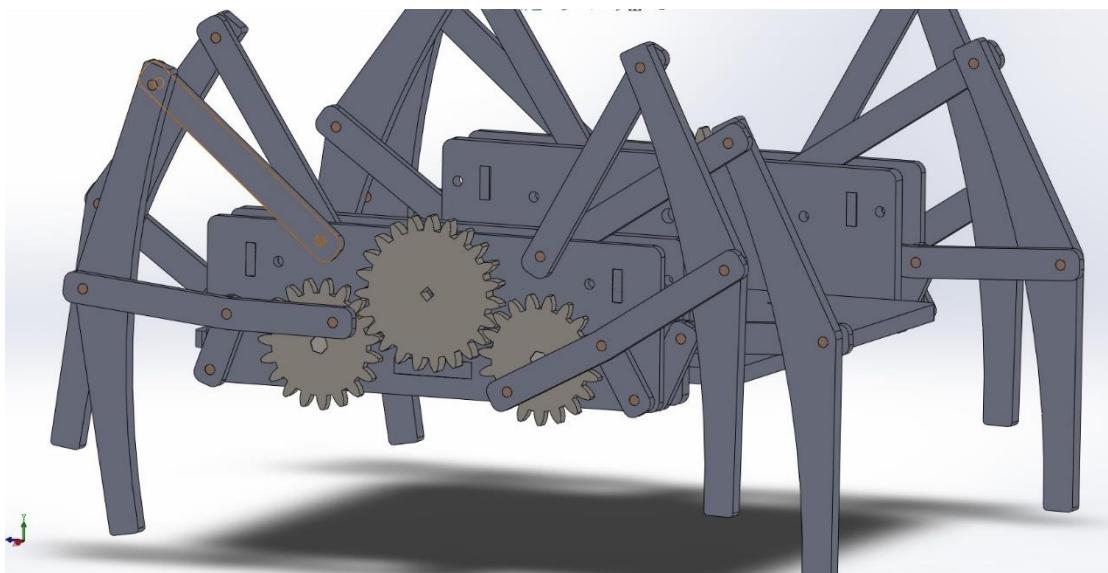


圖 11-3 部機構示意圖

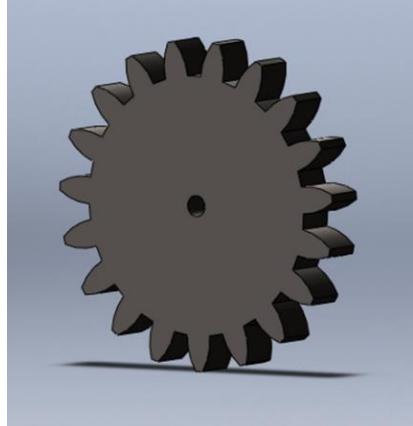
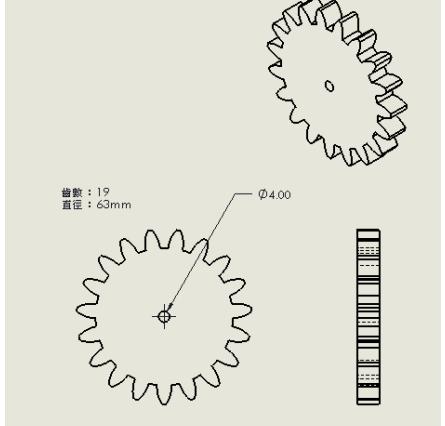
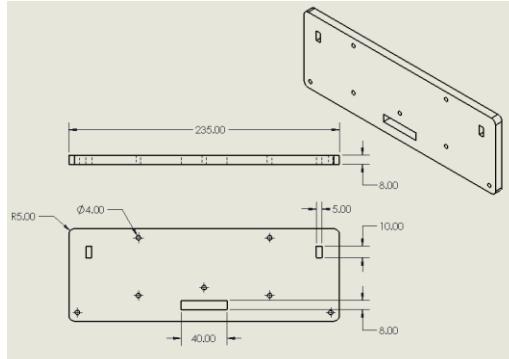
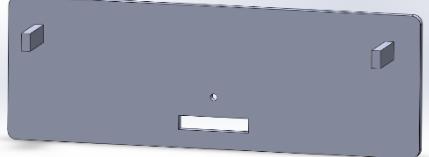
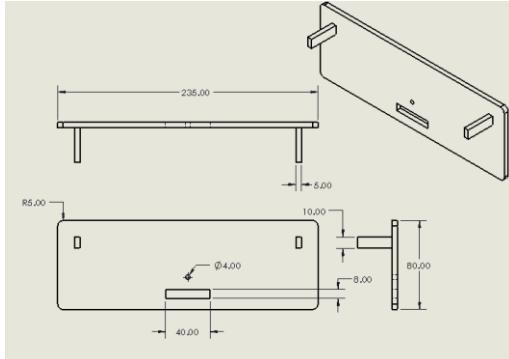
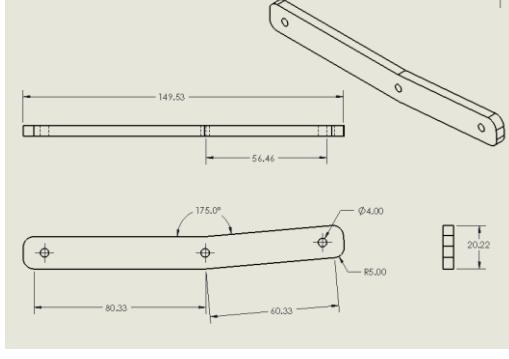
## 簡介:

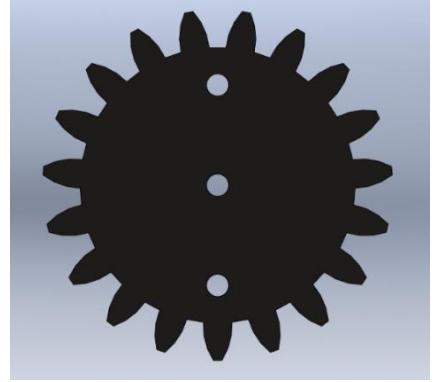
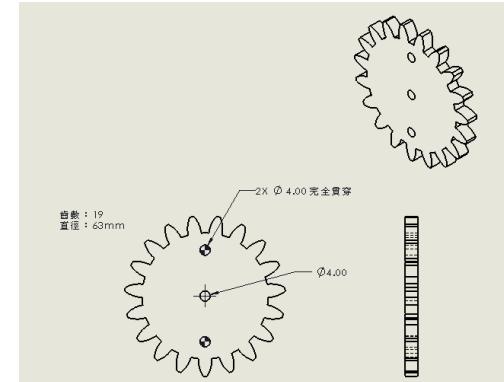
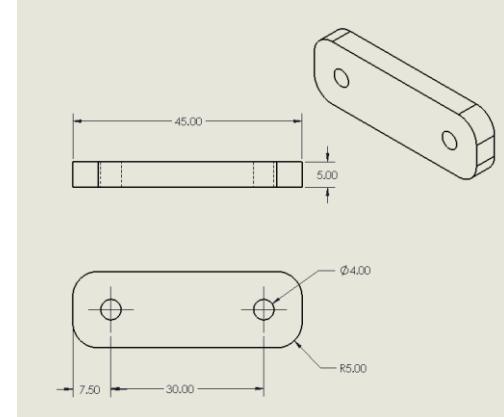
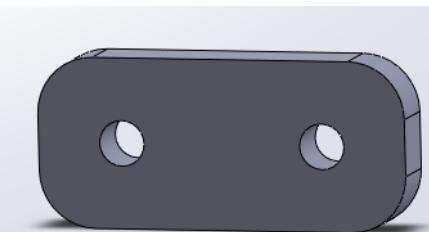
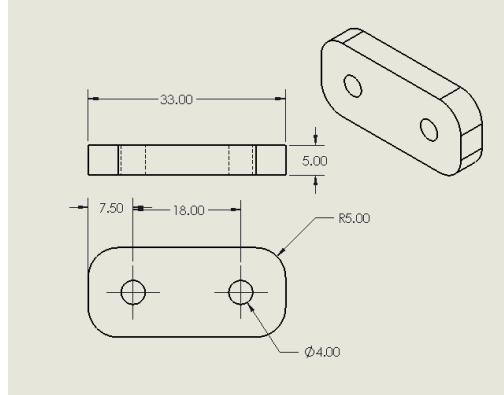
台車採用八個足部配兩組馬達作為移動方式，這樣的設計帶來的好處是程式設定完成後不管前進後退、平移或原地旋轉，這些個別動作都只要簡單的按鍵操作就能完成，可帶來非常直覺的操控。

名稱	數量	材質
上桿	8	壓克力
上底板	1	壓克力
主齒輪	2	壓克力
固定板 1	2	壓克力
固定板 2	2	壓克力
長桿	8	壓克力
副齒輪	4	壓克力
短桿 1	4	壓克力
短桿 2	8	壓克力
足	8	壓克力

表 11-5 部及底板零件列表

項目	加工方式	零件示意圖	零件尺寸圖
上桿	雷射切割: 1.檢查機器是否正常 2.設定工作原點 3.設定加工參數 4.加工		
上底板	雷射切割: 1.檢查機器是否正常 2.設定工作原點 3.設定加工參數 4.加工		

主齒輪	<p>雷射切割：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 檢查機器是否正常</li> <li>2. 設定工作原點</li> <li>3. 設定加工參數</li> <li>4. 加工</li> </ol>		 <p>齒數：19 直徑：63mm Ø4.00</p>
固定板 1	<p>雷射切割：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 檢查機器是否正常</li> <li>2. 設定工作原點</li> <li>3. 設定加工參數</li> <li>4. 加工</li> </ol>		 <p>235.00 R5.00 Ø4.00 10.00 5.00 40.00 8.00 8.00</p>
固定板 2	<p>雷射切割：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 檢查機器是否正常</li> <li>2. 設定工作原點</li> <li>3. 設定加工參數</li> <li>4. 加工</li> </ol>		 <p>235.00 R5.00 Ø4.00 10.00 5.00 40.00 8.00 8.00</p>
長桿	<p>雷射切割：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 檢查機器是否正常</li> <li>2. 設定工作原點</li> <li>3. 設定加工參數</li> <li>4. 加工</li> </ol>		 <p>149.53 56.46 175.0° Ø4.00 R5.00 80.33 60.33 20.22</p>

副齒輪	<p>雷射切割：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 檢查機器是否正常</li> <li>2. 設定工作原點</li> <li>3. 設定加工參數</li> <li>4. 加工</li> </ol>		
短桿 1	<p>雷射切割：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 檢查機器是否正常</li> <li>2. 設定工作原點</li> <li>3. 設定加工參數</li> <li>4. 加工</li> </ol>		
短桿 2	<p>雷射切割：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 檢查機器是否正常</li> <li>2. 設定工作原點</li> <li>3. 設定加工參數</li> <li>4. 加工</li> </ol>		

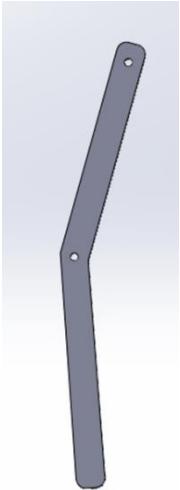
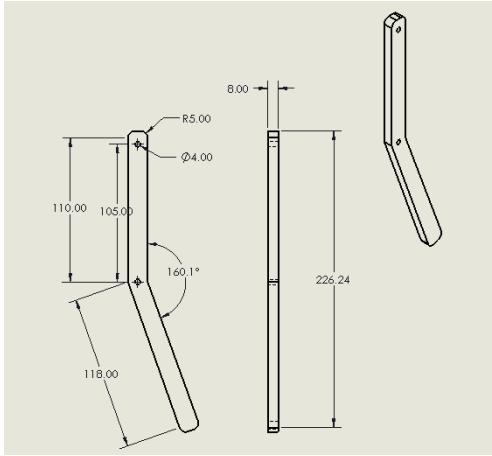
足	<p>雷射切割：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 檢查機器是否正常</li> <li>2. 設定工作原點</li> <li>3. 設定加工參數</li> <li>4. 加工</li> </ol>		
---	---	---	---

表 11-6 部及底板零件加工表

## 第二節 運輸機器人

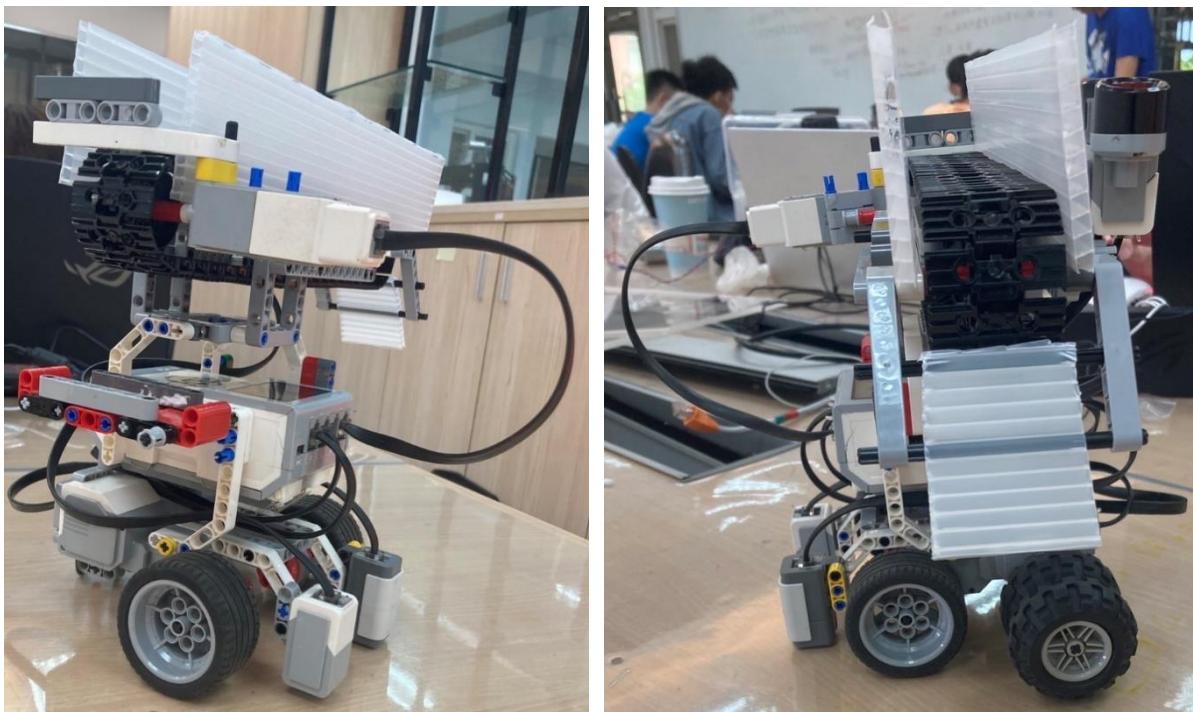


圖 11-4 輸機器人示意圖

### 簡介：

運輸車的動力來源為 EV-3 機器人，避障功能採用循跡，因循跡方式所走路程比碰撞偵測要走的路程短很多，因此我們認為循跡是最好的方式。載運訂單的履帶設計，兩旁加裝隔板防止承載的貨物掉落。

(1) 距離感測器

設定一個指定值，偵測置物盒是否已放置到運輸機器人上，若判斷為是，運輸機器人便會開始行動。

(2) 顏色感測器

用於循跡，使用顏色模式。

(3) 馬達與履帶

利用馬達轉動齒輪，進而帶動履帶轉動，以利將置物盒推上訂單放置區。

(4) 配重

因為擔心運輸機器人的重量會集中在履帶與的位置，因此我們在其反邊放上砝碼進行配重，防止運輸機器人的重心不穩在移動上造成困難。

## 附錄：

### 1. 線性機械手臂簡介

<https://www.igus.com.tw/info/drive-technology-drylin-gantries>

### 2. 謝政益 ,”強化學習應用於四足機器人動態平衡控制”，碩士論文，國立中興大學機械工程研究所, 2022

### 3. 劉致嘉 ,”仿生四足機器人於橫行移動之負載模擬與分析”，碩士論文，碩士倫文，國立雲林科技大學機械工程研究所, 2017

### 4. SG90 商品簡介

<https://www.playrobot.com/20kgf-cm/1149-sg90-9g-micro-servo.html>

### 5. MG996R 商品簡介

<https://www.playrobot.com/20kgf-cm/1150-standard-servo-mg996r.html>

### 6. Motor Shield PS2 商品簡介

<https://www.jmaker.com.tw/products/ps2motor>

### 7. 減速直流馬達 GB37-555 商品簡介

<https://world.taobao.com/item/520652796262.htm>