

# 2018 CadpA AG1 Project

2018 CadpA 第一組 電腦輔助設計實習分組專題期末報告

## 六軸機械手臂

小組成員：[40423217](#) (組長)

[40423214](#)

[40423252](#)

[40423126](#)

[小組網站連結](#)

# 目錄

|               |    |
|---------------|----|
| 前言            | 2  |
| 每週進度紀錄/組員分工內容 | 3  |
| 設計理念          | 5  |
| 設計圖稿          | 6  |
| 零件功用介紹        | 6  |
| 組裝部分介紹        | 9  |
| 整體做動SOP       | 11 |
| V-rep作動分析     | 12 |
| 模擬操作步驟        | 12 |
| 結論            | 14 |
| 參考文獻資料        | 15 |

# 前言

機械手臂(robotic arm)是具有模仿人類手臂功能並可完成各種作業的自動控制設備，這種機器人系統有多關節連結並節允許在平面或三度空間進行運動或使用線性位移移動。構造上由機械主體、控制器、伺服機構和感應器所組成，並由程式根據作業需求設定其一定的指定動作。

機器人的運作由電動機驅動移動一隻機械手臂，張開或關閉一個夾子的動作，並精確的回饋至可程式邏輯的控制器。這種自動裝置機械以完成「腕部以及手部」的動作為主要訴求，可以由熟練的操作者將作業順序輸入後，就能依樣照作並且反覆完成無數次的正確規律運作。

自從機器手臂技術開始發展，在1980年代機器手臂已成功的應用於汽車製造業等產業，在機械人技術領域是應用範圍最廣泛的自動化機械裝置，而許多工業危險之組裝、噴漆、焊接、高溫鑄鍛等繁重工作，皆能以機器手臂取代人工作業。目前機械手臂在機器人技術領域中得到最廣泛實際應用的自動化機械裝置，除了主要用於工業製造上，商業農業、醫療救援、娛樂服務、軍事保全甚至在太空探索等領域都可以發現其應用裝置。

## 每週進度紀錄/組員分工內容

- 第 1 1 周我們每個人回家構思想要做什麼東西當期末專題。另外每個人都練習了如何管理小組倉儲和其同步功能。
  - 40423217：創建及撰寫小組網誌、統整小組專題題目
  - 40423214：找尋小組專題題目
  - 40423252：繪製Onshape week6 Lesson plan、找尋小組專題題目
  - 40423126：繪製Onshape week6 homework、找尋小組專題題目
- 第 1 2 周確定由機械手臂來當我們期末的專題題目，並開始分配每個人的工作，以及同步上課內容及回家作業的部分。
  - 40423217：建立倉儲與heroku同步功能
  - 40423214：找尋小組專題題目
  - 40423252：繪製Onshape week7 homework
  - 40423126：繪製Onshape week7 Lesson plan
- 第 1 3 周由我們組員相繼畫出機械手臂中的各連桿以及其底座還有查詢機械手臂的做動原理還有機械手臂的規格，並將每周所遇到的問題統整於網誌上(包含課綱及作業)。
  - 40423217：編輯小組網誌Issue內容
  - 40423214：繪製Onshape week8 homework
  - 40423252：繪製Onshape week8 Lesson plan、找尋機械手臂相關要件
  - 40423126：新增小組網誌Onshape內容
- 第 1 4 周我們討論關於機械手臂前面的機構，是要推板、夾爪還是挖鏟零件，還有我們機械手臂是採圓柱座標型的方式來做動，且運動的方向為六軸。另外這周課綱為初步V-rep分析機械手臂並拍攝影片(小組及個人都有)。
  - 40423217：翻譯及統整V-rep重點
  - 40423214：小組V-rep模擬分析+影片
  - 40423252：繪製Onshape week9 homework、找尋機械手臂相關要件
  - 40423126：繪製Onshape week9 Lesson plan
- 第 1 5 周我們設計出機械手臂的初稿，在尚未加入任何連桿上的限制，先行模擬其運動的狀況，是有達到我們的理想運動狀況。並且擬定期末報告上的目錄配置。另外將Final Report給同步起來，開始架設標題及目錄。
  - 40423217：編輯小組網誌、翻譯及統整V-rep重點
  - 40423214：V-rep分析專題機構並做問題回報
  - 40423252：確認機械手臂做動及規格、繪製Onshape week10 Lesson plan
  - 40423126：繪製專題機構零件並組裝、繪製Onshape week10 Homework

- 第 1 6 周開始將機械手臂初稿所組裝好的機構代到V-rep進行分析，並回報第一手狀況。將分析的狀況統整完後，進行第二次機械手臂的圖稿繪製。將所有資訊以及問題放到雲端協同的期末報告裡。  
(在設計圖稿中的連結可查看關於每個版本的圖檔)
  - 40423217：編輯小組網誌內容
  - 40423214：V-rep分析專題機構並做問題回報(與繪製版本同步進行)
  - 40423252：繪製Onshape week12(半成品)
  - 40423126：修改專題機構零件並組裝、繪製Onshape week11
  
- 第 1 7 周在這一週裡我們不斷的改良圖稿，主要是為了分析能更順暢且設定數值較單一且好理解。所以在這周我們圖稿繪製以來到第四次模擬版本。目前由分析做最後確認。
  - 40423217：編輯Final Report、編輯小組網誌內容
  - 40423214：編輯Final Report、V-rep分析專題機構並做問題回報
  - 40423252：編輯Final Report、V-rep分析專題機構並做問題回報
  - 40423126：編輯Final Report、修改專題機構零件並組裝

# 設計理念

隨著科技和物聯網的發展現今機械手臂在工業工廠生產線已是不可或缺，而且也已經運用得相當廣泛，不僅減少人力成本，又可增加工作效率、減少失誤率，顯示出機械手臂的重要性。

市面上常見的機械手臂有線性手臂、SCARA手臂、關節多軸機械手臂等。從關節的構造上又可分為三軸(含)以下及四軸(含)以上(多軸)兩大類。雖說使用原理是類似的，但要進行分類的原因，是因為它們有各自的使用技術，也因應使用者需求的不同在功能區隔上就會非常明顯。

本設計目的是要更了解機械手臂，因此藉由設計六軸機械手臂，了解一支機械手臂在設計的過程所要注意的細節以及藉由設計的過程學習相關知識，並且發現問題，尋找問題，解決問題。而機械手臂的做動原理可分為直角坐標型、圓柱座標型、球座標型、關節型，而我們設計的機械手臂則是屬於圓柱座標型的，臂部可作升降、回轉和伸縮動作。

在設計的過程中，不僅只是設計一個六軸機械手臂，也結合了鏟土機的做動方式應用在我們所設計的六軸機械手臂，而本次的機械手臂是由很多關節連結並在平面或三度空間進行其運動或是線性的位移運動，因此我們在主軸的連桿上（也就是Onshape Part 的前、上支架）添加了很多孔位，使我們的產品能在有限的平台空間上，藉由連桿與轉軸的變化使我們的手臂伸長或是縮短範圍。

繪製完後將機械手臂零組件匯入v-rep進行動態模擬分析，而我們的做動方式如下：

- a. swing(主軸搖擺)  
Main Arm(主臂向前推)  
Actuator/Forearm(前臂升降)
- b. 軟體接收方式：  
實際上使用UART，由電腦發送資訊並且控制CPU來使我們機械手臂做動(因為這是實體的部分所以此部分不會出現在v-rep中)

## 設計圖稿

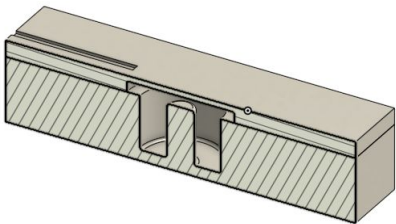
### 零件功用介紹

([圖檔連結](#))

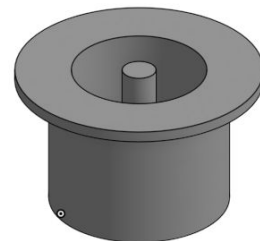
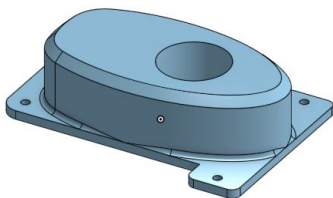
| 零件名稱         | 實體照片  | 零件名稱      | 實體照片  |
|--------------|---|-----------|---|
| 底座           |    | 旋轉槽       |    |
| 旋轉軸<br>(已固定) |   | 前支架<br>x2 |   |
| 下支架<br>x2    |  | 後支架       |  |
| 上支架          |  | 挖鏟        |  |

|         |   |         |   |
|---------|---|---------|---|
| 基底(上/下) |  | 基底旋轉軸   |  |
| 曲柄連桿組   |  | 曲柄連桿固定座 |  |

- 基底(上/下)：原為模擬外在因素，後因為加了固定座，故將整體機構旋轉中心移至基底裡面，並將基底分為上下兩個零件，較好組裝。



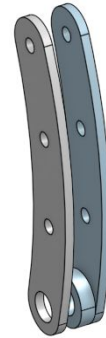
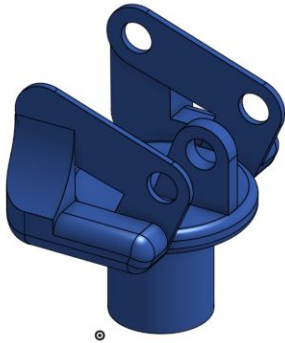
- 基底旋轉軸：為放置在基底中間的一個選轉盤可帶動基底(上)做旋轉。
- 底座：四個角落皆有沉頭螺絲孔位，可以依所需要的支撐力來決定要鎖幾個洞中間大圓為貫穿孔，用於配合旋轉槽。



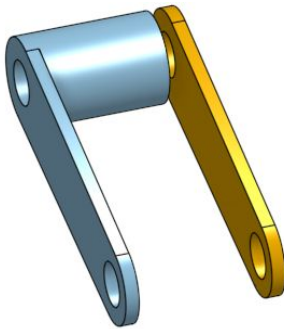
- 旋轉槽：放置在底座的大圓裡，上方的圓盤比底座大圓大，可支撐向下施力。如要拆除的話，從底座大圓下方向上施力即可拆除。



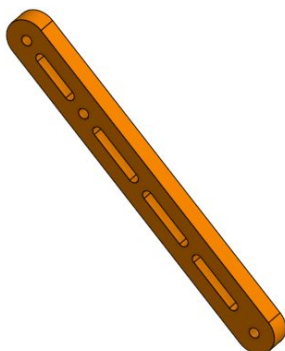
- 旋轉軸：下方的圓柱安裝在旋轉槽上，上方的圓盤上有主轉軸和左右兩旁的副軸。副軸主要是分散主軸的支撐壓力，並可增加其傳動的穩定度。



- 前支架1、2：下方的圓孔與旋轉軸上的主轉軸為同個轉軸傳動，則1與2安裝在主轉軸的左右兩邊。
- 下支架1、2：前面的兩個孔是安裝在旋轉軸上的左右兩邊副軸上，而後面的孔則安裝在後支架上，主要是用來輔助手臂向上拉的力量，可增加其穩定性。



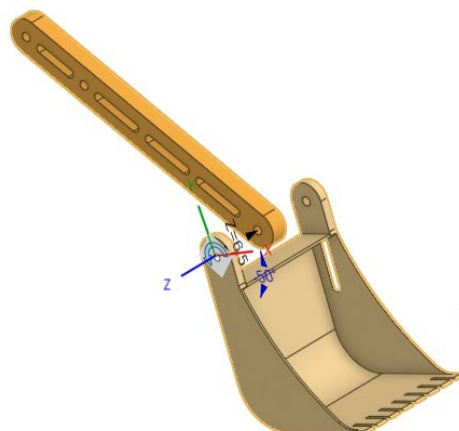
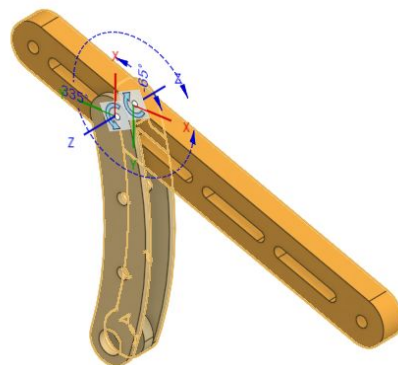
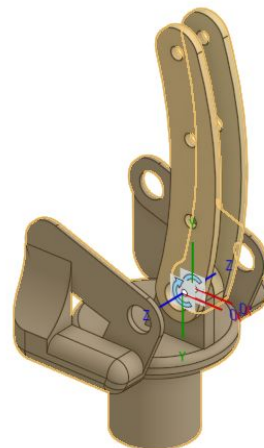
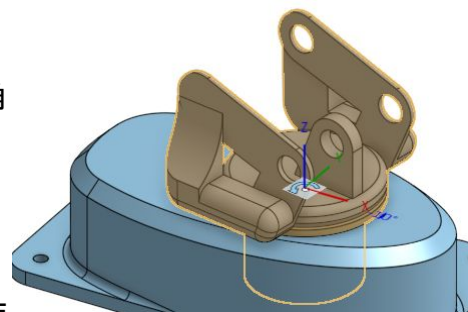
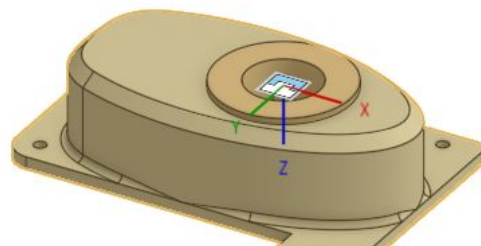
- 後支架：下方的孔安裝在下支架後面的孔，而上方的孔則連接到上支架傳動。
- 上支架：此支架上有三個孔，由上而下依序連接到後支架、前支架、挖鏟的孔洞，此零件為整體的主架構，所有傳動必須經過此連桿做傳動，也是零件裡面最長的。



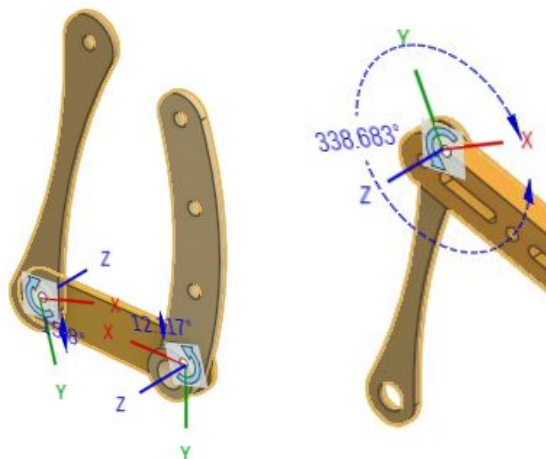
- 挖鏟：為傳動最終目的地，根據前面支架所產生的方向，而帶動挖鏟進行挖掘的動作。

## 組裝部分介紹

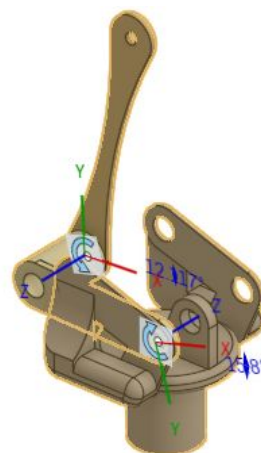
1. 固定底座最下方的面，並將底座的大圓與旋轉槽緊密結合。  
(因為在配置階段，故先將其以緊密做結合，等到所有安裝完後再將其改為滑動結合。)
2. 在旋轉軸、槽的接觸面加上轉動結合，並先給予限制角度，0度為X軸，故左右裕度為10度  
(先給予限制的好處，是可以防止後面零件在組合的衝突性。)
3. 將左右兩邊的前支架以旋轉結合安裝在旋轉軸的主軸兩邊，因為兩支前支架可視為一體，故其限制條件為一模一樣的。0度為X軸，最大裕度設為35度，則前支架即可做一個往前的動作。  
(限制角度先別給太大，等到安裝完所有零件後再來慢慢調整移動空間，可減少衝突性。)
4. 上支架中間的孔跟前支架上方的孔做旋轉結合，兩邊的限制條件一樣。這次0度在Y軸，將最小與最大角度設為-50度與-65度，因為上支架是一個接收傳動的零件，故其移動角度不能太大，不然後續的支架會很難給予限制條件。  
(雖說限制條件須設一樣，但這邊只設了一個，另一個完全沒有給限制，但運動方式仍然會依照有限制的走，所以很肯定移動方式只會呈現最小的。)
5. 將挖鏟與上支架前面的孔做旋轉結合，這次需再多給一個偏移的限制條件。給予最大角度-50度最小角度0度，則其運動方式會將所挖的東西全放在其鏟內，然後偏移6.5cm，這樣才能使挖鏟的正中心對準上支架。  
(因挖鏟左右兩孔皆是一體的，故只要限制一邊並偏移即可使挖鏟做動。)



6. 將右邊的下支架前孔以旋轉結合安裝在右前支架，並設下限制，給予最小角度0度和最大角度20度。然後下支架後孔也是以旋轉結合安裝在後支架下孔，但這裡不需要給予限制，後支架的上孔也是以旋轉結合安裝在上支架，也不用限制。  
(因為運動只會顯示限制最多的，故因上支架已經被限制了，所以這邊的兩個旋轉結合皆不需要，不然會影響到先前所用好的運動方式。)

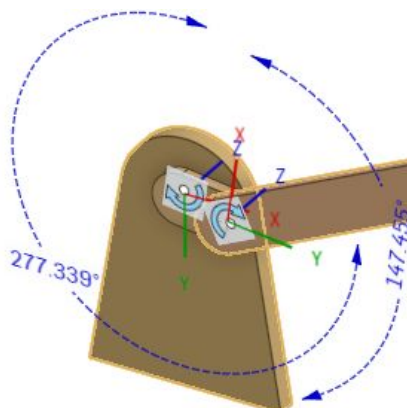
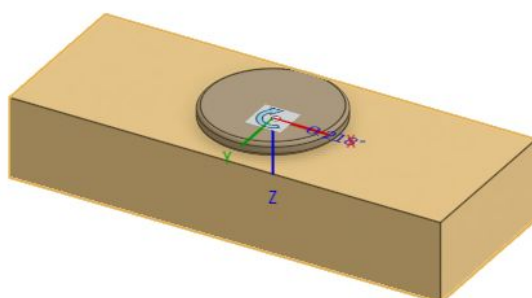
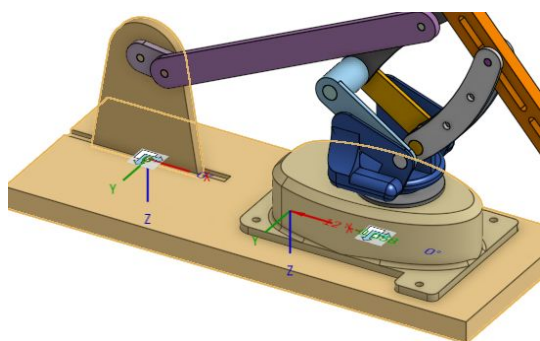


7. 左邊的下支架則以旋轉結合分別安裝在後支架以即選轉軸的側邊，一樣都不用給予角度，因為已經有最大限制了，這個支架的目的主要是要分擔選轉主軸上的壓力，所以將後支架部分壓力轉移到選轉軸的側邊。



8. 曲柄連桿和連接連桿皆以旋轉結合做傳動，曲柄連桿則以旋轉結合連接於固定座。兩個轉軸處皆不需要設定限制。而其固定座和底座皆以平面結合與基底做結合。  
(但因平面結合有三個座標方向，故須加以限制。其限制條件是將Y、Z軸的裕度設為0，只保留X軸做單軸向的滑動模式，此滑動模式只在需要調整機械手臂的位置時才需要開啟，不然平常在運動的時候裕度一樣設為0，這樣才不會影響到上面的運作。)

9. 最後將基底旋轉軸放置在基底的上下夾層中，其基底(下)中間有個旋轉軸可使基底(上)跟著旋轉軸做360度的旋轉。  
(在這邊更新！將組裝步驟 2 的旋轉軸改為固定，其旋轉軸改到這裡。)



## 整體做動SOP

### (紅色字體為判斷動作)

我們將機械手臂整體運作循環大致分為4個部分

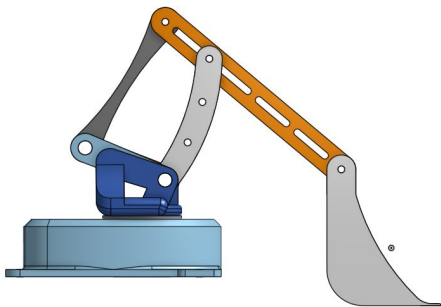
並且可以由紅色字體來簡單判斷機械手臂目前運行到哪部分

當4個部分都出現過後，代表已完成一個循環(也就是完成一次挖鏟的動作)

但這些都是我們所假想出來的過程，實際做動還是要以V-rep為主。

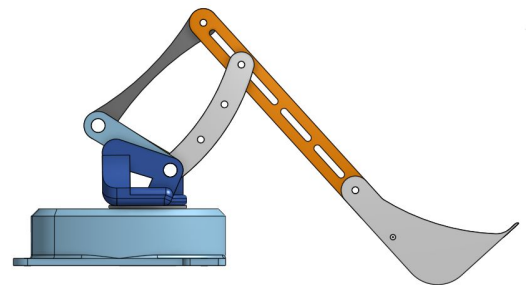
#### 1. 預備鏟的動作 作

(挖鏟底部與地板平行)  
線)



#### 2. 已鏟起的動

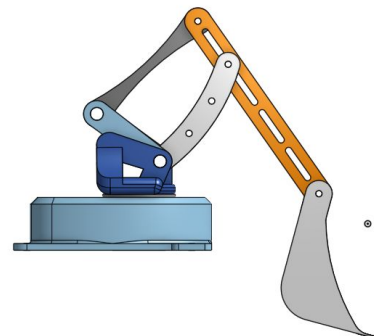
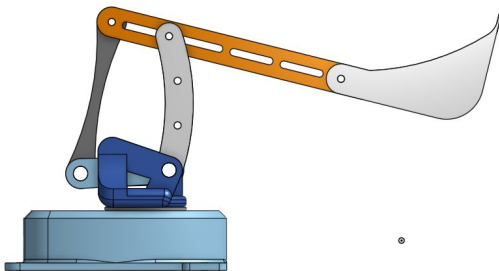
(挖鏟與前支架形成一條  
線)



#### → 3. 鏟後上升的動作 (淺藍色後支架與地板平行)



#### 4. 傾倒後的動作 (挖鏟底部開始傾斜後)

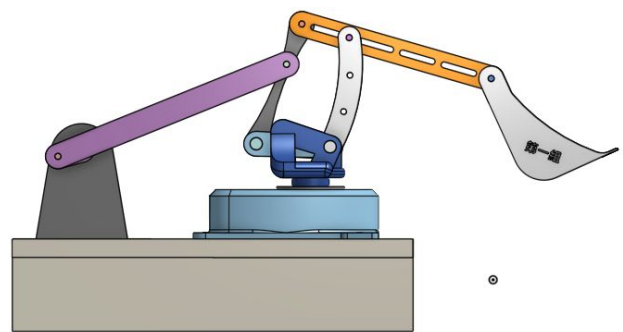
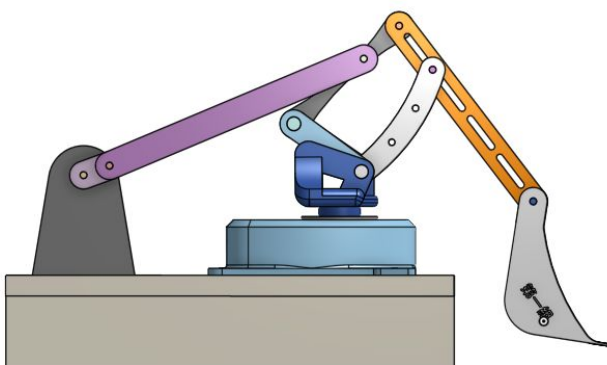


(改良版)

主要還是以上4個SOP流程




但考慮到分析步驟和設定，於是我們加上了由後面給予額外的力來推動手臂，  
並且是採用曲柄設計能無限輪迴，而不是像原始版本一樣給予限制角度。

(以下兩張圖分別為曲柄作用到最小角度0度、最大角度180度)



# V-rep作動分析

## 模擬操作步驟

1. 左上角[File > Import > mesh] 選取機械手臂零組件，點選確定之後，選擇所需之比例大小，按下ok。
2. 點選畫面中的機械手臂，點右鍵[Edit > Grouping/Merging > Divide selected shapes] 將一整組的組合鍵打散成各個零件，再由 [Menu bar > Edit > Bounding box alignment > Align selected shapes' coordinate frame with world] 將各零件轉成統一方向。
3. 再來可更改零件之顏色，方便之後在操作上區分各個零件，雙擊所要更改之零件，打開物件設定視窗，點選[Adjust color]
4. 將顏色都設定完成後，便可以為每個旋轉點加上旋轉軸，右鍵 [Add > Joint > Revolute]，Ctrl選取剛剛所新增的旋轉軸及旋轉點，點  旋轉軸便會移動到你所需要的位置，如果旋轉軸之軸心與你零件旋轉軸之軸心不是平行的，可以點選  來更正軸向的角度。總共有6個旋轉軸，以此類推，重複6次上述步驟。
5. 前面為了方便操作將所以零組件打散，這步驟則是要把一些能視為同一物件的零組件組合在一起，例如圖中的基座及底座，右鍵[Edit > Grouping/Merging > Group selected shapes]，便能使其組合在一起。
6. 選取全部之旋轉軸，點選 ，開啟物件設定視窗，將mode更改成"inverse kinematics"



7. 現在各零件以及選轉軸都只是在各自位置上，他們之間是沒有任何關係的，所以此步驟必須將他們"連接"起來。以零件 > 旋轉軸 > 零件 > 旋轉軸....的順序將各零組件進行排序。(一個零件可以接很多旋轉軸，但是一個旋轉軸只能接一個零件)
8. 排序完成後就代表已經完成80%啦，再來要給主動軸一個轉速，將主動旋轉軸 mode改成"Tonque/force mode"，並點選底下按鈕"Show dynamic properties dialog"將"motor enable"打勾，並給上其轉速：1。
9. 設定完轉速後會發現手臂還是沒辦法照預期的方式作動，左鍵點兩下主動軸帶動的主動鍵，點擊最底下按鈕"Show dynamic properties dialog"，打勾"body is dynamic"即可使手部成功作動。

## 結論

從生出題目到進度規劃，然後再到組員的分工合作，雖然這個機構沒有到那麼的複雜及專業，但從原理到圖稿再到分析都是我們一步一腳印探索研究出來的。每個步驟都看得到我們討論的元素以及每個人頭腦裡不同的創意思想。無非是獨一無二的專題產品。

對於模擬出來的分析以及圖稿的設計在上面我們皆有提出問題點，可以再進階的做改良，但其所擁有的功能都可以達到我們當初所構想的，能前後做動、能運送東西、能抵達六軸座標的方向。

## 參考文獻資料

1.機械手臂：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/機械手臂>

2.機械手臂之介紹：

<https://www.stockfeel.com.tw/%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E6%A9%9F%E5%99%A8%E6%89%8B%E8%87%82%E6%99%82%E4%BB%A3%E7%9A%84%E5%88%B0%E4%BE%86/>

<https://www.youtube.com/watch?v=DoiiDLpwBcQ&t=694s> (預留)