

連桿式板材自動翻轉機開發專案
設計說明書

第 7 組

林耕宇

葉佳翰

張珈齊

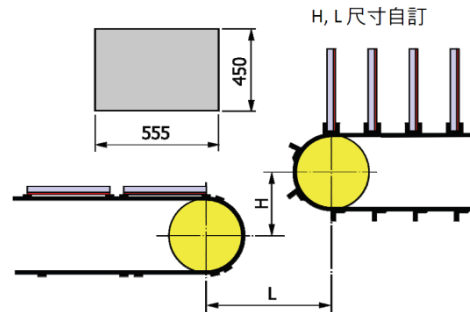
紀國翔

楊宗霓

2013 年 6 月 20 日

1. 設計範圍

此一專案設計為連桿式板材自動翻轉機之傳動機構部分，用於將板材從水平輸送帶位置搬運到垂直位置，翻轉機連桿之夾具只需將連桿機構末端與板材相貼即可。設計示意圖如右：



設計內容為以下各基本規格尺寸：

- 電動機

使用齒輪馬達作為第一段減速，決定最大扭力與功率、選擇極數6、額定轉速約為1200rpm之電動機型號

-皮帶傳動機構

機構中之第二段減速，同時作為安全裝置，選定使用的皮帶規格與尺寸、皮帶輪之大小、中心距估算與計算，並設計固定皮帶輪之組裝連接件

-齒輪傳動機構配置

機構中之第三段減速傳動與功率分流處，根據總減速比決定各段齒輪對之參數設計、齒輪強度與總中心距計算

-連桿機構

確認機構型式後縮放成實際應用尺寸，考慮與凸輪機構之配合，並計算曲柄輸入所需之最大力矩值

-凸輪機構

決定運動時程規劃、運動曲線與總配置、從子輸出之帶動連桿機構、從子昇程與基圓大小等尺寸、凸輪輪廓

-機架結構

對於上述所設計出的機構設計，對應個部分所需求的尺寸與位置關係，選擇框架材料並組出整體框架的結構

2. 設計規格(最終規格表)

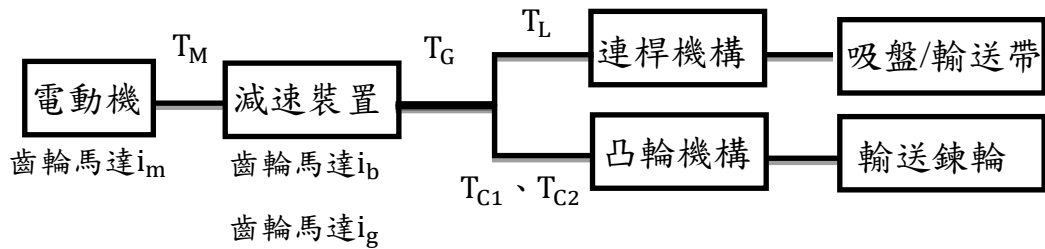
No.	項目	規格	附註
設計基本要求 (客戶要求項目)			
1	板材最大荷重	300 kg	
2	翻轉角度	90°	
3	電動機基本轉速	1200 rpm	
4	翻轉工作頻率	1 次/min	
5	軸承壽命	10x10 ⁶ rev	最大負載狀況
6	軸疲勞強度	$S.F=4$	最小安全係數
7	齒輪強度	$S_H > 1.2$ $S_F > 1.6$	使用螺旋齒輪
電動機			
8	電動機型號	S77DT90S6	
9	基本額定轉速	1100 rpm	
10	輸出功率	0.75 kW	
11	最大輸出扭矩	390 Nm	
12	電壓規格	230/400 V	
12	電流規格	4.05/2.35 A	
13	頻率	60 Hz	
14	總減速比	71.33	
15	輸出轉速	15 rpm	
16	輸出軸尺寸	45x90 mm	
皮帶傳動機構			
17	減速比	1	
18	額定功率	0.5 kW	
19	操作係數	1.4	
20	規格型號	SPB-narrow V-Belt-DIN7753/ ISO4184-(CONTI-V)	
21	皮帶數量	2	
22	皮帶輪節徑	250 mm	
23	皮帶輪中心距	594.678 mm	
24	皮帶長度	2000 mm	
25	最大傳動力矩	267.4 Nm	
26	惰輪節徑	100 mm	
齒輪傳動機構			
27	總減速比	15	
28	總中心距	358.91 mm	
29	最大輸出扭矩	2864.789 Nm	
30	齒輪最小齒跟強度 S_H	2.85	
31	齒輪最小齒面強度 S_F	1.61	

No.	項目	規格	附註
連桿機構規格			
32	最終工作行程	H=1005 mm L=630 mm	
33	輸入轉速	1 rpm	
34	板材最高速度	0.072 m/s	
35	板材最高加速度	0.031 m/s ²	
36	最大輸入扭矩	1971.5 Nm	
37	最大輸入功率	206.5 W	
凸輪機構(進料)			
38	最大衝程	100 mm	
39	最大加速度	0.002 m/s	
40	最大壓力角	28.28°	
41	最小壓力角	-28.28°	
42	最大從動輪力	50 N	
43	最大扭矩	23.82 Nm	
44	基圓直徑	250 mm	
45	從子直徑	35 mm	
凸輪機構(出料)			
46	最大衝程	100 mm	
47	最大加速度	0.003 m/s	
48	最大壓力角	10.17°	
49	最小壓力角	-28.28°	
50	最大從動輪力	5 N	
51	最大扭矩	4.118 Nm	
52	基圓直徑	250 mm	
53	從子直徑	50 mm	

3. 設計特點

本次開發的翻板機構中使用的是工型鑄造連桿，在相同重量大小中耐重量能力為最高，尤其是承受彎曲力矩的負載，配合可變式的鑄造模具達到客製化的需求，加上使用的是鋁擠型作為機架，可以配合不同廠房的空間需求快速組裝微調。動力傳輸的部分則有安裝惰輪在電動機連接到齒輪箱之間方便安裝皮帶，齒輪箱採用上下箱體式的設計方便維護保養，且在空間配置上都把動力傳輸部分放置於機台的右方與連桿分離，目的是組裝上可以同時進行，在維修時也不需要把整個機台拆除，可以個別拆除需要維修的元件或次組立介面即可。

4. 電動機



電動機所需動力可由凸輪機構所需扭矩($23.82 + 4.118(Nm)$)、連桿機構所需扭矩($1971.5(Nm)$)、減速裝置減速比計算得出，若假設力矩傳動至連桿與凸輪機構過程中毫無其他損耗，則

$$T_G = T_L + T_{C1} + T_{C2}, T_G = 1971.5 + 23.82 + 4.118 \approx 2000(Nm)$$

$$T_M = T_G / i_b * i_g, T_M = 2000 / 1 * 15 \approx 133.33(Nm)$$

由於利用Kisssoft計算皮帶輪之結果扭矩值為 $267.4(Nm)$ ，因此選擇之電動機輸出扭矩大於 $267.4(Nm)$ 。利用SEW-Eurodrive網站提供之電動機型錄表做計算，輸入之相關參數如下：

Designation	P [kW]	na [1/min] ▲	Ma [Nm]	i	fB	nMot [1/min]	Cyclic duration factor
S77DT90S6	0.75	13	395	85.22	3.1	1100	S1-100%
S67DT90S6	0.75	13	370	85.83	1.45	1100	S1-100%
S67DT90S6	0.75	14	340	78	1.65	1100	S1-100%
S77DT90S6	0.75	15	390	71.33	2.9	1100	S1-100%
S57DT90S6	0.75	15	300	71.75	0.95	1100	S1-100%

選取的主要標準為其輸出轉速($15rpm$)，因而選用符合之電動機，詳細型錄表內容於附錄中。

5. 皮帶傳動機構

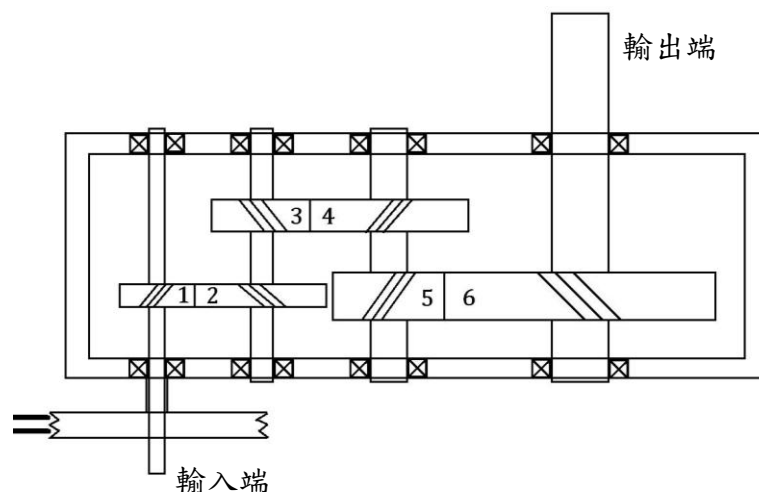
使用 KissSoft 計算皮帶與皮帶輪之參數如下表，在不使用鍵槽設計下，皮帶輪使用縮配錐形軸套固定，因此兩皮帶輪只需要配合軸徑尺寸，選用適合的縮配套筒，並要求軸孔的表面粗糙度，以固定皮帶輪於軸上。

設計範圍	
輸入轉速	15 <i>rpm</i> (kissSoft 計算輸入為 50rpm)
功率	0.5 <i>kW</i> (由齒輪傳動輸入功率為 0.3 <i>kW</i> 反推之估計值， kissSoft 計算輸入為 1 <i>kW</i>)
轉速比	1
操作係數	1.4 (正常啟動力矩範圍，運轉狀況大於 16 <i>hr/day</i> ，負載狀況為強負荷)
皮帶輪徑	250 <i>mm</i>
估計中心距	600 <i>mm</i>
惰輪位置	外側上方惰輪，水平位約於兩皮帶輪中心距的一半
惰輪直徑	100 <i>mm</i>

由於計算軟體依據皮帶規格提供之輸入轉速計算最低極限值為 50 *rpm*，因此以搭配功率 1 *kW* 所計算出所需之力矩值(267.4 *Nm*)回推 15 *rpm* 時的功率，則 $267.4 * 15 * \frac{2\pi}{60} = 0.42(kW)$ ，最後而估計皮帶輪在轉速 15 *rpm* 時提供的功率為 0.5 *kW*。

6. 齒輪傳動機構

由於此設計使用 3 段減速，減速比為 15，雖然有 4 根不同的傳動軸，加上考量到大齒輪的成本較高，因此不使用尺寸太大、厚又重的齒輪，上下箱體也是以焊接式的方法組成，整體齒輪箱的重量大約在 120 公斤左右。



齒輪對	模數 (mm)	齒面寬 (mm)	齒數	移位係數	中心距 (mm)	直徑(mm)
1/2	3	65	17/41	0/1.7974	96.56	59.26/144.85
3/4	3.5	75	20/49	0/1	131.7495	80.984/195.998
5/6	4.5	100	17/43	0.1/0.36	161.8557	101.257/242.257

6.1 軸：使用材料、安全係數

	使用材料	安全係數
軸 1(輸入軸)	30 CrNiMo 8	4.73
軸 2(中間軸 1)	30 CrNiMo 8	4.77
軸 3(中間軸 2)	30 CrNiMo 8	4.33
軸 4(輸出軸)	30 CrNiMo 8	4.71

6.2 齒輪：使用材料、安全係數

	使用材料	Flank safety	Root safety
第一段減速小齒輪	18CrNiMo7-6	1.6214	3.7198
第一段減速大齒輪	18CrNiMo7-6	1.7547	5.1723
第二段減速小齒輪	18CrNiMo7-6	1.6912	3.2113
第二段減速大齒輪	18CrNiMo7-6	1.8316	3.6569
第三段減速小齒輪	18CrNiMo7-6	1.6118	3.1317
第三段減速大齒輪	18CrNiMo7-6	1.7499	3.6912

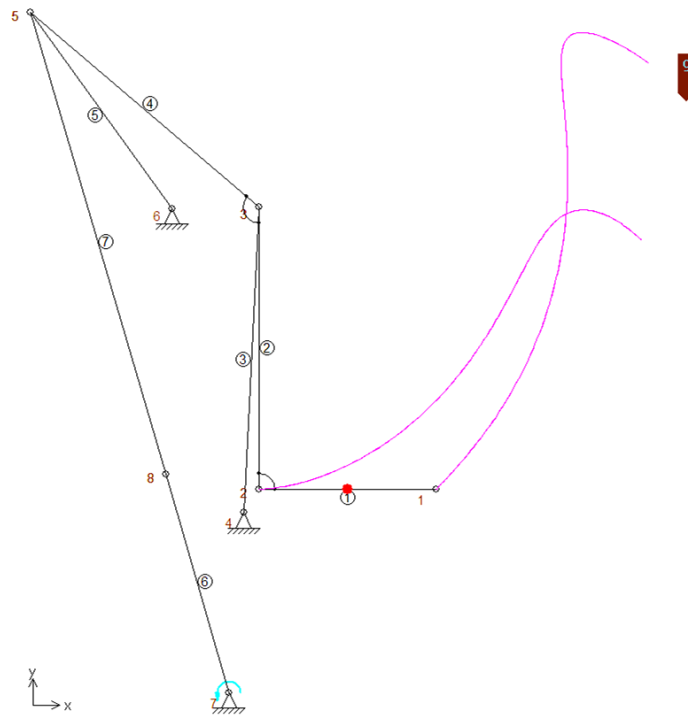
6.3 軸承：規格、壽命

	規格	壽命
第一根軸左	SKF NU 1007 ECP	962043.04 hr
第一根軸右	SKF 3207 A	868276.36 hr
第二根軸左	SKF NU 1009 ECP	996591.21 hr
第二根軸右	SKF 3209 A	221133.08 hr
第三根軸左	SKF NU 1015 ML	290464.30 hr
第三根軸右	SKF 3215 A	900493.30 hr
第四根軸左	SKF 3217 A	15056059.01 hr
第四根軸右	SKF NU 1017 ML	27979430.35 hr

7. 連桿機構

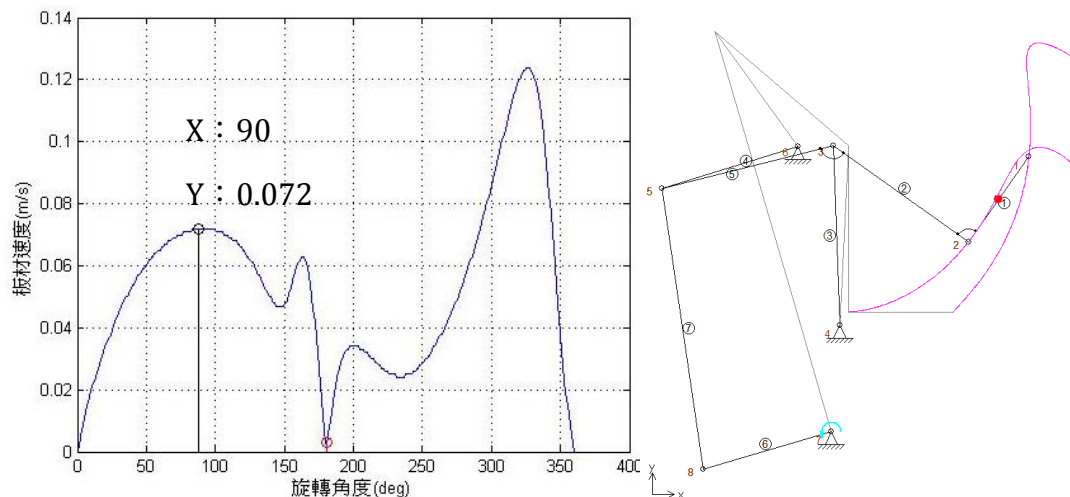
7.1 機構型式與設計特點

具有一可 360° 連續旋轉輸入端之 6 連桿設計，其特點是可以讓整體需求扭力下降，因為連桿是採取槓桿原理下去設計的，施力臂大於受力臂，所以可以達到省力，又加上到最高點時，支點連桿會慢慢抬高並往前移動，使得整個機構不會去跟輸送帶相干設。

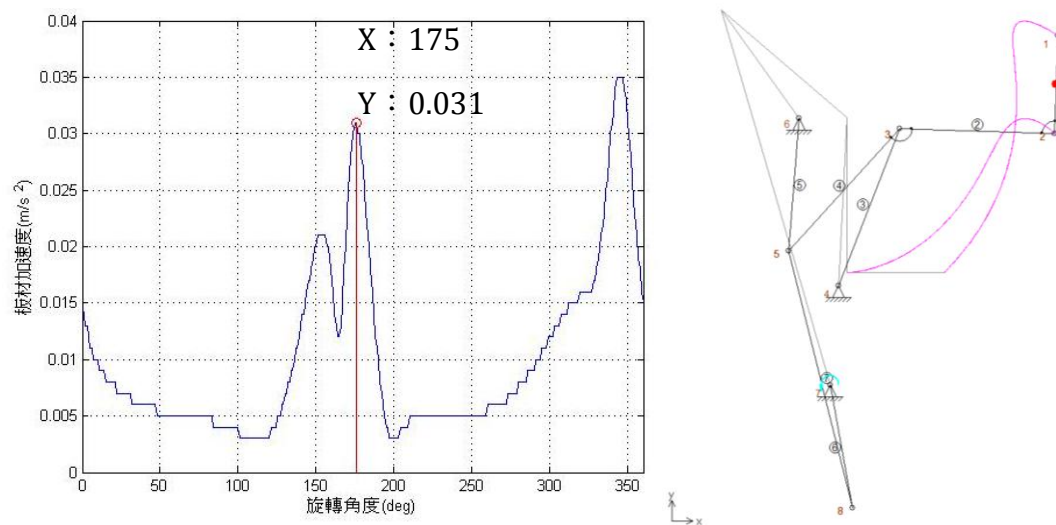


7.2 速度、加速度曲線

輸入傳動角度 vs. 輸出速度關係圖：速度極值為 0.072m/s



輸入傳動角度vs.輸出加速度關係圖：加速度極值為 $0.031m/s^2$



8. 凸輪機構

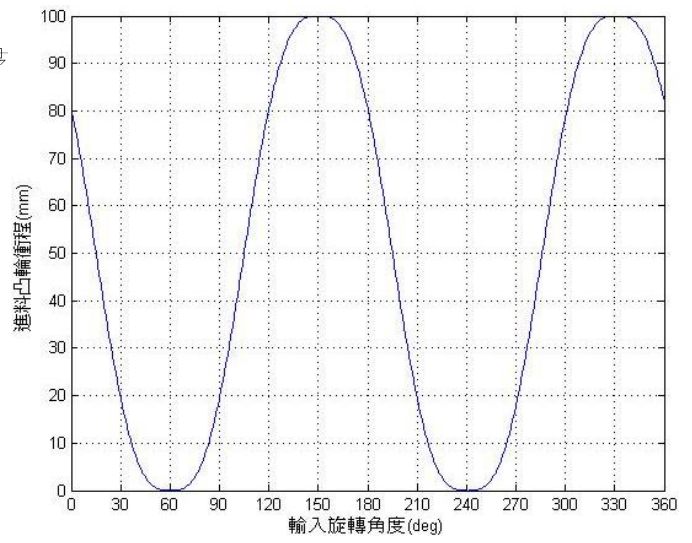
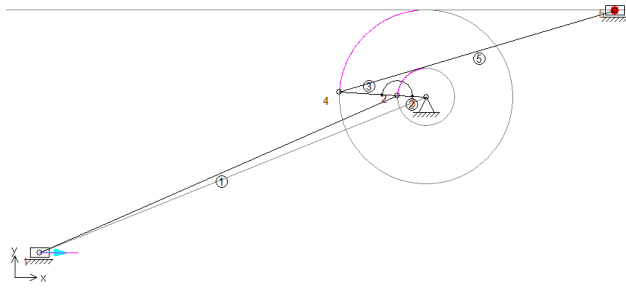
8.1 機構設計特點

進料與出料凸輪及鍊輪均在同一根軸上，方便我們安裝以及定位，同時在設計也會較為容易，與其他作動機構產生干涉的機會也會較為小。此外，時序的設定我們也能較精準的達到要求，使得板材翻轉機出錯的機會縮到最小，但這樣的設計有一個最大的隱憂，由於進料與出料同軸輸入，因此會有一根桿件較為長，可能會產生挫曲，但在如此小的加速度下，產生挫曲的機會並不大，只須定期觀察，一旦桿件產生彎曲便立即更換。

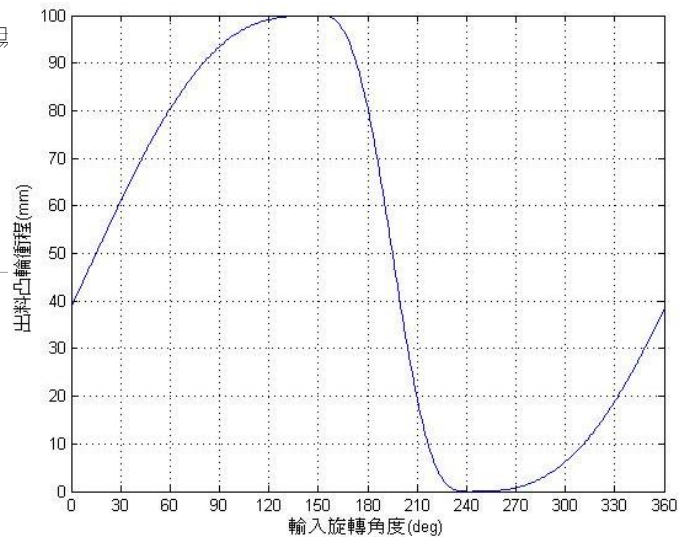
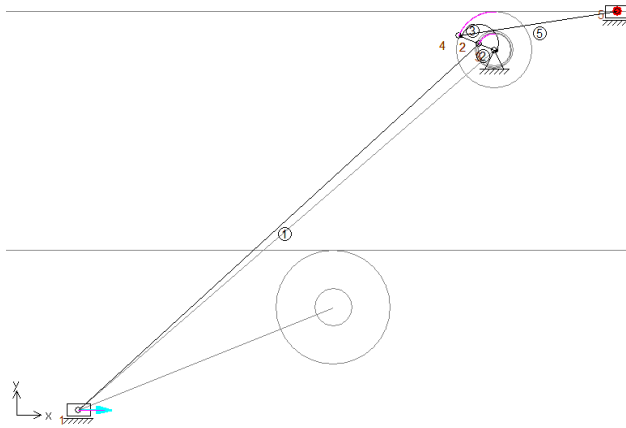
8.2 運動曲線

夾取板料時，輸入旋轉角度 -30° (即 330°) $\sim 60^\circ$ ，進料凸輪之從子往回拉動棘輪，使進料輸送帶靜止，為時序圖上標示之區間①，在夾取後有兩次衝程推動棘輪並帶動輸送鍊條旋轉；同理，放置板料時，介於輸入旋轉角度 $150^\circ\sim 240^\circ$ ，出料凸輪之從子往回拉動棘輪，使出料輸送帶靜止，為時序圖上標示之區間②，在夾具放置板料後才有衝程運動，推動棘輪並帶動輸送鍊條旋轉。

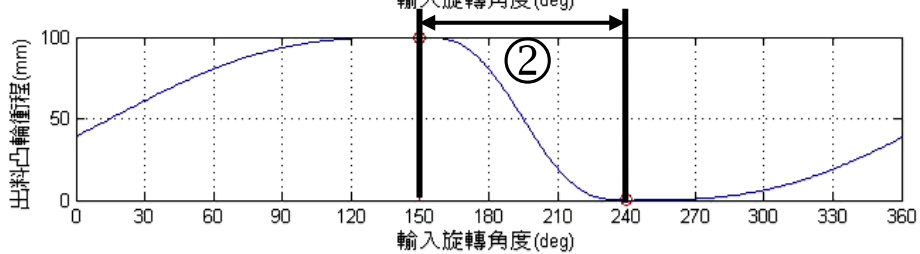
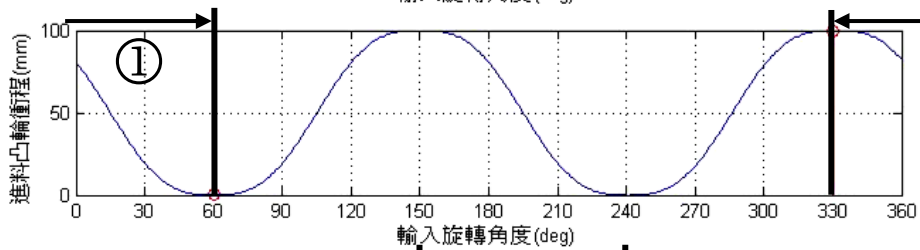
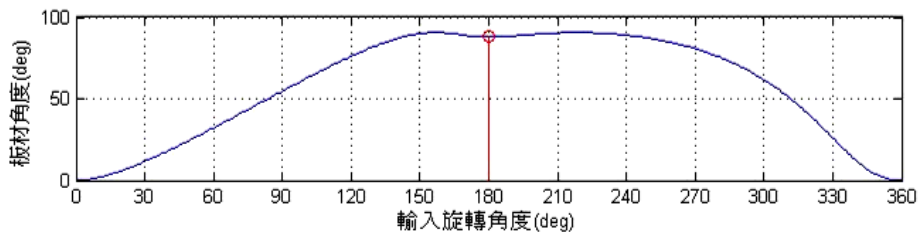
進料凸輪運動曲線(調和曲線)



出料凸輪運動曲線(調和曲線)



凸輪時序圖



9. 加工與組裝注意事項

齒輪箱採焊接加工後組裝，上下箱分別焊接完後加工定位銷孔，再利用定位孔固定上下箱之位置後，同時加工油封蓋之孔位置與螺絲固定孔，安裝時先把下箱安置好，依照順序放入軸、軸承、齒輪，放入上箱，然後用定位銷定位，確保安裝順利。

凸輪定位是以鍵槽為基準，因此鍵槽位置將左右機構是否能依照設計理想之時序運行，安裝時須注意兩凸輪之輪穀皆朝向軸中心，凸輪機構為同軸輸出，安裝時由內而外依序為鏈輪、兩側凸輪、兩側軸承座。

整體組裝順序由機架先完成，再將連桿機構一一固定於機架上，必要時使用吊車輔助安裝，同時可以進行齒輪箱與凸輪機構的組裝，合併連桿機構與凸輪機構實需要注意時序定位的關係，在齒輪箱與電動機的位置固定後，最後放上皮帶輪組與惰輪並張緊皮帶。

10. 維護與保養

齒輪箱

由於齒輪箱運動速度不高(最大 15rpm)，因此採用油脂潤滑，主要以降低齒輪間磨耗，提高壽命，須定期檢查，清理與補充齒輪油，確保油品潤滑品質。

凸輪

1. 當從子推進之連桿出現彎曲時，應立即更換備品
2. 定期將滑塊、栓槽及鏈輪上油

11. 其他注意事項

1. 齒輪箱之重量有一定份量，在安裝時要小心擺放，建議使用輔助搬運工具，以免發生意外。
2. 需要長時間一次的定期檢驗，包含皮帶的檢查更換、電動機運轉的情況、連桿與凸輪運動的時序關係是否有產生偏差等