

# 大學組:玩具總動員隊--NOZOMI

指導教授:顏鴻森教授

指導老師:林義閔

參賽學生:張凱翔、何佳霖、林于平

國立成功大學 機械工程學系

## 機器人簡介

針對比賽的要求而設計出全功能的機器人。由於此次比賽雙方互動成份較高，因此速度快、敏捷度高變成為機器人製作的首要目標。為了達到速度快，採用高轉速馬達，並利用電路使其能正逆轉完成原地轉向的動作。到球台前將抬球機構放下後，利用斜板將球桿抬昇使球滾落。選球時則在球進入機體內前，以移動擋片阻擋取球門方式來做篩選，減少人工辨識所花費的時間。體內移球則是使用曲柄滑塊的原理來推動機體內的球。發球機構的設計構想來自於棒球的發球機，球不只可以向前發射，也可從原本發球口吃球進入機體。由於發球口小，為增加吃球的成功率，另外裝兩根可轉動的桿子將球推擠進來。裝設雷射筆，以其射出紅光當準心，使進球的機率提高。

## 設計概念

剛開始針對比賽所需求的功能，分出六個不同的功能，針對這些功能個別想出許多機構。為求得到較佳的機構，我們以六個考量方向來進行評分，分別為(1)體積大小(2)重量大小(3)是否可行 (4)操作性簡單與否(5)穩定度高與否(6)製作時間長短。得分高者便為我們主要製作的機構，加以討論後各機構所要求如下：

### (1) 底盤

1. 因機體可能得承載二十公斤以上的機構，要特別加強底盤的穩定性與牢固。
2. 各個機構擺設的位置要預先設定好，以便底盤設計。長寬設定與球台寬度同樣。

### (2) 移動動力

1. 由於場地廣大，為爭取時間，機體移動速度要快且靈敏。
2. 有時需帶著三十顆球一起移動，負載很大，所以馬達的扭力也要夠大。
3. 動力輪擺設的位置會影響到機體在牆邊轉向的難易與否。

### (3) 體內移球

1. 將體內的球全部移至發射口，機構的行程至少達到總機體長。

### (4) 發球機構

1. 為解決可能的卡球問題，所以發球機構設計需防止類似問題。
2. 發球的速度及力道要適當，否則射向球門時可能會發生彈回或直接穿越的情況。
3. 發球口做軌道，使球能沿直線前進。

### (5) 抬球桿機構

1. 為了抬起球桿，必須要克服球桿重量及檯上木球的下滑力，所以機構必須堅固。
2. 機構不能過於複雜，以免在抬舉過程中損壞時，不易維修。

### (6) 選球機構

1. 為了減少人工選球不方便，最好在機體外面就能先行選擇所要的球。
2. 儘量縮短選球時間，機構以快速運作為主。

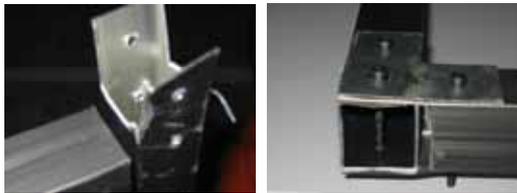
## 機構設計

由早先的概念為源頭，經過了多次的測試及討論，慢慢發展成以下的幾項主要機構及設計。

### (1)底盤

底盤的設計著重於強度，因為在比賽中不免會有碰撞，並且還要承載近 30 公斤的重量，所以在材料的選擇上要有一定的考量。

在參考眾多的材料後，決定以鋁製的四角管作為底盤框架的材料，在作用力的分析下，我們知道在框架的端點四個角會有應力集中的現象，所以鋁管的接合方式扮演了一個重要的項目，如果不夠堅固框架會很容易受應力而變形，最後決定以多層相疊增加摩擦力，抵消作用力的方式來接合，一個角共有五層板片相疊如圖一、圖二。



圖一 框架接合圖

圖二 框架接合圖

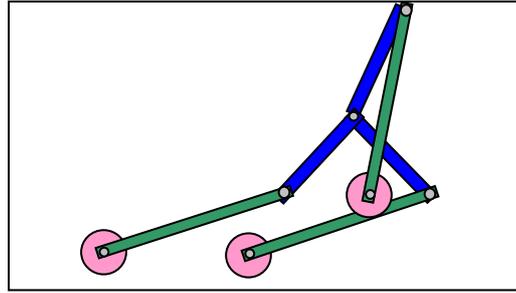
### (2)移動

移動為機器人最基本的功能不過，所以移動能力的穩定性也是相當要求的，並且因應比賽策略對於速度快的要求，所以必須搭配出一組有利的移動系統。

由於採用半徑 200mm 的輪胎，所以相對的扭力下降，有利於我們把速度提高，多方嘗試後，我們選用 85rpm 的馬達，加上鏈輪的搭配，形成差速比，以大鏈輪 39 齒，搭配小鏈輪 17 齒，差速比 2.29，搭配完後最高速可達 4.08 公尺/秒，成為我們不可或缺的戰力。

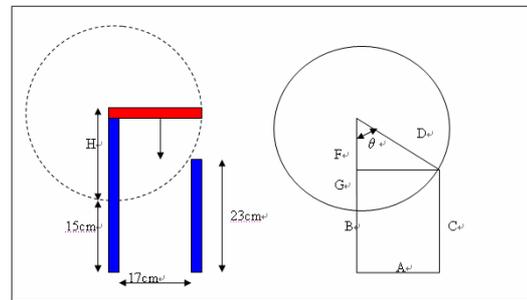
### (3)體內移球機構

體內移球機構，主要的目的在於銜接前方選球機構，當前方選球機構取完球後，順利的把球往後送至發球機，就是體內移球機構的主要功能。



圖三 體內移球機構概念圖

體內移球機構必須使其路徑符合預計的路徑，平面 40 公分的移動，並且避開前方的選球機構，使其不會相互干擾。



圖四 體內移球機構位置分配圖

所以我們必須經過妥善的分析來找出 D 桿(紅色桿)的長度配合。表一列出橫桿計算。

表一 體內移球機構橫桿計算

A	B	C	D	$\theta$	F	G
17	15	23	21	94	12.32	8.67
17	15	23	21.5	91	13.16	8.33
17	15	23	22	88	13.96	8.03
17	15	23	22.5	85	14.73	7.76
17	15	23	23	83	15.49	7.50
17	15	23	23.5	80	16.22	7.27

經過計算分析後，得知在固定 A、B、C 長度下 D 桿的最佳長度為 220mm。在得到 D 桿的長度後，即可得到規劃的路徑，如表二及圖五。

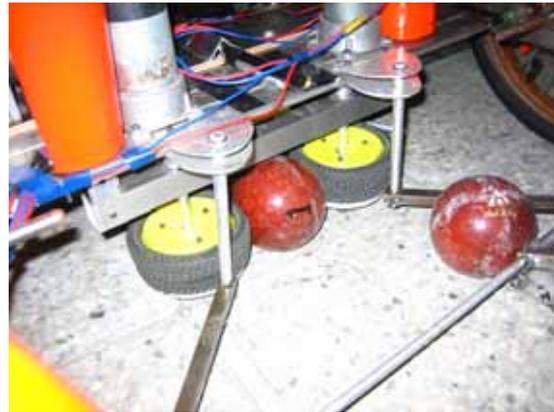
表二 體內移球路徑數據

$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y
90	-15.96	12.49	3	-5.96	0
87	-14.80	12.46	360	-6.69	0
84	-13.63	12.37	357	-7.39	0

$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y
81	-12.46	12.22	354	-8.10	0
78	-11.30	12.00	351	-8.83	0
75	-10.16	11.72	348	-9.57	0
72	-9.03	11.39	345	-10.34	0
69	-7.92	11.00	342	-11.14	0
66	-6.83	10.54	339	-11.96	0
63	-5.77	10.04	336	-12.80	0
60	-4.73	9.47	333	-13.68	0
57	-3.73	8.86	330	-14.58	0
54	-2.76	8.19	327	-15.50	0
51	-1.83	7.47	324	-16.46	0
48	-0.93	6.71	321	-17.44	0
45	-0.08	5.90	318	-18.45	0
42	0.72	5.04	315	-19.48	0
39	1.49	4.15	312	-20.54	0
36	2.20	3.21	309	-21.61	0
33	2.87	2.24	306	-22.71	0
30	3.48	1.24	303	-23.83	0
27	4.05	0.209	300	-24.97	0
24	4.53	0	297	-26.12	0
21	-1.02	0	294	-27.28	0
18	-2.12	0	318	-18.45	0
15	-3.02	0	315	-19.48	0
12	-3.82	0	312	-20.54	0
9	-4.55	0	309	-21.61	0
6	-5.26	0	306	-22.71	0

利用兩個軸線平行的轉輪將球夾住後旋轉射出。利用模型車的車輪作為發球機構的轉盤，模型車的車輪有足夠的空間及磨擦力將球夾住，是極為理想的材料。球經發球機射出後希望有足夠的速度不被地形或是對方所影響，所以發球機構需要足夠的轉速；但是為了讓球能夠順利被發球機構夾住而不被彈開，兩輪的轉速不宜過快，所以馬達的轉速取用600rpm的轉速。

由於比賽規則中有明文規定比賽中球不得離地，所以將模型車輪轉盤做成錐形，在球被挾住時不但可以提供水平的夾力亦可提供向下的下壓力，以確保球在進入發球機構時不會離地。而發球機的高度則是轉盤錐面能與球面相切的高度為宜。為了增加發球的準確度，在發球口裝置一50mm長、寬100mm的軌道恰可讓一顆球通過。

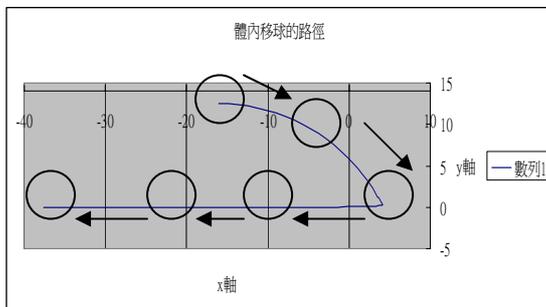


圖六 發球機構

若是將發球機構的轉盤反轉可以將體外的球吸入體內，在發球口軌道前加裝一喇叭型開口增加吸球率。但是球容易被喇叭開口彈開，故改成主動式吸球，在喇叭開口增設兩同步推球桿，將吸球口前方的球推入吸球口內。因此發球機構不單有發球的功能，還擁有吸球於體內的另一項功能。



圖七 後方取球機構



圖五 體內移球路徑圖

#### (4)發球機構

這次比賽最重要的便是將球射入得分球門內，發球機構的基本概念是模仿棒球的發球機構，

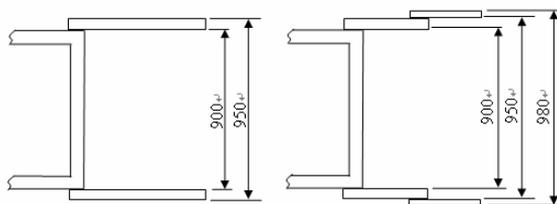
### (5) 抬球桿機構

為了將球台上的球取下來，必須將球台上的球桿給移開或是抬起。抬球桿機構是利用斜面推擠球台上的球桿，使其上移讓球能利用本身重量自由滾落。由於球台為傾斜 30 度的平面，而球桿製放於一個半圓形的凹槽內其移動方向為垂直地面的 90 度。為了提供抵抗 30 顆球的向下分力且能將球桿順利上抬，經過作用力的分析後，發現用 45 度的斜面去做推擠是最佳且省力的選擇。為了確保抬球桿斜面能使球台球桿上抬，且在球滾落時機體前方選球機構能在距離球台 100mm 的位置，則抬球桿機構最前端距離機體 750mm，最頂端距離地面 450mm。為了讓後方限球機構的軌道能與抬球桿機構的斜板相結合，所以將球桿機構的斜板做成軌道設計。



圖八 抬球桿機構全貌

為了配合球台寬度並提供其應有的裕度，抬球桿機構雙臂設計為兩節式，第一節長度為 250mm，第二節長度為 600mm，如此兩臂內寬度為 930mm 較球台最寬處尚有 20mm 的裕度。



圖九 抬球桿空間示意圖

由於抬球桿機構與後方限球機構兩個機構是一起的，所以須在抬球桿機構的雙臂下方增設一擋球框，使用重量較輕的細繩、布料、瓦楞紙板等材料，效果皆不佳。過多次的測試與討論，結論是重

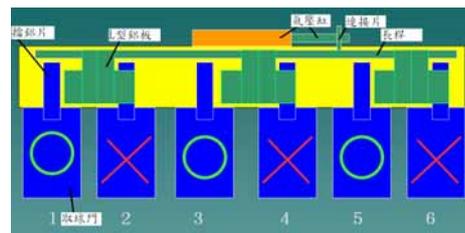
量雖輕但是材質較軟的材料會使得框內的球滾入抬球桿的雙臂底下，而使得雙臂被球撐起而滾出。為了避免球滾出機體外，擋球框選擇的是不易被球擠壓而變形的鋁片，為了達到最佳的擋球效果，鋁片置放於離地面 45mm 高度處由於抬球桿機構的雙臂負載過重， $6\text{kg}/\text{cm}^2$  的氣壓無法將其順利舉起，臂的前端會拖在地上，故在其前端裝上由壓克力板磨圓做成的輪子。如此能承受較大的撞擊力，而在側向的移動會產生較大的磨擦力，在機體的旋轉時會產生較大的阻力，在轉彎時速度不會過快，可增加操控性。



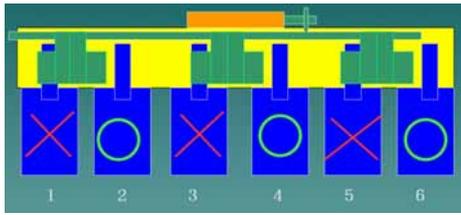
圖十 抬球桿機構前端支撐輪

### (6) 選球機構

為簡化選球的時間，決定一開始取球時，就可將紅、綠兩球分開，所需的球進入機體，不要的球留在外面。初代的概念是取球門以單數或雙數開關達成目的，如圖十、圖十一，設計的方式是藍色部分為取球門，每個取球門都有擋鋁片（藍色細長部分），綠色部分是鋼做成的 L 型鋁片，固定於與氣壓缸連接的長桿上，當氣壓缸伸縮時，亦會透過長桿帶動 L 型鋁板的移動，進而擋住取球門凸起的擋鋁片，使取球門無法打開，形成單數開或雙數開。



圖十一 單數開



圖十二 雙數開

但後來策略改變因素，想將不要的球保留在後面，為防止球跑入機體內，新增全開及全關共四種開關。以原有的概念，搭配兩個不同行程的氣壓缸，排列組合出四種不同的行進距離，如表三。

表三 氣壓缸排列組合表

行程 15mm	X	○	X	○
行程 50 mm	X	X	○	○
總行程	0mm	15mm	50mm	65mm
球門情況	單數開	全關	雙數開	全開

將擋片依照此四種行程放置於適當位置達成所要的球門情況，將全關的行程放置於單、雙開兩者之間，避免行程途徑全開導致其它球在此轉換時間內進入機體內。



圖十三 雙數開

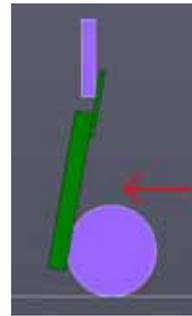
圖十四 單數開



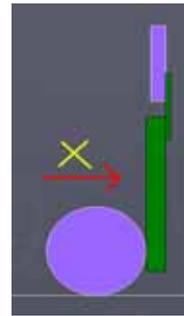
圖十五 全關

圖十六 全開

為阻止進入機體的球從取球門出去，利用鉸鍊及門樞組合，設計出只能單方向進取出球門。取球門凸起擋鋁片不只為在逆方向時的阻擋。不論是在分球或防止球進出，擋鋁片都扮演重要的腳色，因此，後來將擋鋁片換成較硬且不易變形的銅片，使其能更加穩定不易損壞。



圖十七 進入體內



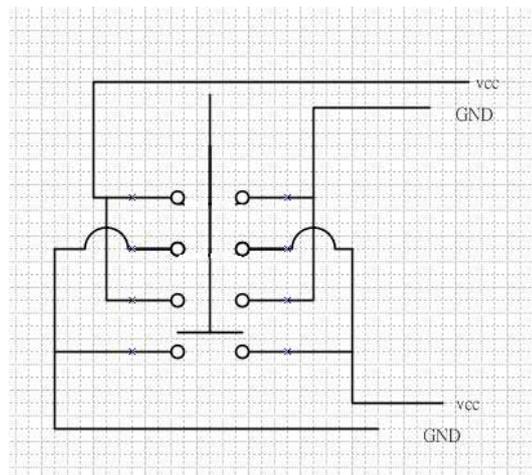
圖十八 阻擋出路

### 機電控制

由於到目前為止所學對電路設計並不熟悉，所以在機電控制上，以市面上能購買到的開關為主來接線。其中用到一般開關、能改變電流方向的二段式開關以及電風扇開關。

採用的是直流電源，由於電磁閥所需的電壓降為 24V，考量到其它機構並不需要太大的電壓降，因此以此電壓降為主，二顆 12V 電池串聯做為電力來源。除了控制電磁閥的開關為一般 2 段 2 P 外，其餘馬達控制皆使用正逆轉開關來控制。

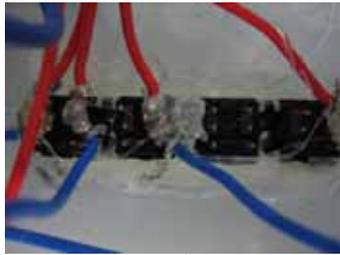
其中特殊考量的是控制取球門開關的電磁閥。由於有四種不同的排列組合，為了在比賽時使用者不至於混淆，採用了電風扇開關，單一按鈕就可控制兩個氣壓閥，電路如圖十八。



圖十九 電風扇開關電路

將欲控制的電磁閥電路連結於此電路上，便可以直接在開關上控制兩個氣壓缸的四種不同排列情況。其中一個開關不接任何電線是為兩個氣壓缸關閉，另外兩個開關則各接控制兩個氣壓缸的電線，最後一個開關同時接上控制兩個氣壓缸的電

線，如此便能造成所需求的四種組合。



圖二十 電風扇開關電線接圖

### 機械人成品

在比賽開始之後，率先到取球台時，控制後方選球機構至對應所要色球的球道，機體對準球台。



圖二十一 取球門及其氣壓缸

接下來放下抬球桿機構，機體同時向球台前進，將球桿舉高，使球滾落下來。同一時間，敵方的球會暫時留滞在球台上。



圖二十二 抬球桿機構

在我方的球進入機體內後，接著再控制選球機構，使取球門全數關閉，機體後退離開球台，使對方的球滾落下來被前方抬球桿機構困住，其上面的限球框也會順著軌道滑落至後方，完成限制對方色球的動作。



圖二十三 體外圍球機構

接著便是得分的關鍵，機體移動到球門口前，使用推球桿來推動體內的球至發球機構區，達到體內移球的動作。



圖二十四 體內移球

同時啟動發球機，將球射入球門內。體內推球桿不斷地來回運作，將己方的球全部射入球門得分後為止。



圖二十五 曲柄滑塊及發球機構

在體內色球皆射入球門後，接著尋找散落在四周己方的球，將發球機構反轉，利用後方取球機構將球吃入機體內，收集一定數量後，再到球門口，切換發球機發射方向，繼續射球入門。



圖二十六 後方取球機構

### 參賽感言

上了大學，理論的東西接觸很多，但是實作方面，卻往往跟不上學習的腳步。起初，經過了一學期的比賽規則研究跟機械人機構討論，增加在設計方面的學習及領悟，後來進入實作階段時，卻遇到與設計理論差了十萬八千里遠的眾多難題，往往實作總是難達成設計的要求，不斷地修改與學習，加工技術成為當時最重要的課題。在多次請教學長姊與經驗的累積之後，才漸漸步入軌道，過程雖然堅辛，可是完成後的喜悅勝過一切。

「分工合作的重要」，一開始將機構分別負責，使我們能妥善安排個人時間並設定時程，讓工作能在時間內完成，使進度不致於因個人因素而落後。遭遇問題時，也會相互幫忙，謀求解決之道。同一時間內，許多工作同時進行，再加以統合，節省了不少時間，在此也體認到分工的好處。團隊的精神更是使分工的好處發揮到極致，每個人對於自己的機構能負責到底，並配合團隊的行動，培養之間的默契。雖然有時有點爭執，但現在回過頭來看，這些爭執卻變成難忘的回憶，之間的團隊精神也更好了，組合出來的機體也較少有相互干擾的情況產生。

「適時的討論及檢討」，在設計的初期，詳細的討論是十分重要的部份，詳細的討論不但能幫助思考，更能夠避免錯誤的發生，節省了不少的時間。測試後的檢討能幫助發現問題的癥結，更能確立問題解決的方向。在機構設計及改良部份，團隊的討論不但提供了更多的創意，還能適時地停下腳步看清楚問題的所在。

### 致謝

感謝顏鴻森教授、林義閔老師、801 研究室、802 研究室的學長姐、風之羽隊同甘共患難的好同學、啦啦隊、雲林科技大學、高雄高苑科技大學參賽同學、南台科技大學參賽同學、大台南地區各材料行及電子專賣店。

### 參考文獻

- [1]顏鴻森，「機構學」第二版，東華書局，民88。
- [2]孟憲源，「現代機構手冊」：選例. 構型. 設計
- [3]沈洲/陳瑞田，「自動化機構」
- [4]Kenneth J. Waldron/ Gary L. Kinzel  
Kinematics, Dynamics, and Design of  
Machinery 2<sup>nd</sup>.