

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

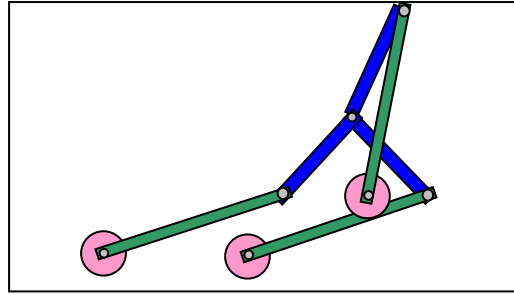
(2)移動

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。

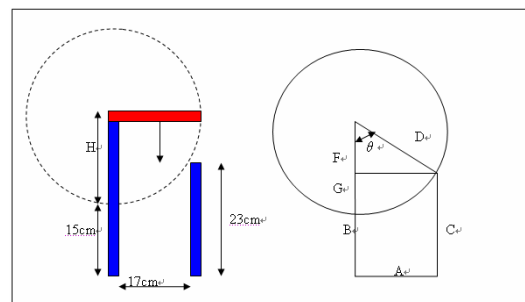
(3)體內移球機構

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	θ	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。

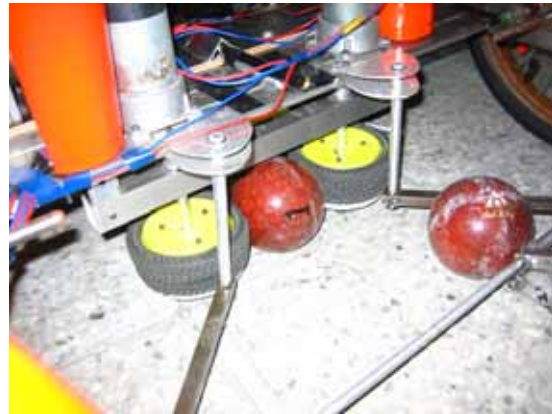
表二 體內移球路徑數據

θ	X	Y	θ	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

θ	X	Y	θ	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。

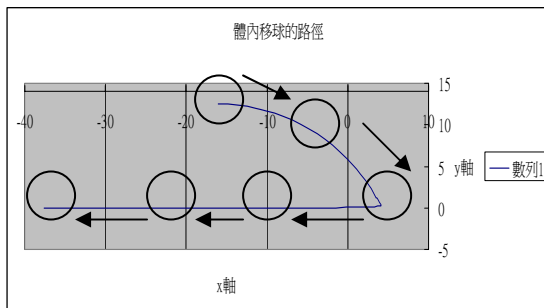


圖六 發球機構

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，

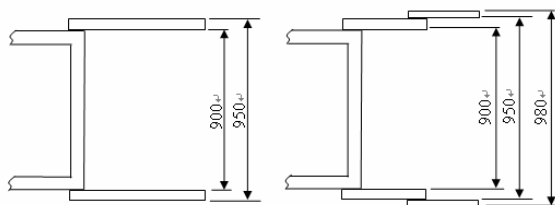
(5) 抬球桿機構

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

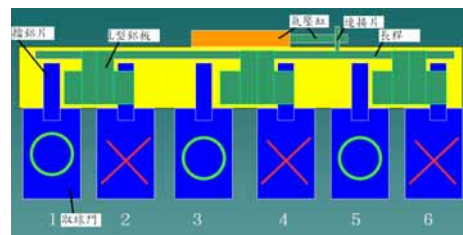
量雖輕但是材質較軟的材料會使得框內的球滾入抬球桿的雙臂底下，而使得雙臂被球撐起而滾出。為了避免球滾出機體外，擋球框選擇的是不易被球擠壓而變形的鋁片，為了達到最佳的擋球效果，鋁片置放於離地面 45mm 高度處由於抬球桿機構的雙臂負載過重， $6\text{kg}/\text{cm}^2$ 的氣壓無法將其順利舉起，臂的前端會拖在地上，故在其前端裝上由壓克力板磨圓做成的輪子。如此能承受較大的撞擊力，而在側向的移動會產生較大的磨擦力，在機體的旋轉時會產生較大的阻力，在轉彎時速度不會過快，可增加操控性。



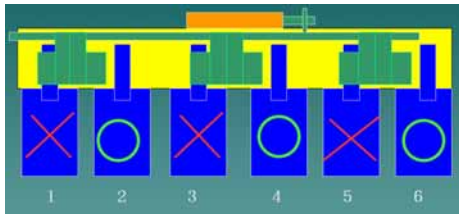
圖十 抬球桿機構前端支撐輪

(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

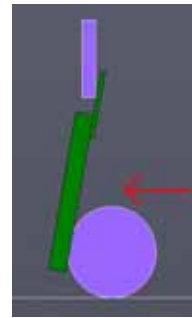
圖十四 單數開



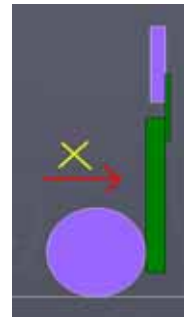
圖十五 全關

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



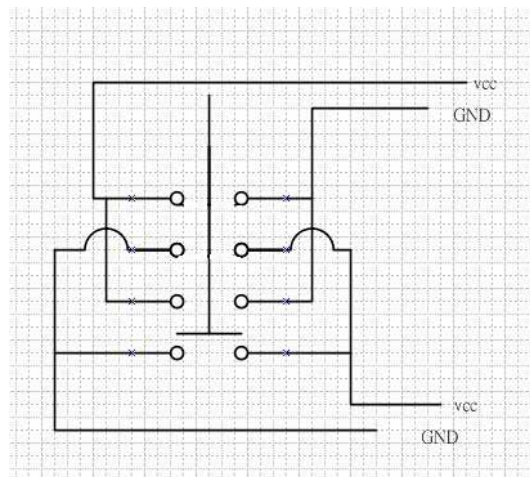
圖十八 阻擋出路

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。

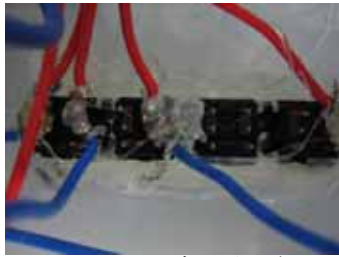
其中特殊考量的是控制取球門開關的電磁閥。由於有四種不同的排列組合，為了在比賽時使用者不至於混淆，採用了電風扇開關，單一按鈕就可控制兩個氣壓閥，電路如圖十八。



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。



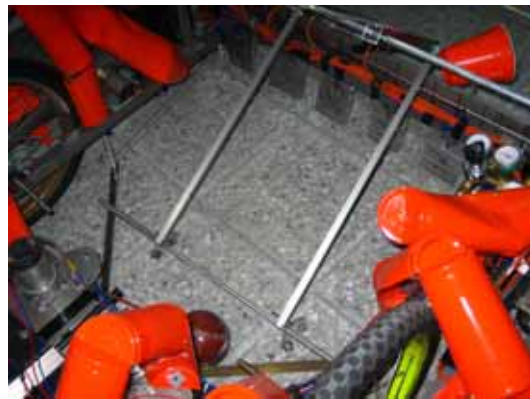
圖二十二 抬球桿機構

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 2nd.