

大學組：神偷諜影隊 -- 大盜伍右衛門

指導老師：蕭國鴻

參賽同學：林義閔、管軍毅、蔡及銘

國立成功大學 機械工程學系

機器人簡介

我們的機器人是針對參賽題目的各項要求而設計的全方位機器人。首先，在取球方面，基於比賽時間有限，因此在儲球區外取球的前提下，設計出利用梯形擋板的斜度而將色球取回機身的機構。在分球部分以繼電器與極限開關來設計，然後經由操作人辨識色球，將己方色球與金盃紅球分別導入爬升機構與金盃抓頭。攻金盃機構是以滑輪機構與夾娃娃抓頭為設計主軸，再搭配材質輕的鋁管，達到攻金盃之所要求。放球機構則先以爬升機構來提高位能，將球運送到 85cm 高後，再以四連桿變形機構來做第二段延伸及爬升需求，達到大量且精確放球之功效。

設計概念

在整體大方向的設計上，我們以七個設計原則作為設計與製作上的準則。(1) 結構簡單；(2) 速度快；(3) 控制少；(4) 組裝及維修方便；(5) 人與機器人的配合好；(6) 可行性高；(7) 穩定性高。在此七個設計原則下，再加上詳細的審題後我們分出四個設計目標。

(1) 動力系統：

- A. 所使用之動力源，必須能夠達到完成所有動作所需之動力。
- B. 所使用的每顆馬達及氣壓裝置，用以帶動一獨立機構，使每一機構獨立動作，完成其預設之要求。

(2) 控制系統：

- A. 能兼具操作容易且操作精準之功能，並以易組裝為優先設計目標。
- B. 控制器的耐用性與穩定性也是目標之一。

(3) 底盤系統：

- A. 以四輪機構為初步構想，能夠平穩動作，運作上能夠輕巧靈快為大前提，其中又以輕巧為優先。
- B. 在轉向上，以兩邊驅動輪的速度差作為轉向，所以馬達上的控制，以簡單的電子電路來控制。
- C. 驅動輪之動力必須充足。
- D. 底盤初步預設為 90cm × 90cm。
- E. 為求強度與重量的平衡，將考慮使用鋁合金。

(4) 機械手臂機構：

- A. 在設計上分為取球、放天平與放金盃，三個方向來設計。
- B. 在攻金盃時，一開始要能平穩而確實的取球，並穩定而簡單的放球。
- C. 在取球時，以大量取球為主，在進入內部儲球槽前，設計一個人工選球機構，選取我們要的球。
- D. 在放天平時，原則上儲球槽裡都是要投入的球，因此如果能平穩且快速的放入天平內，是主要的設計目標。
- E. 機械手臂必須能獨立運作，取球及投球時要穩定，以免發生失誤。
- F. 為求強度與重量的平衡，將會使用鋁合金、塑鋼及壓克力板。
- G. 製作設計以軸向運動為主，以免轉向時發生定位困難。

機構設計

上大學至今，若要說有實作上的經驗，恐怕只有大二 2 學分的工廠實習，對實作有稍微的接觸。因此從設計階段

進入實作階段時，遇到頗大的問題，因為在缺乏實作經驗的支持下，對於初始的機構設計，很多都有加工上的困難與可行度的問題。在經過一個多月的多方嘗試後，在設計構想與實作上逐漸接軌，並且針對該設計機構在結構上與材料應用上，小組間不斷地檢討與修改。雖然在製作上速度緩慢，但因邊做邊改，因此最後成型的機構大致上都沒有太大的問題。

(1) 底盤

因為針對此次比賽的策略上，我們不打算進去儲球區取球，所以對於底盤的設計要求上也較為簡單。其底盤能夠達到轉向與原地自轉，以及能快速靈巧的活動於場地之間的功能。此外針對底盤做了強化設計（圖1），為增加底盤的靈巧性，以能旋轉式底盤較佳。為了讓其底盤可以旋轉，打算使用兩段式底盤，最底部與輪胎結合，上部底盤與機器人上方主體結合，動力方式為在其兩片中心點安裝正齒輪、傘齒輪與馬達，由下方馬達來帶動上部底盤轉動。然而最後基於重量、必要性與穩定性的多重考量下，並沒有將此機構設計裝配於底盤上面。



圖 1. 旋轉式減速機構

在底盤製作上原本採用輪胎與馬達直接連結的方式，但在製作第二次底盤（圖2）時，卻發現加工困難。最後選擇以鏈條來驅動〔1〕，為最好加工及傳力最佳的方式。藉由鏈輪與鏈條的配合，可使馬達趨動速比正確，四輪傳動時轉速一致，不會有差速的情況。其唯一最大缺點是容易脫鏈，因我們本身製作的加工能力有限，在底盤快速轉彎之下容易造成輪胎軸與軸承產生偏心，進而導致鏈條脫鏈之情況。

在此次比賽後，發現眾多底盤設計當中，以前輪二輪帶動，後兩輪為自由輪的設計，為最穩定也同時最簡單。



圖 2. 最後完成之底盤

(2) 取球

因為不進去取球，所以必須克服20cm高的擋板阻隔，因此我們必須在設計的時候，能夠橫越擋板的高度，且能延伸至儲球區裡取球。此外為了能夠大量取球，在一開始的設計上，是以傳送帶的構想為設計藍圖。利用擋片與U型彎道的組合（圖3），可大量且快速取球。在其構造上，與傳統式的構造類似，但在其轉折點與形變上，卻與直線式的傳送帶不同，靈巧度高且適應力好。但其最大缺點則為加工困難，經過多方的嘗試仍能無法順利製作成型。

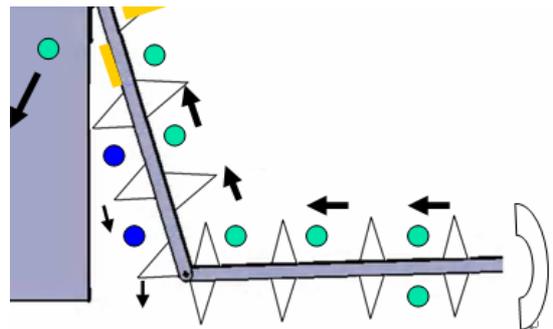


圖 3. 第一代取球概念圖

後來以挖土機的運動方式，作為第二代取球機構的設計理念。在自由度上，不採用挖土機的3個自由度，簡化成在yz平面上的兩個自由度。第一個自由度以齒輪與齒條搭配而成（圖4），第二個自由度則用無桿式氣壓缸作斜向收縮。兩者的搭配再加上儲球區的梯型擋板，可使我們順利的將色球帶回機身內部。



圖 4. 取球機構之齒條與齒輪之接合。

(3) 分球

基於對電子電路基礎不多，加上經費與時間有限，因此我們並不打算用光學的方式來分辨色球，而以基本的機構來取代此分球的需求。在三種色球取進來後，先以簡單的是否邏輯來設計出分球機構，使其能夠正逆轉 120 度。一開始先排除非己方的色球，之後再分辨紅球，若為紅球則有其專屬球道可導入攻金盃的抓頭，若為己方色球，則直接進入爬升機構，運送至空中儲球道。分球馬達的設計原理，是以兩個極限開關與繼電器為製作基礎 [2]，加上外型的擋片設計，完成分球動作。除此之外，分球區內也同時充當儲球道使用，在取滿球的情況下可達 15 顆球。

(4) 爬升機構

除了攻金盃和放天平的設計外，為符合高度需求，因此也製作了兩段爬升機構。爬升機構的結構方式類似於傳統式的平面輸送帶，但其運動方式則類似於摩天輪。此設計最大的優點在於能夠快速順暢，且穩定性高、製作容易。

因其強度要求不高，所以在材料的選擇上，除了履帶和支架外，其餘皆取材於日常生活中的小東西，可說是在製作過程中，也將創意展現在裡頭。

(5) 攻金盃機構

要使紅色網球能精確的投入金盃之中，除了可由 1 公尺立方之機構本體中，延展到達 3 公尺高的金盃功能外，尚需要超高的精確性及穩定性，再加上最少動力源，製作簡單，質輕堅固可抗大力矩為主。

材料以鋁材為主，使用鋁門窗業常用的鋁片及鋁條，加上以鏤釘配上小軸承組合作為兩兩連桿間的連接支持器，質輕強度夠，摩擦力小，再加上每段桿件尾端的滑輪（圖 5），組成四段式延伸機構 [3]，能使鋼繩收縮時相對運動順利。加上動作迅速支持力不差的氣壓缸，作為金盃機構之兩角度改變支持器，能達成我們在此機構所預定的目標，低角度結構收縮取球，高角度結構伸展放球的兩階段功能。



圖 5. 收線器與滑輪組結構

而夾球機構（圖 6）設計，來自日常生活中的夾娃娃機，材質以鋼性與重量皆優壓克力板製成。其夾球結構類似於六連桿的 Stephenson III [4]，但在 1 桿與 3 桿間裝上螺帽，而 4 桿則為螺絲來接合，將自由度降為一。再以 50rpm 的小馬達來帶動 4 桿螺絲，達到可調整的開闔抓頭。

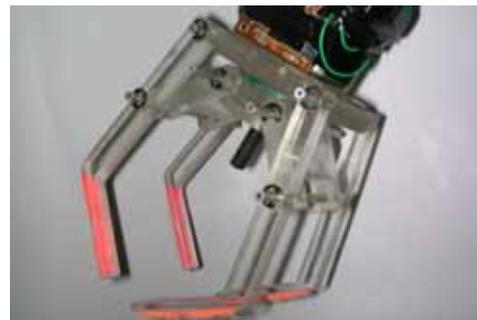


圖 6. 紅球抓頭

(6) 放球機構

為確保百分之百進球，同時能達到高度 1.5 公尺、半徑 1.5 公尺之需求，在設計方面以傳統式輸送帶為構想，設計出兩段式變型延伸機構。第一段變型（圖 7）以四連桿運動為基礎 [5]，先由 CAD 設計，在經 CATIA 初步模擬成型，可達到精確地達到我們需要的高度。然後再以氣壓缸為動力，精準的延伸所需角度。第二段變型（圖 8）仍以四連桿為基礎，其中直接以氣壓缸當 2、3 桿使用，4 桿為放球道。其運送結構上，不採用履帶運送的方式，而為自己加工的複合式鏈條，利用鏈條與鐵絲組成空格子來用送網球。一次帶一顆球。此種設計在加工上容易，適用於輸送固定形狀的球體，且在運送途中不易像履帶一樣會有脫落、使球掉落的可能。如此一來動作快、穩定性高。

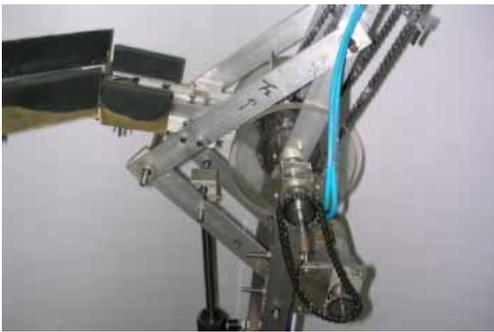


圖 7. 第一段變形



圖 8. 第二段變形

機電控制

我們一開始設定製作控制器與利用動力源的目標，就是要簡化控制與馬達需求的複雜度，因此機器人的主要動力來源為單一電壓的直流電源，另外再依據不同機構不同的需求，選擇的不同馬達，來細分其所需電壓降。再者，依照各機構使用馬達，來細分其功能性，例如傳送帶只需要一個自由度（正轉），取球機構的延伸裝置則需要正、逆轉來控制延伸長度。不同的扭力需求也是重要的考量之一，例如底盤機構用來帶動輪胎的馬達不僅要有一定的轉速，更要有高扭力才能承受機構的重量並能靈巧運動。

比較特殊的地方是分球機構所需要的分球控制馬達 [2]，所設定的需求是要能正逆轉、簡化控制、每次運動能控制角度在 120 度左右。我們採用的設計是利用兩個雙軸雙切的繼電器（圖 9）來製作自保電路，並利用極限開關來切斷記憶電路，達到控制角度的需求。每當按下開關之後，繼電器開始作用，切換開關後形成自保電路，所以放開按鈕也能繼續運作，此時馬達與繼電器並聯運動，直到轉 120 度後機構碰觸極限開關而停止運動，系統回復初

始狀態。大部分的機構控制器是以線控來進行操控，以避免大量無線操縱可能互相干擾的疑慮。



圖 9. 分球機構與繼電器的設計

比較特殊的是金盃機構的抓頭（圖 10），因金盃機構延伸過長，為減少收線的不便，因而選擇以無線電來控制，給於獨立電源和獨立線路控制。大部分的機構控制都不用太複雜的操作，所以控制盒的製作以簡單、方便操作為訴求，另外為了確保電系的穩定性，所以所有的電線接頭部分都用鉸錫固定好，並反覆測試之，使機器人的系統能更穩定、更確實的去執行每一項動作，才能在比賽中有高水準的表現。

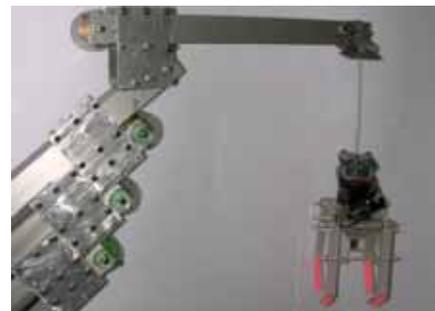


圖 10. 遠端控制紅球夾頭

機器人成品

圖 11 為取球機構取球時的情況，首先齒條伸展出去，放下無桿式氣壓缸，再拉回齒條，接觸梯形擋板後，收回氣壓缸。



圖 11. 機器人取球的情況

圖 12 為第一段爬升機構，在機器人將球帶回機身後，利用第一段爬升機構，提高色球 20 公分的位能，以方便之後分球器分球。



圖 12. 第一段爬升機構。

圖 13. 為分球道與分球器，藉由提高位能後，分球時，可不外加其他動力，由自身的重力，隨分球器滾入其球道內。

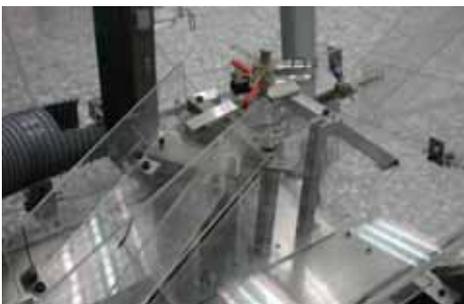


圖 13. 分球道與分球器的設計

圖 14 為攻金盃機構拿到紅球後，啟動捲線器，延伸機器手臂之情況，最後穩定地放入 3 公尺高的金盃內。



圖 14. 放紅球之情況。

圖 15 為延展放球機構後，由第二段爬升機構將球帶到 85cm 高的空中球道後，再由鏈條傳動將色球精準地放入該天平籃網中。



圖 15. 放球機構之放球情況。

參賽感言

創造是一件不簡單的事！這次參加創思設計與製作比賽，才瞭解到這一點。從今年四月到現在，從設計機構到實際製作，構思、創意、知識、經驗、實作，這一點一滴的累積才能將『我們的機器人』製作到現在的地步。剛開始的時候，大家對設計概念都不足，所學理論與實作很難揉合在一起，更別說是把心中的成品鑄造出來。不過經過多次的討論、多方面查閱相關資料，漸漸能將心中架構的

設計實際的呈現出來。看著自己的設計，從無到有了雛形，最後以實際的機構製作出來，心中感動莫名！

「創思的能量」：在此次設計過程中，強烈地覺得我們所懂得、所知道的幾乎微乎其微，尤其針對此次比賽的所需要的相關知識，我們幾乎是像個初學走路的小孩，一切都必須從零開始、從頭學習。在其設計過程中，體會到一件好的創意並不是憑空想像就能出來的，那是需要日積月累的知識與理論，才有可能迸發出的結晶。天馬行空的想法，也許人人都會，但是能將這些天外飛來一筆的想法將以落實，並付諸行動，卻不是人人都做得到的。在我們有了可行的創思想法後，接下來便是去嘗試，因為構想即時再具體，要能夠生產製作出來，之間還是會有一段距離。因此，在具備好創思的能量後，還必須要有創思的勇氣，也就是接受失敗與挫折的勇氣。

「多方思考的能力」：在製作的過程中，經常發現設計理論與實作無法揉合，但其設計理論往往已是原始的最佳設計，因此很容易被侷限於其設計方向的思考模式。經由各種嘗試，覺得除了平時的培養，最快及有效的方法有三。立即收集相關資訊、團隊集體研討、逆向思考。其中以團隊集體研討最為有效，正印證著集思廣益的鐵律。

「分工合作力量大」：從一開始的工作分配，我們就採團隊思考、獨立設計製作的方式，長久時間下來，逐漸培養出個人的特殊專長，但同時又互相幫忙。分工的重要性，在於能夠各司其職，增加設計製作的效益，並培養出其特殊能力；合作的重要性，在於能夠集合團隊的力量，克服難以解決的問題。在這樣的系統下，我們同時也培養出彼此的默契與感情。雖然此次參賽過程中，不斷地遭遇挫敗與打擊，但是也是因為這個團隊不屈不撓的精神，才得以順利完成比賽。

「堅持的毅力」：此次參賽前後，我們的團隊幾經變動，一度使的剩下來的隊員氣氛低迷，加上剛開始時製作時，困難重重，導致前一個月幾乎沒有任何進度，此時隊員們面臨著前所未有的打擊與挫敗。所幸在後半期時，加

入了一位新成員，人手上有了支援，成員多，氣氛也開始逐漸好轉。然而在每次遇到瓶頸時，我們不斷地勉勵自己，這是一個人生中必經的過程，不能夠在這裡就認輸了。團隊間彼此互相幫忙、互相勉勵，就算咬著牙也要硬撐下去。終在比賽前完成的我們的機器人，其功能與穩定性也是肯定的。雖然並沒有在比賽中獲得獎項，但是我們堅持完成一份事情的毅力與用心，在整個過程中已表現無遺。我們的團隊精神與合作力量，也在此設計過程中發揮最大的力量，同時獲得成長。

感謝詞

感謝 TDK 文教基金會與教育部能夠支持這樣有意義的活動，同時也感謝台灣科技大學舉辦這次的第八屆全國大專院校創思設計與製作競賽，給我們這一個參賽的機會，在整個參賽的著實獲益良多，也感謝各校參賽同學，讓我們有機會能夠互相切磋、互相學習。同時感謝學校三年來的教育，以及完善的機器設備與工具機，才能讓我們以扎實的理论做基礎，在創意工廠裡完整的設計出這台機器人。再來感謝的是支持我們參賽的顏鴻森老師和指導我們的蕭國鴻學長以及實驗室的學長姐，沒有你們的大力支持和經驗指導，我想就沒有今天這樣成功的團隊。最後謝謝爸媽默默的支持與鼓勵，使我們從參賽後，能夠無顧忌去做，並努力地完成它。

參考文獻

- [1] Robert L. Mott, 「Machine Elements in Mechanical Design」 3rd。
- [2] 徐業良, 「電子與感測元件」, 遙控機器人教學資源網。
- [3] 王霖崑, 「衛星天線展開機構之設計」, 成功大學機械工程學系碩士論文, 民國 91.05.。
- [4] 顏鴻森, 「機構學」第二版, 東華書局, 民國 88.。
- [5] Arthur G. Erdman · George N. Sandor · Sridhar Kota, 「Mechanism Design Analysis and Synthesis Volume I」 4th。