

# 「龍騎將」行走式機器人設計與製作

## Development of “Dragon Rider” Mobile Robot

龍槍(Dragon Gun)隊

歐陽鋒<sup>1</sup> 郭文奇<sup>2</sup> 黃以迪<sup>2</sup> 張庭偉<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宜蘭技術學院農業機械工程系副教授

<sup>2</sup>宜蘭技術學院農業機械工程系專科部學生

### 摘要

設計與製作完成「龍騎將」行走式機器人，設計方法特別強調融入下列概念以發展具特色與競爭力之機器人：一、配合可程式控制器改良電路設計，使操控者介面更便利與簡單。二、部分驅動方式改採氣壓元件，以增快速度及簡化機構。三、在設計階段以電腦輔助分析軟體縮短機構設計與製作時間。最後並整合可程式控制器、氣壓、機械和電氣系統，製作一線控式行走機器人，具備了行走、爬坡、轉彎、上階梯、跨越斷崖與獨木橋、打擊固定高度排球及抓取玩偶並放至定位等功能。

關鍵字：行走式機器人、可程式控制器、電腦輔助設計、機械手臂

### Abstract

A mobile robot named “Dragon Rider” has been made during this contest. We emphasized on applying the following concepts during designing procedure. First, A programmable controller was applied to improve the electrical circuits’ design and also to improve the operator interface more conveniently. Second, A pneumatic actuator was used to enhance the speed and to make the system more robust and simplified. Third, The computer-aided software was used to help in designing and analyzing the dynamics of this mechanical system. Therefore, we have built a manually controlled mobile robot that is able to move around, climb up steps, cross the bumper, and catch the puppet, etc.

**Keywords:** mobile robot, programmable controller, computer-aided design, robot arm

### 1. 簡介

教育部爲了培育社會所需創造與實作人才，與財團法人 TDK 文教基金會合辦「第四屆全國技專院校創思設計與製作競賽」，競賽以三國演義歷史故事過關斬將營救少主爲背景與競賽主題，由勇闖曹軍、決戰長板坡、營救少主、衝出重圍和拜見劉備五大關所組成。觀摩學長們在歷屆創思設計比賽後，本隊成員希望自己也能發揮創造及動手實作的能力，同時將課堂上所學各項專業知識藉此機會與學理相互印證，因此報名參加本屆比賽。

本隊在設計過程特別強調將下列概念融入，發展具特色與競爭力之機器人：一、配合可程式控制(PLC)改良電路設計，使操控者介面更便利與簡單。二、部分驅動方式改採氣壓元件，以增快速度簡化機構。三、在設計階段強調以電腦輔助分析軟體縮短機構設計與製作時間。因此本次參賽目的在強調電腦輔助分析軟體協助下，並融合可程式控制器、氣壓、機械和電氣系統，製作一線控式行走機器人(龍騎將)，機器人本體按競賽規則必須具備行走、爬坡、轉彎、上階梯、跨越懸崖與獨木橋、打擊固定高度排球及抓取玩偶並放至定位等功能，希望能在競賽中取得佳績。

### 2. 設計原理與學理分析

機器人設計與製作流程如圖 1 所示，首先在「了解發現問題」中詳讀比賽規則，成員互相交換討論想法，藉「腦力激盪」產生各式創意，然後評估保留較可行的想法，以作爲下一步機器人設計的主要概念。設計的過程中除基本學理分析外，並以縮小比例模型和電腦輔助設計軟體先進行模擬與分析。接著分項製作機器底盤、架橋機構、打擊機構、機械手臂、控制電路與氣壓系統。分項製作完成後測試，如果不合要求則回到前面步驟修改。組合後之完整系統也要做整體的測試

與調整直到解決問題為止。

所使用的電腦輔助設計軟體為 ADAMS10.0，為一機械系統動態模擬與分析軟體，將所設計的機構畫出並進行動作的模擬。其中打擊機構、架橋機構與機器手臂都先經由 ADAM 模擬。機器人的製作按其各部功能分成六大部分進行，分別是底盤、架橋機構、打擊機構、昇降機構、機械手臂、控制電路和氣壓系統，各部設計和製作的方法如下：

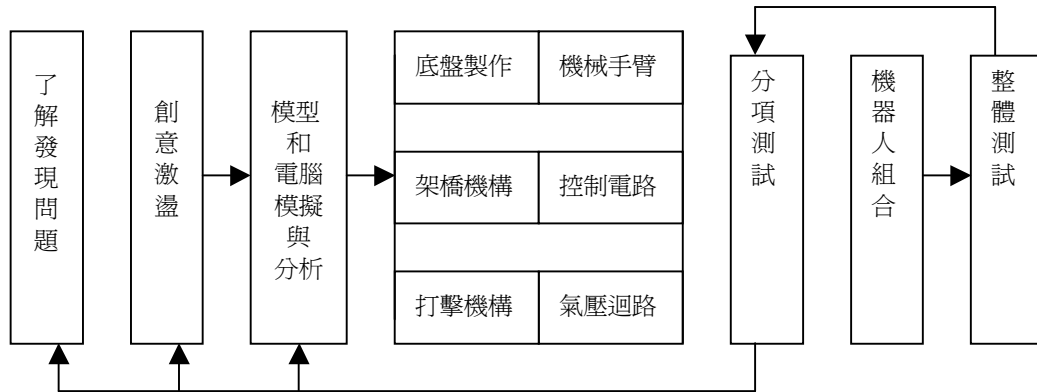


圖 1 機器人設計及製作流程圖

## 2.1 底盤設計與製作

以四輪驅動為車子的動力方式，面對階梯和顛簸路面時可增加驅動輪與路面接觸機會，減少輪子空轉打滑。車架必須堅固又輕，為符合條件以鋁材為車體材料，在接合處削成 45 度角後以 L 型塑膠接合，並鎖上一螺絲釘，使之更為堅固。配合獨木橋的寬度，採長 70cm×寬 60cm 方形尺寸以避免輪距不足，設計圖如圖 2 所示。

馬達的功率選擇必須克服車子爬斜坡時的重力分量與摩擦力，才能推動車子前進，推導公式如下： $(Mg \times \sin\theta + Mg \times \cos\theta \times u) V = F \times V = T \times W = 4 \times P \times S$ ，其中 M 為車體質量； $\theta$  為斜坡角度；u 為摩擦係數；F 為使車子前進推力；V 為車速；P 為馬達功率；T 為馬達扭矩；g 為重力加速度；S 為安全係數。若最大傾斜角以 22.6 度估算，另選定適當車速 0.5 m/s，車輪半徑 0.135m，安全係數為 2，則每顆馬達所需功率為 25W 以上，轉速約 36 R.P.M。馬達與車輪的連接先經軸承以平衡車軸的側向作用力，再接至萬向接頭連結至車輪，如此設計可容許馬達輸出軸與車軸間的偏心。車輪為直徑 30cm 類似保麗龍材質之玩具車輪，為增加摩擦力，以腳踏車內胎包覆在車輪外，再用銼刀及砂紙將內胎的表面粗糙化。

## 2.2 架橋機構之設計與製作

以架橋方式跨越 40cm 的斷崖，橋由兩只長 60cm 的 U 字型截面木板所構成，中間以  $\square$  型鋁材固定，如圖 3 所示。 $\square$  型鋁夾住橋的下端並可轉動。將線一端綁住橋身，另一端纏繞在馬達上，當馬達轉動時，橋面將因重力的關係下降，最後自  $\square$  型鋁的凹槽脫落跨越在懸崖上。

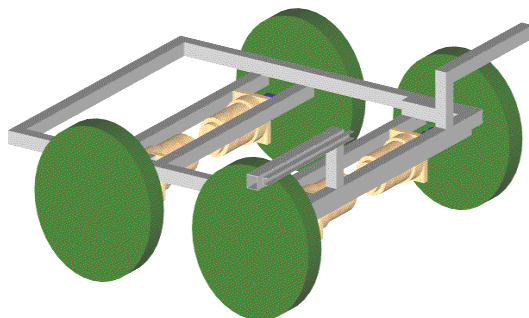


圖 2 底盤設計等角圖

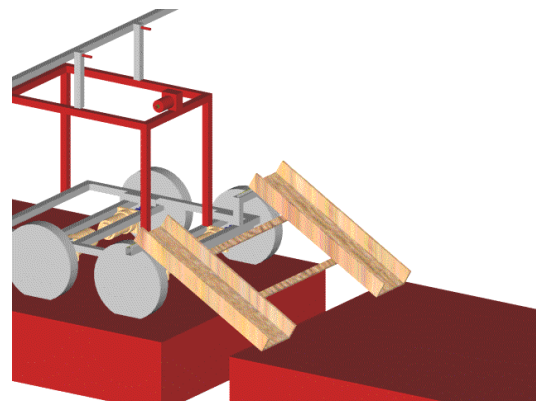


圖 3 架橋機構及架橋方式等角圖

### 2.3 打擊機構之設計與製作

打擊機構必須將高 90cm，左右間隔約 100cm 的排球擊落。打擊機構左右移動的行程為 40cm 及長度 150cm，如圖 4 以一小馬達為傳動桿的動力，帶動其它連桿左右搖擺來擊落排球。ADAMS 分析之機構動作軌跡圖結果如圖 5，四連桿左右可達 230cm，因此可順利擊落排球。

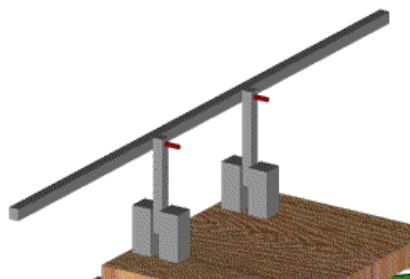


圖 4 打擊機構示意圖

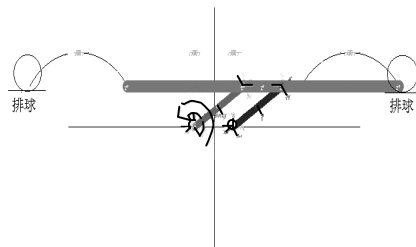


圖 5 ADAMS 分析打擊機構動作軌跡圖

### 2.4 機器手臂之製作

機器手臂如圖 6 所示類似挖土機的怪手設計，用來夾取與放置阿斗。二支 10cm 行程的氣壓缸固定在機器手臂上，當氣壓缸作動時，可使機器手臂拉起或放下。而夾取機構是以 Y 型氣壓夾加裝如圖 7 之波浪板狀木質夾具，以增加夾取和握持能力。機器手臂同時也負責推開障礙物。ADAMS 分析之軌跡圖如圖 8，並先以珍珠板縮小模型先作測試與調整。

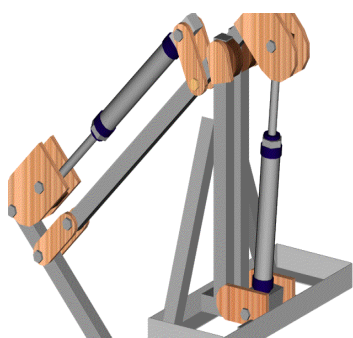


圖 6 機械手臂示意圖

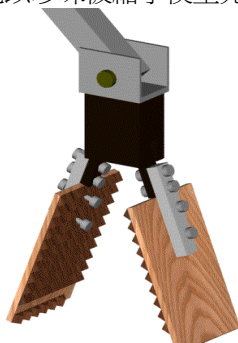


圖 7 夾取機構示意圖

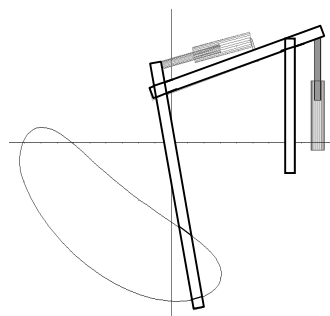


圖 8 機械手臂夾少主之動作軌跡圖

### 2.5 電路設計說明

控制電路包括底盤四輪驅動馬達行進控制、改變電壓方式之車速分段控制、機械手臂氣壓電磁方向閥位置控制、打擊機構和架橋機構動作控制等。同時包括以遊戲搖桿改裝之操控介面電路的設計。為了電路安裝與修改的方便性，採用台安 TP02-40MR 可程式控制器規劃電路。以遊戲用搖桿一組改裝為操控介面來減輕操控者的負擔。PLC 之階梯圖如圖 9 所示，其中搖桿對應極限開關為 LS.A、LS.B、LS.C、LS.D 控制底盤的四顆馬達。開關 LS.X、LS.Y 控制打擊機構、指撥開關 PB1 控制架橋機構、極限開 LS.1、LS.2、LS.3、LS.4、LS.5、LS.6 控制機器手臂。

### 2.6 氣壓系統設計

氣壓迴路如圖 10 所示，由蓄氣筒、氣壓缸、流量控制閥和方向控制閥所組成，其中蓄氣筒考慮其重量與價，將大口徑氣壓缸之活塞與桿移除後，改裝儲存壓縮空氣，作為比賽中機器手臂之氣壓源。必須以流量控制閥對管線中的氣體流量節流，除了控制氣壓缸運動速度，並可控制蓄氣筒中壓縮空氣之使用量。氣壓缸 A 和 B 控制機器手臂，氣壓爪為 C。

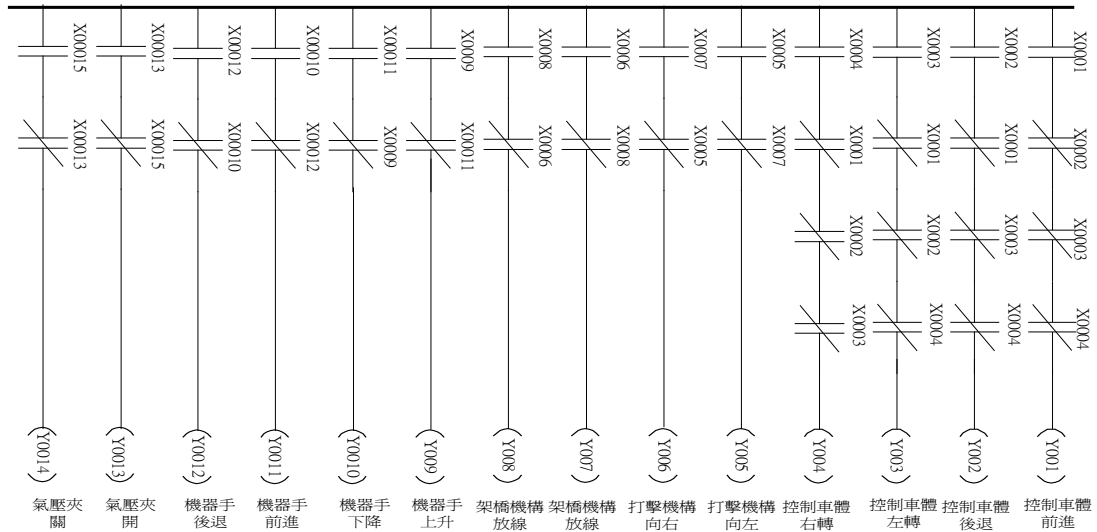


圖 9 可程式控制器之階梯圖

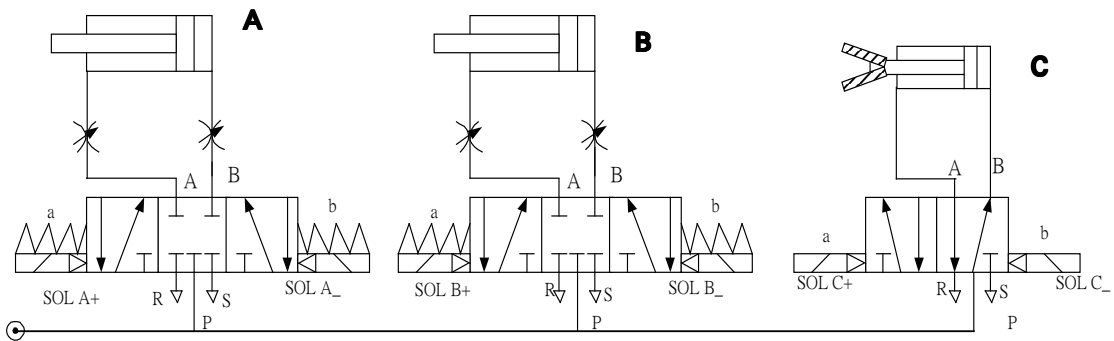


圖 10 氣壓迴路設計圖

### 3. 製作測試與改進過程

在製作過程中如何在有限預算下找到適合之材料為最大之挑戰與困難之一。原估算之 30 瓦馬達經過載重之後，發覺扭力不足，改用 67 瓦的馬達，但轉速又無法配合，最後改採分段式電壓源解決，按需要行進速度與扭力切換電壓源。而車輪車軸在操作中常會鬆動滑動，經過焊接改裝將車軸以螺絲固定。車胎的表面因材質原因打滑，為了要加大其磨擦力而覆蓋以車輪內胎，改善效果。原先機器人控制電路以傳統電工配線方式製作，常常容易接錯，而且修改線路費時改用直流式可程式控制器後大大改進並可縮短時間。

氣壓元件因經費考慮，所以借用系上現有教學設備，但是受限可用選擇較少，重量與體積較龐大。原有之蓄氣筒因體積與重量過大，最後由一大口徑氣壓缸改造，雖然容量小但足以使機器手臂完成競賽所需。氣壓缸作動速度很快，操縱不易且耗氣量太大，最後以加裝節流閥解決。

當機器人最後組合完成後，我們將其重覆在本系按實際大小所作的模擬場地做練習（見圖 10）並記錄每一段所耗費的時間，測試結果如表一所示。由表 1 可發現在場地 2-D 架橋通過懸崖是全程中最耗時的部分，因為放橋的方式採用尼龍繩纏繞在馬達的軸上



圖 10 機器人整體時間測試

，由馬達旋轉將橋放到適當位置。應該改以更為有效率的方法。第二個花費較長時間在 2-C 的獨木橋中間至懸崖的路線，因為花了不少時間在轉彎的地方，因此操控者的經驗非常重要。

表 1 機器人通過各關所需時間

場地名稱	花費時間	備註
A(一)	10 秒 14	斜坡加直線
B(一)	4 秒 9	上斜坡
C, D, E(一)	3 秒 50	階梯加下坡
A, B(二)	4 秒 48	斜坡加直線
B,C 中間(二)	6 秒 39	轉角至獨木橋中間
C 中間,D(二)	16 秒 28	獨木橋中間至懸崖
D,E(二)	22 秒 39	放橋
E,I,F(二)	5 秒 06	至 E 段結束

#### 4. 結論與建議

製作完成一線控式行走機器人（龍騎將）如圖 11，具備行走、爬坡、轉彎、上階梯、跨越懸崖與獨木橋、打擊固定高度排球及抓取玩偶並放至定位等功能。本機器人的製作特色及創意主要為：一、以 ADAMS 電腦軟體輔助機構之設計和模擬，製作出符合要求的打擊、架橋與機器手臂的功能，除了利用電腦模擬分析外，先製作小尺寸模型亦有很大幫助。二、以可程式控制器設計控制電路，簡化配線問題，並配合搖桿改進操控者介面。三、以氣壓缸驅動的機器手臂，提高速度與簡化其機構設計，動作較快且確實，故障率較低。

本隊因底盤馬達位置設計易使機器人卡在顛簸路面無法通過。而且我們的氣壓缸瓶所能儲存的空氣有限，機器手臂動幾次就沒氣了，可以考慮用高壓缸瓶。

去到雲科大比賽完之後，見到別隊絞盡腦汁所想出來的創意方法，令人大開眼界，例如六輪以上驅動輪之設計、快速有效之氣壓夾取裝置等。相較之下本隊機器人較受到傳統的設計方式影響，因此所做出來的機器人較無創意。

比賽過程獲勝的重要關鍵在「速度」，在這一方面的確遜於晉級隊伍，我們的感覺是必須要多多充實課外的知識，才能使「創意」不斷的湧現，而不只是那些陳舊的思想在做變化而已。我們需要多方面的嘗試，從失敗中吸取寶貴的經驗，進而提昇自己的層次。

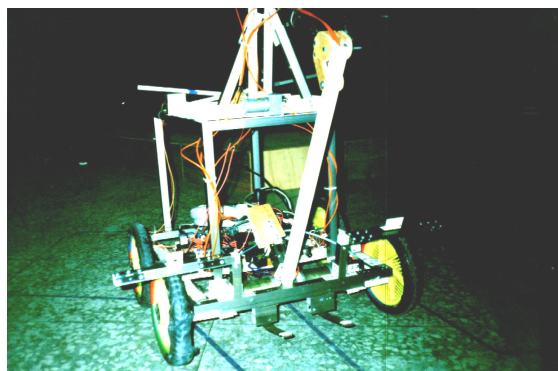
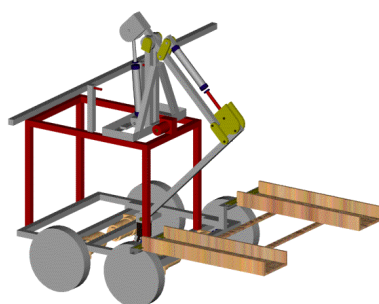


圖 11 機器人龍騎將完成圖

#### 誌謝

本次競賽製作機器人的材料費由 TDK 文教基金會及國立宜蘭技術學院贊助，特此誌謝。同時謝謝本系全體師生在參賽期間所給予的協助。

## 參考文獻

1. 第三屆全國技專院校創思設計與製作競賽技術論文集，雲林科技大學（2000）。
2. TP02 系列可程式控制器使用手冊，台安電機股份有限公司（1998）。
3. 曾賢堦，機電整合之順序控制(1)，全威圖書有限公司，第 471- 485 頁（1999）。
4. 林寬泓、江可達、宋仁群、張福平、陳振山、孫榮宏、蔣錦賜、嚴炳郎，機構學，高立圖書有限公司，第 18-22 頁（1998）。
6. 周溫成、曾賢堦，氣液壓學，高立圖書有限公司，第 237-241 頁（1998）。
7. 陳瑞田、王繼正，機械電機控制，全華科技圖書股份有限公司，第 180-184 頁（1985）。
8. 林信隆，創意性機構設計，全華科技圖書股份有限公司，第 30-72 頁（1985）。