

# 多輪式行走機器人『零式』

## Multi-Wheel-Driven Mobile Robot – ZERO

南亞機械隊

洪瑞斌<sup>1</sup> 謝皓安<sup>2</sup> 饒瑞昀<sup>2</sup> 徐銘宗<sup>2</sup>

<sup>1</sup>南亞技術學院機械工程系講師

<sup>2</sup>南亞技術學院機械工程系專科部學生

### 摘要

本專題製作主要目的係針對創思設計與製作競賽之所需，設計出能符合比賽要求之機器人，此機器人必須具有高度行動能力，以及能作正確定位並執行相關動作之操控能力。本製作所研發之多輪獨立驅動行走式機器人，其特點為具伸縮前導輪，可橫越不同間距之斷橋，階梯與其他障礙路面，顯示出極佳越野能力。在機械手臂功能上，使用氣壓驅動手臂可裝置不同抓取器，具有適當定位與抓取物體之能力。

關鍵字：創思設計、行走式機器人、抓取器

### Abstract

A multi-wheel-driven mobile robot with good crossroad and manipulation ability was developed in this project for the robot competition. The robot with six wheels driven by individual motor can climb inclined plane and stairs. Especially, an adjustable wheel installed in the front of the chassis can be used to stride across the broken ridges. In addition, a pneumatic driven manipulator was implemented on the platform, which can be positioned suitable, and catch or put the object with gripper fitted on the end of arm.

**Keyword:** mobile robot, manipulator, gripper

## 1. 簡介

### 1.1 參賽背景

創思設計與製作競賽自八十六年度舉辦以來，由於活動性質具專業性、創意性、競爭性與活潑性，因此深受大專院校師學生之重視。在此高科技化的社會中，自動化工程日趨重要，對相關科技人才之需求甚於以往，而其中具機電整合能力之專才更是重要。而此比賽之設立正是培育此人才之最佳方式，透過創思與實作的過程，可使機械、電子、電機等科系相互學習各領域的知識及激發本身所學之專業及理論，將其理念以實作的方式發揮，也使學生具有創造與思考的能力。本校基於此教育理念，亦鼓勵師生積極參與，藉此在校內形成創思設計之學習風氣，期能如同 TDK 文教基金會為科技發展共同奉獻心力。

### 1.2 參加動機及目的

希望透過競賽的方式，對自己所學相關知識做一個檢視、發揮自己所學、能將自己的想法概念轉換為具體作品，這也是對自我的一種競賽。此外，並希望從中學習如何協調、表達個人想法和聆聽與包容隊員看法，也學習什麼叫做團結，藉此機會培養創意及整合出新的思維和理念。

## 2. 設計原理

### 2.1 問題分析與設計概念

為設計符合比賽要求之機器人，對於競賽場地之各種路障設置及過關取分項目[1]，必須加以分析以擬定設計之基本方向，作為設計之最高準則。此外，在整體結構設計上，除了以完成功能需要為主要考慮因素，在機構創意及思考設計方面亦是相當重要，如何兩者兼顧實為本製作之

重點。因此，本研究以前述基本觀念並衡諸以往經驗而確立下列設計基本概念：

- (1) 設計目標為快、狠、準、穩四大方向進行。
- (2) 整體結構採取獨立模組化機構設計觀念，零件一致性，量輕化，使其行動力靈活。
- (3) 在機器人行動上：必須具備極佳之越野能力，可快速移形換位且穩定、靈敏，以通過任何障礙路面。
- (4) 推擊動作：可精確快速打擊埋伏敵軍擊。
- (5) 夾取動作：此種機構必須定位準確、夾持穩定，藉以安全拯救阿斗，完成任務。

## 2.2 機械人結構

依據前項分析所得之基本設計概念，本製作將機器人之整體結構規劃成：本體結構及機械手臂兩項主結構，由於採用個體模組化設計，因此上下主體及各部零組件皆具有可取代性，對於結構設計之變更，零件維護、替換相當容易、快速及方便。各部分之主要結構及設計特點分述如下：

### 2.2.1 本體結構

考慮場地路面障礙如斜坡、高低階梯、斷橋、跳動路面及轉彎角度等特性。機器人必須具備極佳之行動能力。而機器人之行動力取決於底盤結構及動力來源之設計，如何強化越野能力，如前述要求，乃為本部分設計與製作之重點。在底盤設計上，通常採用較大直徑輪胎方式即可通過斷橋或階梯等路面並加大驅動馬力來克服斜坡。然而此種底盤設計顯然可達到功能性但並未見其創意性、彈性或特別功能，因此並不列入設計考慮中。為增進創意性及底盤之越野能力，本製作決定採用多輪組驅動方式設計，如圖 1 所示即為底盤結構圖。底盤面積以符合尺寸製作規定為原則，結構材料採用鋁材為主，取自廢棄之鋁窗框架，其特點為輕量化，具足夠強度且易於加工、裁切及組裝，拆卸。各驅動輪直徑以能克服階梯高度即可，並裝配於適當位置。本設計之另一重點為，前驅動導輪係以汽缸推動具有伸縮性，如圖 2 所示，可適時向前推出以加長輪距，增加運動穩定性，並藉以橫越各種不同寬度之斷橋，也可用來驅離地上之障礙物（籃球）由於多輪獨立驅動且底盤低，因此，配合高扭矩之變速齒輪馬達帶動即可形成連綿不絕之輸出動力，形成克服斜坡、轉換方向及上下階梯等障礙路面之最佳利器。

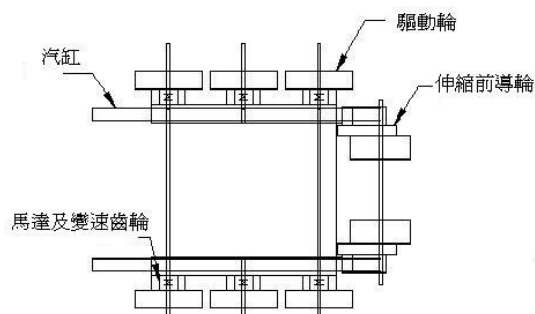


圖 1 底盤結構示意圖

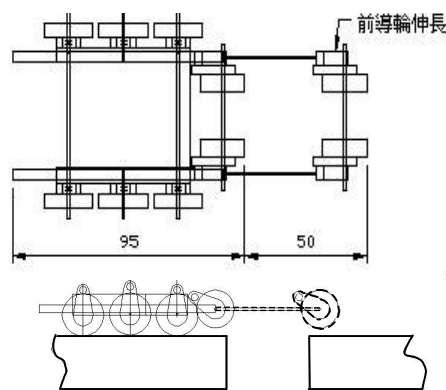


圖 2 前導輪橫越斷橋之示意圖。

### 2.2.2 機械手臂

機械手臂上端結構係根據路面及障礙位置點之相關尺寸而設計，主結構為鋁框架構成之 T 字形結構體，利用雙 L 形角鋼栓接於底盤上，造型顯得簡潔有力，如圖 3 所示。結構兩側分別承載打擊機構，正後方中央支柱則架設抓取機構。其設計詳圖如圖 3 與圖 4 所示乃藉由 AUTO CAD 繪圖軟體將相關機械手臂所處位置及尺寸分別畫出，即可藉由圖面顯示出之相對座標位置，進行手臂連桿機構正確尺寸之設計。

- (1) 推擊機構：如前所述，此機構必須能在最短時間內精確、快速地打擊埋伏敵軍擊。因此以單動氣缸驅動打擊臂，此設計之要點在於水平方向之尺寸及斜角推升氣缸位置，如圖 3 所示。
- (2) 夾取機構：分別以多連桿式機械手臂為主體，利用氣動缸調整手臂位置，手臂終端則裝置五爪式爪夾等。此爪夾可為電磁力控制或氣壓控制。機構簡易，定位準確為必要條件。使用電磁控制需考慮夾持力及穩定性。亦可將電磁棒取出經適當加工後改以氣壓方式控制，可增加

夾持力與夾持速度，但是此舉將會增加手臂終端之負荷，對於手臂之剛性及控制穩定性亦有所影響。取捨之間必須仔細考量。圖 4 所示即為此機構說明圖。

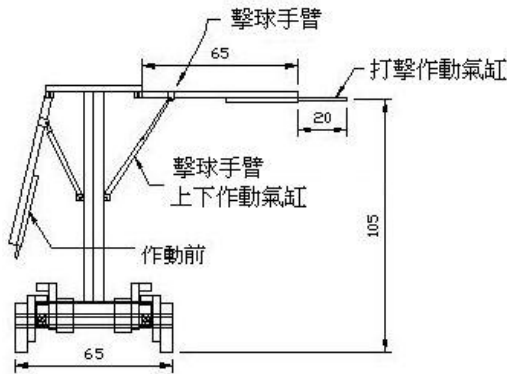


圖 3 推擊機構示意圖(打擊氣缸正確位置)

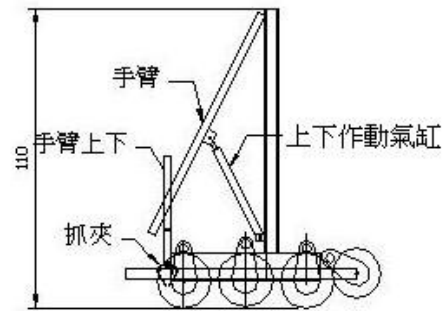


圖 4 抓取機構示意圖(抓夾手臂正確位置)

### 2.2.3 動力系統與控制系統

主要動力系統可分為電力驅動及氣壓控制兩大類。藉著機電整合之技術[2]即可任意操控機器人執行應有之動作。機器人之行動力取決於底盤結構之設計及動力來源。因此，在左右兩側之獨立輪可分別以相同型式之馬達進行同步驅動控制，以增加行動速度，雖然此種方式會增加底盤負載重量，但相對的可保持結構重心於底盤上，且仍可透過增強馬達輸出功率方式來提升動力，增進機器人之爬坡力。凡此部分所需之電力由 12 伏特直流電力供應，並使用汽車電池為電力來源，將其電源做成開關斷路裝置，並分配至各驅動馬達上，同時將左右輪之前進與後退控制加以結合，以控制機器人之動作與行進，藉控制左右馬達正逆轉方向，以達到轉向之目的。圖 5 所示即為電路控制接線圖。另外，機器手臂所需動力來自氣壓。雖然可利用簡單連桿機構及馬達驅動可以達到應有之功能需求，機構設計上可有較多發揮空間。但證諸以往經驗及求勝目標下，如何快速定位抓取目標物，實為必要考量。因此，本製作小組決定以氣壓驅動連桿方式完成設計。此氣壓源自於安裝在底盤平台上之高壓氣瓶，透過造型設計，亦可增加機器人外型特色。此外，在氣壓系統方面為減少管線的使用與降低製作成本，皆採用塑膠製的單動式氣缸，另為避免氣壓管干涉其動作的進行，並保護管線，大多將管線作隱藏與固定，在其動作需平緩之處都設置有節流閥以調整動作速度，以保護結構不因動作過快造成破壞。其氣壓控制回路則如圖 6 所示。其啟動控制開關亦整合裝置於電控之控制盒內。

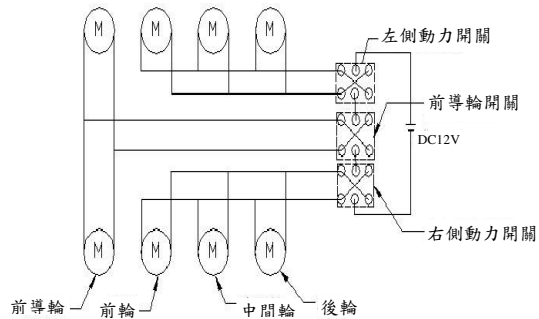


圖 5 電路控制接線圖

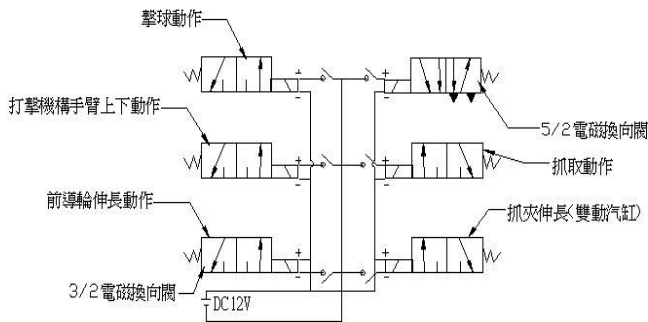


圖 6 氣壓控制回路

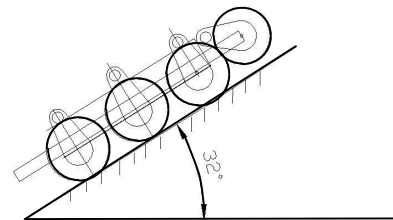


圖 7 機器人登上斜坡示意圖

對於驅動馬達所需動力亦可經由力學基本原理加以分析計算求得，如圖 7 所示，為機器人爬

上斜坡時之情況，若機器人重量為  $W$ ，斜坡夾角為  $\theta$ ，地板與輪胎面之摩擦係數為  $\mu$ ，則上斜坡所需之推力為  $F$ ，可以表示為：

$$F = W(\sin\theta + \mu \cdot \cos\theta) \quad (1)$$

若機器人以等速率  $V$  登上斜坡，則馬達必須提供之功率為  $P$ ，此功率可表示成：

$$P = F \cdot V = WV(\sin\theta + \mu \cdot \cos\theta) \quad (2)$$

經由 (2) 式即可概算出所需之動力。在將之分配於各馬達上，據此結果即可選購最佳之馬達。但值得注意的是，選擇具有足夠扭矩與轉速之適用馬達似乎不是件容易之事，由學理可知這兩者是魚與熊掌無法兼得的，此乃設計上必須克服的問題。

### 2.2.4 造型設計

為凸顯機器人整體結構，均儘可能在結構物上直接進行造型設計與包裝上，在材質上使用具有紋路之西卡紙，並利用紅白兩色系來造成視覺差異，以達到引人注意的成果，如圖 8 所示。由於機器人本體上為 T 字形狀之結構，兩側為推擊機構。當推擊機構雙雙出擊之時，就彷彿趙子龍再現神威，手持雙槍，英勇出擊之姿，配合氣壓桿推出，同使啟動拉炮之爆破瞬間，亦頗具震撼敵軍之音效。此種造型設計除了掩飾部分機械結構與控制線路外，亦可展現出另一種概念性，科技性，古今文明融合之感覺。圖 8 即為造型後之機器人實體。

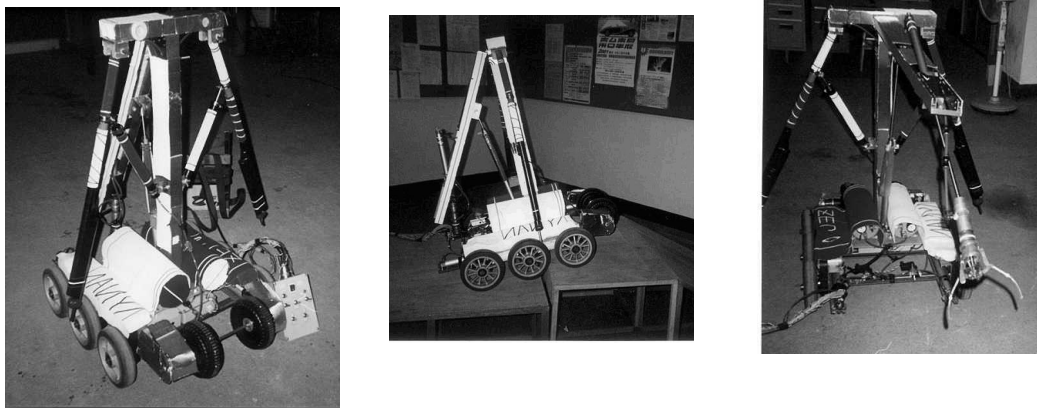
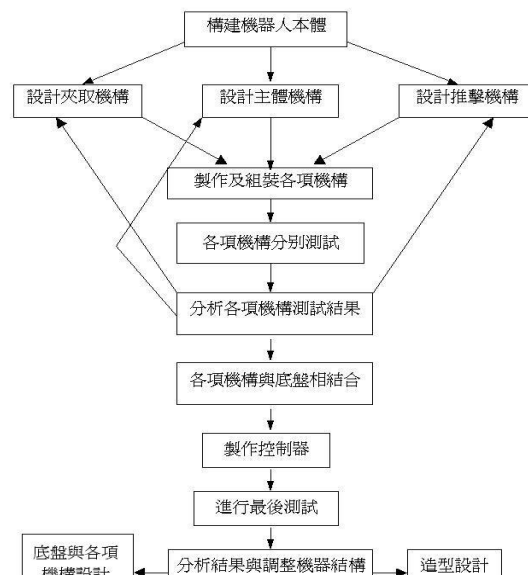
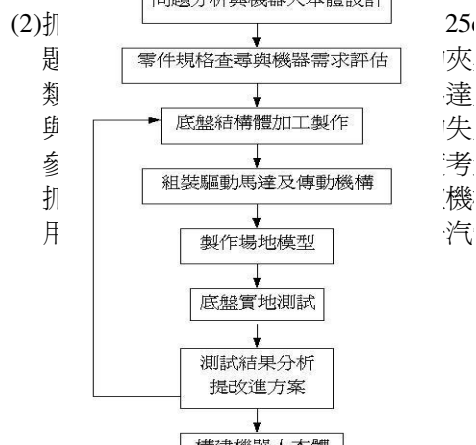


圖 8 造型後之機器人實體。

### 3. 製作測試與改進過程

在經由上述各項機構之基本設計後，即可依據設計圖樣進行各項材料與零組件規格評估與審核，再依據圖 9 所示之製作流程進行各項製作工作。由於初期底盤設計，如圖 10 所示，並無法完整考量實體結構在實地進行功能測試時之各項細節。例如輪胎與斜坡地板間之摩擦效應會影響其抓地力與爬升力，轉向操控能力亦有所不同，馬達之輸出功率亦在手臂本體負載增加後會有略顯不足之處。另外在機械手臂支撐結構部分，因採用較細薄之方形鋁架結構，而無法承載抓取機構。整體剛性略顯不足，造成機器人於行進運動間有不穩定甚至搖晃之現象。因此初期製作結果並未能有預期之效果。針對製作過程中相關零組件或機構改進之案例說明如下：

- (1) 低底盤：尋找一顆具足夠扭矩與轉速魚與熊掌無法兼得的，我們可藉由方同時思考馬達裝配到機體上之固定，



者是況，並且大難計出過慢計，面上，採

圖 9 機器人製作流程

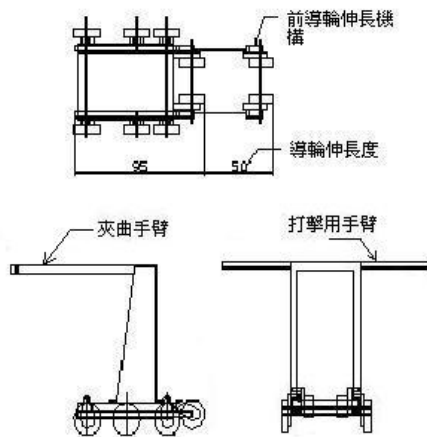


圖 10 初賽階段之機構圖

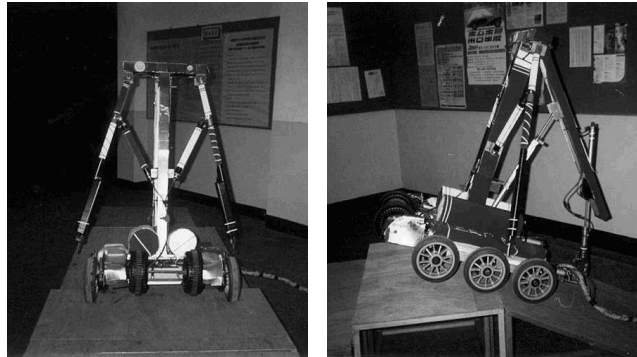


圖 11 最後完成機器人實體圖

#### 4. 研究結果與討論

##### 4.1 製作成品說明

本次競賽用機器人，在組裝過程中，部分零件為市面販售的材料，還有一些工業使用之零件及機構，有些零件於購買後並未能直接使用，而需經過改造及切削加工，以符合我們的要求。此外尚有部分零件必須完全自製如套筒、聯軸器及輪軸等。圖 11 所示即為實體成品。

##### 4.2 研究心得

針對此次機器人之製作過程而言，無論在設計或製作上均有相多的收穫，僅就下列數項提出說明：

- (1)機械手臂：此一機械手臂的設計思考方向為能使一抓取機構自一低於水平面25cm 處抓取一物件，還能將此一物件抬高至離水平面 80cm 以上，進行放置物件的動作，因此藉由 AUTO CAD 繪圖軟體將相關機械手臂所處位置及尺寸分別畫出，並藉由圖面顯示相對座標位置，進行手臂連桿機構之設計。其他如推擊機構與前導輪之設計，亦是藉由此方式完成。雖然在無高階之機構設計模擬分析軟體的輔助，透過一般性之繪圖軟體仍可達成基本設計之所需。這顯示出活用所學之好處。
- (2)抓取器之設計：此爪夾係取自市面上抓娃娃機所使用之報廢故障爪夾，原來設計為電磁驅動之伸縮缸，經過適當加工後即可改裝為單動氣動缸驅動爪夾，如此可增加爪夾伸縮行程與夾持力。諸如此類，許多零件經自行製作或修改，皆能符合設計上的需求。此即所謂窮者變，變則通之道理。
- (3)打氣筒之改造：為了降低成本，將部分負荷不大的作動，以改造過的打氣筒來用，例如擊球部分，此一設計大大減輕機體重量及成本，不過也發現其缺點：a. 強度不夠高，b. 固定不易，c. 長度不易控制，d. 只能成為單動缸，e. 密封性不佳，有漏氣情況，造成精度不足。
- (4)電路系統：由於本隊隊員對電機電路並不熟悉，因此本隊所使用的電路均十分簡易，首先我們將電源確定為直流 12V 的汽車用電瓶，以控制盤做電源之開關及本體上所有電線集中之處。另將馬達做並聯及電磁換向閥的正極集中使用，其負極則做為斷路用。在初賽時所用之控制盤過大，易影響操作者的使用。所以進入決賽後便加以改良，首先便是尋找適合控制盒，感謝張老師的建議讓我們在一家電機行找到適合的控制盒，接著即是製作所有開關的位置。於製作開關位置時，參考控制者的掌幅，以便製作適合的開關位置，然後便是開關的種類，因為本電源系統雖簡易，不過，因為容易在把開關融毀，所以我們多選用搖板開關，並用交叉跳線作馬達的正反轉控制，對於本系統還有許多需的改進的地方，例如可以使用變壓器改變其馬達轉速以加強其速度和扭距，還有使用繼電器以避免使開關融毀。
- (5)氣壓系統：為簡化其氣壓系統，及減少管線的使用，所以本隊所採用的氣缸大多為單動式的，

還為避免氣壓管干涉其動作的進行，並保護管線，所以我們大多將管線作隱藏與固定，在其動作需平緩之處都設置有節流閥以調整動作速度，以保護結構不因動作過快造成破壞。

## 5. 結論與建議

針對此次競賽所製作之機器人，在設計與製作過程面臨多相當多問題，往往會迷失在創意與勝意之間，如何尋得其間之平衡點是一種思維的挑戰。靠著群體間之腦力激盪，產生些許創意概念，然而總會在無意間失去，若不藉著記憶與努力，是無法將之具體化呈現的。漸漸的，這種本領也有些許增進。也許結果不如預期，但也蠻符合當初參與的動機。機電整合結合創意設計應是未來生存之必要條件，也確實是身為機械人所必須努力學習的。這些都在製作比賽過程中再次印證。繼續加油學習吧！

建議希望能加強比賽的規劃，例如場地的佈置，表演團體的演出，盡量避免比賽過於冷場，或是造成比賽內容過於離題，例如可以穿插各隊之製作過程，或製作創意。希望能規劃出一工作單位，像是維修站一般，並給予各隊一定的修護時間，亦可以派人進行拍攝，或是介紹其機器人特性。加強節目之教育性質，多多加入其創思及製作的方面介紹，不是只介紹其競賽內容，重點是過程而不是結果。

## 誌謝

感謝鄧萬華及楊英信學長的幫忙，還有賴同學的幫助，也謝謝張廣和老師的時時關心，也謝謝那些鼓勵我們的老師及同學，更感謝洪瑞斌老師給我們機會參與這場比賽，在這三個月中從無知到一切都駕輕就熟，從幼稚的想法到切實的落實，這一切切給我們隊員的成長是非常大的。在這過程中有汗水，有爭執、有淚水、有感慨、有感謝，這比賽也讓我們了解到夢想的實現需要由許許多的挫折，才能達成的，雖然我們落敗了但我們不氣餒，因為知道自己所學的還是不夠，需在加強所欠缺的，感謝主辦單位能舉辦這活動，也希望這比賽能越辦愈好。

## 參考文獻

1. 第四屆全國技專院校創思設計與製作競賽－機器三國參賽須知，雲林科技大學（2000）。
2. 郭興家、邱宏興，機電整合，高立圖書有限公司，台北（1997）。