

全自動彈射系統之研製

DEVELOPING THE FULL AUTOMATIC SHOOTING SYSTEM

邪惡家族隊 & Super Mc Gwire 隊

李宗禮¹ 蕭文祥² 張景嵐² 丁上家² 毛威揚² 林聖智² 陳勇志²

¹ 南開工商專校機械科講師

² 南開工商專校機械科學生

中文摘要

本校參加第三屆全國技專院校創思設計與製作競賽－機器人封神榜，所研發製作之兩種型式全自動彈射系統，以其中之一型榮獲第四名獎項及另一型晉登前八強，證明整體機構設計與機電整合達到完美的搭配。

本文特別針對所研製之兩種型式全自動彈射系統之各種創意構思作深入分析探討比較，文中探討全自動儲料物架、送料機構、彈射機構、電動板機與投射傾角等機構之研究，再深入結合感測器、模組化電路板、遊樂器控制盤與可程式控器等電控設備，而融合各獨立機械結構與自動控制組合成完整的全自動的彈射系統。

考慮整體運轉之速度需求與可靠度是爭取獲勝機會的關鍵所在，故單以人工單鍵觸發發射外搭配全自動送料與上膛動作而達到快速之目的，及以工業級的精密製造方式組裝機械結構來確保可靠度。因此全系統之創意構思雖以比賽目的而設計，卻以極精緻的方式產生工業級產品，並因而建立極佳的專題製作模式。

關鍵字：競賽、機電整合、可程式控制器、自動控制。

Abstract

Five types of robots developed in Nankai Juniors Collage for Robot FunSunBan, raced in the Third National Technical College Innovation and Design Competition. There have two types of shooting system designed in the full automatic system. One had the honor to win the fourth place in this competition. Another also raced into the quarterfinal of the competition. It has proved that the performances using the innovative structure design with mechatronics are perfect.

This paper presents an analysis and design approach for two types of full automatic shooting systems. The mechanisms of automatic storage, refilling, charging, shooting trigger, and projective angles are investigated. Furthermore, the combination of sensors, module circuit panel, game control panel and PLC are used. The full automatic shooting systems developed in the innovative structure design with mechatronics are presented.

The key points of winning the competition are the requirement of the rotate speed and the reliability of performance in the whole system. In this paper, the fast rotate speed of the system can be reached using the mechanism of handy touch with automatic, refilling and charging, and the reliability of performance can be achieved using the industry precise producing structures. Although the works are designed for the competition, the innovative concepts and approaches are very practical and useful. It can be widely applied in the industry, also built as an excellent project model.

Keywords: competition、mechatronics、PLC、automation。

1. 簡介

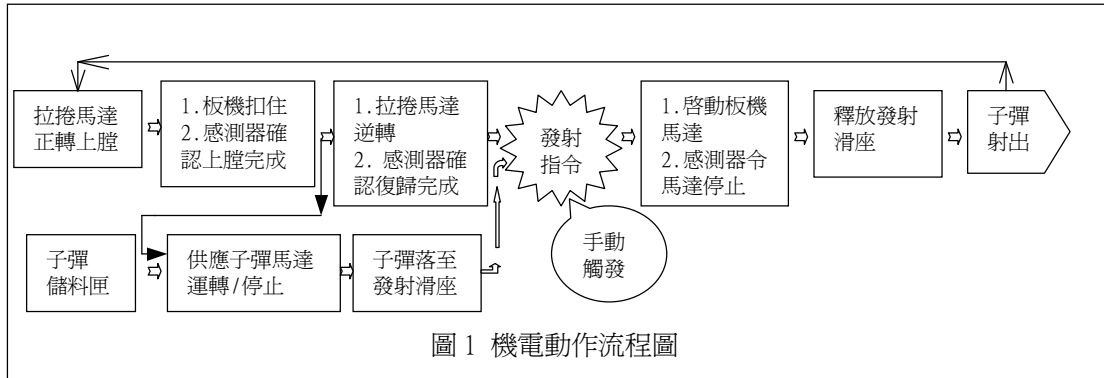
本校共組成五支隊伍參加第三屆全國技專院校創思設計與製作競賽，大部分參賽成員皆自第二屆即參予部分製作與觀賽，因此深入獲得創思設計與競賽之相關知識並引發濃厚興趣，更因上屆參賽晉升前八名決賽後以些微差距而痛失前四名獎項，大家皆以強烈企圖心與必勝決心來參予整個製作過程，完全以如何爭取獎項之心態作為設計製作的思考依據，因而以整個暑假兩個月時間及地震後一個月停課期間來完成整體浩大工程。我們以特殊分工合作的團隊組成來進行創思

設計與製作，將五支隊伍人員整合後再分為彈射機構、越野底盤與機電整合等三大組，每組成員共同研發類似系統再分別創造出五種不同模組，最後再整合成了極精緻的五組競賽機器人；基於以上理由本文亦以相同方式，特別針對全自動彈射系統來作詳細的探討分析。

2. 設計原理與學理分析

2.1 水平彈射與旋轉拋射之機構分析和電控方式（機構設計與電機創意、原理與學理分析）

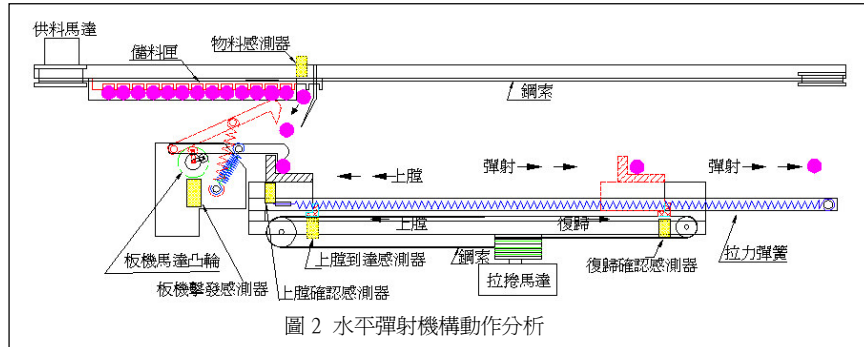
2.1.1 兩種機構之動作與電控方式



電機控制方面則以爭取速度為第一考量重點，全系統除操作者之鍵盤人工觸發外，皆以近接感測器確認動作之完成與步進程序之控制，各馬達之正逆轉則以繼電器之交叉電路獲得；控制器部分直接採用工業用士林 A-2 可程式控制器，取其可靠的特性與節省製作控器之時間，因而著重於硬體電路的應用與控制軟體的開發，再以其具有 24 個輸入接點與 16 個輸出接點，搭配各感測器與輸出接點或繼電器足讓整個系統以閉迴路方式運轉。由圖 1 所示機電動作流程图，系統將機構動作與電機控制完全整合後以並行的順序方式進行。

2.1.2 水平彈射之機構與學理分析

由圖 2 動作分析可見水平滑座之動作原理乃依據古代之弩（俗稱十字弓）類似方式來完成，輔以精密製造之軌道與拉力彈簧獲得極平滑的快速射出運動，採用



完全自動的方式由拉捲馬達牽動水平滑座上膛並扣上板機，再由子彈儲料匣依序供應子彈至發射座，最後等待操作者的鍵盤觸發命令發射動作，而將子彈快速飛射彈出。子彈飛射彈出之動力源自拉力彈簧，為符合比賽場地規則，使用子彈重量 16g 以趨近水平軌跡拋射 75cm 遠，加速距離為 35cm 長，彈簧前段預拉距離 25cm 長，以彈簧係數 $k=17\text{kg/m}$ 得 $F=kx$ $F=17\text{kg/m} \times 35\text{cm} \approx 6\text{kgf}$ ，扣除摩擦力實際約為 5.5kgf，最後以約 60m/sec 的速度水平拋出。其中拉捲馬達因需負擔 6kgf 以上拉力，利用報廢的汽車電動窗馬達，其經減速後之鋼索輸出有 9kgf 出力，恰可符合以上需求。

2.1.3 旋轉拋射之機構與學理分析

由圖 3 之動作分析可見旋轉拋射之動作原理乃依據古代武器拋石器類似方式來完成，再利用關節軸承組成旋轉機構與拉力彈簧來獲得快速的拋出運動，採用完全自動的方式由拉捲馬達牽動旋轉關節上膛並扣上板機，再由子彈儲料匣依序供應子彈至發射座，最後等待操作者的鍵盤觸發命令發射動作，而將子彈快速飛射彈出。以關節軸承成之拋射機構，結構簡單又具極佳的鋼性與可靠性。

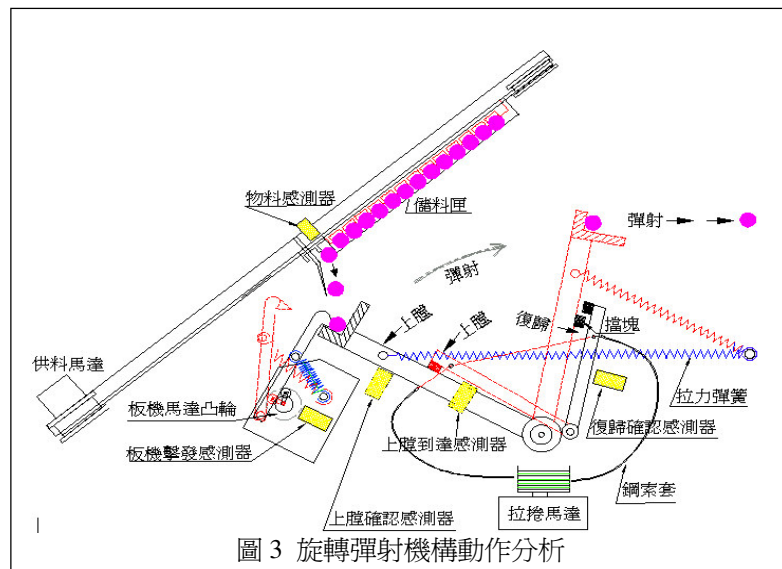


圖 3 旋轉彈射機構動作分析

旋轉關節之運動由拉力彈簧提供動力，由釋放板機至遇擋塊旋轉約 90° 將子彈拋出，以彈簧係數 $k=25\text{kg/m}$ ，最後以約 50m/sec 的速度在旋轉軸切線向水平拋出。其中拉捲馬達與水平彈射系統使用相同型式，拉力彈簧則因整組運動體之質量較大，採用較大之彈簧係數。

2.2 水平彈射與旋轉拋射之機械設計、電路設計與軟體設計

2.2.1 水平彈射之機械設計

利用電腦實體模型設計出圖 4 設計圖，水平滑座以角鋁構成長方形固定架，再以滾珠軸承支撐四個角並自由滑動於精密槽軌之中，子彈承載座則裝設於滑座上方；拉捲馬達裝置於滑座下方，以兩組滑輪及鋼索構成往返運動來達到上膛之目的；板機則以減速馬達外裝凸輪，轉動後即將板機翹起而釋放滑座；子彈為達到飛射時之慣量與到達目標之環繞力，以及方便置放於儲料卡夾缺口，使用圓鋁並車削凹槽置放於線狀子彈之兩端點，另外為達到封閉之圈套，則利用三組黏扣帶縫至於線上來達成；子彈儲料匣則於 L 型鋁上切削成規則缺口，共可容納 16 發子彈，並由子彈供應馬達帶動鋼索，依序將子彈送至發射滑座上；而為達到兩種高低發射位置，則於整座發射台約略中央位置上裝設旋轉支點，再於發射座前方裝設升降馬達，以鋼索滑輪組帶動整組發射台的不同傾斜角度。

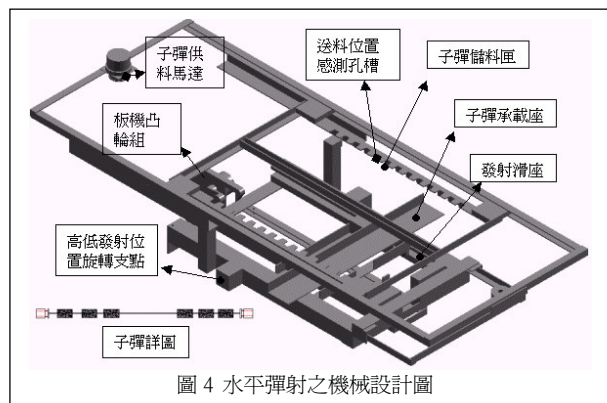


圖 4 水平彈射之機械設計圖

2.2.2 旋轉拋射之機械設計

利用電腦實體模型設計出圖 5 設計圖，旋轉拋射座以口鋁構成長方形固定架，利用關節軸承固定到機架當為旋轉中心，子彈承載座則裝設於拋射座之正上方；拉捲馬達裝置於滑座下方，以兩組鋼索套帶動上膛旋轉驅動架產生往返旋轉來達到上膛之目的；板機使用與水平彈射台相同方式來釋放滑座；子彈、送料與發射傾斜角度控制均採用



圖 5 旋轉拋射之機械設計圖

類似水平彈射之方式。

2.2.3 共用之電路設計

參閱圖 6 之電路設計圖，其中電機控制部分直接使用工業用士林電機 FX0N 可程式控制器(PLC)，具有 40 個 I/O 接點又可使用 24V 直流電源，搭配電視遊樂器鍵盤、手動儲料鍵盤與各感測器及輸出驅動裝置，方便理想又可靠；市購電視遊樂器鍵盤經改裝將鍵盤電路板每個按鍵接點重新焊接並連接 PLC 之各輸入點，手動儲料鍵盤因僅填料時使用故直接以萬用電路板組成固定於機台上，感測器包含物料位置感測、板機擊發感測、上膛到達感測、上膛確認感測與復歸確認感測等分別連接至 PLC 之各輸入點；輸出拉捲馬達，馬達與送料馬達因需正逆轉且電流量較大(拉捲馬達耗流 4.5A)，以繼電器之交叉電路取得相反兩種正負供電，板機馬達只耗 0.5A 且單向轉動故可直接使用 PLC 之輸出接點。

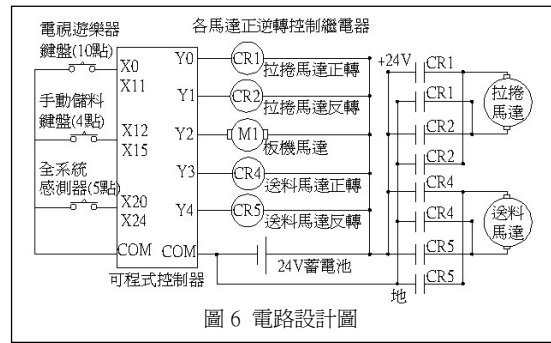


圖 6 電路設計圖

2.2.4 共用之可程式控制器軟體設計

本控制器之軟體設計使用步進狀態遷移圖 SFC(Sequential Function Chart)方式來完成，亦即如圖 7 所示利用 SFC 圖將機械動作以流程圖形式來表現，再依此流程圖轉化為 PLC 提供的 STL 程式指令來分別處理各步驟的動作，因而掌控正確流程邏輯即可得獲精確機械動作；控制流程主要分為手動儲料、滑座上膛、子彈送料與板機觸發等四個步驟，於比賽出發前以手動操控儲料動作後即等待發射時機準備將滑座自動上膛，在上膛過程中同時並進分歧處理子彈自動送料動作，之後再合併確認前兩項動作之完成，而執行等待預備發射指令之下達，發射若未達理想則返回再準備上膛之程式流程，整個程式控制流程以全自動閉迴路方式構成，操控人員只需等待壓下發射指令即可完成任務；另外特別提出一項在本系統之軟體控制上之創意方式，亦即為達到每次自動送出一發子彈，將儲料匣之感測孔槽製成線性編碼器，搭配進接感測器偵測位置，軟體控制部分則取其微分信號達到控制之目的。

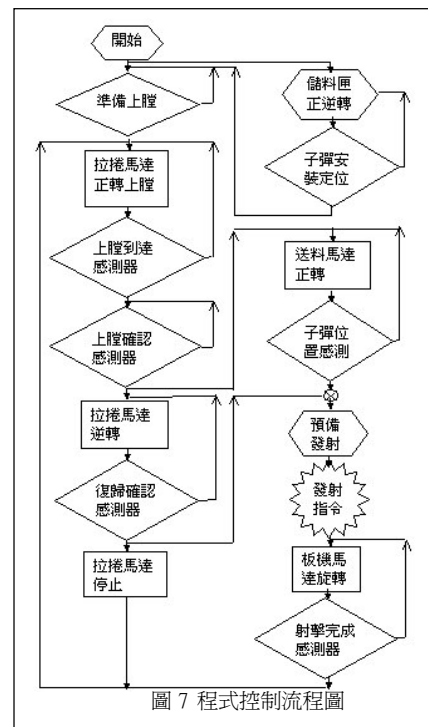


圖 7 程式控制流程圖

2.3 創意靈巧的電視遊樂器人機介面

其實本系統中各部分組成皆包含極豐富的創意構思，僅就公認最具創意靈巧的利用電視遊樂器當人機介面做一闡述。數位參賽成員極熱愛電玩並熟悉如圖 8 之電視遊樂器操控器，因而將其直接移植至本機器人之人機介面，同時亦為本校獲勝的關鍵之一；又 PLC 控制器部分因具多點及耗電流低之輸入條件，將操控器電路板每個按鍵接點分別焊接連接線，再以多蕊電纜線連結至控制器，終而以小巧玲瓏又五臟俱全的操控器來控制整部機器之運轉，其中各按鍵所賦予之功能請詳見圖 8 說明，駕駛機器人比玩電視遊器有更實在之感覺，達到人機完全融合為一體而操控自如。

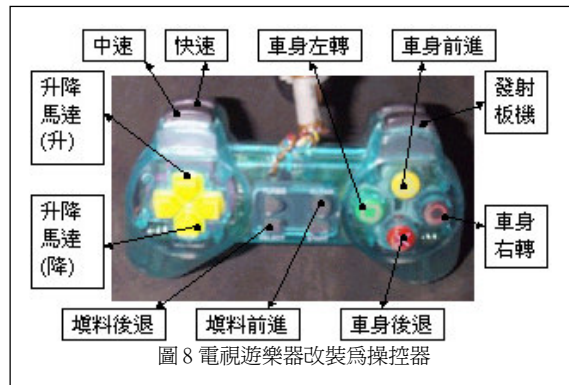


圖 8 電視遊樂器改裝為操控器

3. 製作測試與改進過程

本專題研究在製作之前即先以實體模型 Solid Edge 及 AutoCad 軟體來進行機械設計，盡量將機構動作與零組件設計於電腦上做完善的規劃，實際製作大部分按照設計圖施工，因此基本架構僅一次施工即完成而未再做大幅度修改；主要的測試與改進皆針對拋射強度與子彈型式來處理，子彈兩端的重量、總長度、繩索材質粗細與粘扣帶長度等全部皆為變數，同時直接影響拋射強度之需求，拋射強度則需改變上膛距離或旋轉角度以及更改彈簧係數；因此花了極長的測試時間來尋出最佳物理特性，主變數盡量鎖定於子彈型式與彈簧係數之大小，

4. 研究結果與討論

以上敘述的兩種彈射系統，經研究測試結果完全獲得預期之功能，在本校之隊伍中由邪惡家族隊使用水平彈射系統，另兩隊伍 Super Mc Gwire 和歐瑪則使用旋轉拋射系統，以下為該兩種成品之結果與其優缺討論。

4.1 水平彈射系統成品

本系統成品於圖 9 中可見子彈充填待發的情形，而實際裝設於整部機器人之側視圖則詳見於圖 10，照片取景

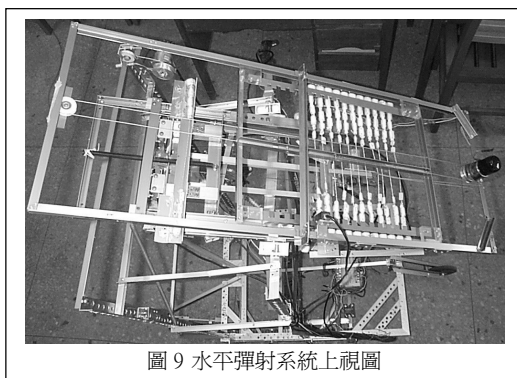


圖 9 水平彈射系統上視圖

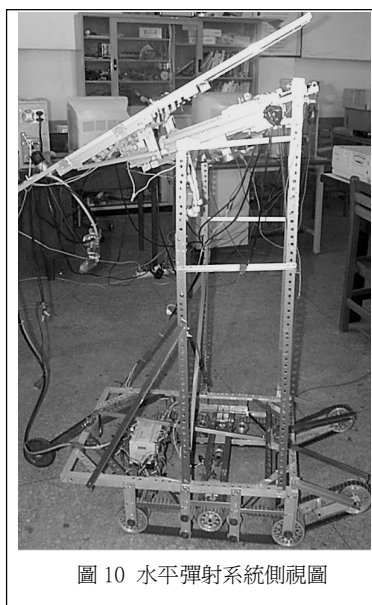


圖 10 水平彈射系統側視圖

在上傾角發射位置，於圖 9 亦可見上下傾角之馬達升降機構。

4.2 旋轉拋射系統成品

於圖 11 中可見本系統上膛待發裝設於機器人之側視圖，對稱結構造型美觀、重心貼地性能穩定，另於圖 12 系統前視圖可見子彈裝設情形、自動儲料匣、改裝操控器與置於低重心的拉捲馬達等。

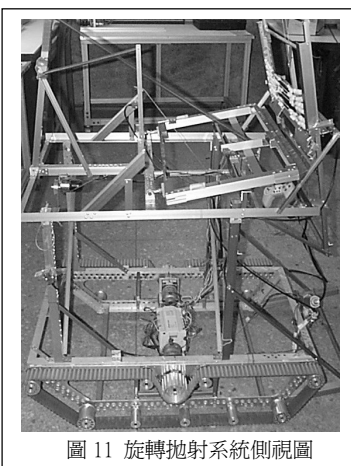


圖 11 旋轉拋射系統側視圖

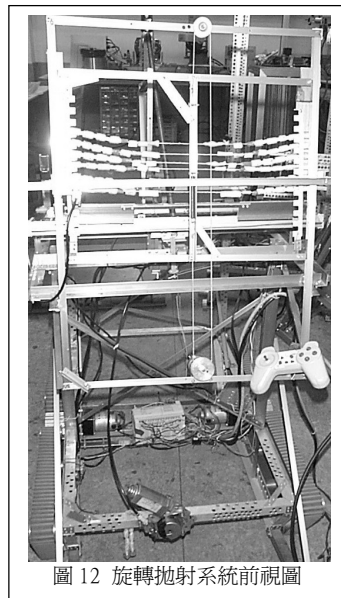


圖 12 旋轉拋射系統前視圖

4.3 研究心得與討論

本研究之兩種類似系統各有其特色，在水平彈射系統方面製作上因需精密滑軌而較不易達成，然其拋射特性即穩定又易掌控，在練習過程中各機構動作也很少出問題，確為一理想又完美之作品，但因策略與時間因素祇製造一座系統，實為美中不足之處；在旋轉拋射系統方面則機構簡單製造容易，而其切線拋出之拋射特性變異數較多，因而降低命中率導致影響比賽結果。

5. 結論與建議

本校隊伍以分工合作的團隊方式分為彈射機構、越野底盤與機電整合等三大組來進行創思設計與製作，終而整合成了極精緻的五組競賽機器人，最後比賽結果由邪惡家族隊利用水平彈射系統榮獲第四名獎項、Super Mc Gwire 隊利用旋轉拋射系統晉登前八強以及另一歐瑪隊利用旋轉拋射系統則因送料匣卡住而無法晉級，整體而言本研究之整體機構設計與機電整合確實達到完美的搭配；在爭取獲勝關鍵的策略考量上注重整體運轉速度、可靠度、全自動上膛添料及以人工單鍵觸發發射等，確實都發揮了快速之功能；在製作成品之品質要求符合工業級產品等級，以精密製造方式組裝機械結構及模組化電控電路等，也讓可靠度充分表現。故可獲得「以比賽目的而設計之創意構思，利用極精緻的方式產生作品，因而建立極佳的專題製作模式」的結論。

對比賽單位的建議：希望增加參賽學生名額至四至五位成員，如果要以精緻方式創思設計製造，過去僅以三位同學組隊確有人力不足之處，更何況未來比賽規則中挑戰內容或有更多樣化之趨勢，僅盼稍作考量。

誌謝

感謝主辦教育部、贊助財團法人 TDK 文教基金會和承辦雲林科技大學等單位相關人員的付出，讓我們師生有此機會參與此創思設計與製作競賽之盛會，藉此機會針對專題製作再一次深入探討研究；在製作過程中，感謝本校董事會、校長、科主任和同仁們的全力支持配合，尤其本科樊漢台老師和林耀章老師不辭辛勞指導學生投注於精密加工與機構研發，以及 20 位參賽同學抱著必勝決心勇往直前埋頭苦幹，更是由衷感激。

參考文獻

1. 黎文龍，「機電整合技術教育在專科學校實施之可行性研究」，台北技術學院學報，第 30 卷，第 2 期，民 86 年 9 月，第 17-30 頁。
2. 曹昭陽譯，電動馬達與控制，五南圖書公司，台北(1999)。
3. 葛世偉、吳鴻志，可程式控制器應用，全華圖書公司，台北(1996)。
4. 郭興家、邱弘興，機電整合，高立圖書公司，台北(1997)。
5. 陳天青、廖信德、戴任詔，電動機控制，台北(1998)。
6. 張保隆、陳文賢、蔣明晃、姜齊、盧昆宏、王瑞琛，生產管理，華泰書局，台北（1997）。
7. 洪榮昭，「日本技職教育專題製作中之創意發展」，人力資源發展月刊，第 124 期，民 86 年 12 月，第 3-11 頁。
8. 吳育昇，「創造性問題解決教學應用於機械職類專題製作的探討」，機械技術雜誌，第 178 期，民 88 年 12 月，第 104-111 頁。
9. 王繼正，「工專學校專題製作的教學評量」，技術及職業教育，第 43 期，民 87 年 2 月，第 57-59 頁。
10. 李宗禮，「競賽用創意機器人之研製」，南開學報，第 4 期，民 88 年 5 月，第 1-6 頁。