

省油車之研製

潘仁健 蘇溫禧 楊江益

國立宜蘭技術學院農業機械工程系

摘 要

隨著經濟繁榮、工商進步，國內汽車數量日益增多。汽車工業直接或間接帶動經濟的繁榮，但也帶來了能源的危機。省油車輛的開發雖無法解決能源危機的問題，但卻能帶給科學家們更多的時間找尋或開發新的能源。

進年來中華民國自動機工程學會藉著超級省油車競賽，鼓動全國大專學生動手實作的風潮，使我國手腦並用的理工教育得以培養，進而激發學生對能源及環保的關懷，以及未來獻身車輛工業的抱負，這也是本省油車輛研製的主要目標。

關鍵詞：省油、車輛、能源、環保

Development of Low Fuel Consumption Vehicle

Jen-Chien Pan Wen-Hsi Su Chiang-Yi Yang

Department of Agricultural Machinery Engineering, National Ilan Institute of Technology

Abstract

Following swift economics development, industry and business is brisk. The automobile keeps increasing. Automobile industry promotes the economics, but it also causes energy crisis. The development of low fuel consumption vehicles can bring the scientists more time to find new energy resources, even though it can not solve the problem of the decreasing of energy resources.

Recently, a competition for super-low fuel consumption vehicles was held every year. The event is intended to encourage students to combine hands-on work with theoretical study, making them more prepared for work in industry after graduation. At the same time, the fuel saving theme is intended to heighten the students' environmental awareness. It is also the object of this study.

Key Words: Low Fuel Consumption, Vehicle, Energy, Environmental Protection

一、前言

據車輛公會統計資料顯示，我國近年來之汽車年產量約 40 萬台，整體汽車產業年產值達 4,100 億元新台幣左右。由於車輛產業關聯性龐大，其發展同時涉及鋼鐵、塑膠、電子、化工等相關產業，汽車工業直接或間接帶動經濟的繁榮，但也帶來了能源的危機。省油車輛的開發雖無法解決能源危機的問題，但卻能帶給科學家們更多的時間找尋或開發新的能源[1]。政府相關單位及中華民國自動機工程學會為喚起產、官、學界對「能源」及「環保」的重視，遂於每年三、四月間於三陽工業新竹交通安全駕駛訓練中心舉辦「超級省油車競賽」，至今已六屆，以期能激發並培養優秀人材獻身車輛工業。進而促使台灣汽車工業的發展能在學校教育單位和產業界的關注培育及熱心參與之下成長茁壯。

二、引擎

本研究研製之省油車，主要針對中華民國自動機工程學會為大專學生舉辦之「省油車大賽」而設計，其比賽的規則十分簡單，每部車須要在 30 分鐘內繞行 400 公尺的田徑跑道場 25 圈，完成全程 10 公里的比賽，也就是說只要平均時速在每小時 20 公里以上，並能在規定時間內跑完全程的車輛，便是大會認可的省油車輛，即具有與其他車輛比賽耗油率的資格。省油車的設計基本上是一個典型最佳化設計的問題。省油車設計的成功，引擎的改良及調校、傳動機構的設計、自行製作的工藝水準、車手臨場的駕駛技術等等，都是十分重要的因素。由於本研究是首次研製省油車輛，基於經費及累積省油車設計經驗之考量，故暫不考慮材料及引擎改良的問題。而以概念性的層次來討論省油車機械系統之最佳化問題。並將問題簡化為「以“定速行駛”討論影響省油性的因素」以及「以“加速—熄火—加速”的駕駛策略對省油設計的影響」等兩個部份進行討論。本研究研製之省油車其引擎是採用三陽公司所出產的金旺 90cc 型四行程 OHC 機車引擎，其外觀如圖 1 所示，最大排汽量為 85.8cc，最大輸出馬力為 6.12ps/8000rpm，最大輸出扭力為 0.62kg-m/6000rpm。

三、車體製作

車體是轉向系統、車身、汽車引擎及動力傳動系統等各機件的安裝架，其功能必須承載全車重量，支持起步、煞車及轉向時傾斜的反作用力，承受路面不平的衝擊應力等。本研究之車體設計為：前輪輪距 134 公分，前後輪中心距為 185 公分。為簡化車體機構將車輪的位置設計為前二後一，使用之材料為 5cm 之方管鐵材，銲接後的強度能承受 120 公斤以上的總重量，整個車體結構設計圖如圖 2 所示。

圖 2 省油車之車體結構設計圖

轉向機構

轉向系統係由駕駛者控制方向盤，使前輪左右轉向來改變汽車的行駛方向，故轉向系統的控制必須輕巧、靈活、準確，來減輕駕駛者的負擔及增加行駛中的操控性。轉向機構由方向盤、轉向柱、轉向機、轉向連桿等所組成。當轉動方向盤時，帶動轉向柱，將力量傳送到萬向接頭時，經由萬向接頭將力量傳送到轉向機，再由轉向機帶動單臂橫拉桿，經由球頭接桿傳送到四連桿機構上，進而帶動車子之轉動。汽車要能順利轉彎，必須有一瞬時中心做為迴轉中心。圖3為阿克曼原理所構成之轉向幾何。阿克曼梯形連桿如圖3所示，能自動達成角度的變化，使車輛能順利轉向而不產生滑動。[2]

圖3 阿克曼轉向梯形機構

輪胎

本車選用一般腳踏車的標準輪胎，輪胎的外徑為690mm，輪胎內徑為620mm，輪胎寬度為25mm。輪胎的主要功用是做為吸收路面上的震動，而吸收震動的主要方式是受到輪胎的材質、輪胎大小及輪胎表面紋路影響，同時也相對地影響到車子的舒適性及操控性。就某些方面而，輪胎的選擇和阻尼相似，車身重量的考量是第一個要務，若是當輪胎的最大承重比車重小時，則輪胎將失去其應有的功能。

輪胎最主要的構成角度為五個，他們是前趨、外傾、轉向樞軸傾斜、轉向半徑、及前束。考慮到這些角度，它們的目的及功能是很重要的：那一項會影響輪胎的磨損；那些項是可以調整的以及那些項是不可以調整的。在大部份情形，實際的車輪對準調整步驟以前趨角的校正開始，而以前束的校正做結束。

以第一個角度前趨來看，它是一個方向性的控制角度。前趨是從車子的側面望過去時正垂直線(0度)與大王銷中心線間所形成的角度。當心軸支承臂從正垂直方的頂端向後傾斜時，稱為正前趨。如果心軸支承臂為直線上下，則前趨為零。當心軸支承臂從正垂直方的頂端向前傾斜時，稱為負前趨，而為了要克服校正路面隆起的拉力，右輪要有較多的正向前趨，汽車原理的建議角度為2~5度[3]。如圖4所示，本車製作完成後之角度為3度。

圖4 輪胎之前趨角

第二個車輪對準的角度為外傾。它是一種"輪胎磨耗"角度。如果調整不當與廠商規格值差太多或是與車子特定載重量不合時，就會引起輪胎磨耗。除了是一種輪胎磨耗角度外，它也是一種方向控制角度。外傾是車輛頂部向內或向外傾斜。外傾的角度係正垂直線(0度)與從車子端望過去時與車輪所夾之角度。車輪頂部從正垂直線向外側傾斜的角度即稱為正外傾。而車輪頂部從正垂直線向

內側傾斜的角度則稱為負外傾，普通車輛外傾角設計在 0~+1.5 度時則可抵消前軸在載重時，兩端轉向關節向上翹起的趨勢，而減輕輪殼軸及輪胎的磨耗[3]。如圖 5 所示，本車製作完成後之角度為 1.5 度。

圖 5 輪胎之外傾角

第三個車輪對準角度為轉向樞軸傾斜（有時又稱為內傾角）。它是一種方向控制角度且不可調整，轉向樞軸傾斜係球關節在頂部的內外傾斜角度。當轉向樞軸傾斜角設計在 5~10 度之間便可減少主軸銅套之磨損，與減輕轉向操作力[3]。如圖 6 所示，本車製作完成後之角度為 7 度。

圖 6 輪胎之轉向樞軸傾斜

第四個車輪對準角度係指轉向時的前展，係指前輪轉彎時，內輪的轉向角度必須大於外輪的轉向角度，亦即轉彎時內外前輪轉向角度之差。如圖 7 所示，通常約為 3 度[3]，本車製作完成後之兩前輪的轉向角各為 20 度及 23 度，故前展為 3 度。

圖 7 輪胎之前展

第五種即最後一種車輪對準角度為前束。它也是一種輪胎磨耗角度，且從里程數的觀點來看它是最臨界的。百分之九十的輪胎磨耗抱怨都歸因於不正確的前束。前束係指兩前輪前端的距離較後端為小，亦即由車上方看向前輪前、後方胎面中心距離之差。通常約為 2~5 公厘[3]。如圖 8 所示，本車製作完成後為 5 公厘，其功用為抵消由外傾角及滾動阻力所產生的向外旋轉趨勢，減少輪胎所受的路面磨擦，使兩前輪能平行地向前推進。

煞車機構

省油車設計的重點在於「省油」及「環保」，故速度並不是追求的主要目的，也因此本車之煞車機構只是利用變速腳踏車的煞車系統加裝在車輪上而成。

變速箱

變速箱的功能在使引擎在高速運轉下，仍能於相當大的範圍內改變轉速。在變速箱內如果是小齒輪帶動大齒輪時，可以增加扭力或轉動力，同時進行減速。本車變速箱的位置設計在引擎的下方，變速箱採用一、二、三及空檔循環換檔，各檔之減速比為 2.883：1(一檔)、1.647：1(二檔)、1.19：1(三檔)以及 1.0：1(空檔)。

動力傳動系統

當引擎所產生的動力經由變速箱選擇檔數後，由輸出軸將動力傳出至 13 齒的鏈輪，並由鏈條將動力傳到 39 齒的牙盤後帶動後輪前進，因此減速比為 3，此一作法可以使省油車在低檔啟動時具有較大的扭力輸出，並使三檔運轉時，車速不致於太快，車速能控制在 20~40 公里之間。如圖 9 所示，由於本車後輪裝有

單向棘輪，故當引擎所傳出之轉速大於車輪時，其棘輪卡住車輪成為一體，並帶動車輪，造成車子前進。反之，當引擎所傳出之轉速小於車輪時，其棘輪與車輪形成分離狀態，因此車子是以滑行方式移動。本車設計棘輪的主要目的是為了在競賽中能以滑行的方式達到更省油的目的。

圖 8 輪胎之前束

圖 9 棘輪的構造

啟動方式及啟動電路設計

為了在比賽中能爭取更佳的成績，本車採用了熄火滑行的策略。因此必須具備一可靠的啟動裝置，其起動的方式為直流馬達電容啟動式。為了避免啟動馬達在短時間內因多次啟動消耗電瓶內的大量電力，而發電機供應火星塞所剩餘之電力，還來不及對電瓶充電，導致在比賽中發生無法啟動的現象，因此本研究將廠商提供的參考電路由 1 個電瓶修改為 2 個電瓶並聯，其電路圖如圖 10 所示。使省油車在 10 公里的路程上能做 30 次以上的啟動及熄火動作。

安全及環保設計

本研究研製之省油車車體總成如圖 11 所示，前方兩輪，後方一輪，由後輪驅動，底盤距地面為 38 公分，前輪輪距 134 公分，前後輪中心距為 185 公分，重心低伸，不易翻車。駕駛手、車身與引擎及其他傳動機構等經位置調配使其重量平均分佈於三個輪子上。車架之設計能承受行駛的衝擊，而規格及形態均不得有變形發生。主架除了少數由螺栓鎖合外，大多以焊接而成。車上並配有海龍 TC-3，1.7 公斤裝滅火器一只，以防止引擎過熱或電線短路造成火災時，可以馬上予以撲滅。另外車身內外均有熄火開關做為萬一引擎狂車或發生火災時可由駕駛者或車外的救援人員予以熄火，防止爆炸。本車所使用的燃料為不混合機油的無鉛汽油，排氣中鉛化物及碳化物的含量均低於二期環保法規上限值。另外本車使用的排氣管內含有觸媒轉化器，其功用是使排氣中的 CO 與轉化器中的鉑金屬接觸，將其轉化成無害的 CO₂ 和 H₂O，而 NO_x 則與銻金屬接觸，還原成 N₂ 和 O₂，對空氣污染程度較輕。排氣管主要有三個功能：排除廢氣、提高引擎動力和減低排氣噪音。四行程引擎受排氣系統影響甚鉅，大口徑、短排氣管可產生較大的尖峰動力，小口徑，長排氣管則可使中低馬力範圍較廣。因此，如果將四行程引擎排氣管入口端和集氣管組合時可使扭力曲線加寬，而使可調整的變數增多，進而使得中低馬力穩定輸出，而達到省油的效果。

圖 10 省油車的啟動電路

圖 11 省油車車體總成

四、車殼製作

車殼的製作，猶如賦予車子靈魂，使車子呈現出製作者想要表達的感覺。車殼製作的主要目的不外美觀及安全。本研究採用傳統的玻璃纖維(FRP)製作方式製作車殼。一開始先雕塑出車殼之縮小比例黏土模型(1:10)，再以三夾板放大黏土模型於車體上如圖 12 所示。將陶土塗抹於三夾板上約 10cm，以木鎚敲打紮實，接著以鐵絲做為切割器材，如圖 13 所示，將外形完全雕塑出，使陶土之外形同成品一般。待陶土乾硬後，在其表面塗抹一層蠟，跟著將石膏完全抹於陶土模型表層之蠟上。由於石膏乾燥速度很快而且取殼時會因過重而不便，故事先以鐵片取適當距離插於陶土上將石膏分為幾金塊以使石膏取出容易。石膏完全取下後，將其拼湊成車殼，是為陰模。陰模外部塗上一層隔離劑，以便要取出 FRP 殼時 FRP 不會黏著在陰模上。接著將不飽和聚脂樹脂與滑石粉之混合劑塗抹一層於陰模之隔離劑上，將玻璃纖維覆蓋於表面，反覆拍打，使其完全與混合劑接觸，並將空氣排出，在未乾之前在玻璃纖維上方再塗上一層混合劑，使玻璃纖維能被夾於中間，待其硬化後取下車殼。如圖 14 所示，車殼便製作完成。車殼上如有凹凸不平處，可以用汽車補土與汽車補土硬化劑調配之混合劑塗抹補平，並加以研磨及修毛邊。

圖 12 三夾板模型

圖 13 陶土模型

圖 14 FRP 車殼

彩繪上色

完成之 FRP 車殼在上色前先將圖形繪於描圖紙上，再以鉛筆依據描圖紙上的圖形描繪於車殼。色系之調配係見仁見智，本車是採用最鮮艷的配色以手工繪製成火焰形狀，完成後再噴上一層透明漆，成品如圖 15 所示。

圖 15 省油車的外形

五、結果與討論

計算引擎的耗油量，燃料消耗率是非常重要的依據。燃料消耗率是指每單位時間所消耗的油料。至於省油車競賽中的目標函數則為消耗每單位的燃油可行走的公里數，習慣上稱為耗油率，在省油車 10 公里的競賽中，兩者的關係如 (5.1) 所示。

$$t_{\text{avg}} / 2 \dots\dots\dots (5.1)$$

上式中 $\frac{\bar{t}_{\text{avg}}}{2}$ 表耗油率， $\frac{23.9}{\sqrt{24}}$ 表燃料消耗率，其計算方法為如(5.2)式。

表 1 實車試驗之結果

測驗次數	引擎轉速(rpm)	試驗前油量(g)	試驗後油量(g)	消耗油量(g)	耗油率(km/l)
1	1000	1000	909.95	90.05	78.51
2	1500	1000	915.88	84.12	84.04
3	2000	1000	920.75	79.25	89.21
4	2200	1000	916.40	83.60	84.57
5	2500	1000	918.12	81.88	86.34
平均值	1840	1000	916.22	83.7	84.53

$$\pm \frac{23.9}{\sqrt{24}} = (A-B)/d \dots\dots\dots (5.2)$$

其中，d 為汽油比重，其值約為 0.707（視當日氣溫而定），A 為汽油原重、B 為跑完全程 10 公里後油重。

在定速行駛狀況下 (5.1) 式可以改寫為 (5.3) 式。

$$\sqrt{v} \dots\dots\dots (5.3)$$

其中 \sqrt{v} 是省油車定速行駛的速度。

首先討論「以“定速行駛”討論影響省油性的因素」本車經由不熄火滑行、連續行駛 10 公里的實車測試，得到如表 1 的結果。平均的耗油率為 1 公升能跑 84.53 公里。5 次試驗值有接近 8 公里的標準差。造成此一結果的原因除了在校園試驗時之路面凹凸不平加上學生走動難以定速外，其另一個重要的涵義是：與其花費大量精力企圖進一步探討車速、車重與風阻之間的關係，不如將引擎做適當的調較後，改以其他方式進行省油車競賽中省油策略的研擬。但由試驗數據假設本車的耗油率優於 1 公升能跑 78 公里應為合理。

接著討論「以”加速—熄火—加速”的駕駛策略對省油設計的影響」。將比賽中的四百公尺跑道分成兩個半圈，每個半圈是一個“加速—熄火”或“熄火—加速”的過程。熄火滑行的末速率等於下一次“加速—熄火”過程的初速率。本車於 1997 年三月三十日參加中華民國自動機工程學會在三陽工業新竹交通安全駕駛訓練中心所舉辦的超級省油車競賽中，以“加速—熄火—加速”模式進行比賽，結果跑出 1 公升 106.36 公里的成績，此一結果與定速試驗之 78 公里相較，1 公升多跑了 28 公里，提升了約 36% 的耗油率，這個結果顯示：若不考慮材料及引擎改良的問題，以”加速—熄火—加速”模式進行省油車耗油率的提昇，其結果較之引擎調校為佳。本車並在當日競賽中，外形設計獲得全國第七名的佳績。

六、結論

省油車輛的開發雖無法解決能源危機的問題，但卻能帶給科學家們更多的時間找尋或開發新的能源。並可藉由省油車的研製，鼓動學生動手實作的風潮，使手腦並用的理工教育得以培養，進而激發學生對能源及環保的關懷。

謝誌

本車在研製期間，承學生許正儀、李汪銳、李明勳、廖滋勇、楊正祿、周輝凱、黃裕翔等之積極參與，在此一併誌謝。

參考文獻

1. 黃重球(1998)，「車輛工業與車輛檢測技術的未來發展」，車輛研測資訊，第 1-3 頁，財團法人車輛研究測試中心，新竹。
2. 張洪欣(1991)，汽車設計，第 367-370 頁，科技圖書股份有限公司，台北。
3. 邱澄彬(1987)，汽車原理，第 96-106 頁，三民書局。

87 年 6 月 25 日 收稿

87 年 10 月 29 日 接受