

以 ECU 調整進行車輛省油的設計探討

Investigation on the Adjustment of Engine ECU to Improve the Fuel Consumption

高偉倫¹、林冠儒¹、巫昶泰²、盧昭暉³

¹ 國立中興大學機械工程學系(學士生)

² 國立中興大學機械工程學所(碩士生)

³ 國立中興大學機械工程學系(副教授)

Wei-Lun Kao, Guan-Ru Lin, Chang-Tai Wu, Jau -Huail Lu

Department of Mechanical Engineering, National Chung Hsing University

¹E-mail: t155387@yahoo.com.tw

摘要

現今國內主流的機車都已改用電子燃油噴射控制系統來取代傳統化油器，進而以穩定的空燃比控制、良好的點火正時控制，來達到車輛省油的目的。本文主要進行機車噴射引擎 ECU 調校，以達到省油的目的。本研究使用國內宏達公司所開發的 ECU，針對第十九屆超級環保車大賽所指定用引擎進行調教，以程式化的控制軟體分別進行以空燃比、點火提前角以及噴油暫停為主要調教參數進行各項實驗分析並探討之。

引擎經參數調教後，本研究可藉由噴油暫停 20% 的供油模式下，提高約 6.6% 的油耗表現。並實車測試本屆省油車可於噴油暫停 20% 的供油模式下正常行駛。

本文並將原廠汽缸頭的燃燒室進行銷薄加工，增加壓縮比，從原來的 12.3 提高為 14.0，以提高引擎熱效率，實測結果發現可以提高約 15% 的油耗表現。

關鍵詞：超級環保車大賽、噴射引擎、ECU、噴油暫停

Abstract

Nowadays, in order to save the fuel consumption, many motorcycle engines have already adopted the electronic fuel injection system (EFI) to replace original carburetor. This paper used ECU which was developed by HOEDAR Company to adjust A/F, ignition timing, injection skip, injection impulse width and the map of angle of ignition advance to improve the fuel consumption.

After adjusting these parameters, the fuel consumption can be improved 6.6% in idle condition and 20% in real road test. The engine can run smoothly with injection skip as high as 20%. In order to improve engine thermal efficiency, the compression ratio was raised from the original value of 12.3 to 14.0 by cutting a thin layer out of the head of combustion chamber. Finally, we improved 15% of fuel consumption performance by increasing the compression ratio.

Keywords: Super mileage, ECU, Injection skip, Fuel injection engine

1. 前言

近年來，科學家紛紛警告全人類，若我們依舊如此過度開採自然資源、如此毫無節制的浪費資源，那麼人類終將無資源可用。有鑑於地球能源的快速耗竭，其中石油能源大量被人類使用，消耗速度之驚人，過去三年來油價更是水漲船高。在這個高油價的時代，全球各大汽車廠雖然已紛紛推出其各家廠牌的電動車、油電混合車，但皆礙於現今人類對於電池技術的發展無法有大幅度的突破，所以各界對於如何省油以及如何提高油耗表現這些議題就得格外的重視，如果同樣的油料耗費可以讓車子跑得更遠，那對石油消耗勢必會有減緩的效果！

中華民國自動機工程學會每年都會舉辦「超級省油車」競賽，開放各大專院校相關科系組隊參加，從民國八十一年第一屆比賽開始，今年(民國一百年)已完成第十九屆比賽，每年都吸引二十支以上的車隊參加，堪稱是國內規模最大的車輛競賽活動。

車輛省油的要素很多，如車殼的外型必須盡量保持流線型，以降低風阻。車輛整體的重量則必須越輕越好，以降低路阻，而車殼又必須夠堅固，以保護駕駛，大部分的車隊都是以玻璃纖維或碳纖維來製作車殼。

傳動方面，除了減少傳動次數，再者就是提高傳動效率，以減少引擎輸出能量的散失，本屆省油車採用兩段傳動機構，分別為前段齒輪比搭配後段鏈輪比，但其中最關鍵的一項技術就是引擎調校技術。

本校於本屆開始與宏達機車有限公司合作，本文將以宏達公司所開發之 ECU 進行對引擎調教的技術分析，並藉由 ECU 控制引擎來減少燃油消耗，達到省油之目的，下文中討論各種不同情況下的油耗表現以及對 ECU 控制之方法，及尚待改進之處，並作為後續車隊的參考。

2. ECU 介紹

本實驗之引擎控制單元使用宏達公司所開發之控制系統，藉由控制軟體的調教與實驗分析來提高引擎效率，達到引擎省油之目的。

本次實驗噴射系統之硬體部分皆以原廠為基礎進行改裝，因為原廠的設計將節氣門位置感知器(Throttle Position Sensor, TPS)、歧管壓力感知器(Manifold Absolute Pressure, MAP)、歧管溫度感知器(Manifold Absolute Temperature, MAT)和 ECU 製成一封閉的模組，並直接鎖上節流閥體，因此無法直接利用原廠的感知器。故將原廠 ECU 拆除，並於節流閥及進氣歧管裝上歧管壓力感知器，如圖 1 所示。



圖 1 節流閥體

宏達 ECU 內部設定有多種參數可供調整，可分為怠速供油設定、行進間供油設定、怠速與行進間空燃比設定、點火提前角設定(點火角度亦可分為低、中與高段轉速進行分段調整)、加減速供油補償、啟動溫度補償、啟動油量補償、電瓶電壓補償、閉迴路控制修正速度……等，本研究藉由上述等控制參數對引擎調教後進行實車測試，經多次實驗與測試，達到引擎省油性之最佳化設定，其操作介面如圖 2 所示。



圖 2 控制介面

其中空燃比可依不同的引擎轉速設定目標值，而點火角度則可設定在固定轉速範圍內以固定角度點火，也可選擇內建設定之 3D MAP 模式，此模式是藉由轉速感知器抓取引擎轉速，以及油門開度來對應預設之點火提前角。此外，此 3D MAP 模式更細分為五種模式，可依據不同負載來修正點火提前角。

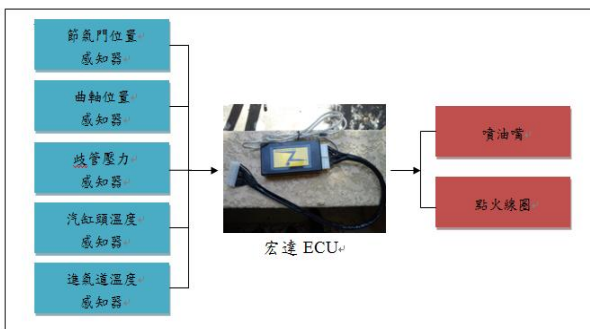


圖 3 引擎控制單元架構圖

3. 引擎規格

本實驗研究用引擎為第十九屆超級環保車大賽指定用引擎，為國內機車大廠光陽公司贊助 Many 50 所搭載的引擎，單缸氣冷式引擎，總排氣量為 49.9 c.c.，最大制動馬力為 4.34PS@8500 rpm，最大扭力為 0.4 kg-m@6500rpm，壓縮比為 12.3：1 其相關規格如圖 4 及表 1 所示：



圖 4 第十九屆超級環保車大賽指定用引擎

表 1 引擎規格表

Engine Specification	
Type	Air Forced Cooling 4 Cycle 1 cyln
Bore × Stroke	38mm × 44mm
Displacement	49.9cm
Compression Ratio	12.3±0.2
Max Power	4.34PS/8500rpm
Max Torque	0.4 kg-m/6500rpm

4. 主要實驗參數規劃

4.1 固定油門開度下，各空燃比之油耗實驗

本研究首先固定油門開度下，改變空燃比，量測引擎的油耗。其中引擎的狀況為無負載、引擎汽缸頭溫度為 70°C~95°C、引擎轉速 2900rpm 以上固定點火提前角度為 37°。實驗時，空燃比分別控制在 14、14.7、15、16 與 17。

4.2 固定油門開度下，各點火提前角之油耗實驗

引擎點火系統(Ignition system)主要之目的是為了獲得最佳點火角，此外點火角必須提早至活塞上死點之前，但點火角度若提前太多，則引擎勢必會產生爆震的問題，導致引擎無力、耗油，並且排放出大量的一氧化碳和碳氫化合物等廢氣，造成空氣汙染，因此良好的點火角度設定可以有效的提升車輛之省油性。

火星塞點火至最大燃燒壓力所需時間，因引擎空燃比、壓縮比、引擎運轉轉速以及引擎負載等因素而異，故欲使引擎能獲得最大動力輸出，其點火時間必須隨引擎工作情況不同而改變，使其達到最佳化點火的效果。本研究可藉由宏達 ECU 控制軟體設定當引擎怠速時，可調整點火提前角於上死點前 0°~10°。

當引擎運轉轉速較高時，點火須提早，否則燃燒爆炸所產生的壓力無法對活塞產生足夠的推力。

透過宏達 ECU 的控制軟體，本文可由實驗過程中修正各低、中、高段轉速所搭配的點火角度，達到引擎於不同工作轉速下之最佳化點火角度模組。本實驗主要探討本屆省油車於 2800rpm 時離合器咬合後的點火角度，並且比較引擎狀況為無負載時，固定油門開度為 4% 和固定引擎轉速為 4000rpm，點火角度分別為提前 37 度和提前 57 度的油耗表現，此時空燃比控制在 14.7，引擎汽缸頭溫度為 70°C~95°C。

4.3 噴射脈寬與噴射油量之校正

本研究首先進行原廠噴油嘴之校正，這是固定引擎轉速於 3000rpm 之狀態，連續運轉 20 分鐘，噴油脈寬固定 2550μs，並以量杯量測總消耗的汽油體積。然後將引擎轉速固定於 4000rpm 之狀態，連續運轉 10 分鐘，噴油脈寬分別固定在 1800μs，3150μs，以及 3650μs，並以量杯量測總消耗的汽油體積。本文將這四個條件下的噴油脈寬乘上總噴射次數，再除以總消耗的汽油體積，即為每 c.c. 汽油所需要的噴射秒數，而其倒數即為每噴油脈寬(μs)所能噴出的汽油體積。

圖 5 所示為四種不同校正條件下，所獲得噴油脈寬與噴油量的關係，本文再利用這些數據進行線性迴歸分析，可以獲得該噴嘴的特性。

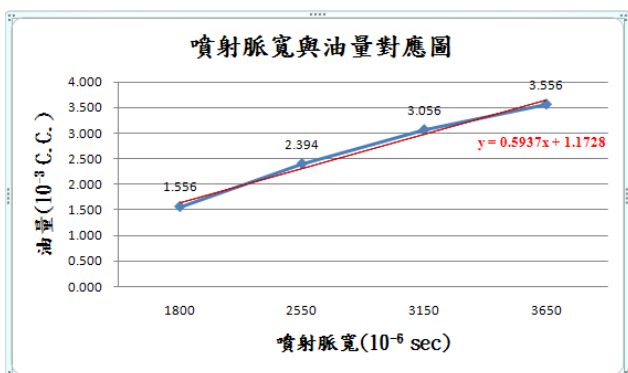


圖 5 噴油脈寬與噴油量的關係

4.4 熄火、怠速滑行與等速行駛之噴射脈寬設定

引擎剛啟動時，缸壁溫度較低，汽油蒸發不良，需要噴較多的油來補償低溫的效應。而引擎熱車以後，缸壁溫度上升，就應該減少補償的噴油量，以降低油耗。表 2 所示為本研究所使用冷、熱車啟動的補償量，其中當引擎溫度低於 29°C，啟動的補償噴油量為 4200μs，而當引擎溫度高於 90°C，啟動的補償噴油量降為 3200μs。

此外，本文將怠速的空燃比設為 14.7，怠速轉速定為 1600 rpm，此時噴油脈寬為 1800μs。而車輛以等速 30km/hr 行駛時，油門開度固定為 11%，噴油脈寬設定為 3150μs。

表 2 各模式下之噴射脈寬

		噴射脈寬(μs)	狀態
啟動補償	冷車	4×4200	空燃比 14.7 冷車溫度 29°C
	熱車	4×3200	空燃比 14.7 熱車溫度 90°C
怠速狀態		1800	空燃比 14.7 怠速轉速 1600 rpm
行駛狀態		3150	空燃比 14.7 引擎轉速 3200 rpm

4.5 間斷性供油

車輛在等速行駛時，引擎的負載很小，油門開度很低，對引擎油耗不利。若能採用間斷性供油模式，即不是每一轉都噴油，則可以提高油門開度，減少進氣損失。

本實驗首先固定油門開度 4%、引擎連續運轉 10 分鐘狀態下，然後改變噴油暫停比例，量測引擎的油耗。其中引擎的狀況為無負載、引擎汽缸頭溫度為 70°C~95°C、引擎轉速 2900rpm 以上固定點火提前角度為 37°。實驗時，噴油暫停比例分別控制在 2%、3.3%、5%、10%、16.6% 與 20%。

噴油暫停為將引擎固定轉速為 3600rpm 時，每分鐘噴射 180 次，故當設定為九噴一不噴的循環下，每分鐘即有 18 次不噴油，本實驗稱之為噴油暫停 10%。

5. 測試方法

本研究在執行不同參數之調教時，可藉由宏達 ECU 之控制軟體，於筆記型電腦上直接進行參數調整，所考慮的參數包括空燃比、點火提前角、噴射脈寬、噴油暫停等。實驗過程中，筆記型電腦一直都保持連線狀態，可隨時監控引擎狀態，以提高實驗準確性。因宏達 ECU 有搭載行車紀錄器，故可於每次實驗結束後，立即讀取當次實驗過程中的紀錄檔進行數據分析與探討。

5.1 熄火、怠速滑行與等速行駛測試方法

(一) 測試車輛之平均動摩擦係數：

在進行熄火、怠速滑行與等速行駛測試實驗前，首先於平緩、無顛簸之柏油路面，量測計算本屆省油車之平均動摩擦係數。測試方法為將車輛平穩加速至速度顯示計顯示為時速 20 公里時放開油門，而滑行至車輛完全停止為止，並由里程計記錄其滑行總距離。

由方程式(1)可知，動量變化量等於摩擦力作功，代入起、末速以及距離即可得本屆省油車之平均動摩擦係數。

$$M(V_{末}^2 - V_{初}^2)/2 = MG\mu S \quad (1)$$

其中 M 為車輛含駕駛總重量(kg)；μ 為平均動摩擦係數；G 為地球重力常數 9.81 m/sec²；S 為滑行總距離(m)。

(二) 熄火、怠速滑行與等速行駛測試

等速行駛車速為時速三十公里；熄火滑行車速亦為時速三十公里，但於時速三十公里時熄火，滑行至車速降至時速二十公里時再次啟動，且以穩定平順的油門加速至時速三十公里，同理怠速滑行模式如熄火滑行所述，但並未熄火。

5.2 油耗計算公式

本實驗用油為台灣中油公司販售的 92 無鉛汽油。油耗之定義如下：

$$\text{油耗} = \frac{\text{行駛距離}}{\text{消耗燃油體積}} \quad (2)$$

由於油耗是以重量差來計算，必須將重量差換為體積差，本文假設汽油的比重為 0.75，計算方式為：

$$\text{燃油體積} = \frac{\text{實驗前後重量差}}{0.75} \quad (3)$$

6. 數據結果與討論

6.1 固定油門開度下(4%)，空燃比之影響

本實驗首先針對宏達 ECU 所給定的空燃比進行驗證，藉由 CO₂、CO、HC 廢氣濃度分析儀和汽機車排氣分析儀(554)量測廢氣中的 O₂、CO₂、CO 和 HC 等氣體於排放廢氣中所各站的的比例，故吾人可將上述參數代入空燃比計算公式計算實際空燃比。

固定引擎轉速為 3000 rpm，給定目標空燃比值為 17.0，實驗中等待至各項數據穩定且無明顯變化時，量測得下列各項數據：O₂ 為 4.2%、CO₂ 為 0.82%、CO 為 11.3%、HC 為 510ppm，並經計算後得實際空燃比為 17.8，顯示設定值與實測值很接近。



圖 6 CO₂、CO、HC 廢氣濃度分析儀

表 3 所示為不同空燃比下的油耗測試結果，其中每一個空燃比都進行五次量測，量測油耗時，引擎帶動後輪旋轉，但後輪懸空，車輛不動。本研究再以里程表紀錄後輪的旋轉圈數，用以計算車輛行走距離。此時引擎的狀況為低負載，引擎的負載只有車輛傳動系統的損耗。

表 3 各空燃比之油耗結果表

空燃比	實驗一油耗 (km/l)	實驗二油耗 (km/l)	實驗三油耗(km/l)	
14	178.85	182.34	169.31	
14.7	179.21	164.85	164.86	
15	166.64	186.76	161.09	
16	162.42	173.78	153.15	
17	173.25	187.03	172.42	
空燃比	實驗四油耗 (km/l)	實驗五油耗 (km/l)	平均油耗 (km/l)	標準差
14	158.03	161.83	170.07	9.39
14.7	169.94	166.12	168.99	5.44
15	162.26	160.14	167.38	9.94
16	163.39	165.07	163.56	6.58
17	175.33	183.68	178.34	5.90

由表 3 可看出空燃比設定對油耗的影響並不大，最好與最差之間相差約 9%，但相同空燃比設定的油耗變異也可達到 9%。但整體來說，在空燃比 16 以下，空燃比增大，油耗變差，而空燃比 17.0 以上，油耗卻有改善，如圖 7 所示。真正的原因目前還不清楚。

由於引擎測試的結果發現空燃比 17.0 的油耗結果最佳，本研究在實車測試上就選定空燃比 17.0 來進行。

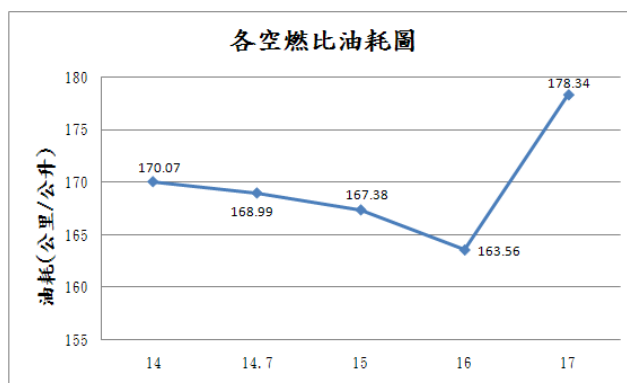


圖 7 各空燃比油耗圖

實車測試主要模擬中華民國自動機工程學會舉辦的「超級省油車」競賽中的競賽方式，進行 30 分鐘內車輛須行駛距離 11.824 公里，本研究實車測試地點位於大台中太平市太原路三段上之平面停車場，如圖 7 所示。



圖 7 實車測試圖

實驗結束後並以量杯量測其油耗，其油耗量測公式分別依照方程式(2)和方程式(3)計算求得。

實車測試中，駕駛需以穩定且平順的加速方式控制油門，加速至車速達時速 30km/hr 後直接放開油門，採取怠速滑行策略至車速降低為時速 20km/hr 後再次加速至時速 30km/hr，爾後之駕控策略為反覆上述動作直到實驗結束，其中主要以通過彎道區時採取怠速滑行，若車輛轉彎車速過快時，離心力大於摩擦力，則易產生輪胎與地面的打滑現象，所以彎道時以滑行模式避免因打滑現象而造成車輛不穩定行駛及不利駕駛操控的情況發生。

實測參數以固定油門開度約為 11%、空燃比目標值為 17.0、引擎汽缸頭溫度為 80°C~110°C、引擎轉速 2900rpm 以上固定點火提前角度為 37°。各實車測試油耗結果如下表所示：

表 4 實車測試油耗結果表

實驗一油耗 (km/l)	實驗二油耗 (km/l)	實驗三油耗 (km/l)	
123.35	117.18	126.51	
實驗四油耗 (km/l)	實驗五油耗 (km/l)	平均油耗 (km/l)	標準差
163.94	156.1	121.87	3.45

比較表 3 與表 4 的數據可發現，在平面停車場上的實測油耗較後輪懸空，車輛不動的情況高，油耗相差約為 32%(121.9 km/l/178.3 km/l)，這代表實際路面的阻力與車輛傳動阻力的差異。由於實際路面的阻力較大，在相同空燃比之下，實際路面的油耗較高。

6.2 定油門開度(4%)，點火提前角之影響

表 5 所示為不同點火提前角度下的油耗測試結果，其中每一個點火提前角度都進行五次實驗，量測油耗時，引擎帶動後輪旋轉，但後輪懸空，車輛不動，測試程序與表 3 相同。

表 5 各點火提前角油耗結果

點火提前角	實驗一油耗 (km/l)	實驗二油耗 (km/l)	實驗三油耗 (km/l)
-37°	169.94	166.12	164.86
-57°	177.91	194.82	188.14
點火提前角	平均油耗 (km/l)	標準差	
-37°	166.97	2.16	
-57°	186.96	6.95	

由表 5 可看出，雖然 57°時之油耗不是很穩定，變異較大，但 57°時之油耗表現都較 37°時來的佳。本研究發現在相同的油門開度下，當點火提前角由 37°提高至 57°時，引擎轉速由 3600 rpm 提高至 4600 rpm，提高近一千轉，則單位時間內所行走之距離較長。又實驗結果呈現兩種點火提前角之間的耗油量卻相差甚小，故當點火提前角為 57°時之油耗表現較 37°時來的佳。

雖然引擎轉速提高，其噴射次數增加，耗油量應較多，但於實驗中觀察發現點火提前角為 57°時其單位噴射脈寬較 37°時來的小，故耗油量相差甚小。

6.3 定油門開度(4%)，間斷性供油之影響

表 6 所示為不同噴油暫停比例下的油耗測試結果，其中每一項噴油暫停比例都進行五次實驗，量測油耗時，引擎帶動後輪旋轉，但後輪懸空，車輛不動，測試程序與表 3 相同。

表 6 各間斷性供油之油耗結果表

噴油暫停	平均油耗 (km/l)	標準差	引擎轉速 (rpm)
0%	168.99	5.44	3710
2%	166.06	9.75	3920
3.3%	168.22	8.41	3847
5%	171.35	7.57	3865
10%	163.13	11.76	3780
16.7%	168.71	3.81	3650
20%	180.18	6.12	3527

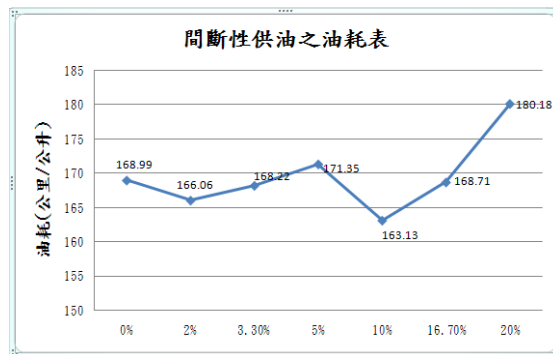


圖 9 各間斷性供油油耗圖

理論上，油耗表現應與噴射暫停比例成正相關。但於本實驗中發現，噴油暫停 10%時，引擎運轉較不穩定，實驗後觀察行車記錄資料，發現其引擎運轉曲線明顯上下震盪，如圖 10 所示。圖中同時顯示空燃比的變化，由圖可看出空燃比上下跳動，其數值介於 12.0~17.3 之間，藍色的曲線代表空燃比數值小於 14.7，紅色的曲線代表空燃比數值大於 14.7，其中應為噴嘴不噴油時，汽缸內因壁濕效應所揮發的油氣不足以產生爆炸，受引擎慣性力影響較大所造成動力不連續。

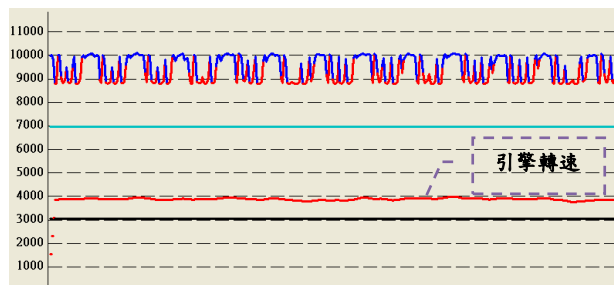


圖 10 噴油暫停 10%之引擎運轉輸出圖

雖然引擎於噴油暫停 20% 下運轉時亦有噴嘴不噴油時，汽缸內因壁濕效應所揮發的油氣不足以產生爆炸，但由實驗結果和行車紀錄圖比較之下，引擎於噴油暫停 20% 模式下引擎運轉轉速擁有較佳的穩定性，無明顯引擎轉速因引擎慣性力影響所造成的轉速不連續，進而導致動力不連續，如圖 11 所示：

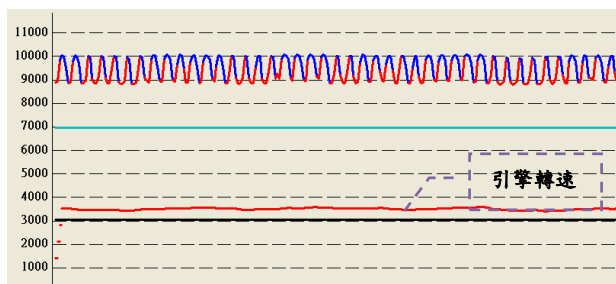


圖 11 噴油暫停 20% 之引擎運轉輸出圖

6.4 熄火、怠速滑行與等速行駛數據結果

(一) 車輛之平均動摩擦係數

經實車測試後，本屆省油車於固定油門開度 10% 下 (引擎轉速約 3200rpm)，從零加速至時速三十公里之距離約為九十公尺；從時速二十公里加速至時速三十公里之距離約為四十五公尺。而由時速三十公里滑行降至時速二十公里之距離約為一百三十公尺；滑行時間約為二十二秒。將上述量測時速三十公里滑行至時速二十公里之距離代入方程式(1)，即可得本屆車輛怠速滑行時的平均動摩擦係數為 0.013。

同理可得本屆車輛起步加速時的平均動摩擦係數為 0.039，約為怠速滑行時的 3 倍。

$$T = [r \times (Ma + R)] / GR \quad (4)$$

其中 T 為引擎平均輸出扭力 (m-N)；r 為後輪半徑；GR 為減速比；a 為車輛平均加速度；M 為車輛含駕駛總重量 (kg)；R 為行車阻力。

再由方程式(4)可以計算出加速時，引擎輸出的平均扭力為 2.26(m-N)，即 0.23 (kg-m)。

(二) 熄火、怠速滑行與等速行駛之比較

以下為於相同空燃比下，熄火、怠速滑行與等速行駛之總噴射脈寬，並進行比較。

表 7 各行駛模式下總噴射脈寬(μs)比較

	滑行區	時速 20 至時速 30	總噴射脈寬
怠速滑行	528000	648144	1176144
等速行駛	1310400	453600	1764000
熄火滑行	0	667000	667000

由上表，吾人發現若車輛保持等速行駛的耗油量明顯較怠速滑行或是熄火滑行來的較多，約為 2.44 倍。

雖然本實驗於不影響引擎穩定運轉下，盡可能減少怠速運轉時的噴射脈寬，以減少耗油量，但於本次實驗中其熄火滑行後加速與怠速滑行後加速之單次總噴射脈寬仍然相差約 1.8 倍。實車測試如表四所述，但為了比較熄火滑行與怠速滑行的油耗差別，故於本實驗中將怠速滑行改為熄火滑行。實測參數以固定油門開度約為 11%、空燃比目標值為 17.0、引擎汽缸頭溫度為 80°C~110°C、引擎轉速 2900rpm 以上固定點火提前角度為 37°。各實車測試油耗結果如下表所示：

表 8 實車測試油耗結果表

實驗一油耗 (km/l)	實驗二油耗 (km/l)	實驗三油耗 (km/l)	實驗四油耗 (km/l)
137.45	140.45	155.26	137.36
實驗五油耗 (km/l)	實驗六油耗 (km/l)	實驗七油耗 (km/l)	實驗八油耗 (km/l)
133.27	137.49	134.58	140.45
實驗九油耗 (km/l)	實驗十油耗 (km/l)	平均油耗 (km/l)	標準差
148.94	154.35	141.96	7.58

本研究可由實車測試怠速滑行(表 4)和實車測試熄火滑行(表 8)的油耗結果，得知採取熄火滑行模式時的油耗表現約為怠速滑行的 1.2 倍，提高約 16.5% 的油耗表現。與表 7 所得熄火滑行總噴射脈寬約為 1.8 倍的怠速滑行總噴射脈寬之結果，差別不大。

6.5 壓縮比之影響

當活塞上升至上死點時，汽缸內壓縮壓力亦隨之增大，其爆炸所產生的熱能也相對提高，使汽缸內溫度上升，達到改善燃油於引擎汽缸內良好的霧化情形，若霧化效果越佳，則更有利於提升燃燒效率來提升引擎輸出動力。由方程式(5)得知，當壓縮比提高，其引擎熱效率亦隨之增加。

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}} \quad (5)$$

其中 r 為壓縮比(Compression Ratio)。不過壓縮比若提高過多，汽缸內的溫度會因為汽缸內的壓力上升而增溫，就容易導致引擎爆震的問題，也就是油氣混合氣在火星塞點火前，就先因汽缸內高溫高壓的狀態而提前發生自燃的情形。而引擎爆震除了使引擎產生巨烈震動之外，亦有明顯的敲擊聲、降低引擎動力輸出、造成汽缸損害，所以提高壓縮比雖然能達到提高引擎動力輸出和熱效率提升等優點，卻也有不利引擎的負面影響。

本研究將原廠汽缸頭的燃燒室進行銷薄加工，將其原廠壓縮比提升約 13.5%，壓縮比由 12.3 提升至 14.0，並且搭配宏達 ECU 的控制軟體，藉由改變點火提前角、溫度補償，達到提高引擎熱效率的目的以及避免因提高壓縮比後而產生引擎爆震的問題。

本實驗經多次實車測試，引擎提升壓縮比後油耗平均為 145.3(km/l)，其油耗表現明顯優於引擎尚未提升壓縮比前的油耗平均 123.5(km/l)，即提升壓縮比後約增加 15% 的省油性。

7. 結論

本研究主要針對參加 99 年度中華民國自動機工程學會舉辦的「超級省油車」競賽之引擎進行車輛省油的設計探討，藉由宏達 ECU 控制軟體針對原廠噴油嘴的噴射脈寬調教，以降低怠速運轉供油量、加減速供油補償量、適當的啟動溫度補償量和適當的啟動油量補償量，來達到降低單位噴射油量且能保持引擎穩定的運轉目的。以及保持穩定且稀薄的空燃比來降低燃油消耗，再者，透過多次實驗與實車測試後，調整怠速、前、中後段之點火提前角達到點火正時最佳化，實驗過程中發現隨著引擎負載的增加，提高點火提前角可降低燃油消耗。

此外，由間斷性供油的實驗結果，吾人可得知在相同空燃比、相同引擎轉速與油門開度下，其噴油暫停 20% 模式下明顯較引擎連續運轉下之油耗提高約 6.6%。最後，將原廠汽缸頭的燃燒室進行銷薄加工，將原廠壓縮比增加 13.5%，藉由提高缸壓、保持較高的引擎工作溫度，達到提高引擎熱效率，降低燃油消耗，並提高約 15% 的油耗表現。

經多次實驗與實車測試後，搭載宏達 ECU 電子控制燃油噴油系統的本屆省油車，參加 99 年度中華民國自動機工程學會舉辦第十九屆超級環保車大賽中的「超級省油車」組，其競賽成績為 128.49(km/l)。

8. 致謝

感謝光陽公司贊助 Many 50 c.c. 引擎
感謝宏達公司提供 ECU 技術指導

9. 參考文獻

- [1] <http://eshare.stut.edu.tw/View/1123>
- [2] 郭益銘、蔣洺豪、陳柏全、吳浴沂，省油車引擎改良，中華民國第十四屆車輛工程學術研討會，國立台北科技大學車輛工程學系，台北，台灣，2009。