

行車燃油控制電腦改裝及測試

Investigation on the modification and adjustment of engine ECU
(Electronic Control Unit)

林耕宇

國立中央大學機械工程學系光機電工組(學士生)

Keng-Yu Lin

Institute of Optical-Mechatronics Engineers Engineer, National Central University,
Jhongli, Taiwan

目 錄

摘要	3
前言	3
2. 實驗架構與實驗方法	4
2.1 實驗架構說明	4
2.2 實驗設備與規格	5
2.2.1 引擎規格	5
2.2.2 空燃比機	6
2.2.3 電子燃油噴射控制系統(ECU)	7
3 主要實驗參數規劃	8
3.1 固定油門開度下，原廠燃油容效表之油耗實驗	8
3.2 固定油門開度下，改變燃油容效表控制空然比實驗	8
4 測試方法	8
4.1 測試車輛之平均動摩擦係數	8
4.2 油耗計算公式	9
5 數據結果與討論	9
5.1 固定油門開度下(70%)，原廠燃油容效表之油耗實驗	9
5.2 固定油門開度下(70%)，改變燃油容效表控制空然比實驗	10
5.3 固定油門開度下(70%)，改變點火提前角對油耗之引響	12
6.比賽時實際數據	13
7.結論	15
8.參考文獻	15

摘要

目前台灣主流的機車都已經從傳統化油器引擎改成用電子燃油噴射控制系統，因可以良好的點火正時控制、穩定的空燃比調整，來達到節省燃油的目的。本研究使用我國極銳動力科技所開發的 ECU，針對第二十一屆環保節能車大賽指定用引擎進行調教，使用可程式化的控制軟體分別進行以燃油容效表、空燃比點火提前角以及超轉燃油切斷為主要調教參數進行各項實驗分析並探討之。本研究之引擎經過調整後，其比賽成績為 207.48 km/l；相較於原引擎未改良前試車成績約為 76.8 km/l。兩者成績比較後，本研究之引擎改良對耗油率可獲得大幅改善。

關鍵字: ECU、電子燃油噴射、超轉燃油切斷、環保節能車大賽

1.前言

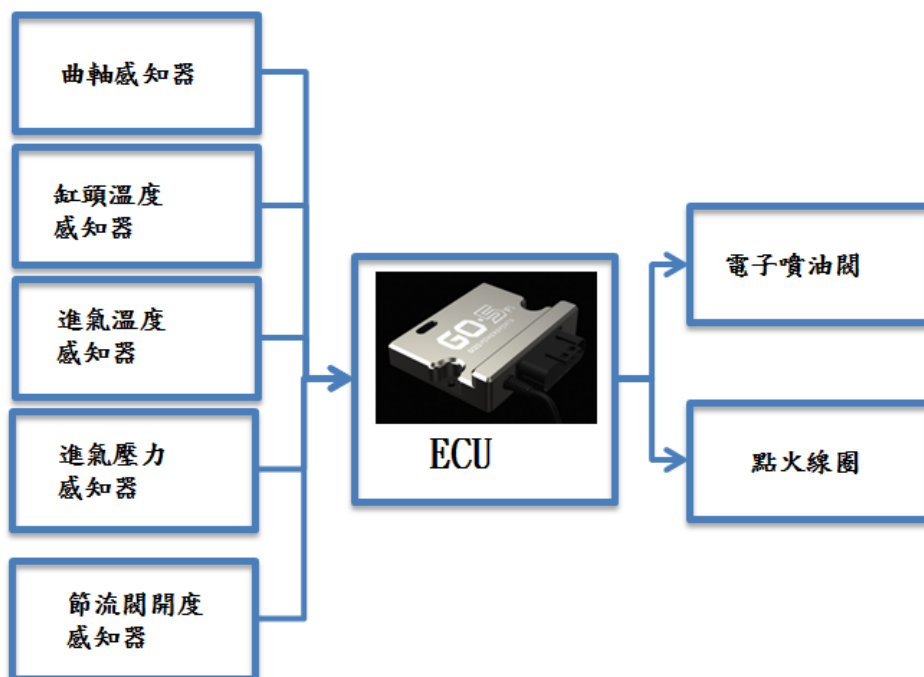
自從石油被發掘至今，已經歷過四次的能源危機，而每次均都對石油的價格造成波動，甚至引發蘊藏量的危機。目前汽車引擎所需燃料仍是以石油為主，在能源危機的情況下，各大車廠認為低污染之電動車是未來的趨勢之一。但目前電動車面臨幾個問題，導致未能完全取代內燃機引擎，如電瓶續航力不足、以及電瓶使用時間的壽命；而硬體設備方面，如電動車充電站不足且尚未普及化，在近幾年間是很難讓消費者所接受。上述情形對於各車廠而言，市售之內燃機車輛的進化有其必要性，對於改善內燃機引擎的效能必定是各車廠的重點工作。國際自動機工程學會(SAE International, Taipei Section)台北分會有鑑於能源危機及環境保護之意識下，每年舉辦全國大專院校環保節能車競賽，從民國八十一年開始至今年(民國一百零二年)已完成二十一屆比賽激發學生研究省能低污染的興趣，培養學生團隊合作及設計與實際製作的實務經驗。由學生參與改善燃油經濟性的競賽中，將節能減碳之意識推廣至大眾，使其受重視，節能減碳的觀念在國內外社會中已成為一項主流。所有參賽車輛須由學生自行設計並掌握製作流程，不可以沿用前期之參賽作品，也不可涉及仿冒、抄襲等行為，否則將取消競賽與得獎資格。

環保節能車大賽主要競賽項目有省油車組、與電動車組兩項。其中，省油車組競賽用燃油，須使用大會提供之 E3 酒精汽油，本屆採用統一引擎，由光陽工業贊助各個參賽隊伍 Many 50 單缸 49.9cc 四行程引擎進行省油車競賽。這幾屆開始與極銳動力科技及捷銳車業公司合作，本次研究將以極銳動力科技所開發之 ECU 對引擎進行調教，並藉由 ECU 控制引擎來減少燃油消耗，達到省油之目的，下文之討論如何在各種不同情況下使用 ECU 控制來讓油耗表現更好，及尚待改進之處，並作為未來車隊的參考。

2. 實驗架構與實驗方法

2.1 實驗架構說明

本次實驗平台是由機械系二十一屆省油車隊所製作的節能車，本車為單人乘坐，全車長約為 1.9 公尺，寬約為 0.9 公尺，最小迴轉半徑為 3.2 公尺，空車重量為 51 公斤，車手重量為 61 公斤，齒輪箱減速比為 18.57，並搭載光陽 Many 50 單缸氣冷引擎，加上極銳 Go5Fi-ECU 調教數據來達到省油目的，實驗平台如圖。本實驗的構想是透過可調式行車燃油控制電腦藉由 LM2 所傳回的各项數據去分析且控制電子油閥及點火時機來達到耗油最佳化。



2.2 實驗設備與規格

2.2.1 引擎規格

本實驗使用第二十一屆環保節能車大賽所指定的引擎，由台灣光陽公司贊助 Many 50 所搭載的引擎，單缸氣冷式引擎，總排氣量 49.9cc，最大馬力為 4.34PS@8500 rpm，最大扭力為 0.4kg-m@6500 rpm，壓縮比為 12.3:1，其相關規格如圖及表所示

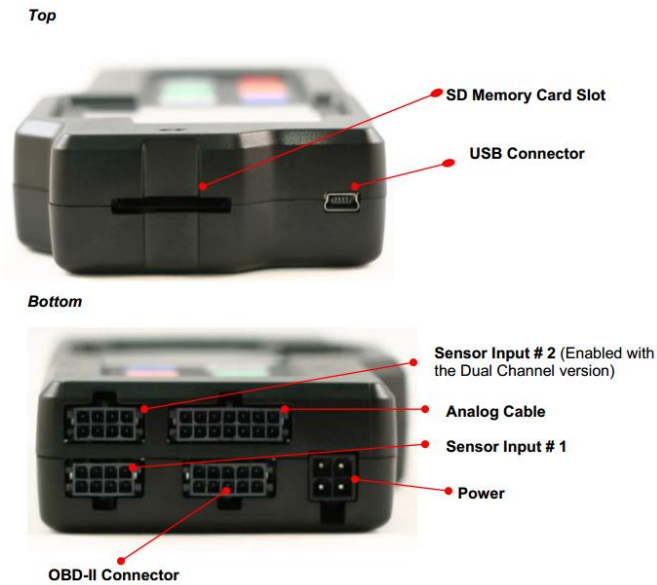


ENGINE		
TYPE		AIR FORCED COOLING 4 CYCLE 1 CYLN.
BORExSTROKE		38x44
DISPLACEMENT		49.9cm
COMPRESSION RATIO		12.3±0.2
IGNITION TIMING		13°~28°
TAPPET CLEARANCE	IN	0.1± 0.02
	EX	0.1± 0.02
OIL PUMP DRIVE RATIO		39/28=1.39
TRANSMISSION RATIO	BELT	0.87~3.2
	GEAR	48/14x54/14=13.2
	MISSION	
CLUTCH SYSTEM		AUTOMATIC CENTRIFUGAL CLUTCH DRY TYPE
STARTER RATIO		49/9x58/15=21.05
OIL CAPACITY	ENG	交換量/全容量:0.7L/0.85L
	MISSION	交換量/全容量:0.09L/0.1L
SPARK PLUG TYPE		CR7E
MAX POWER		4.34PS/8500rpm
MAX TORQUE		0.4 kg-m/6500rpm
MIN SFC		272.3 g/ps/h

2.2.2 空燃比機

使用 Innovate motor sports 公司的 **Innovate LM2** 空燃比機作為本次實驗量測空燃比對應引擎轉速及缸溫還有各項數據量測記錄儲存用





2.2.3 電子燃油噴射控制系統(ECU)

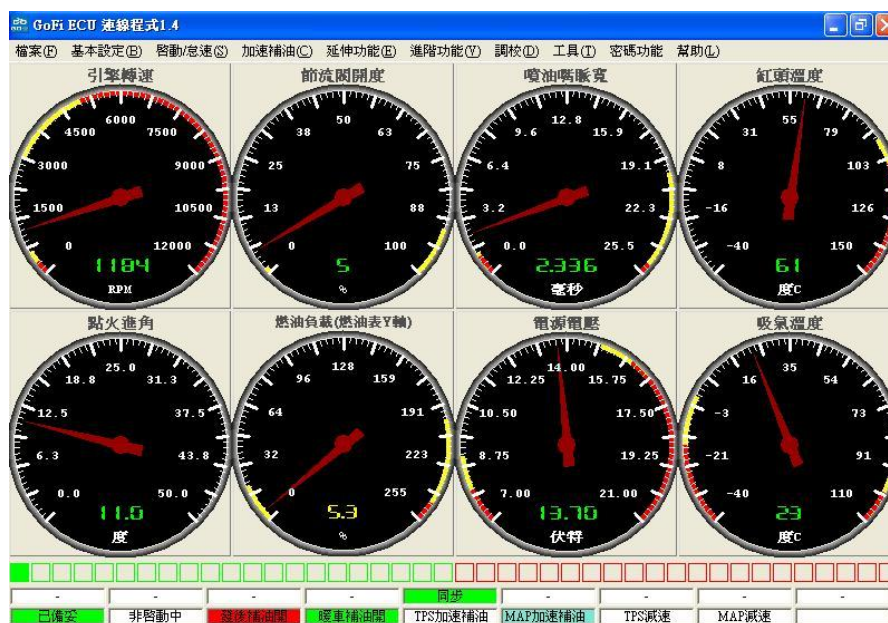


這次實驗所使用的電子燃油噴射控制系統是由極銳動力科技所開發之 Go5Fi 控制系統，藉由軟體控制各項引擎參數來調教與分析來提高引擎效能，達到引擎省油之目的。

本次實驗噴射系統之硬體部分還是使用原廠元件但感知器有作改裝，因為原廠的設計將進汽門位置感知器(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 製成一個封閉的模組，並直接封在節流閥體上，因此無法直接利用原廠感知器。故將原廠 ECU 拆除，並換上壓力感知器、位置感知器及溫度感

知器。

極銳 Go5Fi-ECU 內部設定影多種參數可供調整，可分為燃油容效表設定、點火進角設定、噴油電子閥門設定、發動補油增量百分比、吸氣溫度修正常數……等，本次實驗就由上述等控制參數對引擎調整後進行實車測試，經多次實驗及測試，達到引擎省油之最佳化設定，其操作介面如圖所示。



3 主要實驗參數規劃

3.1 固定油門開度下，原廠燃油容效表之油耗實驗

本實驗首先固定油門開度 70% 下，使用 Many50 出廠時的原廠燃油容效表數據來進行量測引擎的油耗作為基準數據。其中引擎的狀況為負載 110 公斤、引擎缸頭溫度為攝氏 70~90 度、時速從 0 開始出發，到達時速 40 km/hr 時定速。

3.2 固定油門開度下，改變燃油容效表控制空燃比實驗

因為車子是從時速 0 km/hr 開始運行，這時候空燃比會隨著燃油容效表內給油的百分比跟轉速有所影響，為了控制變因，我們透過 ECU 來改變了燃油容效表來達到在各階段的速度下空燃比可以保持一定，已藉由觀察分析車子的耗油情況。

4 測試方法

本實驗在作不同參數調整時，可以藉由可調式 ECU 之控制軟體跟 LM2 來進行數據的紀錄與調整，所考慮的參數包括空燃比、燃油容效表、超轉燃油等。實驗的過程中資料可儲存在電腦跟 LM2 的記憶卡內，在每次實驗完成後可用記錄

下來的數據進行分析與討論。

4.1 測試車輛之平均動摩擦係數

在量測計算本屆省油車之平均動摩擦係數時，先將車輛平穩加速至速度顯示為時速 40 公里時放開油門，而滑行至車子完全停止時，並用所滑行的距離來反推。

由方程式可知，動量變化等於摩擦力做功，代入起始速度、末速及距離可得本車平均動摩擦係數。

$$M(V_{末}^2 - V_{初}^2)/2 = MG\mu S$$

代號意義

M：車輛總重含駕駛(kg)

μ ：為平均動摩擦係數

G 為地球重力常數 $9.81m/s^2$

S：為滑行總距離(m)

4.2 油耗計算公式

本實驗使用台灣中國石油 95 無鉛汽油

油耗 = 行駛距離 / 消耗燃油體積

燃油體積 = 實驗前後重量差 / 0.74

5 數據結果與討論

5.1 固定油門開度下(70%)，原廠燃油容效表之油耗實驗

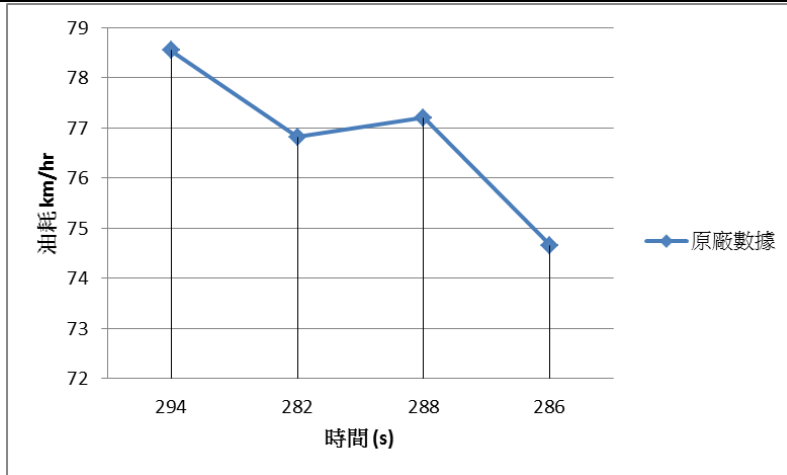
每次數據為行駛五圈(2 km)為基準，在五分鐘內跑完，全車重含車手共為 110 kg，並使用原廠設定。

實驗次數	油耗 (km/hr)	時間 (s)
實驗一	78.54	294
實驗二	76.82	282
實驗三	77.20	288
實驗四	74.66	286
平均	76.805	287.5

標準差

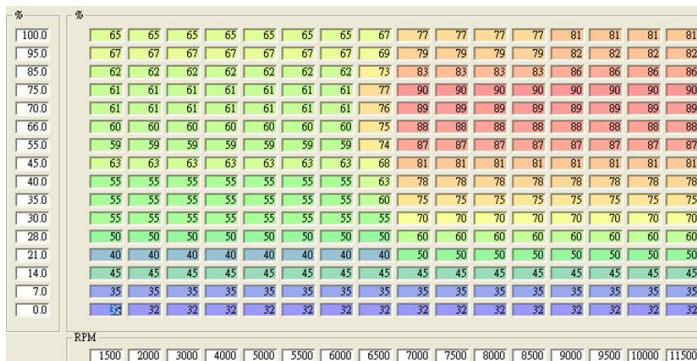
1.3935

4.33

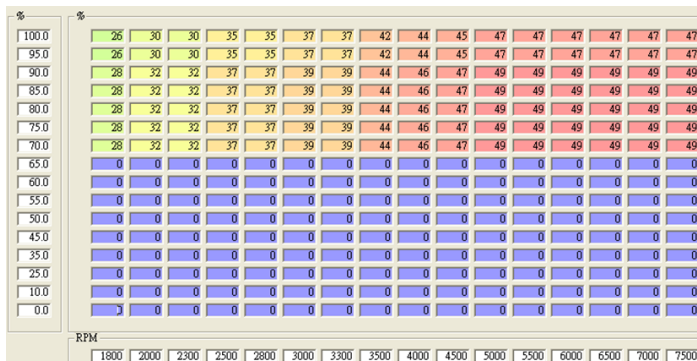


由圖表可看出原廠數據再 21 屆省油車上的油耗差不多為 76.8 km/hr，由於這幾組數據是還未經由 ECU 調整的原始數據，這將作為往後實驗的參考依據。

5.2 固定油門開度下(70%)，改變燃油容效表控制空然比實驗



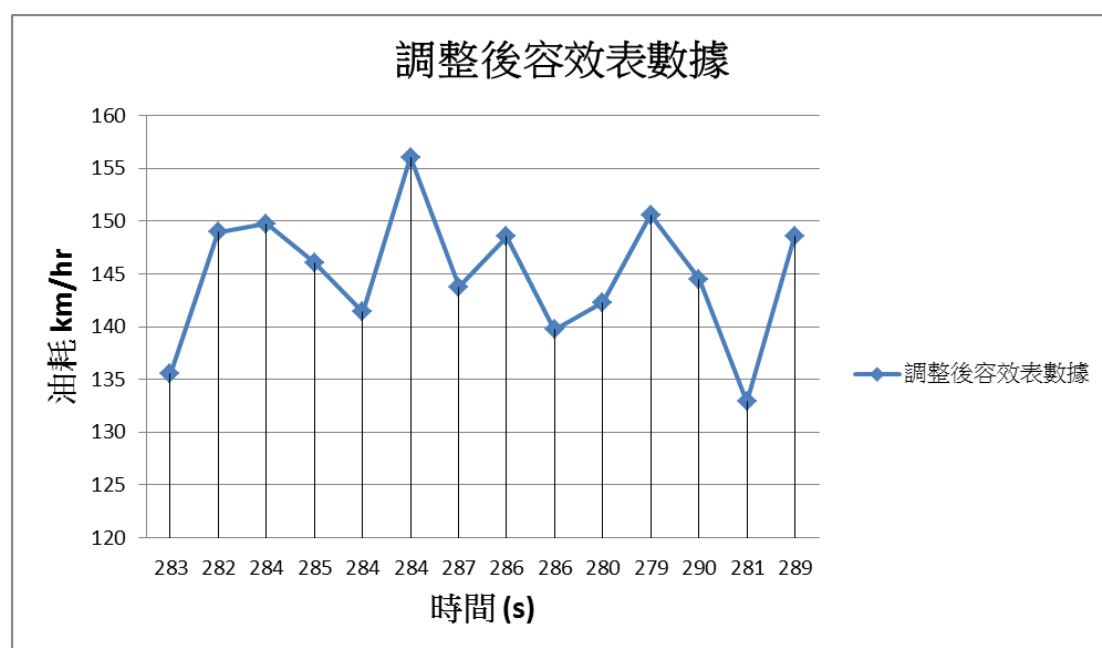
原廠燃油容效表



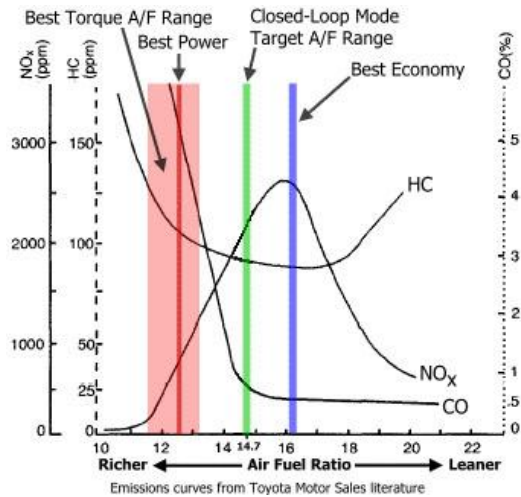
調整後燃油容效表

每次數據為行駛五圈(2 km)為基準，在五分鐘內跑完，全車重含車手共為 110 kg。

實驗次數	油耗 (km/hr)	時間 (s)
1	135.51	283
2	148.99	282
3	149.74	284
4	146.08	285
5	141.41	284
6	156.07	284
7	143.75	287
8	148.56	286
9	139.74	286
10	142.32	280
11	150.61	279
12	144.52	290
13	132.89	281
14	148.57	289
平均	144.91	284.28
標準差	6.0	3.08



經實車測試後發現，藉由 ECU 調整後的燃油容效表比原廠數據來要來的省油，其原因有；原廠數據因為要適應格種不同的環境所以燃油供應會略調農一些，相較於調整後的我們調整成稀薄燃燒，藉由空燃比機 LM2 盡量把各階段加速的空燃比維持在 14.7 的最佳動力輸出，而定速時維持在 16.4 的最大燃油效能。



空燃比數值與燃燒廢氣含量對應圖表

紅色線為最佳動力 12.6:1 AFR

綠色線為最佳燃燒 14.7:1 AFR

藍色線為最佳效能 16.4:1 AFR

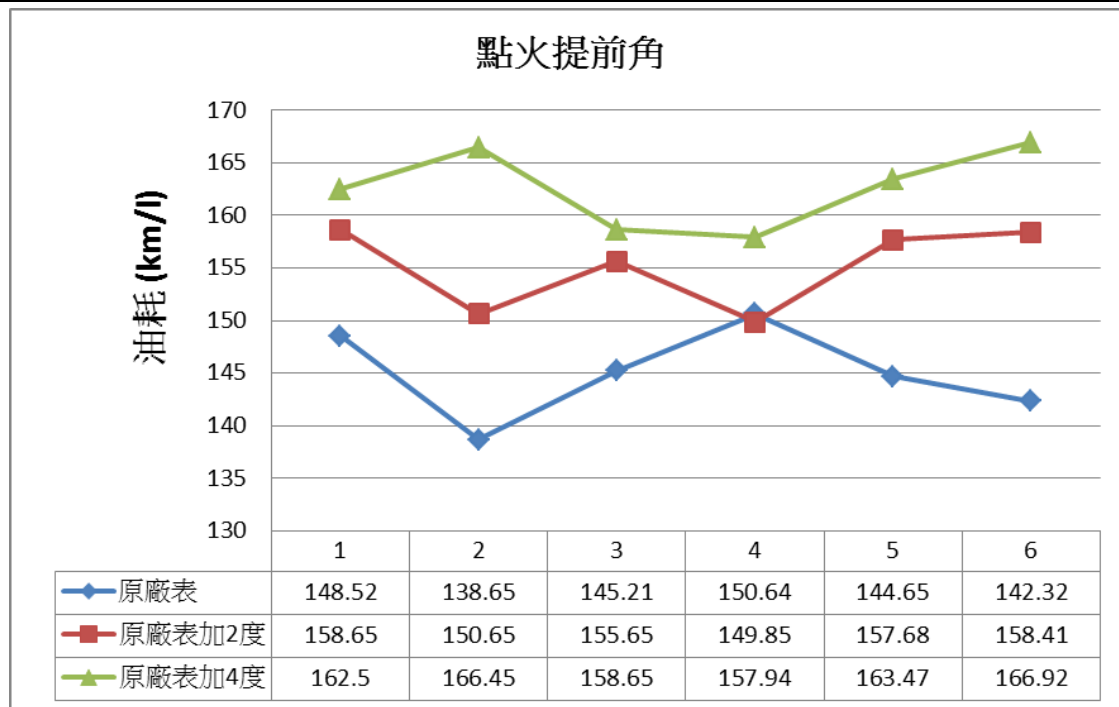
5.3 固定油門開度下(70%)，改變點火提前角對油耗之影響

下表為原廠之點火角設定，我們把各階段的點火角增加 2 度與 4 度，每種進行 6 次實驗，附載為全車重 110kg。



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)	實驗四油耗(km/l)	實驗五油耗(km/l)	實驗六油耗(km/l)
原廠表	148.52	138.65	145.21	150.64	144.65	142.32

原廠表 加 2 度	158.65	150.65	155.65	149.85	157.68	158.41
原廠表 加 4 度	162.5	166.45	158.65	157.94	163.47	166.92



6.比賽時實際數據

[比賽每圈時間]

總距離：11.8km(繞場 16 圈)

Lap1 : 01:51.4

Lap2 : 01:39.5

Lap3 : 01:47.3

Lap4 : 01:47.8

Lap5 : 01:52.5

Lap6 : 01:54.8

Lap7 : 01:48.8

Lap8 : 01:51.7

Lap9 : 01:51.6

Lap10 : 01:49.8

Lap11 : 01:56.4

Lap12 : 01:46.6

Lap13 : 01:49.1

Lap14 : 01:49.6

Lap15 : 01:47.5

Lap16 : 01:54.6

Total : 29:19.8

Average : 01:49.94

distance of each lap : 2(241+132)=746m(已扣除起跑點之 60m)

Average speed : $746 / (60 + 49.94) = 6.7855 \text{ m/s}$

$6.7855 \text{ m/s} = 24.4278 \text{ km/hr}$

[油耗及 E3 酒精汽油密度推算]

共消耗 43.25g

油耗 : 207.43km/L

總距 : 11.8km

消耗油容量 = $11.8 \text{ km} / 207.43 \text{ (km/L)} = 0.05688666056 \text{ L} = 56.88666056 \text{ cm}^3$

E3 酒精汽油密度 = $43.25 \text{ g} / 56.88666056 \text{ cm}^3 = 0.760284 \text{ g/cm}^3$

SAE International Taiwan
中華民國自來油工程師協會
第21屆全國大專校院環保節能車大賽
成績報告

組別	車號	學校名稱	車隊名稱	靜態競賽		動態競賽		備註
				成績	名次	油耗/圈數	名次	
電 動 車 組	1	亞東技術學院	A Shadow	68.2		1		
	2	南開科技大學	南星蓋亞	63.55		19		
	3	大葉大學	Scorpion	81.1	3	25	3	44'24"
	4	亞東技術學院	我行我速	54.35		16		
	5	勤益科技大學	windcutter2	73.1		30		
	6	德國科技大學	Sniper	65.85		25	2	40'2"
	7	空軍航空技術學院	AIR JET	80.5	佳作	22		
	8	大華科技大學	九陣巧風	68.3		18		
	9	彰化師範大學	綠蠟燭	59.1		25	5	44'53"
	10	彰化師範大學	萬不住-X	59.55		25	4	44'43"
	11	德霖技術學院	御鋒鎗聲	61.75		20		
	12	世尾科技大學	Formosa Vehicle	64.1		26	1	
	13	彰化師範大學	萬不住-V	63.25		23	6	
	14	台北科技大學	Green Innovation	85.4	1	—		
	15	世尾科技大學	Agon	57.3		20		
	16	南開科技大學	誠經ACE	74.9	佳作	22		
	17	亞東技術學院	A. M. E. C	15.9		—		
賽 油 車 組	1	大華大學	Transition	82.85	2	339.32	2	
	2	大華大學	Lucifer	80.35	佳作	285.44	4	
	3	中興大學	興新屋	63.55		62		
	4	明志科技大學	MC86	69.5		88.05		未競賽
	5	陸軍專科學校	綠草傳奇	74.7	佳作	116.67	6	
	6	嘉義大學	Genesis	57		434.02		不列名次
	8	國防大學理工學院	Pioneer	69.45		332.83	3	
	9	德霖技術學院	珍相攝影IX	63.9		111.89		
	10	亞東技術學院	O.I.T. HOT	70		15.96		未競賽
	11	明志科技大學	風武者	67.4		172.31		
	12	中央大學	XCAR	64.05		202.48	5	
	13	台北科技大學	Evolution III	78.5	佳作	577.17	1	



7.結論

本實驗主要針對參加第二十一屆中華民國自動機工程學會舉辦的「環保節能車省油組」競賽之車輛省油調整探討，藉由極銳 ECU 控制電腦進行對原廠噴油嘴的噴射脈寬調教，以降低待速時的油耗，以及保持穩定稀薄的空燃比來降低燃油消耗，還有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轉速越快提高點火進角可降低燃油消耗。

經過多次實驗與實車測試後，搭載極銳 ECU 電子控制燃油噴油系統的本屆省油車，參加第二十一屆環保節能車大賽省油車組，其競賽成績為 207.48 (km/l)。

8.參考文獻

- [1] 屈求真、胡寧，汽車工程學-專業篇，科技圖書。
- [2] 黃靖雄，汽車原理，全華圖書，2000年。
- [3] 施潮文，液化石油氣引擎性能量測與動態模式之探討，中興大學機械工程研究所碩士論文，88年7月。
- [4] John L. Lumley, Engines An Introduction, Cambridge University Press, 1999.
- [5] Robert W. Fox & Alan T. McDonald & Philip J. Pritchard, Introduction to FLUID MECHANICS, sixth edition, John Wiley & Sons Inc., 2004.
- [6] Willard W. Pulkrabek, Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, second edition, Pearson Prentice-Hall, 1997.
- [7] 鈦思科技股份有限公司編著，視覺化建模環境 Simulink著，入門與進階，鈦思科技股份有限公司 編2001。
- [8] John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamental, McGraw-Hill Book Company, 1998.