

E85 燃料應用於機車汽油噴射引擎之性能效率及排氣污染研究

范耀文¹ 朱存權^{2*} 許芳莒³

¹國立虎尾科技大學機械與機電工程研究所 研究生

²國立虎尾科技大學車輛工程系 教授

³國立虎尾科技大學車輛工程系 兼任講師

摘 要

本研究將混合 95 無鉛汽油與乙醇所成之 E85 混合燃料使用於 KYMCO 之五期環保汽油噴射機車引擎，進行引擎動力平台測試。更換較大流量噴油嘴，且設定點火時間及噴油量修正於開迴路的模式下，調整燃油噴射時間使相對空燃比(λ)於 0.8、0.9、1、1.1、1.2 狀況，固定轉速於 3000rpm、4000rpm、5000rpm 及 6000rpm，探討 E85 混合燃料對引擎制動單位比燃料消耗率、制動熱效率及廢氣排放之影響。

實驗結果顯示，使用 E85 燃料時，CO 濃度明顯減少；HC 排放量因乙醇熱值較小所需噴油量增加及原廠設定參數(如點火正時、噴油正時)為針對一般汽油引擎所設計等因素，使得 E85 燃料之 HC 排放濃度較為偏高。在引擎輸出效率方面，於相同相對空燃比狀態，使用 E85 混合燃料較使用 G95 燃料之熱效率有明顯提升的趨勢。整體效果顯示使用 E85 燃料，在不改變引擎本體只更換噴油嘴狀態，其對 CO 排放污染減量及引擎效率有改善作用，且達到減少溫室氣體之功能。

關鍵詞：E85 混合燃料、相對空燃比(λ)、燃油噴射時間。

壹、前言

自從工業革命後，人類開始大量使用石油或其他石化燃料，尤其運輸工業常用體積小、能量高的汽油與柴油等石化燃料，因此世界上有超過 60 % 的石油，開採後是消耗在運輸工業上。這些人為產生的溫室氣體累積在大氣中擴大「溫室效應」的影響。因此降低運輸工業的石化燃料消耗，成為世界各國減緩溫室效應及石油枯竭的首要目標。其採用的方法有：建立大眾運輸系統、改善運輸與交通體系，以及使用替代燃料等。這些方案中，使用生質燃料 (Biofuel)，如：汽油中加入乙醇燃料 (Ethanol) 或柴油中加入生質柴油 (Biodiesel)，則是現階段成熟且具實用性的再生能源方案。

由於使用乙醇燃料時，生產乙醇之植物(如林業產品、玉米、麵粉、甘蔗)在種植時，其光合作用過程會吸收相當數量的二氧化碳，產生了二氧化碳減量效益。現階段雖然完全地避免對礦物燃料之依賴是不可能，但是由甘蔗、玉米製作生質酒精，將可大量減少二氧化碳排放，對整個地球之二氧化碳平衡上有明顯效益[1]。

由於乙醇因辛烷值、含氧量高，可使燃燒更完全，減少對環境的污染。然現代電子控制式燃油噴射系統之噴油時間控制，雖有針對抑制廢氣排放做閉迴路控制，但是在正常燃燒時其基礎噴油時間乃針對市售無鉛汽油之燃燒特性所設定。而使用乙醇混合燃料於一般未經任何變更設定之機車汽油噴射引擎，必定因燃燒特性的改變，而無法使乙醇燃料之優點得到完全的發揮。因此改變噴油嘴及噴油時間參數，瞭解乙醇混合燃料的燃燒特性，對於引擎輸出及廢氣排放等是否有改善成效，則是值得深入探討問題。尤其台灣之都會型地區，大量使用機車作為代步的交通工具，導致大量的空氣污染產生及石化燃料消耗，若能採用乙醇混合燃料作為機車燃料，對石化燃料消耗之減量將產生明顯效益。因此，本研究引擎運轉採用含乙醇 85%之 E85 乙醇汽油混合燃料，探討其對於五期環保機車汽油噴射引擎之影響，藉由改變噴油嘴及噴油時間參數，在特

定的相對空燃比(Relative air/fuel ratio, λ 值)及轉速情況下，觀察引擎效率及廢氣排放之改變情形，其結果可供使用 E85 混合燃料於汽油引擎之實際執行參考。

貳、研究方法

一、實驗燃料

實驗用之燃料，考量市場取得因素而採用市售之 95 無鉛汽油(G95)，和國內慧祐企業生產之含 99.55%乙醇酒精，以體積比 85%的乙醇與 15%的 95 無鉛汽油組成 E85 混合燃料作為實驗用燃料，進行引擎運轉測試，針對廢氣排放中之一氧化碳 (CO)、碳氫化合物(HC)等廢氣及引擎輸出扭力、耗油量作量測，以找出 E85 對引擎性能特性之影響。

在燃料特性上，如表一所示。乙醇的閃火點 (Flash point) 以及自燃溫度 (Autoignition temperature) 均比汽油高，此特性使其燃料儲存與運送過程較汽油安全。在蒸發潛熱的差異上，乙醇比汽油高約 2 倍，因此使用乙醇燃料之引擎，進氣歧管空氣的溫度會降低，使吸入空氣密度增加，可提高引擎之容積效率。至於乙醇熱值 (Heating value) 為 26950 kJ/kg，相較於汽油的 43000 kJ/kg 則較低，因此若將乙醇使用於汽油引擎時，欲產生相同於汽油所產生的燃燒熱，則需要 1.60 倍的燃料量。而乙醇化學計量空燃比較於汽油，只有汽油空燃比的 0.62 倍，因此完全燃燒時所需要之空氣量較汽油略少。

表一、汽油與乙醇燃料的物理和化學性質[2][3]

燃料	汽油	乙醇
分子式	C ₈ H ₁₅	C ₂ H ₅ OH
分子量	111	46
比重 (20/4°C)	0.68~0.75	0.79
蒸發潛熱 (kJ/kg)	307	873
熱值 LHV (kJ/kg)	43000	26950
沸點 (°C)	22.5~26.67	77.78
雷氏蒸氣壓(psi)	8.7	2.5
辛烷值 (RON)	92~99	107
化學計量空燃比	14.6	9.0
黏度 (centipoise@68°F)	0.37~0.44	1.19
黏度 (centipoise@-4°F)	0.60~0.77	2.84

自燃溫度 (°C)	257.22	422.78
閃火點 (°C)	-42.78	12.78
蒸餾溫度(°C)	70~225	78

二、實驗設備

本實驗所用之引擎為光陽工業股份有限公司所開發符合五期環保規定的 SR30AC 型，四行程單缸強制空冷電子式燃油噴射系統引擎(規格如表二所示)，而測試引擎性能的動力計為 APICOM MP2030 型水冷式渦電流型動力計。實驗使用之廢氣量測儀器為日本 HORIBA MEXA-584L 型廢氣分析儀。燃料消耗率以 FLOW TECHNOLOGY LN-5-C-V1B6 型之燃料消耗計量測，而空燃比檢測器則採用 INNOVATE MOTORSPORTS LM-1 型檢測。此外，引擎控制系統連接由立達電通科技股份有限公司所生產的 EZFI 噴射引擎可程式供油電腦，以調整噴油時間控制噴油量，同步監控電子燃油噴射及引擎電子控制各項參數輸出、輸入數值變化，但無法改變噴油正時。有關實驗設備安裝連接之示意圖，如圖 1 所示。

表二、實驗用引擎規格[4]

SR30AC	
引擎型式	單缸四行程
冷卻方式	空氣冷卻
汽門型式	SOHC 四氣閥
總排氣量	149 c.c
內徑×行程	59mm×54.5mm
壓縮比	11
最大馬力	13.8ps/8500 rpm
最大扭力	1.1kg-m/6500 rpm
電瓶	MF 12V9/Ah
點火型式	ECU 全晶式
油箱容量	5.5 公升
機油容量	0.9 公升
火星塞	NGK CR8E
使用燃料	92 以上無鉛汽油
啟動方式	電啟動腳踩併用

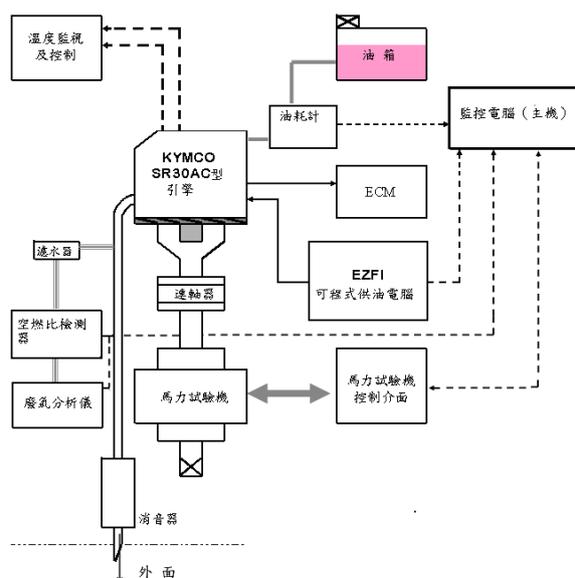


圖 1 實驗設備示意圖

三、實驗方法與步驟

由於乙醇熱值遠低於汽油熱值，因此對於同一汽油引擎要維持原有輸出性能，依熱值及理論混合比計算，相對每一個循環 E85 要噴約 1.5 倍於汽油的燃料量[5]，因此本實驗必須採用較大噴油量之噴油嘴以滿足需求。本實驗限於市售噴油嘴之取得因素，採用所能採購到較接近的加大噴油嘴，其噴油率與原廠噴油嘴比較如表三所示，約為原廠的 1.76 倍。

表三、原廠噴油嘴與採購噴油嘴之噴油率比較

	原廠噴油嘴	加大型噴油嘴
噴射壓力	2.55bar	2.55bar
連續 30 秒累積噴油量 (測試 6 次平均值)	54c.c	94.8c.c

本研究實驗時，將引擎控制系統設定於噴油修正控制為開迴路模式，分別以 G95 汽油燃料及 E85 乙純混合燃料進行測試。將轉速訂為 3000rpm、4000rpm、5000rpm 及 6000rpm 四種轉速，調整油門控制器使引擎節氣門開度於 50% 及 100% 位置，改變噴油時間使相對空燃比為 0.8、0.9、1、1.1、1.2 下進行量測。測試流程如下：

- (一)將引擎馬力試驗機控制面板設定為轉速固定模式，設定目標轉速。
- (二)逐漸調整油門控制器於預定節氣門位置

(50%、100%)，動力計控制系統自動增加負荷，使固定於設定轉速。

(三)調整噴油時間配合動力計自動調整負載之固定轉速模式，觀察空燃比檢測器使相對空燃比於設定值(0.8、0.9、1、1.1、1.2)穩定時進行記錄。

(四)重覆步驟 1~3，以確認實驗結果。

(五)重覆步驟 1~4，以完成 3000rpm、4000rpm、5000rpm 及 6000rpm 四種轉速所有測試行程。

綜合以上測試數據，進行結果分析，探討採用 E85 混合燃料對引擎之各項性能效率、油耗及廢氣排放特性等之影響。相關引擎性能計算採用下列公式：制動比燃料消耗率(BSFC, Brake specific fuel consumption)：

$$BSFC = \frac{\dot{m}_f}{BHP} \quad (\text{g/kW-hr}) \quad (2.1)$$

制動熱效率(BTE, Brake thermal efficiency):

$$BTE = \frac{BHP}{(Q \times \dot{m}_f) / (3600 \times 1000)} \quad (2.2)$$

其中

\dot{m}_f ：為每小時燃料消耗的質量(g/hr)

BHP：為制動功率(kW)

Q：為單位重量燃料所含之熱值，G95 燃料熱值約為 43,000 kJ/kg，E85 燃料熱值約為 28,896 kJ/kg[5]。

參、結果與討論

本章節針對 E85 混合燃料與 G95 無鉛汽油燃料對引擎 CO、HC 排氣污染、制動比燃料消耗率及制動熱效率等實驗結果之影響，以相對空燃比(λ 值)為變數進行討論。

一、引擎 CO 廢氣排放分析

圖 2、3、4 及 5 為引擎轉速分別於 3000rpm、4000rpm、5000rpm 及 6000rpm 時，引擎 CO 廢氣排放的變化曲線，結果顯示 E85 與 G95 燃料有著相近的 CO 排放變化趨勢。E85 在相對空燃比(λ)於 0.8、0.9 時等空氣量少於理論值狀態 CO 濃度有明顯減少，歸因於乙醇燃料含氧量較高。當乙醇混合燃料在引擎燃燒室中燃燒時會產生預混氣之反應，因此有助

於燃燒趨於理想，文獻[6]也提到乙醇燃料能讓 CO 排放濃度減少，尤其在富油操作狀態下更趨於明顯。而 E85 在相對空燃比於 1、1.1、1.2，由於所含空氣已足夠，甚至超過理論所需量，因此 E85 與 G95 之實驗結果差異性減小，尤其在 5000、6000rpm 較高轉速狀態較明顯。

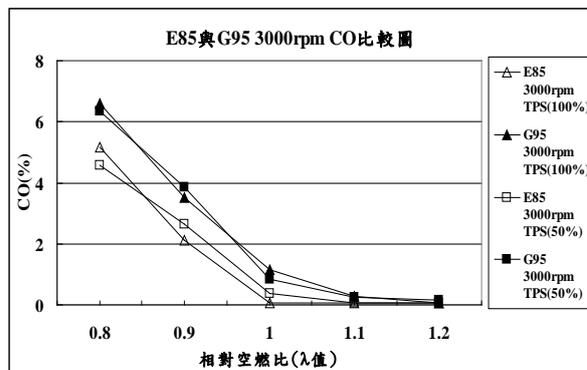


圖 2 E85 與 G95 在引擎轉速 3000rpm 與各相對空燃比(λ)之 CO 排放比較圖

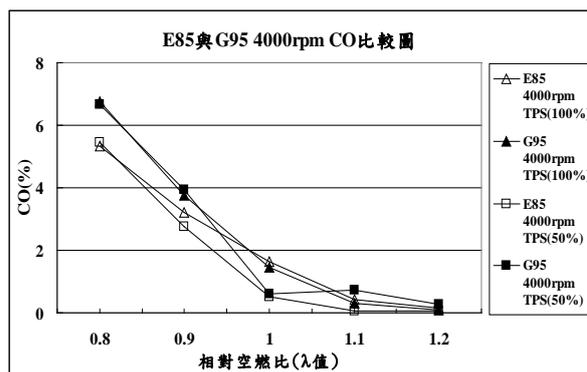


圖 3 E85 與 G95 在引擎轉速 4000rpm 與各相對空燃比(λ)之 CO 排放比較圖

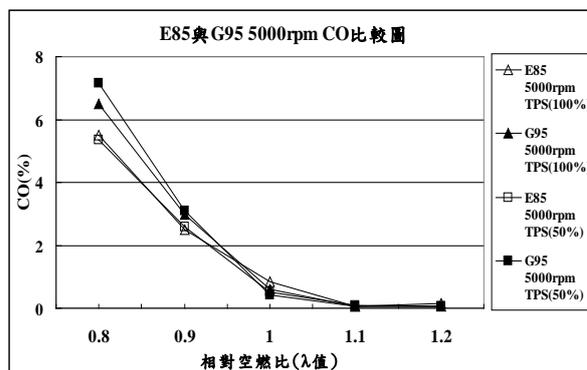


圖 4 E85 與 G95 在引擎轉速 5000rpm 與各相對空燃比(λ)之 CO 排放比較圖

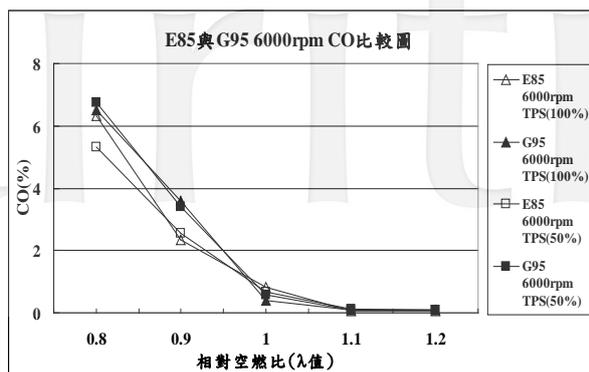


圖 5 E85 與 G95 在引擎轉速 6000rpm 與各相對空燃比(λ)之 CO 排放比較圖

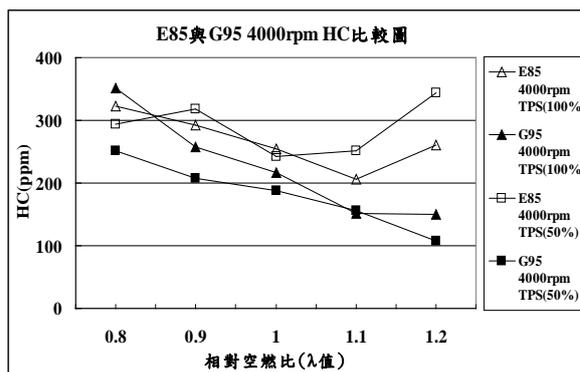


圖 7 E85 與 G95 在引擎轉速 4000rpm 與各相對空燃比(λ)之 HC 排放比較圖

二、引擎 HC 廢氣排放分析

使用 E85 燃料與 G95 燃料燃燒後之 HC 排放濃度與各設定相對空燃比(λ)狀態之關係，如圖 6、7、8 及 9 所示。因 E85 燃料應用於汽油引擎，僅改變燃油噴油嘴及噴射時間，欲達到汽油引擎使用 G95 燃料之引擎輸出動力，燃油噴射量須調整為約原來的 1.5 倍，且本實驗所採用噴油嘴之單位時間噴油量為原來噴油嘴之 1.76 倍，無法達到最佳配合狀況，造成 E85 燃料 HC 值較高於 G95 燃料。使各引擎轉速下 E85 燃料 HC 數值在 $\lambda \geq 1$ 時高於 G95 燃料；且乙醇本身汽化熱較高雖有助於進氣，但會使混合汽與燃燒室或汽缸壁面溫度較低，火焰溫度在汽缸壁前產生淬熄層 (Quench zone)[7]，造成火焰在燃燒室壁表面層淬熄，增加未燃燒混合汽濃度，使 HC 排放增高。而在 $\lambda=0.8、0.9$ 時，因為乙醇提供足夠氧氣充分燃燒，因此 HC 排放濃度較小。

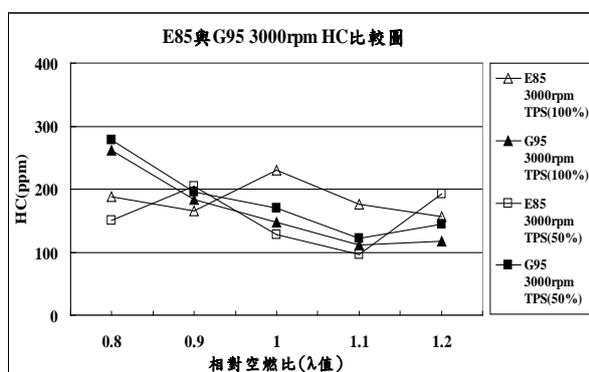


圖 6 E85 與 G95 在引擎轉速 3000rpm 與各相對空燃比(λ)之 HC 排放比較圖

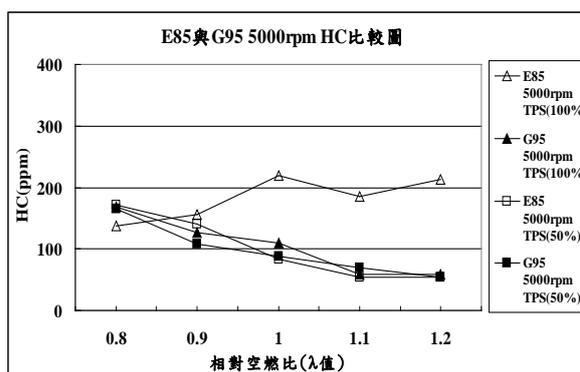


圖 8 E85 與 G95 在引擎轉速 5000rpm 與各相對空燃比(λ)之 HC 排放比較圖

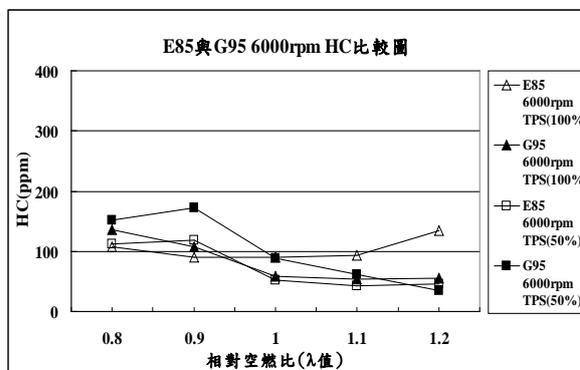


圖 9 E85 與 G95 在引擎轉速 6000rpm 與各相對空燃比(λ)之 HC 排放比較圖

三、引擎制動比燃料消耗率(BSFC)分析

由於乙醇的熱值只有汽油的 63%，若將 E85 燃料使用於相同火花點火汽油引擎時，欲產生與汽油相同燃燒熱時，需要增加噴油量，因此本實驗在噴油嘴及噴射時間做修改及調整。而 BSFC 所表示為產生單位制動功所需消耗之燃料重量，因 E85 燃料熱值較 G95 低，以致單位制動功所需消耗之 E85 燃料重量比 G95 燃料多，如圖 10、11、12、13 所示。然而實驗

結果顯示，每單位制動功所需 E85 實際噴油量比理論計算之預估噴油量少。其原因為使用醇類混合燃料因汽化熱較大，會使得進氣歧管獲得冷卻，增加進氣密度 (Charge density)，因此增加容積效率提高制動功率的輸出。

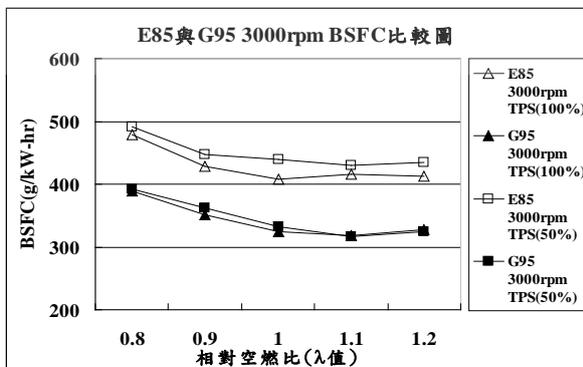


圖 10 E85 與 G95 在引擎轉速 3000rpm 與各相對空燃比(λ)之 BSFC 比較圖

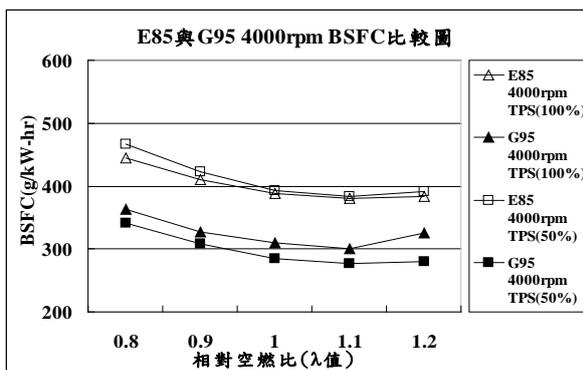


圖 11 E85與G95 在引擎轉速4000rpm與各相對空燃比(λ)之BSFC比較圖

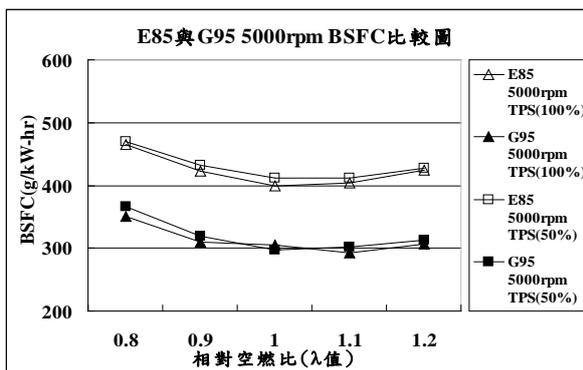


圖 12 E85與G95 在引擎轉速5000rpm與各相對空燃比(λ)之BSFC比較圖

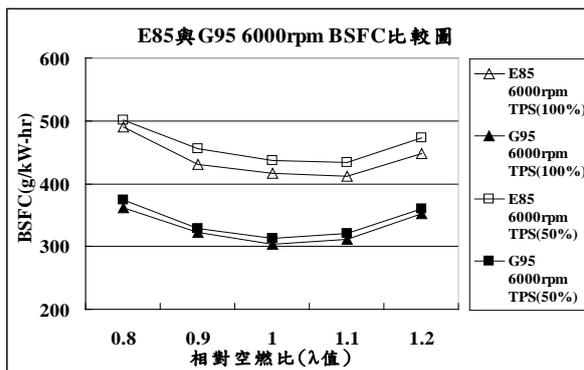


圖 13 E85與G95 在引擎轉速6000rpm與各相對空燃比(λ)之BSFC比較圖

四、引擎制動熱效率(BTE)分析

圖 14、15、16、17 為引擎轉速 3000rpm、4000rpm、5000rpm 及 6000rpm 之情況下，E85 混合燃料與 G95 燃料之制動熱效率與相對空燃比之變化關係圖。結果顯示使用 E85 燃料之引擎制動熱效率比使用 G95 燃料有顯著的提升。此實驗的引擎壓縮比為 11，是屬於高壓縮比的引擎，且 E85 燃料之辛烷值、抗爆震能力都較 G95 燃料好，與文獻[8、9、10、11]結果相同，顯示 E85 燃料產生之制動熱效率較 G95 燃料佳。此現象亦是由於使用 E85 燃料其進氣溫度低，使得容積效率和制動功率的輸出增加，進而提升制動熱效率。

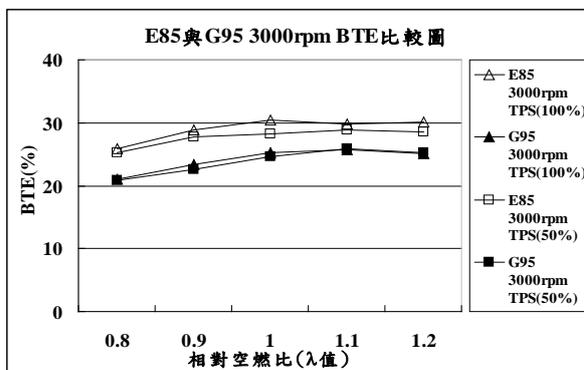


圖 14 E85 與 G95 在引擎轉速 3000rpm 與各相對空燃比(λ)之 BTE 比較圖

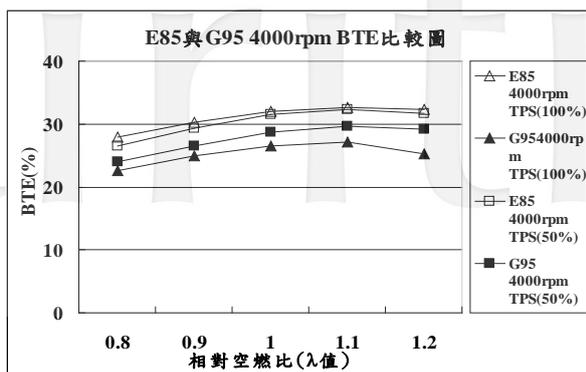


圖 15 E85 與 G95 在引擎轉速 4000rpm 與各相對空燃比(λ)之 BTE 比較圖

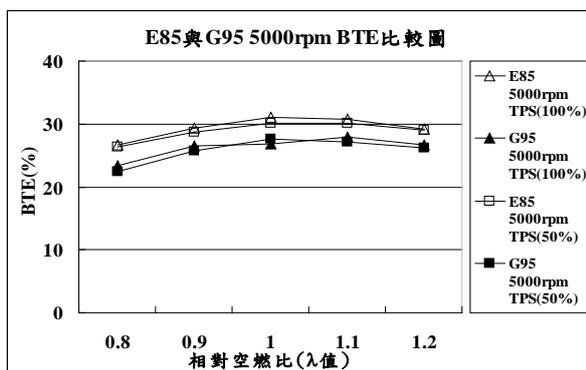


圖 16 E85 與 G95 在引擎轉速 5000rpm 與各相對空燃比(λ)之 BTE 比較圖

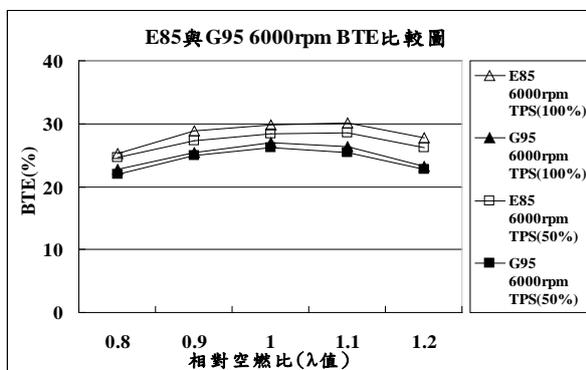


圖 17 E85 與 G95 在引擎轉速 6000rpm 與各相對空燃比(λ)之 BTE 比較圖

肆、結論

本研究使用電子控制式燃料噴射引擎 (SR30AC 型), 應用 E85 與 G95 燃料於 3000rpm、4000rpm、5000rpm 及 6000rpm 固定轉速模式下, 控制引擎噴油時間使相對空燃比(λ)於 0.8、0.9、1、1.1、1.2 下進行引擎測試, 由實驗結果歸納下列結論:

一、使用 E85 燃料在各轉速下, 對於引擎之 CO 廢

氣排放量會有顯著降低。因僅改變燃油噴油嘴及噴油時間, 欲達到 SI 引擎使用 G95 燃料之引擎輸出性能, 理論上燃油噴射量須調整為原來之 1.5 倍, 造成 E85 燃油在 $\lambda \geq 1$ 之碳氫化合物(HC)排放濃度高於 G95 燃料, 而 $\lambda < 1$ 時則互有高低。

二、醇類燃料中含氧的比例及辛烷值皆較高, 可得到高抗爆震極限值, 且汽化熱大使得 E85 混合燃料進氣溫度低、容積效率高, 因此制動熱效率較 G95 燃料佳。而制動比燃料消耗率測試結果比理論估計值低, 比預期較省油。

三、使用 E85 燃料, 對於引擎性能與廢氣排放變化與 G95 燃料有著相近的趨勢, 且增加熱效率, 減低 CO 廢氣量及溫室氣體。結果顯示採用 E85 混合燃料取代 G95 燃料直接應用於相同引擎而不需要大幅修改為可行方式。

伍、致謝

本研究能順利完成, 感謝長連汽車王之政經理及東勢高工朱大江 老師、達德商工邱宜慶老師協助。並感謝南開科技大學陳韋志研究生協助設備操作及提供支援, 使得本研究能順利完成。

陸、參考文獻

1. <http://www.greenpeace.org/china/ch/cop15/about>
2. Pulkrabek, W. W. (1997), *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion*, Prentice-Hall.
3. 車用無鉛汽油規範 3.4 版, http://www.cpc.com.tw/big5_BD/tmtd/files/燃料類產品規範上網_9704.doc#車用無鉛汽油規範。
4. <http://forum.jorsindo.com/viewthread.php?tid=46081>, 光陽 G5150FI F1 手冊。
5. 林瑞彬(2009), 噴油量對 E85 燃料汽油引擎性能影響之研究, 國立虎尾科技大學機械與機電工程研究所碩士論文, 雲林。
6. Alexandrian, M. and Schwalm, M.(1992),

- Comparison of Ethanol and Gasoline as Automotive Fuels, *ASME papers* 92-WA/DE-15.
7. Lavoie, G.A. (1978), Correlations of Combustion Data SI Engine Calculation -Laminar Flame Speed, Quench Distance and Global Reaction Rates, *SAE paper* 780229.
 8. Argonne's "Omnivorous Engine" (2008), Baseline gasoline, ethanol and butanol G.C.C., <http://www.greencarcongress.com/2008/07/argones-omnivo.html>
 9. Wallner, T. and Miers, S. A. (2008), Combustion Behavior of Gasoline and Gasoline/Ethanol Blends in a Modern Direct-Injection 4-Cylinder Engine, *SAE Paper* 2008-01-0077.
 10. Wallner, T., Miers, S. A. and McConnell, S. (2008), A Comparison of Ethanol and Butanol as Oxygenates Using a Direct-Injection, Spark-Ignition (DISI) Engine, *ICES* 2008-1690.
 11. Taylor, A. B., Moran, D. P. and Bell, A. J. (1996), Gasoline/Alcohol Blends: Exhaust Emissions, Performance and Burn-Rate in a Multi-Valve Production Engine, *SAE Paper* 961988.

The Study of the Performance Efficiency and Emission of a Fuel Injection Motorcycle Engine Running with E85 Fuel

Y. W. FAN¹ T. C. JUE^{2*} F. C. SHU³

¹ Graduate Student, Institute of Mechanical and Electro-Mechanical Engineering, National Formosa University

² Professor, Department of Vehicle Engineering, National Formosa University

³ Lecturer, Department of Vehicle Engineering, National Formosa University

Abstract

In order to reduce the impact of greenhouse gas on environment, searching the substitute for fossil fuels has been the main research topic in recent years. At the same time, applying the mixed fuel of ethanol and gasoline on a gasoline engine has become a trend. Research showed that using ethanol fuel not only has great achievements on the reduction of exhaust emission of gasoline engine, but also reduces the dependence on the fossil fuels. In this study an engine test is conducted by using the E85 mixed fuel on a fuel injection motorcycle engine. Under the mode of both ignition timing and injection timing controls set in open loop, the tests are run by changing the fuel injection duration, controlling the engine injection duration for relative air/fuel ratio (λ) at 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, and setting the speed at 3000rpm, 4000rpm, 5000rpm, 6000rpm, which correspond to the economic efficiency conditions, as experimental control variables to investigate the effect of E85 mixed fuel on engine performance and exhaust emission at different speed.

The results show that using E85 fuel, CO emission is significantly reduced than that using G95 fuel. Although HC emission increases for engines running with E85 fuel due to the influences of increasing the amount of injection fuel to compensate the low calorific value of ethanol, and remaining the factory setting parameters (ignition timing, injection timing), the engine brake thermal efficiency is remarkably improved than that using G95 fuel. Without affecting the output power, the whole results show that using E85 fuel for reducing greenhouse gas in fuel injection SI engine with the same performance is available.

Keyword : Relative air/fuel ratio, Injection Timing, E85.

*聯繫作者：雲林縣虎尾鎮文化路 64 號。國立虎尾科技大學車輛工程系，

Tel: +886-5-6315452

Fax: +886-5-6321571

E-mail: jue@nfu.edu.tw