

Benefit Evaluation of the Taiwanese City Bus Converted into Diesel/CNG Dual-Fuel System

陳憲政、梁卓中

E-mail: 9701100@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

In order to improve the air quality in the metro area and decrease the dependence on traditional fossil fuels, advanced countries have to legislate the components of car fuels control the standards of automobile exhaust gas and encourage to use a variety of low polluting car substitution fuels. Among these fuels, natural gas is chosen to be the primary substitution fuel due to its high yield, low costs, and low pollution after combustion, high-energy efficiency and safety. This study choose the most used environmental second-stage standard engine HINO EM100-G in the public transport industry of Taiwan region as the object for exploring modifications. Collaborating with KUOZUI diesel bus undercarriage of LRK1MRA model and by modifying in used diesel engine buses into diesel/natural gas dual-fuel system to test and evaluate gas emissions, noise variation, vehicle performance and so on before and after the modification, and further discuss the modification costs and economic effective of CNG dual-fuel System. The results of this study have proved by using natural gas as the fuels for the vehicles, it has immediate effects on decreasing car emissions and decreasing the dependence on the fossil fuel from the society. In overall speaking, buses using CNG dual-fuel System have reduced 22.1% in CO₂ emissions, 15.5% in NO_x emissions and even 43.7% in PM. Under the simulated condition of metro on-road test, its average energy substitution rate of diesel fuel was 62%. A diesel vehicle modifies to a CNG compound combustion system car in has advantages of easy to modify, low modification costs, longer travel distance and suitable in areas where gas stations are not common and so on. However, at the same time it also has the disadvantages of limited improvement in the gas emissions (compared to pure natural gas vehicles), low efficiency in low loading engines, increased maintenance costs, cut down of loading capacity due to having two combustion systems at the same time and reduced acceleration. The results of this study can be provided as references and applications to the governments and related bus industry to promote natural gas vehicles.

Keywords : Natural Gas Vehicle (NGV) ; Compressed Natural Gas (CNG) ; Dual-fuel System

Table of Contents

目錄封面內頁簽名頁授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	
v 誌謝.....	vii	目錄.....	viii	圖目錄.....	xi
錄.....	xiii	符號說明.....	xv	第一章 緒論.....	1
起.....	1	1.1 文獻回顧.....	2	1.1.1 緣起.....	1
及系統介紹.....	8	2.1 天然氣的組成及特性.....	8	2.1.3 本文目的.....	6
存方式分類.....	9	2.2 天然氣車輛的種類及差異性.....	9	第二章 天然氣車輛的種類及系統介紹.....	8
章 世界各國天然氣車輛法規及發展政策.....	21	2.2.1 依天然氣儲存方式分類.....	9	2.2.1 依天然氣儲存方式分類.....	9
規.....	22	2.2.2 依天然氣燃料供應系統分類.....	10	2.2.2 依天然氣燃料供應系統分類.....	10
求.....	24	2.3 柴油/壓縮天然氣複合燃料系統.....	12	第三章 世界各國天然氣車輛法規及發展政策.....	21
國.....	31	3.1 天然氣車輛的發展現況.....	21	3.1 天然氣車輛的發展現況.....	21
蘭.....	34	3.2 世界各國天然氣車輛排放法規.....	21	3.2 世界各國天然氣車輛排放法規.....	22
4.2 台灣地區現行車輛安全法規.....	41	3.2.1 美國天然氣車輛之污染排放要求.....	22	3.2.1 美國天然氣車輛之污染排放要求.....	22
系統改裝安全之管理制度 建議.....	43	3.2.2 歐洲天然氣車輛之污染排放要求.....	23	3.2.2 歐洲天然氣車輛之污染排放要求.....	23
置.....	47	3.3 世界各國天然氣車輛安全法規.....	24	3.3 世界各國天然氣車輛安全法規.....	24
煙測試.....	52	3.3.1 美國天然氣車輛之安全要求.....	25	3.3.1 美國天然氣車輛之安全要求.....	25
測試.....	56	3.3.2 日本天然氣車輛之安全要求.....	28	3.3.2 日本天然氣車輛之安全要求.....	28
比較測試.....	60	3.3.3 德國天然氣車輛之安全要求.....	28	3.3.3 德國天然氣車輛之安全要求.....	28
估.....	87	3.4 世界各國鼓勵發展天然氣車輛之政策.....	30	3.4 世界各國鼓勵發展天然氣車輛之政策.....	30
公車之比較.....	96	3.4.1 美國.....	31	3.4.1 美國.....	31
7.3 使用改裝CNG複合燃料系統之損益平衡點.....	93	3.4.2 日本.....	31	3.4.2 日本.....	31
7.4 改裝CNG複合燃料系統與其他燃料系統.....	93	3.4.3 澳洲.....	33	3.4.3 澳洲.....	33
7.6 改裝CNG複合燃料系統與天然氣車輛改裝及燃料成本分析.....	91	3.4.4 紐西蘭.....	34	3.4.4 紐西蘭.....	34
7.7 結論與未來展望.....	101	第四章 台灣地區現行天然氣車輛法規及政策.....	40	第四章 台灣地區現行天然氣車輛法規及政策.....	40
110 附錄A 各國天然氣汽車燃氣系統實車檢測要求比較表.....	110	4.1 台灣地區現行車輛排放法規.....	40	4.1 台灣地區現行車輛排放法規.....	40
122 附錄B 空氣污染防製法施行細則.....	122	4.2 台灣地區現行車輛安全法規.....	41	4.2 台灣地區現行車輛安全法規.....	41
122 附錄C 台灣地區現行壓縮天然氣車輛改裝之安	122	4.3 台灣地區液化石油氣車輛安全管理經驗.....	42	4.3 台灣地區液化石油氣車輛安全管理經驗.....	42
		4.4 台灣地區CNG複合燃料系統改裝安全之管理制度 建議.....	43	4.4 台灣地區CNG複合燃料系統改裝安全之管理制度 建議.....	43
		第五章 公車改裝CNG複合燃料系統前後之特性評估.....	47	第五章 公車改裝CNG複合燃料系統前後之特性評估.....	47
		5.1 規劃考量與實施方法.....	47	5.1 規劃考量與實施方法.....	47
		5.2 改裝套件之引進及改裝工作進行.....	47	5.2 改裝套件之引進及改裝工作進行.....	47
		5.3 加氣地點選定及天然氣管線組立配置.....	49	5.3 加氣地點選定及天然氣管線組立配置.....	49
		5.4 暫態循環行車型態測試.....	49	5.4 暫態循環行車型態測試.....	49
		5.5 重型柴油車粒狀污染物排放檢驗.....	51	5.5 重型柴油車粒狀污染物排放檢驗.....	51
		5.5.1 全負載定轉速排煙測試.....	52	5.5.1 全負載定轉速排煙測試.....	52
		5.5.2 無負載急加速排煙測試.....	53	5.5.2 無負載急加速排煙測試.....	53
		5.6 車輛傾斜穩定性測試.....	55	5.6 車輛傾斜穩定性測試.....	55
		5.7 靜態煞車力測試.....	56	5.7 靜態煞車力測試.....	56
		5.8 噪音測試.....	57	5.8 噪音測試.....	57
		5.9 起步及超越加速測試.....	59	5.9 起步及超越加速測試.....	59
		5.10 400 公里耗油率比較測試.....	60	5.10 400 公里耗油率比較測試.....	60
		5.11 駕駛員對改裝CNG複合燃料系統公車之看法.....	62	5.11 駕駛員對改裝CNG複合燃料系統公車之看法.....	62
		第六章 改裝CNG複合燃料系統之效益評估.....	87	第六章 改裝CNG複合燃料系統之效益評估.....	87
		6.1 CNG複合燃料系統之油耗、污染、噪音差異及效益評估.....	87	6.1 CNG複合燃料系統之油耗、污染、噪音差異及效益評估.....	87
		6.2 CNG複合燃料系統改裝及燃料成本分析.....	91	6.2 CNG複合燃料系統改裝及燃料成本分析.....	91
		6.3 使用改裝CNG複合燃料系統之損益平衡點.....	93	6.3 使用改裝CNG複合燃料系統之損益平衡點.....	93
		6.4 改裝CNG複合燃料系統與其他燃料系統公車之比較.....	96	6.4 改裝CNG複合燃料系統與其他燃料系統公車之比較.....	96
		第七章 結論與未來展望.....	101	第七章 結論與未來展望.....	101
		參考文獻.....	105	參考文獻.....	105
		附錄A 各國天然氣汽車燃氣系統實車檢測要求比較表.....	110	附錄A 各國天然氣汽車燃氣系統實車檢測要求比較表.....	110
		附錄B 空氣污染防製法施行細則.....	122	附錄B 空氣污染防製法施行細則.....	122
		附錄C 台灣地區現行壓縮天然氣車輛改裝之安	122	附錄C 台灣地區現行壓縮天然氣車輛改裝之安	122

REFERENCES

- [1] Timothy T. Maxwell and Jesse C. Jones, 「 Alternative Fuels : Emissions, Economics、 and Performance 」、 Society of Automotive Engineers、 R-143, pp.193-208. (1995)。
- [2] 中華民國交通統計月報, 交通部統計處, 民國九十六年八月。
- [3] 台北市交通統計月報, 台北市政府交通局, 民國九十六年九月。
- [4] 陳憲政, 「 國外車用燃氣系統檢測訓練機構考察 」, 車輛研測資訊雙月刊, Vol 11, pp.1-11, 民國八十八年七月。
- [5] K. C. Midkiff、 W. Y. Wong and S. R. Bell, 「 Performance and Emissions of a Natural Gas Dual-Fueled、 Indirect Injected Diesel Engine 」、 SAE Paper No.911766. (1991)。
- [6] Christopher S. Weaver and Sean H. Turner, 「 Dual Fuel Natural Gas/Diesel Engines: Technology、 Performance、 and Emissions 」、 SAE Paper No. 940548. (1994)。
- [7] 林豐福、劉韻珠、田養民, 「 壓縮天然氣車輛安全檢驗與管理 之研究 」, 交通部運輸研究所, 民國八十六年六月。
- [8] 黃靖雄、黃榮文、鄭友超、吳天方、楊明恭、黃財旺、顧復中、張作為, 「 替代燃料車輛之研究及推廣使用計畫 」, 行政院環境保護署, 民國八十六年五月。
- [9] 吳正道、翁騰玉、陳再福、林振福、郭輔仁等人, 「 日本推廣 壓縮天然氣作為車用燃料之技術考察報告書 」, 行政院環境保護署, 民國八十六年六月。
- [10] 陳婉菁, 「 參加壓縮天然氣汽車研討會及廢氣分析儀器研發研討會出國報告書 」, 行政院環境保護署, 民國八十七年八月。
- [11] 陳一昌、朱珮芸、陳賓權、劉國棟、倪佩貞、李俊毅、孫以濬、蘇志哲、溫蓓章、陳柏君, 「 低污染公車營運技術評估及 其應用之研究 」, 交通部運輸研究所, 民國八十九年三月。
- [12] 陳宜佳, 「 汽車排放空氣污染物控制對策減量評估研究 」, 碩士論文, 國立成功大學環境工程研究所, 民國八十九年六月。
- [13] 葉尊賢, 「 日本CNG 汽車之發展 」, 石油季刊36 卷1 期, pp.59-63, 民國八十九年三月。
- [14] 王運銘, 「 考察韓國能源政策措施及相關設施報告 」, 經濟部 能源委員會, 民國九十二年一月。
- [15] Xiong Shusheng、 He Wenhua、 Chu Shuhua and Yang Zhenzhong, 「 Study on Performance of a Diesel/CNG Dual Fuel Vehicle Engine 」、 Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery、 Vol.35、 No.4、 pp.24-27. (2004)。
- [16] C.C.O. Reynolds、 Robert L. Evans、 Luca Andreassi、 Stefano Cordiner and Vincenzo Mulone、 「 The Effect of Varying the Injected Charge Stoichiometry in a Partially Stratified Charge Natural Gas Engine 」、 SAE Paper No.2005-01-0247. (2005)。
- [17] S. Cordiner、 V. Rocco、 R. Scarcelli、 M. Gambino、 S. Iannaccone and G. Setaro、 「 Numerical and Experimental Analysis of the Behavior of a Heavy-Duty Diesel Engine Converted to Dual-Fuel Operations 」、 SAE Paper No. 2005-24-032. (2005)。
- [18] Huang Xiongjian and Xiao Huihui, 「 Study on the Development of Natural Gas Vehicle 」、 Small Internal Combustion Engine and Motorcycle, Vol.35, No.1、 pp.51-53. (2006)。
- [19] Di Minyan and Yao Yong, 「 Interchangeability Analysis of CNG Used on Automobile Engines 」、 Small Internal Combustion Engine and Motorcycle, Vol.36、 No.2、 pp.62-65. (2007)。
- [20] 行政院環境保護署, 「 推廣壓縮天然氣低污染大客車相關問題 研究簡報 」, 民國八十五年十二月。
- [21] Smartgas Limited, 50H <http://www.smartgas.com.au/> [22] BP P.L.C., 51H <http://www.bp.com/> [23] International Association for Natural Gas Vehicles (IANGV), 52H <http://www.iangv.org/> [24] The Japan Gas Association (JGA)、 Towards the Popularization of Natural Gas Vehicle. (1999)。
- [25] John Riley、 CNG Conversion Programs、 DieselGas Limited、 (1999)。
- [26] 行政院環境保護署, 「 台灣地區公車污染改善輔導評鑑計畫 研究報告 」, 民國八十九年十二月。
- [27] 國瑞汽車股份有限公司, 53H <http://www.kuoazui.com.tw/> [28] 林陽泰, 「 推廣油氣雙燃料公車之倡議與實施策略 」, 外交部 NGO 國際事務委員會專題, 民國九十六年十一月。
- [29] 行政院環境保護署, 柴油車排放煙度儀器檢查人員訓練教材, 民國九十五年五月。
- [30] 陳憲政, 「 CNG 燃料系統實車檢測作業研究報告 」, 經濟部89 年度科技研究發展專案計畫, 民國八十八年十二月。
- [31] National Fire Protection Association、 NFPA 52 Standard for Compressed Natural Gas (CNG) Vehicular Fuel Systems. (1995)。
- [32] Compressed Gas Association、 CGA C6.4、 Methods for External Visual Inspection of Natural Gas Vehicle Fuel Containers and Their Installations. (1998)。
- [33] 49 CFR PART 571 NO.304、 FMVSS 304、 Compressed Natural Gas Fuel Container Integrity. (2000)。
- [34] American National Standards Institute、 ANSI NGV2、 Basic Requirements for Compressed Natural Gas Vehicle Fuel Containers. (2000)。
- [35] The Japan Gas Association、 JGA NGV02-95、 Design and Installation Standards for CNG Vehicular Fuel Equipment、 (1995)。
- [36] Verband der Technischen Überwachungs-Vereine、 VdTUV Merkblatt 757, Requirements for Vehicular CNG -Equipment、 (1993)。
- [37] 車輛研究測試中心, 「 國外車用燃氣系統檢測機構考察報告 」, 民國八十八年六月。
- [38] 張治水, 「 天然氣汽車技術經濟分析與研究 」, 大連理工大學 動力工程碩士學位論文, 2003。

- [39] 葉尊賢，「日本CNG 汽車之發展」，石油季刊，第36 卷第1 期，pp.59-63，民國八十九年。
- [40] 朱珮芸，「考察美日替代能源車輛技術發展現況及其推動政策」，交通部運輸研究所，民國八十七年八月。
- [41] 行政院環境保護署，交通工具空氣污染物排放標準，民國九十六年六月。
- [42] 行政院環境保護署，空氣污染防制法施行細則，民國九十二年七月。
- [43] 行政院環境保護署，柴油及替代清潔燃料引擎汽車車型排氣 審驗合格證明核發撤銷及廢止辦法，民國九十五年七月。
- [44] 交通部，道路交通安全規則，民國九十六年五月。
- [45] 交通部，車輛型式安全審驗管理辦法，民國九十六年六月。
- [46] 交通部，車輛型式安全及品質一致性審驗作業要點，民國九十六年一月。
- [47] 交通部，車輛零組件型式安全及品質一致性審驗作業要點，民國九十六年一月。
- [48] 行政院環境保護署，54H <http://www.epa.gov.tw/> [49] 聯合新聞網，5H <http://www.udn.com/> [50] 周維果、吳湘平、陳憲政，「使用中公車改裝複合CNG 燃料 系統效益評估及安全管理制度研究」，交通部八十九年度委託 專案研究計畫，民國九十年四月。
- [51] U.S. EPA、Code of Federal Regulations、Title 40、PART 86. (1996)。
- [52] 經濟部標準檢驗局，中華民國國家標準--全負載定轉速排氣煙 度試驗法(CNS 11645)，民國九十一年五月。
- [53] 經濟部標準檢驗局，中華民國國家標準--柴油車無負載急加速 排氣煙度試驗法(CNS 11644)，民國九十一年五月。
- [54] 交通部，車輛安全檢測基準，民國九十六年九月。
- [55] 行政院環境保護署，機動車輛噪音管制標準，民國九十六年 六月。
- [56] U.S. EPA、"Compilation of Air Pollution Emission Factors"、Vol :Mobile Sources AP-42. (1985)。
- [57] 台灣中油股份有限公司，56H <http://www.cpc.com.tw/> [58] 台北市交通局，「台北市天然氣公車第二期示範計畫」，民國 八十九年六月。
- [59] 財政部，使用牌照稅法，民國九十六年八月。
- [60] 交通部，汽車燃料使用費徵收及分配辦法，民國九十五年十月。