

103-110-6172

MOTC-IOT-102-TAA005

電動公車、油電公車與 柴油公車之成本效益分析



交通部運輸研究所

中華民國 103 年 9 月

103-110-6172

MOTC-IOT-102-TAA005

電動公車、油電公車與 柴油公車之成本效益分析

著者：楊智凱、許義宏、陳國岳、黃新薰、張瓊文、
朱珮芸

交通部運輸研究所

中華民國 103 年 9 月

電動公車、油電公車與柴油公車之成本效益分析

著 者：楊智凱、許義宏、陳國岳、黃新薰、張瓊文、朱珮芸

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國 103 年 9 月

印 刷 者：京峯數位服務有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 30 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：100 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：電動公車、油電公車與柴油公車之成本效益分析			
國際標準書號(或叢刊號) (平裝)	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號 103-110-6172	計畫編號 102-TAA005
主辦單位：綜合技術組 主管：張瓊文 計畫主持人：黃新薰(前任主管)、張瓊文 研究人員：楊智凱、許義宏、陳國岳、朱珮芸 聯絡電話：(02)23496868 傳真號碼：(02)27120223			研究期間 自 102 年 1 月 至 102 年 12 月
關鍵詞：電動公車、油電公車、成本效益 摘要： <p>本研究主要分析國內電動公車、油電公車與傳統柴油公車在成本與效益上之差異，探討國內推動電動公車、油電公車在實務上所面臨的課題，並針對國內運輸環境特性，提出國內推動電動公車、油電公車之結論與建議，作為運輸部門未來推動節能減碳業務之參據。成本效益評估項目包括上述車種之購車成本、營運維護成本、節能減碳及環境效益等面向。評估結果顯示，油電公車之總成本約高於柴油公車 13%，而電動公車成本高於柴油公車的比例自 7%~19%不等，現階段柴油公車仍較具有成本優勢；惟油電公車之環境效益優於柴油公車 1.37，電動公車之環境效益亦優於柴油公車及 2.20~5.53 倍。而電動公車除了購置成本，亦需考量後續維修與零件更換成本，以及後勤人員的技術能力，這些均涉及公車營運業者之營運成本，為業者考量是否採用之重要因素。研究結果認為油電公車之穩定性及妥善率佳，公車營運業者接受度較高，若以改善空污之觀點，油電公車的確為可行選項。針對電動公車部分，研究結果顯示電動公車技術仍在發展中，部分技術涉及基礎建設之投入，現階段難以評估最適用之技術，因此建議其後勤之遠端監控與電池管理需納入購車合約範疇，並持續長期培養客運業者自行維護管理電動公車之能力，同時政府對電動公車之鼓勵措施必須涵蓋客運業者、車輛、電池及充電設施，以及加強相關公私部門對電動公車之基礎知識。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
103 年 9 月	70	100	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 (解密條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密) <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: The Cost-Benefit Analysis of Battery Electric Bus, Diesel-Electric Hybrid Bus and Diesel Bus			
ISBN(OR ISSN) ISBN (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER 103-110-6172	PROJECT NUMBER 102-TAA005
DIVISION: Interdisciplinary Research Division DIVISION DIRECTOR: Chiung-Wen Chang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Hsin-Hsun Huang(former division director), Chiung-Wen Chang PROJECT STAFF: Chih-Kai Yang, Yi-Hung Hsu, Kuo-Yueh Chen, Pei-Yun Chu PHONE:886-2-2349-6868 FAX:886-2-2712-0223			PROJECT PERIOD FROM January 2013 TO December 2013
KEY WORDS: battery electric bus, diesel-electric hybrid bus, cost-benefit analysis			
ABSTRACT: <p style="margin: 10px 0;">This study conducted a cost-benefit analysis for battery electric buses, diesel-electric hybrid buses and diesel buses, and investigated the differences between them. By exploring issues regarding their operations, this study proposes suggestions that will help the transportation sector promote energy conservation and carbon reduction under the current circumstances.</p> <p style="margin: 10px 0;">Based on the purchase costs, operations and maintenance costs, effects on energy conservation and carbon reduction (environmental effects) of these buses, this study found that under a specific scenario, the total cost of diesel-electric hybrid buses exceeded that of diesel buses by 13%, and the total cost of battery electric buses exceeded that of diesel buses by 7% to 19%. The results show that diesel buses still have comparative cost advantages. However, the environmental benefits of diesel-electric hybrid buses and battery electric buses vis-à-vis diesel ones are 1.37 times and 2.20 to 5.53 times higher, respectively. In addition to purchase costs, maintenance and replacement costs as well as mechanics' special skills are also key issues for operators to think about when putting diesel-electric hybrid buses and battery electric buses to use.</p> <p style="margin: 10px 0;">At present, due to better stabilization and fewer faults than with battery electric buses, diesel-electric hybrid buses are preferred by bus operators generally. And, these buses could also be a feasible alternative to improve air quality. Because various technologies for battery electric buses are still under development, it is difficult to assess which one is the best alternative-fuel bus technology for Taiwan. Hence, this study suggests that remote monitors and battery management systems should be included in contracts when bus operators purchase battery electric buses. Meanwhile, bus operators should raise their maintenance skills for battery electric buses and the government should take measures to assist bus operators in tangible ways, including subsidies for purchasing battery electric buses and battery sets, as well as building charge facilities. Moreover, it is necessary to raise awareness and knowledge of battery electric buses for both the public and private sector.</p>			
DATE OF PUBLICATION September 2014	NUMBER OF PAGES 70	PRICE 100	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目錄

第 1 章 前言.....	1
1.1 研究目的.....	1
1.2 研究範圍.....	1
1.3 研究內容與方法	1
第 2 章 文獻回顧.....	3
2.1 國內.....	3
2.2 國外.....	9
第 3 章 國外電動公車發展現況	13
3.1 歐洲.....	13
3.2 美洲.....	15
3.3 中國大陸.....	17
3.4 其它地區.....	20
3.5 小結.....	21
第 4 章 我國電動公車與油電公車推動現況	23
第 5 章 成本效益情境分析	27
5.1 成本效益分析	28
5.2 能源價格上漲情境分析	31
第 6 章 課題分析.....	33
第 7 章 結論與建議	35
7.1 結論.....	35
7.2 建議.....	36
參考文獻.....	參-1
附錄 1 計畫摘要.....	附錄 1-1
附錄 2 簡報資料.....	附錄 2-1

表目錄

表 1 英國綠色公車基金計畫內容	15
表 2 電動、油電公車使用統計	24
表 3 各種程度驅動系統電力化之成本效益估計	27
表 4 不同能源型式公車購置成本	28
表 5 不同能源型式公車成本估算	29
表 6 能源價格上漲對公車總成本之影響	31

第 1 章 前言

1.1 研究目的

目前我國相關主管機關所推動之公車汰舊換新，除了傳統之柴油公車外，主要考量電動公車與油電公車。惟與傳統之柴油公車相較，電動公車與油電公車之使用，涉及車輛、場站、人員、其它基礎設施等多面向之課題，其提供公共運輸服務所需之成本項目與額度均大不相同。對於公車營運業者而言，使用電動公車與油電公車所造成之影響有進一步探討的必要。

本研究主要分析國內電動公車、油電公車與傳統柴油公車在成本與效益上之差異，探討國內推動電動公車、油電公車在實務上所面臨的課題，並針對國內運輸環境特性，研擬適合國內推動電動公車、油電公車之政策，作為運輸部門未來推動節能減碳業務之參據。

1.2 研究範圍

本研究以我國市區公車與公路客運所採用之大客車作為分析對象，其能源型式包括電動公車、油電(柴油與電動混合)公車以及柴油公車。至於評估的項目則包括上述車種之購車成本、營運維護成本、節能減碳及環境效益等面向。

1.3 研究內容與方法

(1)文獻回顧與資料蒐集

透過網際網路及向國內車輛能源科技相關研究單位(如工研院)蒐集國內外電動公車、油電公車與傳統柴油公車相關文獻資料，並進一步整理適用於本研究所需之相關資料。

(2)公車特性與公車能源科技發展現況分析

以節能減碳觀點及政策推動實務方面之考量，彙整公車之使用特性，以及彙集國內外電動公車與油電公車之技術發展與應用現況，並同步分析柴油公車能源技術改善趨勢，以作為成本效益分析與政策研擬之參據。

(3)公車成本效益分析

依節能減碳觀點及政策推動實務，歸納適當之公車成本效益分析項目，包括車輛購置與維運成本，以及節能減碳、空污外部成本內部化之效益等，並據以分析電動公車、油電公車與傳統柴油公車之成本效益。

(4)電動公車推動課題探討與策略研擬

依據現況分析與成本效益分析之結果，並透過與公車營運業者、電動公車製造業者之訪談，以及我國節能減碳政策方向與政策推動實務需求，歸納我國電動公車、油電公車運行之實務面課題，並依其課題與我國公車營運特性，研擬適合我國之電動公車與油電公車推動政策與策略。

第 2 章 文獻回顧

有鑑於電動公車於我國為新型態之替代能源公車，相關單位對於其之發展現況仍未有較完整之掌握。因此，本研究文獻回顧部分以電動公車為文獻蒐集之主要範疇。

2.1 國內

本所自 83 年^[1]即已著手研究探究電動車之開發技術，了解國內外電動車目前發展現況，並評估我國適合之策略。依美國能源部資料，不同能源發電應用於電動車之總能源效率介於 14.4~16.5%之間，優於化石燃料內燃機車輛的 10.3%。報告中提出電動車市場潛力的評估，其中臺北都會區市區公車中有 30~40%可採用電動車。

本所於 86 年^[2]接續針對電動車輛發展時相關技術、環境、效益、法令等問題進行初步評估，同時探討有關電動車相關法規與鼓勵措施，並對交通相關法規進行檢討與建議。本研究初步獲致結論如下：1.臺灣具有發展電動車輛之有利環境與需要，然在電動車及電動車用電池性能尚未突破時，混合電動車是很好的選擇；2.公車系統具有固定站場、路線、使用頻率等特性，而鼓勵大眾運輸又為我國交通部門之鼓勵政策，因此在電動車之推廣上，應優先鼓勵電動公車之引進與示範運行；3.為配合電動車之發展與規劃，有關電動車輛之適法性、汽燃費減免及交通鼓勵措施應儘速檢討與修訂。

本所延續 83 年與 86 年之研究成果，於 87^[3]年針對電動公車做為都市運輸工具之可行性進一步評估，並評選適合之路線。該研究除利用電腦網路與第 13 屆國際電動車研討會廣泛蒐集世界各國電動公車之發展動態與其成本等資訊，並以多評準評估方法對適合臺灣地區運行之公車形式進行評估，以電動公車之使用者、社會、業者以及決策者等之相關決策群體，對各準則以 AHP 成對比較法給予相對之重要度以及由電動公車專業技術研究者對各方案在各準則下給予績效值或相對水準之評分，利用多評準評估決策方法對各方案做一優勢關係

排序，評估結果顯示國內目前較適合的電動公車形式以複合式電動公車為最佳；而在路線評選方面，本研究考慮臺北市與新竹市 2 都市，在臺北市方面，以 20 路公車為最適合，新竹市方面則以火車站至南寮漁港路線最為適合。

本所 89 年^[4]針對國內外低污染公車技術發展經驗及實證結果進行了解，並探討國內引進低污染公車實際運行之相關課題，以作為我國研發推廣使用低污染公車之規劃依據。研究中蒐集國內外相關之低污染公車營運技術和應用現況，並利用多目標評準方法進行低污染公車引進國內之發展潛力評估，評估結果為短期以混合式電動公車、天然氣公車和純電動公車較具發展潛力。本研究並依據現況初步擬定國內低污染公車之短、中、長期發展目標及發展策略和未來相關之配合措施。此外，本研究以臺中都會區為規劃低污染公車之示範都會區，考量臺中市之相關計畫，以純電動公車為規劃車型，利用多目標評準方法建議臺中都會區最優先實施低污染公車之市區路線、觀光路線及城際路線。最後利用魚骨分析法建立國內引進低污染公車應用規劃之實施構想，並概估各分項工作之推動時程、先後順序與相關單位之權責分工。

莊龍文君(93 年)^[5]以歷史比較研究法回顧國內外高效率電動車輛發展經驗與推動策略之相關文獻，並以魚骨圖呈現各國電動車輛在發展背景、發展主軸方向、發展程序、推動法源與推動策略之關聯結構。其次，以主觀法之傳統與改良布達計數法以及客觀法之灰色系統理論，就法令、經濟與社會環境等 3 面向，研擬推動準則、指標與建立灰關聯模式。然後進行我國電動車輛相關之產官學研部門專家的深度訪談與問卷調查，經由各面向灰關聯求解得以確立電動車輛的推動順序。

林成原君(94 年)^[6]針對全球複合動力低污染車輛技術發展藍圖與各主要複合動力低污染車輛製造或使用國相關推動計畫的主要內容及效益進行調查，並探討複合動力低污染車輛關鍵零組件產業現況及相關成本及全球複合動力低污染車輛相關法規標準及限制，研究內容

亦針對車輛負載(Vehicle load)降低傳動系統(Transmission)改良、提昇引擎效率與電子系統改良之發展趨勢進行分析。該計畫係為「全球複合動力低污染公車發展與效益及導入政策規劃」總計畫項下之子計畫一。其總計畫係就全球複合動力低污染公車之技術發展藍圖、先進國家的推動計畫及成果、目前應用現況及遭遇之困難點、相關之法規與標準等進行評估，也評估使用複合動力低污染公車所可能獲致之空氣污染物減量之成本效益。該計畫分別由國外發展經驗與成效、關鍵技術掌握與提昇、及導入的策略與減量效益等3大主軸出發，以整合整個計畫的研究目標，其下3項子計畫分別為「全球複合動力低污染公車發展與效益及導入政策規劃」、「複合動力低污染公車關鍵技術及測試方法研究」、「複合動力低污染公車推動規劃及效益評估等」與「全球主要國家使用複合動力低污染公車的現況調查與案例分析」等。

吳贊鐸教授(94年)^[7]針對複合動力低污染公車推動規劃及效益進行評估。研究結果顯示，而潔淨車輛短期要大幅度取代現有柴油引擎車輛實為不易，中短程需以電池電動車(DEB)及引擎與電動混合電動公車(HDEB)為主，長程則由燃料電池電動車(FCEV)主導為宜。複合動力系統雖技術門檻高且製造成本亦高，惟兼具大幅省能及降低污染之效。為此，在使用相同燃料條件下，包括性能、續航力及能源補充，已與內燃機引擎車具相同之產品性質，成為短、中期極具潛力之主流發展技術與產品。另應有獎勵補貼(助)措施；如：(1)貨物稅減半或減免及關稅減免(如零；因係進口之低污染防制設備)；(2)補貼(助)設置「車上充電系統保修站」；(3)補貼(助)維修保養之特殊工具及備品。其推動策略，則可考量結合大型活動試乘之。並強制規劃於車流大、高乘載且高污染之公車路線(即黃金路線)或公車專用道上，推動「複合動力低污染公車」(或增加其比例或配額)，以收事半功倍之效。

吳浴沂教授(95年)^[8]針對複合動力低污染公車關鍵技術及測試方法進行研究。完成的工作有：(1)複合動力公車測試方法與整車油耗污染模擬：參考 SAE J2711 研擬複合動力公車測試方法，以臺北市

公車行車記錄器之數據，及參考美國幾個公車行車型態，建立臺北市公車行車型態，然後應用美國能源部的 Advisor 軟體，模擬複合動力公車，比較柴油引擎公車與各種複合動力公車在不同的行車型態下之油耗污染與加速性；(2)關鍵零組件技術研究：找出複合動力公車之關鍵零組件特性，以及國外現有之複合動力公車規格；(3)維修保養系統探討：經由產官學研座談會以及拜訪臺北市大都會客運公司保修廠，了解到公車單位既無人力技術去建立維修體系，也缺乏經濟性，所以少量引進時之維修系統務必由複合動力公車生產廠商負責。

盧曉櫻教授(95年)^[9]針對全球主要國家使用複合動力低污染公車的現況調查與案例進行分析。研究結果發現美國為全球複合動力公車推動與運作最積極之國家，相關之計畫遍佈全美各都會區；歐洲地區則主要由歐洲政府之研究計畫下，歐洲共同體之少數國家參與之，但在複合動力公車之推動則少見常續性之發展。計畫推動通常由中央與地方政府運輸部門，結合車輛製造廠商針對當地之需求與營運現況，研發製造合適之車輛，在示範計畫進行之同時，修正相關之技術並改良車輛之營運效能；如此，政府與車廠合作使得計畫得以成功。因複合動力公車為新技術，需專業之維修與技術人員，與車廠之密切配合並擁有專屬之技術為成功之關鍵。模擬分析顯示複合動力公車雖有增加燃油經濟性與降低排放污染物等優點，但因購置成本昂貴以及維修成本較高，因此以目前之狀況而言，投資之經濟效益不彰。此外，其電池壽命不長以及相關備用零件之取得之問題等值得推動單位深入考量。

蔡俊鴻教授(96年)^[10]藉由本土化資料推估移動源CO₂排放資料，評析不同運輸工具 CO₂ 排放量，並解析移動源排放減量策略及研訂CO₂ 排放標準可行性。研究對象區分為道路移動源(汽油車與柴油車)及非道路移動源(空運、水運、鐵路、農林漁、及營建)等2大類。排放量估算結果顯示，民國89年至94年間移動源CO₂排放量成長2.3倍，民國94年全臺灣移動源所致溫室氣體排放總量為67,900千公噸

-CO₂ 當量；道路移動源佔 83%，自用小客車排放比例最大(佔總排放量 37%)，其次為營業大貨車(8%)、自用小貨車(7%)及機車(7%)；非道路移動源排放量佔 17%，以國際空運(8%)所致比例較大。解析國外移動源 CO₂ 管制策略顯示，替代燃料為各國近年重點策略，並透過補助或稅收減免方式，鼓勵民眾使用替代燃料。提升能源效率策略亦為多數國家重點，多數國家皆訂有燃油效率標準，以提升新車燃油效率，並透過提升大眾運輸系統使用率達成提升能源效率之目標。低污染車輛推動亦多配合稅制減免或購置補助等經濟誘因，鼓勵民眾使用電動、油電混合、或燃料電池車輛等低污染車輛。評析臺灣地區短程/中程/長程移動源 CO₂ 管理對策，較具減量潛勢且具近程可行性者為：訂定新車燃油效率標準、推廣使用油電混合車輛、規定車隊須有一定比率為低污染車輛、限制私人運具進入(時段)。參考美國加州車輛 CO₂ 排放標準，係以訂定車群單位里程溫室氣體排放量(g/mile)，管制對象為小客車(PC)及小貨車(LDT1/2)，考量不同車輛製造廠車輛技術差異給予彈性，訂定出合理可達成標準，分階段逐年加嚴。考量臺灣地區車輛組成結構及 CO₂ 排放量，車輛 CO₂ 排放標準宜以汽油小客車/小貨車及機車為優先訂定適用。

劉育甫君(98 年)^[11]以問卷調查方式，了解都會區民眾對氫燃料公車的認知、支持意向、環境價值觀與選擇大眾運輸系統因素等，並從問卷調查結果進行願付價值分析。研究結果顯示，臺北都會區的民眾對氫燃料公車的願付價值約為 11 元，實際零願付價值的人數佔 14.2%，高雄都會區的民眾對氫燃料公車的願付價值則為 14 元，實際零願付價值的人數佔 7.9%，而臺北都會區的願付價值較低的原因，推測臺北都會區的民眾平常使用到大眾運輸系統的機會較高，且每週所花費的通勤費用亦較高雄地區高，且臺北都會區的生活開銷高於高雄都會區，因此導致臺北都會區民眾會有較低的支付金額。

葉廷仁教授(101 年)^[12]針對國內電動車技術研發現況與成本進行分析探討。其探討對象以電池及車輛行駛成本為主。結論認為，臺灣

在電池、電控、馬達等零組件的製作方面都有相當大的研究能量與豐富的製作經驗，臺灣具有 IC 產業的背景基礎，亦可在電池管理系統、電控系統上多加著墨；另外臺灣的馬達工業在全球亦有不小的知名度，且許多廠商都有接受國際知名車廠委託訂製馬達和動力控制模組的經驗，日後應多加強與國際車廠的合作經驗取得各項參數，將層次由代工製作向上提升到設計層次。雖然臺灣因缺少自主品牌，在整車發展上較不具優勢，然卻有零組件供應的實力，若能以零組件供應的方式先打入市場，再逐步發展整車平台，還是有機會在全球電動車產業中嶄露頭角。

宋德淦君(101 年)^[13]透過中國大陸「節能與新能源汽車示範推廣財政補助資金管理暫行辦法」與「節能與新能源汽車示範推廣應用工程推薦車型目錄」，來了解中國大陸新能源汽車的開發現況。文章結語認為，中國大陸為全球最大的重型客車生產國，在政策推動之下，有潛力成為全球電動巴士的主要市場。然而現階段中國大陸電動巴士系統的成熟度仍有不足，特別是在動力電池方面。

林登禾等人(101 年)^[14]對電動巴士停靠站充電模式，透過研究國際案例，分析停靠站充電模式運行優勢、系統架構、儲能需求與限制，並研究調查臺灣都會區公車運行情況，分析各路線停靠站情況、停等時間比例、運行速度分布等，並歸納統計分析結果。該研究以平常日離峰時段公車專用道路況為基準，採用超級電容、鈦酸鋰電池、鋰鐵電池為儲能元件進行儲能元件所需體積、重量、成本進行評估。結果發現鈦酸鋰電池電動巴士成本最低、體積與重量最少，目前在 3 者之間最具市場競爭力；此外，都會區公車專用道具有停靠站時間比例高之特性，適合導入此模式。

臺北市政府透過環保署補助，由該市環保局自 101 年 10 月 15 日至 102 年 6 月 14 日止，為期 8 個月，以租賃方式提供 2 輛電動公車試辦計畫於 246 路線營運，民眾可免費搭乘該路電動公車，平日提供 6 班次、假日提供 3 班次之方式營運。其試辦計畫評估結果顯示，目

前公車業者對於電動公車仍持保留態度，其面臨困境及待克服課題包括電動公車技術未臻成熟、電動公車成本較一般柴油公車高、公車業者對電池續航力仍有疑慮等；建議政府應以減碳技術中立與實際成效，來看待各種技術發展之可能性，同時低碳運具發展計畫應有生命週期及永續發展的概念，而非僅給予補貼款。依英國交通部經驗，可從建立客觀能耗或二氧化碳排放標準，對國內公共運輸業引進低碳公車替代傳統柴油公車所產生之效益、成本、績效及減碳量等提出量化標準，以提供政府施政參考，或作為對業者購車補貼之參據；亦即對車輛可達所訂能耗或排放標準，則給與補貼或優惠，以加速業者研發節能車輛之成效^[15]。

2.2 國外

美國德州大學奧斯汀分校的 Fowler 等人(84 年)針對電動公車的技術與經濟可行性進行研究。研究方式係透過公車主管機關的電動公車路線進行個案研究。可行性的準則包括續航力、最高車速、乘載率；而經濟性則用以評估電動公車、天然氣公車及柴油公車。研究結果顯示，電動公車應用在市中心區的路線極為理想，而從生命週期角度來看經濟成本(包含污染成本)，電動公車在面對柴油公車也十分具有競爭力。

美國科技應用國際公司 (Science Applications International Corporation, SAIC) 的國家能源科技實驗室 (National Energy Technology Laboratory)(91 年)彙整油電車與電動車的科技，並蒐集相關推動之管制與政策架構，進一步探討其溫室氣體排放特性，再透過案例研究，用 3 種情境量化估算其溫室氣體排放及減量效益。

愛爾蘭政府建立的「永續能源機構(The Sustainable Energy Authority)」(96 年)針對油電車與電動車進行成本效益評估。愛爾蘭依據京都議定書制定國家 CO₂ 排放目標，於 2008 年至 2012 年間不得超過 1990 年水準 13%，愛爾蘭歷年 CO₂ 排放最高峰係於 2001 年排放超過 1990 年水準 31%。愛爾蘭國家氣候變遷策略認定運輸為溫室氣

體排放快速成長的來源，道路運輸的 CO₂ 排放預測持續成長。為了達到京都議定書管制目標，愛爾蘭必須減少運輸部門的排放。使用油電車或電池電動車為可能措施之一，具有減少車輛能耗與 CO₂ 排放的優點。然而，在推動相關措施之前，必須評估節能減碳之成本效益。該報告內容包括持有成本計算，提供油電車與電動車不同車型每公里之能源效率、排放與成本(購置、運行與能源使用)，並撰擬易懂的購買指南。

美國洛杉磯郡都會運輸局(Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority)(99 年)從乘載率提升、路網擴增、車輛科技、能源使用及其它等 5 個面向探討公車營運時之溫室氣體減量策略。其中在車輛科技部份探討汽油電力混合動力公車等車輛技術。從不同等級之成本與效益進行策略之分析與歸納，以作為政府與公車營運業者減少溫室氣體排放的參考。分析結果中最具成本效益的策略包括共乘、大眾運輸導向發展、油電車、隧道照明翻新、提升照明效率、公車洗車水回收等。

美國匹茲堡大學的 Cooney(100 年)針對柴油與電動大客車進行生命週期評估分析。生命週期評估結果顯示，在使用階段所消耗之能源佔比最大，然而電動大客車的電池在生產過程中所造成之負面效果，包括全球暖化、致癌物、臭氧耗損與環境毒性等，亦十分嚴重。在發電技術的組合與柴油或電力大客車偏好之間有很大的關聯性；現有美國平均電網條件下，若單就全球暖化衝擊來看，傳統柴油大客車優於電動大客車。決策者在建議使用電動大客車以減少 CO₂ 排放之前，必須針對不同區域電網考慮其差異性。研究中發現，以美國電網現況，電動大客車只有在 8 個州(如華盛頓州與奧瑞岡州)優於柴油大客車。改善電池科技可以減少電動大客車生命週期衝擊，但電網的改善仍是主要關鍵。

中國大陸山西省大同市(100 年)針對電動公車之可行性進行分析研究。大同市採用東風揚子江電動公車進行營運。其經濟性分析項目

包括購車成本及車輛使用成本，此外亦同步探討電動公車對營運方式之影響，並探討電動公車之安全性。其分析結果顯示，現階段電動公車在經濟性方面並不具備優勢，可靠性方面尚無成功經驗可借鑒，加上充電配套設施的不完善，故尚未達到全面推廣電動公車之條件。因此，該公司以探索新能源車輛應用及累積實務經驗為目的，在部分路線應用電動公車。

首爾預計在 2020 年前將其 7,600 輛的公車中的 3,800 輛汰換為電動公車。在其「首爾電動公車計畫(Seoul Electric Bus Project)」簡報資料(101 年)中介紹韓國首爾推動電動公車的計畫內容、車輛的規格與技術、推動的歷程。

英國著名的開放式教育機構「INTECH 科技中心」在其「新世代電動車(101 年)」報告中，對電動車輛進行詳細的介紹；其中第 6 章並介紹電動市區公車之應用。在第 6 章中，說明了電動車的優缺點，並介紹油電、燃料電池、電池電動等不同技術之大客車特性，同時亦針對能源儲存系統進行探討。該章結論認為，油電公車數量未來將會持續成長；而燃料電池公車目前的研究結果均顯示具有正面效益，惟氫氣供應及其價格與車價為主要的障礙；電池驅動的電動車數量也有明顯的增加，但是其續航力與基礎設施為主要障礙。

芬蘭 VTT 科技研究中心的 Nylund 等人(101 年)針對大客車的能源技術進行評估分析。該計畫與環保單位的車輛替代與生質能計畫合作。計畫目標係取得正確具體的資料以作決策者參考之用。計畫分為 4 個部分，包括油井到油箱之替代能源路徑評估、大客車最終能源效率(油箱至車輪)績效評估、結合油井到油箱與油箱到車輪資料成為油井到車輪資料，以及成本評估(含直接與間接成本)。研究中數種化石燃油與生質燃油的排放估算係使用美國的 GREET 模式、加拿大 GHGenius 模式以及歐盟 RED 方法論。在油箱至車輪的研究中，共在動態平台上測試了 21 種不同的大客車，不同車輛、燃料與駕駛週期所產生的資料組合達 180 種；其中使用的燃料種類包括柴油、合成柴

油、數種生質柴油、含添加劑的酒精、甲烷與二甲醚；車輛部分亦包括 6 輛不同的油電車。油箱到車輪研究係在車上加裝車上測量儀器 (AVL MTC) 與一些引擎動態監測儀器。研究成果蒐集了大客車績效之多種參數資料，最大的差異在於油井到油箱過程中，不同燃料的 CO₂ 排放當量，生質燃油尤其明顯，其差異來自於生質燃油鏈、不同地區的生質作物、選用來製作的原料等等。結論顯示，最有效的減量管制作法為汰舊換新；油電與輕量化可減少油耗達 20~30%，但其它技術的效果沒有這麼顯著。

第 3 章 國外電動公車發展現況

3.1 歐洲

1. 德國

德國 2013 年 2 月與 9 月分別於曼海姆(Mannheim)的 63 公車路線與布倫瑞克(Braunschweig)的 M19 公車路線進行無線充電電動公車測試計畫。2 個計畫均採用加拿大 Bombardier 公司的 200 千瓦快速無線充電技術；該計畫與布倫瑞克科技大學、能源局以及德國聯邦運輸部合作推動^{[16],[17]}。

在油電公車方面，德國聯邦環境部 2013 年補助漢堡市 51 萬歐元購買 15 輛油電公車，這補助額相當於車價的三分之二^[18]。德累斯頓(Dresden)自 2006 年起即已透過測試計畫試運行油電公車^[19]，而在 2011 年後採購了 8 輛賓士集團開發的油電公車，並於 2011 年 5 月先試行 3 輛^[20]。盧貝克(Lübeck)亦於 2011 年購入 5 輛油電公車運行^[21]。慕尼黑(Munich)於 2011 年購入油電公車，該車純電行駛里程可達 10 公里，節能減碳 20%。紐倫堡(Nuremberg)自 2007 年即已購入油電公車進行測試，該市測試的油電公車是由西門子與 MAN 集團所打造的，並採用超級電容作為儲能裝置^[22]。

2. 芬蘭

芬蘭在 2013 年採用荷蘭電動公車製造商 Ebusco 的產品進行測試，Ebusco 係與中國大陸的銀通集團合作發展電動公車^[23]。

3. 英國

英國在 2014 年 1 月 19 日於倫敦北方 45 英里遠的 Milton Keynes 小鎮的第 7 號公車路線進行 8 輛電動公車的營運測試；該路線原本由柴油公車運行，一年乘客高達 80 萬人。該電動公車具有無線充電之功能，每日測試時間長達 17 個小時，預計每輛車一年將行駛 5 萬 6 千英里。無線充電功能利用司機在終點站休息的 10 分鐘內充入足以行駛 10 英里的電力；因此，目前在該 15 英里的測試路線上，僅設有 2 處無線充電設備；充電功率達 120 千瓦，電能轉換效率 90% 以上；電池採用水冷設計的鋰離子電池；底盤則是自印度進口的賓士底盤。預估該計畫將有每年減少 CO₂ 排放 500 噸的效益，同時減少 1 萬 2 千至 1 萬 5 千英鎊的營運成本。該電動公車由 The Wright Group 位於北愛爾蘭的工廠製造，相關技術係採用 Conductix-Wampfler 公司與紐西蘭奧克蘭大學合作研發的無線電力傳輸(IPT)科技，類似的系統亦正在義大利的都靈(Turin)與熱那亞(Genoa)、荷蘭的烏得勒支(Utrecht)、德國的曼海姆(Mannheim)進行測試中^{[24],[25],[26],[27]}。

英國的綠色公車基金(Green bus fund)在 2013 年投入 1 千 2 百萬英鎊購買 213 輛低碳公車，這是該基金第 4 期的計畫，1 至 4 期計畫合計花費 8 千 7 百萬英鎊，購入的低碳公車超過 1,200 輛。在第 4 期所購入的低碳公車中，電動公車計有 31 輛，油電公車計有 153 輛，其餘為生質能源公車，如表 1 所示^[28]。

表 1 英國綠色公車基金計畫內容

Bidding organisation	Where will the buses operate?	Number of buses funded	Grant offered
Reading Transport Limited	Reading	14	£185,990
Yorkshire Coastliner Limited	York	1	£71,967
Courtney Coaches Limited	Oxfordshire	2	£104,000
City of York Council	York	2	£186,125
First Beeline Buses Ltd, t/a First Berkshire	Heathrow area	5	£274,042
Transport for Greater Manchester (Bid 2)	Manchester	3	£292,644
Stagecoach North East	Sunderland	17	£305,601
Transport for London (Bid 2)	London	4	£360,000
Transport for Greater Manchester (Bid 1)	Manchester	10	£560,480
First York Limited	York	6	£566,434
Selwyns Travel Limited	Cheshire	6	£577,728
Nottingham City Council	Nottingham	15	£1,517,256
Stagecoach Manchester	Manchester	38	£2,001,840
Transport for London (Bid 1)	London	90	£4,640,000
Total		213	£11,644,107

資料來源：<https://www.gov.uk/government/news/12-million-boost-for-greener-bus-journeys>

4. 瑞士

瑞士在日內瓦採用瑞士-瑞典跨國公司(ABB)集團所開發的快充式電動公車，每次充電只要 15 秒，每秒傳送 400 千瓦的電力，該車為 2 節式，可搭乘 133 位乘客，並於 2013 年公共運輸國際協會(International Association of Public Transport, UITP)全球大會期間(5/26~5/30)作為日內瓦機場與相距約 1 公里之國際展覽中心間進行接駁展示^{[29],[30]}。

3.2 美洲

1. 美國

美國環保署「柴油排放減量法案(Diesel Emissions Reduction

Act, DERA)」補助各州改善其柴油車輛之排放品質^[31]。改善方式包括引擎改裝、改用壓縮天然氣、改用生質柴油等，改裝的車輛包括校車、工程車、港埠機械、大眾運輸之鐵路柴油動力車頭與公車等。該法案於 2008 至 2012 年間共計補助近 300 項計畫，其中約有四分之一涉及校車之改善，當中計有 4 項計畫採用壓縮天然(CNG)，涉及公車的改善計畫約有 17 項，其中有 2 項採用生質柴油，亦有 2 項計畫採用油電公車；另約有六分之一涉及貨車的改善；惟上述多數計畫主要為老舊引擎的更換或其它機件的改裝為主，替代能源之採用比例很低。

然而，各州各城市採用替代能源公車數量眾多，在公車使用替代能源的比例於 2011 年 1 月即已超過 35%^[32]，其中最高者為 CNG 公車(18.6%)，其次為電動(含油電)公車(8.8%)^[33]。

華盛頓特區於 2009 年 10 月即有該國自製的 Proterra 電動公車進行展示，該電動公車具備快速充電功能，透過車頂的充電介面，在路線上的快充站可以在 5 至 10 分鐘內充飽電。在滿載 68 名乘客的情況下，該車之能源效率轉換計算後相當於每加崙柴油(當量)可行駛 18 至 29 英里^[34]。

芝加哥於 2012 年 7 月決定引進美加地區公車大廠 New Flyer Industries 公司生產的電動公車，該車採用西門子(Siemens)動力系統之永磁式馬達與相關應用軟體，並於 2013 年進行測試；為因應芝加哥嚴寒的天候，公車的暖氣將耗費大量能源，因此該車輛另外在電動公車上安裝了生質柴油暖氣^[35]。

南加州的塞內卡市(City of Seneca)在 2011 年 11 月決定引進 4 輛美國自製的 Proterra 電動公車，並建置 2 處充電站，於 2013 年夏季取代其中一條原由 3 輛柴油公車行駛的路線^[36]。

麻薩諸塞州(Massachusetts)伍斯特(Worcester)縣自 2013 年夏季起引進電動公車，目前有 6 輛美國自製的 Proterra 電動公車^[37]。

2. 加拿大

加拿大於 102 年 7 月正式有電動公車上路收費營運。採用的是中國大陸比亞迪製造的電動公車，該電動公車之營運為一為期 10 個月的測試計畫，測試路線包括渥太華(Ottawa)等幾個地區的公車路線，以了解該電動公車是否能夠適應加拿大的氣候、地形與交通條件。該電動公車長 12 公尺，有 31 個座位，採用輪轂馬達，具備充電回充功能，電池容量達 324 千瓦小時^[38]。

3.3 中國大陸

於 98 年 1 月，中國大陸正式開啟 13 城千輛的節能與新能源汽車示範運行計畫，而同時發布的「節能與新能源汽車示範推廣財政補助資金管理暫行辦法」，提供節能與新能源汽車購車補助，有資格取得補助的車輛必須符合以下 3 個基本條件^[39]：

- 1.動力型式屬於混合動力、純電動或燃料電池；
2. 應用於公交、出租、公務、環衛和郵政等公共服務領域；
- 3.屬於乘用車、輕型商用車與十米以上市區公車。

102 年並批准「新能源汽車示範推廣方案」，以示範城市為核心，設立試點區域，擴大輻射範圍，加速區域電動汽車推廣；改善原有財政資金補貼方式，加快資金補貼落實力道；向全國推廣混合動力客車；對充電站的建設進行財政支援。此前的補貼方式，是根據有多少示範城市、在示範城市賣出多少輛車，再把錢給示範城市，由示範城市補給車商；但最新的方式，是將補助款直接發放給車商，成為本次補貼政策最大的變化^[40]。

中國大陸最新公布之「節能與新能源汽車示範推廣應用工程推薦車型目錄」為第 52 批，其中節能與新能源汽車示範推廣應用工程推薦的 40 個車型中，純電動汽車占 33 個席位，占比達 83%，由近 5 期之名單可以看出，純電動車輛的比重日益提高，顯見中國大陸側重發展純電動汽車^[41]。

近年中國大陸比亞迪生產之 K9 電動大客車積極擴展國際市場，

包括德國、荷蘭、波蘭、英國、美國、加拿大、以色列、馬來西亞等國家均有購入該公司電動大客車。德國在 2013 年於多個城市測試中國大陸比亞迪生產之 K9 電動大客車，包括波恩市^[42]、慕尼黑^[43]等，該電動公車充電需時 5 小時，續航力達 250 公里；荷蘭於 2013 年購入 6 輛中國大陸比亞迪生產之 K9 電動大客車，於斯希蒙尼克島 (Schiermonnikoog) 上進行電動公車之測試，測試所得之耗電量為每公里 1.3 度^{[42],[44]}；波蘭華沙與中國大陸比亞迪簽訂電動公車路網發展協定，由華沙科技大學及電力公司共同合作發展^[45]；英國倫敦於 2013 年底引進中國大陸比亞迪電動公車進行測試^[46]；美國紐約市於 2013 年 8 月 25 日至 10 月 25 日在曼哈頓地區的 M20、M42、M104、M98、M60 與 Bx27 等路線進行為期 2 個月的測試，測試車輛採用中國大陸比亞迪製造的電動公車，在長達 1,481 英里的測試後，紐約市認為該車型的性能十分適合該地區公車平均時速常低於 4 英里的交通狀況，其電池容量每耗用 1% 可以運行車輛 0.3 個小時，推估每次充飽電可連續營運 30 個小時，並在塞車情況下行駛 140 英里^{[47],[48]}；洛杉磯於 2013 年 9 月簽約，將於 2014 年起陸續引進 25 輛中國大陸比亞迪電動公車，並在當地建立電動公車製造廠以提供就業機會^[49]；加州長灘 (Long Beach) 於 2013 年 3 月簽約，將於 2014 年引進 10 輛中國大陸比亞迪電動公車^[50]；以色列特拉維夫市於 2013 年向中國大陸購入比亞迪生產之 K9 電動大客車，預計在 5 年內購入 500 輛電動公車；馬來西亞的馬六甲採用中國大陸購入比亞迪生產之 K9 電動大客車。

至於在中國大陸本地部分，北京市自 100 年即有 50 輛電動公車上路，採用京華汽車之換電式電動公車，惟受限於充電場地不足，造成許多電動公車無法上路。該市於 102 年購入 40 輛第 2 代換電式電動公車，採用北汽福田之產品，可搭乘 80 人，電力馬達直接驅動車輪而不透過變速箱。後續將於 103 年投入 700 輛電動車(其中含 50 輛充電式電動公車)和 1950 輛天然氣車，預計到 106 年達到新能源與清潔能源車總量佔公交車輛比例 65% 的目標。103 年將上路的電動公車充電時間從 3 個小時縮短到 2 小時左右，一次充電後的行駛里程也延長至 120 公里，推估每百公里耗電量約為 95 度(KWH)^{[51],[52]}。

102 年南京市投入 20 輛換電式電動公車進行測試營運，該車續航力 90 至 120 公里。該市並於 103 年投入新的充電式電動公車營運，在不開空調情況下，續航力達 200 公里，開空調則可達 150~170 公里。每次充電 3~4 小時，總電量 100 度，每公里約耗電 0.5 度^{[53],[54]}。

河北省唐山市於 99 年由電池製造業者中國鋰源投資集團投資，引進英國車體技術，打造換電式電動公車。唐山市公車業者並於 102 年花費 1,800 萬人民幣購入 10 輛電動公車上路進行測試，續航力 100 公里^{[55],[56]}。

山東省青島市目前電動公車營運規模約達 500 輛^[57]，該市之電動公車採換電模式，由電力公司負責充換電站建設和動力電池租賃，為電動公車提供換電服務，公車業者則繳納換電服務費每公里 0.05 元人民幣^[58]。103 年將再購入 550 輛電動公車。其充電站設計具備儲放功能，可儲放電能 11,628 度，可在離峰充電及尖峰放電，滿足電網調峰需要^[59]。

山西省太原市於 102 年 10 月投入 20 輛電動公車試營運。該市採用之電動公車續航力達 300 公里，不開空調情況下每公里耗電 0.8 度，開空調則為 1 度^{[60],[61]}。

四川省重慶市自 2011 年開始陸續投入 31 輛電動公車上路測試營運，測試路線部分路段坡度達 15%至 20%，以測試車輛是否符合該市多坡之道路特性，預計 103 年車隊規模達 1000 輛(含插電式混合動力公車)。該市電動公車動力為 90KW 馬達，電池採用磷酸鐵鋰電池，2 把充電槍能在 10 分鐘充滿，續航力 60 公里，平均每公里耗電為 1 度，該車並具備煞車回充電力功能。惟該車為保留 20%電力以免電池受損，實際每行駛 40 公里即需再次充電。為了避免電動公車在路上電力耗盡無法行駛，業者並備有緊急供電車，可在 5 分鐘內該車輛恢復電力行駛。其充電設施係由國營電力公司進行建設與營運，6 套 450kw 充電機可同步充電 6 輛電動公車，服務車隊規模可達 50 輛，充電電流 500A，可在 10 分鐘內完成充電^{[62],[63]}。

湖北省武漢市電動公車於 100 年上路，由東風揚子江汽車公司製造，極速每小時 80 公里，充電時間 4 小時，續航力 280 公里。該市並於 102 年購入東風揚子江汽車公司 5 輛線上充電式的電動公車，該車在未有線上充電情況下的續航力達 120 公里。惟經過測試，該市

認為效益不佳，因此在降低了後續電動公車的推動比例，進一步考量使用插電式混合動力電動公車^{[64],[65]}。

廣東省深圳市原於 98 年開始推動混合動力公車，於 101 年開始主推電動公車。於 102 年混合動力公車數量達 1,800 輛，電動公車車隊規模達到 1,200 多輛。該市之電動公車營運採用車電分離方式，公車營運業者購置或租賃空車(不含電池)，充電維護則由專任的充電營運商負責^[66]。

3.4 其它地區

1. 韓國

韓國近年積極發展自有的電動公車。102 年韓國在慶尚北道昆美(Gumi)一條 24 公里的公車路線上測試該國的無線充電電動公車。目前其無線充電技術僅需於公車行駛路線上 5%至 15%的路段設施無線充電模組，即可讓電動公車通行無阻，其最高的充電效率可達 85%^[67]。

2. 日本

日本三菱重工(Mitsubishi Heavy Industries Ltd, MHI)主要發展換電式電動公車，以減少充電設施不易遍佈以及充電式公車無法快速充電的不便；而日本國土建設於 2010 年選中 4 個地區進行「社區更新使用環境友善車輛之驗證測試(Verification Test of Community Renovation Using Environmentally Friendly Vehicles)」，其中在京都(Kyoto)及青森縣市(Aomori City and Aomori Prefecture)分別於 2011 年 2 月與 3 月開始進行電動公車的測試，測試之電動公車具有 2 具 79KW 的馬達，最多載客 65 人，每次電池滿載行駛距離為 30 公里^[68]；2011 年 8 月慶應義塾大學(Keio University)發展的電動公車也在神奈川縣(Kanagawa Prefecture)營運^[69]；在 2014 年 2 月，北九州市(Kitakyushu City)也有 2 輛電動公車進行測試。

3.5 小結

電動大客車於 20 年前即已有相關國家進行測試，在同一時間，本所亦同步蒐集國外相關計畫推動情形進行評估，惟由於當時之動力電池仍採用傳統之鉛酸電池，其特性應用於動力電池並非理想之產品；雖然電動公車在特定地區路線使用有其正面之效益^[70]，但受限於電池性能不足，因此當時之評估結果均認為電動公車之發展仍需進一步的觀察與評估；隨著後來電池技術研發的快速進步，一些較鉛酸電池更為適合作為車輛動力電池之技術快速發展，並出現眾多可應用於市場上之產品，讓電動小客車之產品與市場均快速的發展，而在電池技術進步的條件下，更多國家開始投入電動大客車之研發，並逐漸有成熟之產品陸續上線進行營運之測試。

就設置能源補充基礎設施而言，電動公車具有路線與航程固定的特點，因此相關充電基礎設施之建置及電池續航力之管理均較私人運具有利，適合優先進行電動車輛技術之發展與測試。

第 4 章 我國電動公車與油電公車推動現況

針對市區公車與公路客運之汰舊換新，政府部門也推出相關之配套措施，例如：交通部公路總局之「補助公路汽車客運業者車輛汰舊換新計畫審查作業規定¹」，依車價等條件補助每輛新臺幣 80 至 320 萬元不等；又例如：交通部於 100 年 9 月 9 日頒布、103 年 1 月 2 日修訂之「交通部公路公共運輸補助電動大客車作業要點²」，針對直轄市、縣市政府所提報之客運業者申請補助電動大客車需求計畫，以補助不含電池成本之電動大客車車體價格為限，針對一般型計畫之汰舊換新車輛部分，每輛補助不含電池之車體價格 49%，但每輛最多以不超過 385 萬元為限，至競爭型計畫之新闢路線車輛部分，每輛補助不含電池之車體價格 80%，但每輛最多以不超過 520 萬元為限，另乙類大客車每輛最多以不超過 250 萬元為限。；此外，環保署於「行政院綠能低碳推動會」之「綠能低碳總行動方案」中，亦持續辦理「推動使用電動公車」與「推動建置電動車相關基礎建設及配套推動(如充電站、電池交換營運等)」等行動計畫，並宣導鼓勵業者汰換使用電動公車。

由電動車電力補充的方式區分，目前國內電動車市場有華德、立凱及唐榮公司 3 家電動車供應商，其中華德、唐榮係採充電式系統，而立凱則採抽換式電池系統。2 種系統各有其優點，充電式系統續航力較強是其優點，其營運續航力可達 220 公里，空車續航力可以達 350 公里，可以行駛的路線較長，一般市區道路路線可達 35 公里，高速公路路線可達 70 公里，但充電時間需 3 小時，影響車輛調度是其缺點。而抽換式系統可以預先充電，更換電池僅需 6 分鐘是其優勢，但營運續航力為 180 公里，空車續航力為 220 公里為其缺點，故多使用在路線在 10 公里以下之市區公車路線。

電動乙類大客車目前尚無充電式系統，以抽換式系統為主，然其營運續航力僅 120 公里，空車續航力僅 150 公里，故多用在市區道路路線里程在 20 公里以下之公車路線。

過去交通部科技顧問室宣導以充電式為未來發展方向。目前電動

¹ 依據行政院 98 年 8 月 26 日院臺交字第 0980053126 號函暨「公路公共運輸發展計畫」意旨及身心障礙者權益保障法第 53 條、發展大眾運輸條例等規定辦理。

² 100 年 9 月 9 日交通部交路字第 1000008600 號令訂定發布，103 年 1 月 2 日交通部交路字第 1025017933 號函修正發布。

甲類大客車³除桃園縣與臺南市總計 18 輛採抽換式電池外，新北市、高雄市、新竹市、新竹縣總計 28 輛公車均採充電式系統。而新竹縣市電動乙類大客車 14 輛均採抽換式系統。

自 99 年「公共運輸發展計畫」實施以來，分別有新北市（電動甲類大客車 2 輛）、桃園縣（電動甲類大客車 10 輛）、新竹市（電動甲類大客車 13 輛、電動乙類大客車 13 輛）、新竹縣（電動甲類大客車 2 輛、電動乙類大客車 1 輛）、臺南市（電動甲類大客車 2 輛）及高雄市（電動甲類大客車 11 輛）等 6 個直轄市及縣（市）政府提案電動公車需求，並接受交通部之補助，已陸續使用營運。

至 102 年底包括交通部、環保署補助之電動公車計有電動甲類大客車 72 輛、電動乙類大客車 14 輛，均以市區公車或接駁服務型態營運。各縣市營運車輛數如表 2 所示。其中又以新竹縣市電動甲類大客車 15 輛，電動乙類大客車 14 輛，佔電動車市場 48.3% 為首。新竹縣市電動甲類大客車均採充電式系統，而電動乙類大客車均採抽換式系統。另臺北市公車有 186 輛油電公車參與營運。

表 2 電動、油電公車使用統計

縣市別	電動甲類大客車(輛)	電動乙類大客車(輛)	油電公車
臺北市+新北市	2		186
桃園縣	26		
新竹縣	2	1	
新竹市	13	13	
臺中市	10		
臺南市	8		
高雄市	11		
合計	72	14	186
資料來源：公路總局公共運輸專案辦公室(103.01)			

新竹市約半數的電動巴士為中型電動巴士，囿於電池容量的限制多行駛於單趟 20 公里以下的市區接駁路線上；桃園縣、高雄市及部分新竹縣市的市區公車使用電動甲類大客車，其平均行駛路線長度超過 20 公里，較中型巴士為遠，其中高雄旗美快捷公車更行駛於高

³ 依道路交通安全規則附件六之一，甲類大客車係指軸距逾四公尺之大客車，乙類大客車係指軸距未逾四公尺且核定總重量逾四．五噸之大客車。

速公路上，行駛距離為 70 公里，惟每行駛 2 趟後則需進行電池的充電，每次約為 3 小時。基此，公車業者更需在車輛調度上進行考量。另外，目前電動公車採試辦階段，除考量上述充電前置時間外，也需另外預備其他柴油客車作為故障時之備用車輛。

第 5 章 成本效益情境分析

綜觀目前電動公車的營運仍多為示範計畫，油電公車因操作性能與柴油公車差異不大，如日本、歐洲已納入車隊營運，但相關的成本效益資料仍缺乏。

考量資料可取得性，本研究僅針對各種公車購置成本、能源成本、維護成本，以及空污與減碳之環境效益等項目進行評估。相關成本項目均蒐集或轉換成為貨幣化之數值以利比較。此外，考量電動公車與油電公車技術仍在快速發展中，其未來相關零件及製造成本的變化難以預估，因此在估算各成本項目時，亦暫不考慮貨幣時間價值。分別說明如下。

表 3 為中華經濟研究院彙整歐洲於 2009-2010 年間各種程度驅動電力化技術相對於柴油車之成本效益模擬資料。由表 3 可知，純電動車(非混合動力)在直接排放方面可以達 100%的 CO₂ 減量成效，但技術成本需要增加 10.8 萬歐元，相當於 450 萬臺幣(不考慮關稅及相關技術引進成本)，相當龐大。

表 3 各種程度驅動系統電力化之成本效益估計

類別	尾氣排放 CO ₂ 減量成效	Stop/Start 系統	液壓混合 (Hydraulic Hybrid) 系統	飛輪混合 (Flywheel Hybrid) 系統	完全混合 (Full Hybrid) 系統	電池電動車輛 (BEV)
城際客運	尾氣排放 CO ₂ 減量成效	3%	0%	7.5%	10%	100%
	技術成本增加(歐元)	640	13,200	3,500	24,000	108,000
市區公車	尾氣排放 CO ₂ 減量成效	4%	15%	20%	30%	100%
	技術成本增加(歐元)	640	13,200	3,500	24,000	108,000

資料來源：中華經濟研究院(2011/12)彙整自 Ricardo(2011). Reduction and Testing of Greenhouse Gas Emission from Heavy Duty Vehicles-Lot1: Strategy. Final Report to European Commission- DG Climate Action.

5.1 成本效益分析

為蒐集公車之相關成本項目，本所於 102 年 8 月 23 日函請臺北市、桃園縣、新竹市及高雄市等相關機關與業者提供資料，所蒐集之車型均屬低地板之甲類大客車。

為使不同車輛之成本效益得以相比，故本研究先設定單一情境：以平均車齡 10 年汰換計算，每年行駛日數假設為 300 日，每日里程 100 公里；此外，並將各評估項目之成本轉換為平均每車公里之成本以利比較。各成本項目之計算說明如下。

1.購置成本

購置成本包括車輛、電池、充電基礎設施建置成本，並考量情境設定期間電池更新時之成本。各車輛成本資料如表 4 所示。

表 4 不同能源型式公車購置成本

單位：新臺幣萬元

成本項	柴油	油電	電動 A	電動 B	電動 C
新車購買成本	590	860	775	790	825
電池更換成本	-	250	200	200	-
充電設施成本	-	-	110	120	-
註： 1. 油電、電動 A 與電動 C 之新車購買成本已內含新車時之電池成本。 2. 於計算生命週期成本時，電池壽命以 5 年估算。 3. 充電設施成本為平均每輛電的公車所需投入之充電設施建設。					

2.能源成本

能源成本依車輛平均行駛每公里之耗油量或耗電量，並參考評估當時之油價與電價進行能源價格設定後據以估算。

3.維護成本

由於電動公車目前上路營運之時間尚短，在機件維護方面之成本尚難以準確估算，因此暫不比較相關之維護成本。惟在資料蒐集過程中得到，於評估當時部分電動車輛因機件問題時有無法發車之問題，造成公車營運業者必須用柴油公車代為行駛。為能反映此一問題，故

將此故障代駛柴油公車之耗油成本納入估算。惟未來若該型電動公車技術改良後，可考慮將此一成本排除，故單獨估算此維護成本。

4.排碳與環境成本

由於推動替代能源車輛現階段主要在於其環保面之效益，因此本研究依據不同公車之能耗特性，並參考國外相關文獻，將這些公車二氧化碳(CO₂)、一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO_x)、硫氧化物(SO_x)、懸浮微粒(PM)等，轉換成為成本進行比較。

依據上述說明，本研究估算不同公車之成本如表 5 所示。

表 5 不同能源型式公車成本估算

(單位：元/公里)

	柴油	油電	電動 A	電動 B	電動 C
購置成本	19.67	29.50	36.18	37.00	27.51
平均能源成本	14.50	10.60	3.72	5.32	11.33
故障代駛成本	0	0	0	0	4.56
(直接成本小計)	(34.17)	(40.10)	(39.90)	(42.32)	(43.40)
空污外部成本	3.88	2.84	0.70	1.49	1.76
合計	38.05	42.94	40.60	43.81	45.16

註：

1. 電動 A、電動 B 為充電式電動公車，電動 C 為換電式電動公車。
2. 各公車估算情境為以平均車齡 10 年汰換計算，每年行駛日數假設為 300 日，每日里程 100 公里。
3. 購置成本包括車輛、電池、充電基礎設施建置成本，並考量情境設定期間電池更新時之成本。
4. 能源成本依車輛平均行駛每公里之耗油量或耗電量，並參考評估當時之油價與電價進行能源價格設定後據以估算。其中電價以臺電低壓電力時間電價離峰時間平均電價估算，訂為 1.755 元/度；另考量合理規模之裝置契約基本費率，裝置契約每瓩每月費率 137.5 元，並以平均每輛車 50 瓩之充電需求估算。柴油價估以每公升 33.5 元計算。
5. 故障代駛成本假設電動車故障時，當日需由柴油車代駛。其中能源成本與備用車之購置成本依該公車營運業者之柴油公車資料估算。
6. 空污外部成本考量車輛燃燒直接排放，以及充電用電時於發電廠端之間接排放。柴油車 PM、Sox、NOx 與 CO 等氣體相關排放係數依據環保署 TED 7.1 資料庫臺北市公車客運車 102 年時速 20 公里之數據，柴油 CO₂ 排放則依其耗能及柴油 CO₂ 排放係數 2,606 公克/公升估算。電力排放係數則依臺灣電力公司 2009 年公布資料，並依「A study on the costs and benefits of hybrid electric and battery electric vehicles in Ireland, Sustainable Energy Ireland, 2007.11」文獻，各空氣污染物損害成本：CO(2.26), NOx(3,764.00), Sox(4,842.00), PM-diesel-ICE-urban(25,356.00) PM-electricity(5,154.00), CO₂-equivalent(33.79) (單位：€/tone)依歐元對臺幣匯率換算臺幣幣值。

依表 5 所示，現階段柴油公車仍較具有成本優勢。油電公車之能源成本雖優於柴油公車，即使其在空污等外部成本低於柴油公車，惟其購車之高車價以及其電池汰換之成本仍偏高，致使其總成本高於柴油公車。

電動 A 與電動 B 等 2 款充電式之公車，其新車總價與油電公車相差無幾，惟在考量其充電設施建置所需投入的成本後，使其總購置成本遠高於油電公車與柴油公車。其中電動 A 係行駛國道路線，因此其能源效率遠優於行駛市區路線的電動 B，這也在衍生的空污外部成本上顯現差異，造成 2 者總成本上的差異。而在實務單位訪談中也發現，電動公車的能源效率因行駛路線之差異有極大的差別；以行駛國道路線之電動 A 而言，因其行駛路線較少需車輛停停走走之耗能行駛模式，加以其沿線之停靠站數較少而減少車門開啟次數，進而減少其車內冷氣流失所造成之能耗，因此電動 A 之能源效率幾乎為其它調查之電動公車之 2 倍。

電動 C 為換電式公車，由於製造業者尚在克服其車輛妥善率之問題，造成公車營運業者必須以柴油公車代駛之額外成本負擔。未來若該製造業者改善其車輛之妥善率，則其總成本將會有所改善。

而在估算過程中也發現，雖然公車購置成本佔總成本的比重很高，惟能源成本之差異為相對之關鍵影響因素，而這些能源成本受到電價與油價等能源價格直接且顯著之影響。

總結而言，油電公車之總成本約高於柴油公車 13%，而電動公車成本高於柴油公車的比例自 7%~19% 不等，現階段柴油公車仍較具有成本優勢；惟油電公車之環境效益優於柴油公車 1.37，電動公車之環境效益亦優於柴油公車及 2.20~5.53 倍。電動公車除了購置成本，亦需考量後續維修與零件更換成本，以及後勤人員的技術能力，這些均涉及公車營運業者之營運成本，為業者考量是否採用之重要因素。雖然透過交通部、相關部會及部分縣市政府大力補助，彌補了現階段這些替代能源公車與柴油公車的的成本差異，惟此舉畢竟非長久之計。為使政府與公共服務之資源能有效利用，建議針對替代能源車輛及國內

相關產業技術發展趨勢，進行更深入之研究，以針對我國特性分析出最為合適之替代能源公車發展路徑。

5.2 能源價格上漲情境分析

若以 5.1 節之估算情境為基準情境，則在此情境下之能耗成本佔總成本比例部分，柴油公車為 38%，油電公車與換電式電動公車為 25%，2 輛充電式電動公車則分別為 9%與 12%，由此可以看出柴油公車總成本受到能源價格之影響較為顯著。

因此，本研究透過前述成本估算資料，進一步分析能源價格上漲對於上述公車之成本影響。由於國內油價與電價之相對漲跌變化程度未有明顯且一致之趨勢，為簡化分析過程，下列情境假設油品價格與電價上漲幅度均一致。

若能源價格上漲 25%，行駛國道路線的電動公車 A 其總成本將低於柴油公車；若能源價格上漲 70%，則充電式的電動公車 A 與電動公車 B 的總成本均低於柴油公車；若能源價格上漲 130%，則油電公車之總成本將可低於柴油公車；至於換電式的電動公車，由於其目前之能源成本僅小幅度少於柴油公車，因此能源價格上漲情境對其總成本之影響與柴油公車十分接近，當能源價格上漲 230%時，換電式電動公車總成本將低於柴油公車。如表 6 所示。

表 6 能源價格上漲對公車總成本之影響

(單位：元/公里)

	柴油	油電	電動 A	電動 B	電動 C
基準情境總成本	38.05	42.94	40.60	43.81	45.16
能源價格上升 25%之總成本	41.68	45.59	41.53	45.14	48.00
能源價格上升 70%之總成本	48.20	50.36	43.21	47.53	53.09
能源價格上升 130%之總成本	56.90	56.73	45.44	50.72	59.89
能源價格上升 230%之總成本	71.41	67.33	49.16	56.04	71.22

資料來源：本研究整理。

第 6 章 課題分析

本研究除文獻蒐集外，並多次與相關公車營運業者、電動公車製造業者以及交通主管機關進行訪談。相關綜合資訊彙整如下，以利未來進行相關研究之參考。

1. 柴油公車

柴油引擎所排放廢氣之有害物質包括懸浮微粒、氮氧化物、碳氫化合物、一氧化碳、硫氧化物等，對於人體健康有極大威脅；此外，因碳氫化合物及氮氧化物在紫外光作用下會形成光化學煙霧及臭氧之前驅物，以及二氧化碳會促進地球暖化，而硫氧化物與氮氧化物經排放至大氣亦形成酸雨，對於環境生態亦造成破壞^[6]。因此柴油車排放之污染物為環保單位積極管理之對象。

2. 油電公車

複合動力低污染車較純電動車有較長之續航里程，且可大幅降低柴油車輛所造成之各種排氣污染及噪音、減少燃油消耗量。因公車在市區行駛時需面對不同的運轉條件包括怠速、加減速、爬降坡、超載，因此負荷和轉速不斷在改變，而無法設定在最高效率下運轉，造成油耗及排氣污染增加。複合動力車具有內燃機及電動馬達 2 種動力來源，可利用儲能裝置及馬達，使內燃機在較高效率下運轉，另也可利用再生煞車(regenerative braking)的功能，將煞車的動能吸收並轉換成其他能量形式而儲存起來，因此除可提昇整個複合動力車的能源使用效率，也增加燃料效率同時減少排氣污染^[71]。

依本研究訪談結果，目前國內公車營運業者對於油電公車之品質與妥善率均表正面肯定，亦為目前公車營運業者接受度最高之替代能源公車。

3. 電動公車

電動車在行駛時廢氣排放量等於零，縱使包含由發電廠所排放的廢氣，因其屬集中式之污染排放，在管制上比開放式的機動車排放要容易的多，因此對空氣品質的影響較為輕微，對人們的危害不若車輛的污染排放來得直接與嚴重，因此電動車的發展將可直接帶引入類提昇生存居住的空氣品質^[72]。惟大量推廣電動車將促使電池使用量增加，並產生電池污染問題，為改善環境污染而使用電動車，若對廢電池處理失當，必造成二次污染，因此對於廢電池之回收與再生處理，應以安全與環保為優先考量，並應及早研擬因應措施。電動車主要的效益在環保方面，因此若無適當的強制性及獎勵性法規及措施，並不容易推廣成功，先進國家對電動車的法規研究相當積極，在推動措施上亦做了不少努力，國外推動電動車主要的措施包括：強制性措施、獎勵補助措施及稅費減免措施。

在公車營運業者的訪談中，業者亦自乘客蒐集相關電動公車之使用經驗，許多乘客表示電動公車之安靜、平穩與舒適優於柴油公車。

而電動公車相關技術仍在持續多元發展中，例如場站充電式、線上充電式與換電式電動公車，以及油電公車等。不同類型電動公車所需配合之基礎建設與所適合營運之型態有很大的差異，需要政府政策、法規與計畫的支持，以及財務、技術、產業、公共運輸服務等大量資源的投入與整合，非單從車輛本身即可評估其是否符合公共運輸服務之需求，宜審慎觀察國內外相關發展趨勢與需求。

4. 其它綜合因素

駕駛行為是決定公車污染排放及耗能之重要因素，公車營運業者的訪談中亦表示，即使是電動公車，亦需強化對駕駛之教育訓練，方能發揮電動公車在節能上的最大效益。

而柴油車排放標準逐年提高，車輛日益符合環保，亦為其它替代能源運具推動之另一項變動因素。

第 7 章 結論與建議

本研究主要分析國內電動公車、油電公車與傳統柴油公車在成本與效益上之差異，探討國內推動電動公車、油電公車在實務上所面臨的課題，並針對國內運輸環境特性，提出國內推動電動公車、油電公車之結論與建議，作為運輸部門未來推動節能減碳業務之參據。成本效益評估項目包括上述車種之購車成本、營運維護成本、節能減碳及環境效益等面向。

本研究完成在特定情境下柴油、油電與電動公車之成本效益及環境效益之比較，亦探討電動公車在實務上推動所面臨之相關課題。

7.1 結論

1. 油電公車之總成本約高於柴油公車 13%，而電動公車成本高於柴油公車的比例自 7%~19%不等，現階段柴油公車仍較具有成本優勢；惟油電公車之環境效益優於柴油公車 1.37，電動公車之環境效益亦優於柴油公車及 2.20~5.53 倍。
2. 油電公車之穩定性及妥善率佳，公車營運業者接受度較高，惟油電公車之車價與電池成本仍高。
3. 電動公車除了購置成本，亦需考量後續維修與零件更換成本，以及後勤人員的技術能力，這些均涉及公車營運業者之營運成本，為業者考量是否採用之重要因素。
4. 在能耗成本佔總成本比例部分，柴油公車為 38%，油電公車與換電式電動公車為 25%，2 輛充電式電動公車則分別為 9% 與 12%，由此可以看出柴油公車總成本受到能源價格之影響較為顯著。若能源價格上漲 25%，行駛國道路線的電動公車其總成本將低於柴油公車；若能源價格上漲 70%，則充電式的電動公車總成本可低於柴油公車；若能源價格上漲 130%，則油電公車之總成本將可低於柴油公車；當能源價格上漲 230%時，則換電式電動公車總成本將可低於柴油公車。

7.2 建議

1. 油電公車之穩定性及妥善率佳，公車營運業者接受度較高，若以改善空污之觀點，油電公車的確為一可行之選項。
2. 電動公車仍屬發展中之技術，在相關訪談意見中，本研究針對電動公車歸納下列建議：
 - (1) 後勤之遠端監控與電池管理需納入購車合約範疇。
 - (2) 客運業者自行維護管理電動公車之能力需長期培養。
 - (3) 政府對電動公車之鼓勵措施必須涵蓋客運業者、車輛、電池及充電設施。
 - (4) 需加強相關公私部門對電動公車之基礎知識。
 - (5) 電動公車技術仍在發展中，部分技術涉及基礎建設之投入，現階段難以評估最適用之技術。
3. 為使政府與公共服務之資源能有效利用，須持續掌握替代能源車輛及國內相關產業技術發展趨勢，俾利相關替代能源公車發展策略之研析。

參考文獻

1. 林志明等，替代能源車輛－電動車技術及發展潛力之初步研究，交通部運輸研究所，83 年 8 月。
2. 歐陽餘慶等，電動車輛發展之初步評估與規劃，交通部運輸研究所，86 年 4 月。
3. 歐陽餘慶等，電動公共汽車技術調查及其做為都市運輸工具可行性研究，交通部運輸研究所，87 年 2 月。
4. 陳一昌等，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，89 年 3 月。
5. 莊龍文，臺灣地區高效率電動車輛推動順序與策略分析之研究，淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文，93 年 6 月。
6. 林成原，全球複合動力低污染公車發展與效益及導入政策規劃，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，94 年 12 月。
7. 吳贊鐸，複合動力低污染公車推動規劃及效益評估，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，94 年 12 月。
8. 吳浴沂，複合動力低污染公車關鍵技術及測試方法研究，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，95 年 1 月。
9. 盧曉櫻，全球主要國家使用複合動力低污染公車的現況調查與案例分析，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，95 年 1 月。
10. 蔡俊鴻教授，臺灣地區移動污染源 CO₂ 排放量清查暨減量策略評析，95 年度「環保署/國科會空污防制科研合作計畫」，96 年 1 月。
11. 劉育甫，探討臺灣都會區民眾使用氫燃料公車的意願與其願付價值之研究，高雄師範大學環境教育研究所碩士論文，98 年。
12. 葉廷仁，能源科技技術與產業發展策略-電動車產業，經濟部能源局 101 年度能源科技研究中心推動計畫-能源產業科技策略研

究中心計畫(4/4)子計畫二，101 年 4 月。

13. 宋德淦，中國大陸電動巴士開發現況，工研院 IEK，101 年 1 月。
14. 林登禾等人，電動巴士停靠站充電模式之研究，中華民國第三十三屆電力工程研討會，101 年 12 月 7-8 日。
15. 陳榮明處長，電動公車引進的評估，臺北市議會第 11 屆第 6 次定期大會交通委員會-臺北市政府交通局（公共運輸處）專案報告，102 年 10 月 17 日。
16. Antonio Pasolini, "Wireless charging of electric buses to be put to real world test in Germany", Gizmag, February 25, 2013, <http://www.gizmag.com/rnv-prime-wireless-charging-electric-buses/26359/>。
17. "On the buses: wirelessly charged electric bus trial in Milton Keynes", Cleantech Investor, 2014, <http://www.cleantechinvestor.com/portal/automotivecleantech/11636-on-the-buses-wirelessly-charged-electric-bus-trial-in-milton-keynes.html>。
18. "German Ministry for Environment funds hybrid buses in Hamburg (Germany)", ELTIS, September 25, 2013, http://www.eltis.org/index.php?ID1=5&id=60&news_id=4338。
19. Jack Rosebro, "Dresden and Leipzig to Buy Buses with GM Hybrid System", Green Car Congress, September 28, 2006, http://www.greencarcongress.com/2006/09/dresden_and_lei.html。
20. "Hybrid fleet for Dresden Transport Company", Daimler AG, May 18, 2011, <http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-1136865-1-1393714-1-0-0-0-0-0-0-614316-0-1-0-0-0-0-0.html>。
21. "Lübeck has ordered five hybrid buses equipped with drive technology from Vossloh Kiepe", Vossloh Kiepe, December, 2010, <http://www.vossloh-kiepe.com/news/press-releases/lubeck-has-ordered-five-hybrid-buses-equipped-with-drive-technology-from-voss>

loh-kiepe °

22. “MAN runs hybrid bus in Nuremberg”, the Engineer, August 20, 2007, <http://www.theengineer.co.uk/news/man-runs-hybrid-bus-in-nuremberg/301612.article> °
23. “ELECTRIC BUS TEST Finland”, Busnews, May 18, 2013, <http://busnews.blogspot.tw/2013/05/electric-bus-test-finland.html> °
24. Neil Bowdler, “Wirelessly charged electric buses set for Milton Keynes”, BBC News, January 9, 2014, <http://www.bbc.co.uk/news/technology-25621426> °
25. Jenna Kagel, “These Self-Charging Electric Buses Are What Google Should Buy For San Francisco”, Fast Company & Inc, January 9, 2014, <http://www.fastcolabs.com/3024656/these-self-charging-electric-buses-is-what-google-should-buy-for-san-francisco> °
26. “Wirelessly Charged Electric Bus Trial starts in Milton Keynes”, Arriva Bus (UK), January 8, 2014, <http://www.youtube.com/watch?v=p4L20yc4JxE> °
27. Nancy Owano, “Electric buses with wireless charging set for UK runs in Milton Keynes”, Phys.org, January 11, 2014, <http://phys.org/news/2014-01-electric-buses-wireless-uk-milton.html> °
28. “£12 million boost for greener bus journeys”, Gov.uk, May 27, 2013, <https://www.gov.uk/government/news/12-million-boost-for-greener-bus-journeys> °
29. “Switzerland - Electric bus takes 15 seconds to receive an energy boost”, Busnews, June 5, 2013, <http://busnews.blogspot.tw/2013/06/switzerland-electric-bus-takes-15.html> °
30. William Pentland, “Electric Bus Fast Charges in 15 Seconds”, Forbes,

- June 8, 2013, <http://www.forbes.com/sites/williampentland/2013/06/08/electric-bus-fast-charges-in-15-seconds/> °
31. DERA National Projects, United States Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/cleandiesel/projects-national.htm> °
 32. “More than 35% of U.S. Public Transit Buses Use Alternative Fuels or Hybrid Technology”, American Public Transportation Association, April 22, 2013, http://www.apta.com/mediacenter/pressreleases/2013/Pages/130422_Earth-Day.aspx °
 33. “2013 Public Transportation Fact Book”, American Public Transportation Association, October 2013, <http://www.apta.com/resources/statistics/Documents/FactBook/2013-APTA-Fact-Book.pdf> °
 34. “Proterra shows all-electric bus in D.C.”, Metro Magazine, October 30, 2009, <http://www.metro-magazine.com/news/story/2009/10/proterra-shows-all-electric-bus-in-d-c.aspx> °
 35. “All-Electric Transit Buses In Chicago”, Energy Insight, July 18, 2012, http://www.energyinsight.info/electric_transit_buses_chicago.html °
 36. Nicole Schlosser, "Proterra to Power S.C. town", Metro Magazine, February 2013, <http://www.metro-magazine.com/article/story/2013/02/proterra-to-power-sc-town.aspx> °
 37. "Mass. agency adds 3 more Proterra buses", Metro Magazine, January 22, 2014, <http://www.metro-magazine.com/news/story/2014/01/mass-agency-adds-3-more-proterra-buses.aspx> °
 38. “The First Zero-Emissions, 12 Meter, All-Electric Bus Launches Passenger Service in Canada”, Business Wire, July 18, 2013, <http://www.businesswire.com/news/home/20130718005039/en/Zero-Emissions-12-Meter-All-Electric-Bus-Launches-Passenger#.U9B6>

luOSx8E。

39. 宋德淦，中國大陸電動巴士開發現況，工研院 IEK，101 年 1 月 (http://www2.itis.org.tw/netreport/NetReport_Detail.aspx?rpno=960713786)。
40. 李佳翰，「大陸新能源汽車示範推廣方案」，電子時報，2013 年 9 月 16 日，<http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnllD=10&Cat=35&Cat1=&id=350557>。
41. 司莉娜，「工信部第 52 批新能源汽車推薦車型出臺」，車神榜，2013 年 12 月 31 日，<http://news.0755car.com/2013/1231/229c425180ef0953.html>。
42. 李豐，「德國波恩首測純電動公交，比亞迪 K9 大獲讚許」，國際在線，2013 年 7 月 4 日，<http://big5.cri.cn/gate/big5/auto.cri.cn/261/2013/07/04/261s116876.htm>。
43. 付希娟，「中國電動公交吸引德國目光」，國際在線引用人民日報，2014 年 1 月 10 日，<http://gb.cri.cn/44571/2014/01/10/3005s4386385.htm>。
44. “Netherlands Launch All-Electric Bus Service”，Reuters, April 25, 2013, <http://www.reuters.com/article/2013/04/25/byd-idUSnBw256207a+100+BSW20130425>。
45. “China - Electric vehicle consortium signs bus agreements with Poland”，Busnews, March 11, 2013, <http://busnews.blogspot.com/2013/03/electric-buses-china.html>。
46. “TfL Unveils London's First Electric Buses”，Leading Britain's Conversation, December 18, 2013, <http://www.lbc.co.uk/tfl-unveils-londons-first-electric-buses-83113>。
47. “NEW YORK'S MTA LIKES ITS BYD ELECTRIC BUS”，Earthtechling, January 10, 2014, <http://www.earthtechling.com/2014/01/new-yorks-mta-likes-its-byd-electric-bus/>。

48. “N.Y. MTA completes testing of BYD all-electric bus”, Metro Magazine, January 9, 2014, <http://www.metro-magazine.com/news/story/2014/01/n-y-mta-completes-testing-of-byd-all-electric-bus.aspx>。
49. “Metro to purchase first electric buses for L.A. County transit riders”, Metro - Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority - The Source, June 27, 2013, <http://thesource.metro.net/2013/06/27/metro-to-purchase-first-electric-buses-for-l-a-county-transit-riders/>。
50. “Long Beach Transit to buy BYD all-electric buses”, Metro Magazine, March 25, 2013, <http://www.metro-magazine.com/news/story/2013/03/long-beach-transit-to-buy-byd-all-electric-buses.aspx>。
51. 朱峰，「北京 18 米巨無霸世電動公交車計畫試運作」，國際在線引用中國新聞網，2013 年 12 月 9 日，<http://big5.cri.cn/gate/big5/auto.cri.cn/261/2013/12/09/461s122010.htm>。
52. 李世龍，「北京 40 部新型電動公交將上路」，國際在線引用人民網，2013 年 9 月 12 日，<http://gb.cri.cn/42071/2013/09/12/7271s4251260.htm>。
53. 任文，「明年南京建成四座電動公交充換電站」，國際在線引用中國江蘇網，2013 年 7 月 2 日，<http://gb.cri.cn/40151/2013/07/02/7091s4166981.htm>。
54. 杜雯雯，「南京首部純電動公車上路，油門輕剎車靈噪音小」，中國新聞網，2014 年 1 月 7 日，<http://www.chinanews.com/sh/2014/01-07/5704032.shtml>。
55. 李雪姣，「唐山首批純電動公交車投入運營」，國際在線報導，2013 年 11 月 12 日，<http://gb.cri.cn/42071/2013/11/12/5892>

s4319439.htm。

56. 謝慶忠，「首輛唐山造純電動公交客車下線」，廣佛都市網，2010 年 6 月 23 日，http://big5.citygf.com/CA/012/201006/t20100623_479858.html。
57. 任文，「青島前海月底開跑電動公交，低碳出行」，國際在線引用大眾網，2013 年 7 月 10 日，<http://gb.cri.cn/40151/2013/07/10/7091s4176734.htm>。
58. 鄭路、任傑，「青島電動汽車之路」，和訊網引用國家電網雜誌，2013 年 10 月 31 日，<http://news.hexun.com.tw/2013-10-31/159256868.html>。
59. 「青島電動公交行駛超 3000 萬千米」，中國汽車工業協會引用國家電網報，2013 年 12 月 30 日，<http://www.caam.org.cn/hangye/20131230/1405111126.html>。
60. 「節能減排，太原年底或推出 50 輛電動公交車」，搜房網引用三晉都市報，2013 年 10 月 23 日，<http://news.taiyuan.soufun.com/2013-10-23/11279873.htm>。
61. 袁劍鋒，「太原：20 輛山西牌電動公交車將上路」，太原晚報，2013 年 10 月 24 日，<http://help.3g.163.com/13/1024/18/9BVK5CCB00964J6D.html>。
62. 何丁妮，「1000 輛電動公交陸續上路載客，環保乘坐更舒服」，新華網引用重慶晨報，2011 年 11 月 1 日，http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/cq.news.cn/2011-11/01/content_24020199.htm。
63. 宋寒，「鈦酸鋰電池在重慶快速充電純電動公交線路的運營情況」，客車聯盟網，2013 年 5 月 10 日，<http://www.cnbuses.com/news/201305/53769.htm>。
64. 陳劍，「武漢首批純電動公交車上路，充電 4 小時行 280 公里」，新華網引用湖北日報，2011 年 10 月 29 日，

http://www.hb.xinhuanet.com/newscenter/2011-10/29/content_24005281.htm。

65. 公才金，「武漢擬三年內推 10500 輛新能源汽車」，大公網，2013 年 10 月 30 日，<http://finance.takungpao.com.hk/q/2013/1030/2003509.html>。
66. 舒慕虞，「深圳：2015 年再增純電動公交車 4000 輛」，蓋世汽車資訊，2013 年 7 月 18 日，http://auto.gasgoo.com/News/2013/07/17052219221941_2.shtml。
67. “Wireless charging electric bus debuts in South Korea”, Metro Magazine, August 8, 2013, <http://www.metro-magazine.com/channel/bus/news/story/2013/08/wireless-charging-electric-bus-debuts-in-south-korea.aspx>
68. Next-generation Public Transportation: Electric Bus Infrastructure Project, Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 48 No. 1, March 2011。
69. “Keio University electric buses carried out road ride”, Response jp, Aug 23, 2011, <http://en.responsejp.com/article/2011/08/23/161200.html>。
70. Fowler, Euritt and Walton, Electric Bus Operations: A Feasibility Study, Center for Transportation Research, University of Texas at Austin, 1995。
71. 交通部運輸研究所，替代能源車輛－電動車技術及發展潛力之初步研究，83 年 8 月。
72. 張慈芸，大客車污染排放與耗能之關鍵影響因素分析，逢甲大學運輸科技與管理學系碩士班碩士論文，99 年 7 月。

附錄 1

計畫摘要

計畫摘要

一、研究背景與目的

目前我國相關主管機關所推動之公車汰舊換新，除了傳統之柴油公車外，主要考量電動公車與油電公車。惟與傳統之柴油公車相較，電動公車與油電公車之使用，涉及車輛、場站、人員、其它基礎設施等多面向之課題，其提供公共運輸服務所需之成本項目與額度均大不相同。對於公車營運業者而言，使用電動公車與油電公車所造成之影響有進一步探討的必要。

本研究主要分析國內電動公車、油電公車與傳統柴油公車在成本與效益上之差異，探討國內推動電動公車、油電公車在實務上所面臨的課題，並針對國內運輸環境特性，研擬適合國內推動電動公車、油電公車之政策，作為運輸部門未來推動節能減碳業務之參據。

二、研究範圍與內容

本研究以我國市區公車與公路客運所採用之大客車作為分析對象，其能源型式包括電動公車、油電(柴油與電動混合)公車以及柴油公車。至於評估的項目則包括上述車種之購車成本、營運維護成本、節能減碳及環境效益等面向。

三、研究成果

本計畫主要執行成果包括：

1. 完成國內外電動公車發展現況與相關文獻蒐集。
2. 完成國內電動公車營運業者問卷調查與訪談。
3. 完成國內電動公車、油電公車與柴油公車之成本效益情境分析。
4. 完成國內推動電動公車之課題分析，並歸納結論與建議。

四、結論

1. 油電公車之總成本約高於柴油公車 13%，而電動公車成本高於柴油公車的比例自 7%~19%不等，現階段柴油公車仍較具有成本優勢；惟油電公車之環境效益優於柴油公車 1.37，電動公車之環境效益亦優於柴油公車及 2.20~5.53 倍。
2. 油電公車之穩定性及妥善率佳，公車營運業者接受度較高，惟油電公車之車價與電池成本仍高。
3. 電動公車除了購置成本，亦需考量後續維修與零件更換成本，以及後勤人員的技術能力，這些均涉及公車營運業者之營運成本，為業者考量是否採用之重要因素。
4. 在能耗成本佔總成本比例部分，柴油公車為 38%，油電公車與換電式電動公車為 25%，2 輛充電式電動公車則分別為 9% 與 12%，由此可以看出柴油公車總成本受到能源價格之影響較為顯著。若能源價格上漲 25%，行駛國道路線的電動公車其總成本將低於柴油公車；若能源價格上漲 70%，則充電式的電動公車總成本可低於柴油公車；若能源價格上漲 130%，則油電公車之總成本將可低於柴油公車；當能源價格上漲 230%時，則換電式電動公車總成本將可低於柴油公車。

五、建議

1. 油電公車之穩定性及妥善率佳，公車營運業者接受度較高，若以改善空污之觀點，油電公車的確為一可行之選項。
2. 電動公車仍屬發展中之技術，在相關訪談意見中，本研究針對電動公車歸納下列建議：
 - (1) 後勤之遠端監控與電池管理需納入購車合約範疇。
 - (2) 客運業者自行維護管理電動公車之能力需長期培養。
 - (3) 政府對電動公車之鼓勵措施必須涵蓋客運業者、車輛、電

池及充電設施。

(4) 需加強相關公私部門對電動公車之基礎知識。

(5) 電動公車技術仍在發展中，部分技術涉及基礎建設之投入，
現階段難以評估最適用之技術。

3. 為使政府與公共服務之資源能有效利用，須持續掌握替代能源車輛及國內相關產業技術發展趨勢，俾利相關替代能源公車發展策略之研析。

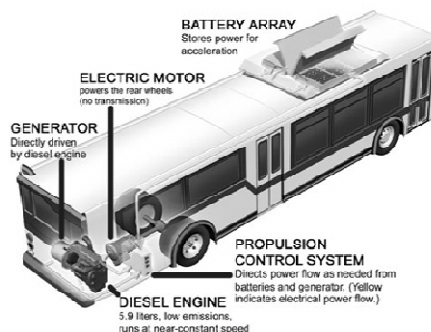
附錄 2

簡報資料

二、電動公車簡介

油電公車

- ➡ 駕駛方式與傳統柴油公車相同。
- ➡ 電力動力系統依不同設計，於啟動、或低速時介入。
- ➡ 動力電池電力來自於柴油引擎帶動的發電機或煞車回充裝置。
- ➡ 並聯式設計可讓柴油引擎動力與電動馬達動力同時輸出；串聯式設計由柴油引擎專責發電，電動馬達專責驅動車輛。



註：國內油電公車：

- 採用北京福田汽車車型，以零件進口後由屏東成運汽車打造。
- 採用康明斯引擎，Hybrid系統與變速箱均採用美國Eaton產品，車軸採用德國ZF產品。
- 電池壽命八年，馬達165kw，柴油引擎225hp，鋁基鋰離子電池(電池組電壓360V)。



3

二、電動公車簡介

換電式電動公車

- ➡ 配置之電池容量較充電式電動公車小，單次續航力低(60-80KM)。
- ➡ 換電池需時5-10分鐘。
- ➡ 充電場與公車場站可分開。



充電式電動公車(華德、唐榮)

- ➡ 配置之電池容量較大，單次續航力較高(150-300KM)
- ➡ 充電需時2-8小時。
- ➡ 充電機需設置在公車維修或停放場站。



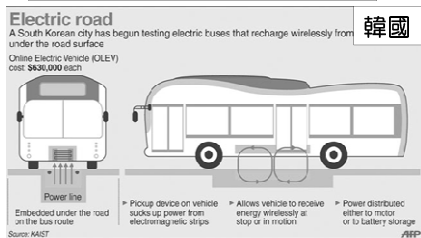
註：

- 充電式電動公車於夜間利用離峰電力以慢充方式充飽電池，以節省電費並維持所有電池單體之電壓穩定。另於司機換班或休息時間進行快充以確保續航力。

4

二、電動公車簡介

線上充電電動公車



韓國

- 車上配置超級電容，於行駛路線上補充電力。
- 每次充電時間30秒至2分鐘。
- 每次充電可行駛2-5公里。
- 採無線充電，或採集電弓充電。



韓國



西門子



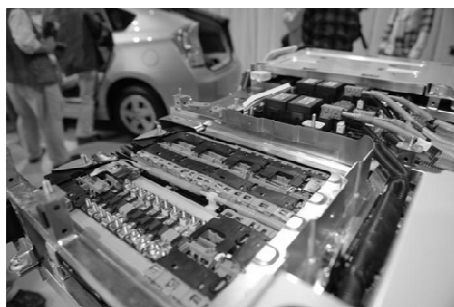
韓國

5

二、電動公車簡介

車用動力鋰電池特性

- 由多顆小電池以串聯及併聯組成
- 鋰電池對溫度敏感(-20~55度)
- 電池組需能承受大電流放電
- 快速充放電容易造成電池組受損
- 充電設備、用電設備與電池組間需要特定通訊介面-電池管理系統(BMS)
- 電量不可用盡，需保留適當殘餘電量，以免電池受到無法回復之損傷



6

二、電動公車簡介

不同電池特性

	超級電容器	鉛酸蓄電池	鎘鎳電池	鎳氫電池	鋰離子電池	燃料電池
充電時間(h)	1秒~幾分鐘	4~12	4~10	12~36	3~4	—
重複充放電(次)	>500000	400~600	400~500	> 500	1000	> 500
工作電流	極高	高	高	高	中	低
記憶效應	無	輕微	有	有	很輕微	輕微
電壓	<2.5V	6, 12, 24V	1.2V	1.2V	4.2V	<1V
能量密度(W h/g)	4~10	30	50	60~80	100~200	> 200
功率密度(W /kg)	> 1000	< 1000	> 1000	> 1000	> 1000	35 -1000
安全性	優	一般	良	良	差	差

資料來源：<http://ir.lib.yuntech.edu.tw/ir/retrieve/2377/Discussion%20of%20Supercapacitor%20Technologies%20120104.pdf>

7

三、國外發展經驗

油電公車

1997
日本
(TOYOTA)



2000
雪梨奧運
(紐西蘭製)



2001
日本
(HINO)



2003
美國



2004
日本
(Mitsubishi)



2008，倫敦



- 美國
- 加拿大
- 中國
- 日本
- 新加坡
- 印度
- 德國
- 英國
- 西班牙
- 瑞典
- 斯洛維尼亞
- 法國
- 義大利
- 挪威
- 奧地利
- 瑞士
- 波蘭
- 阿根廷
- 墨西哥

電動公車



1991，美國加州



2000，紐約市(校車)



2010，上海



法國



澳洲



1992，美國田納西州



2008，北京奧運



2010，加州



韓國

8

三、國外發展經驗

- ◆電動公車約20年前美國即已著手測試，惟當時電池技術(鉛酸)不符需求。
- ◆油電公車約15年前即已上路，近年發展日漸成熟。
- ◆鋰離子電子技術近年發展快速，促速新一代電動公車快速發展。
- ◆大陸之電動公車目前以換電式電動公車為主。惟近年亦在減緩電動公車之推廣速度，改提升油電公車車隊數量。
- ◆美國電動公車之推廣仍不如油電公車及天然氣公車。
- ◆線上充電式公車技術正在發展中。

9

四、國內發展現況與分析

華德動能(充電)



新北市三鶯先導公車、新竹客運、高雄國道十號旗美快捷公車、出口菲律賓

立凱公司(換電)



台北市246、大溪鎮觀光巴士、中壢市內環線接駁巴士、金門縣、新竹世博台灣館免費接駁車、桃園火車站-桃園縣政府免費接駁電動巴士、府城客運

唐榮公司(充電)



桃園客運、豐原客運

馨盛汽車(充電)



苗栗客運(尚未營運)

成運汽車(油電)



首都客運、大都會客運、臺北客運

10

四、國內發展現況與分析

縣市別	電動大巴	電動中巴	油電公車
臺北市+ 新北市	2		186
桃園縣	26		
新竹市	13	13	
新竹縣	2	1	
臺中市	10		
臺南市	8		
高雄市	11		
合計	72	14	186

資料來源：公路總局公共運輸專案辦公室(103.01)

換電式電動公車(電動公車C)	
新車車價(萬元)	825.3
車身長度(公尺)	12公尺
平均能源效率(公里/度)	0.49
故障率(每輛車每月故障次數)	4
馬達最大功率(KW)	160
動力電池最大容量(KWH)	102
慢充所需時間(小時)	3

充電式電動公車	電動公車B	電動公車A
新車車價(萬元)	790(未稅)	881(含稅)
車身長度(公尺)	11.96	11.98
平均能源效率(公里/度)	0.58	1.23
馬達最大功率(KW)	180	150
動力電池最大容量(KWH)	210	250
平均每輛充電設備費用(萬元)	250	100
快充時間(小時)	2.5	2
慢充時間(小時)	4	6

11

四、國內發展現況與分析

臺北市測試計畫

- ◆ 臺北市環保局主辦，環保署補助。
- ◆ 自101年10月15日至102年6月14日止，為期8個月。
- ◆ 採租賃方式。
- ◆ 2輛換電式電動公車行駛246路線。

➡ 採淺充淺放，完成每車次里程(28公里)換電池一次

➡ 每車次里程大於20公里，滿電僅能行駛3車次以下

- 每輛電動公車4顆電池，電池交換作業時間6~10分鐘。
- 電池充滿電平均可行駛246路線(28公里)2.4趟。
- 柴油公車加滿油(250公升)，以每天行駛113~190公里計，可行駛2.9~3.2天。

➡ 主要運行異常狀況為 電池管理系統(BMS)。

- 異常狀況通常可於現場15~20分鐘內排除。
- 試運行期間，尚未發生現場無法排除重大異常，而需執行拖吊作業情形。

車型	電動公車				柴油小巴			
	異常事件	驅動系統	電池問題	車身問題	其他電器	驅動系統	燃油系統	車身問題
發生次數	10月	2	3	1	無	無	無	無
	11月	無	4	無	無	無	無	略後座故障
	12月	1	1	2	2	無	無	無
	01月	無	2	2	無	無	無	無
	02月	無	2	無	1	無	無	無
小計	3	12	5	3	0	0	0	1
合計	23				1			

臺北市交通局結論(102. 10. 17)

- 政府應以減碳技術中立與實際成效，來看待各種技術發展之可能性。
- 低碳運具發展計畫應有生命週期及永續發展的概念，而非僅給予補貼款。
- 依英國交通部(DfT)經驗，先建立客觀能耗或二氧化碳排放標準，作為對業者購車補貼之參據。

12

四、國內發展現況與分析

(單位：元/公里)

	柴油	油電	電動A	電動B	電動C
購置成本	19.67	29.50	36.18	37.00	27.51
平均能源成本	14.50	10.60	3.72	5.32	11.33
故障代駛成本	0	0	0	0	4.56
直接成本小計	34.17	40.10	39.90	(42.32)	43.40
空污外部成本	3.88	2.84	0.70	1.49	1.76
合計	38.05	42.94	40.60	43.81	45.16

- 情境設定：以平均車齡10年汰換計算，每年行駛日數假設為300日，每日里程100公里。
- 購置成本包含車價、電池、電池更換、充電機。
- 電價以臺電低壓離峰電價平均價格計算(含裝置契約價)。
- 空污包含CO、NO_x、SO_x、PM、CO₂

13

五、能源價格上漲情境分析

(單位：元/公里)

	柴油	油電	電動A	電動B	電動C
基準情境總成本	38.05	42.94	40.60	43.81	45.16
能源價格上升25%之總成本	41.68	45.59	41.53	45.14	48.00
能源價格上升70%之總成本	48.20	50.36	43.21	47.53	53.09
能源價格上升130%之總成本	56.90	56.73	45.44	50.72	59.89
能源價格上升230%之總成本	71.41	67.33	49.16	56.04	71.22

註：假設油品價格與電價上漲幅度均一致

- 若能源價格上漲25%，行駛國道路線的電動公車A其總成本將低於柴油公車
- 若能源價格上漲70%，則充電式的電動公車A與電動公車B的總成本均低於柴油公車
- 若能源價格上漲130%，則油電公車之總成本將可低於柴油公車
- 當能源價格上漲230%時，換電式電動公車總成本將低於柴油公車。

14

六、實務課題

客運業者意見

- ▶ 油電公車使用經驗良好。
- ▶ 電動車續航力及妥善率仍待考驗。
- ▶ 電動公車製造業者之售後服務待改進。
- ▶ 充電式優於換電式。

產業技術面課題

- ▶ 部分電動公車品質不穩定，或未能提供完整之遠端監控與電池管理服務。
- ▶ 換電式電動公車之續航力及換電時間造成公車營運的負擔。
- ▶ 充電站建置成本與設站位置土地使用類別有關。
- ▶ 部分電動公車製造業者之設備與技術仍未本土化。

營運面課題

- ▶ 現階段客運業者無法掌握電動公車後勤管理之成本。
- ▶ 車價過高，降低油電公車與電動公車之低營運成本優勢。
- ▶ 換電式電動公車車隊需達一定規模效益較佳。
- ▶ 換電式電動公車與客運業者收取能源費用之機制尚未成熟。

15

七、結論與建議

結論

- ▶ 油電公車之總成本約高於柴油公車13%，而電動公車成本高於柴油公車的比例自7%~19%不等，現階段柴油公車仍較具有成本優勢；惟油電公車之環境效益優於柴油公車1.37，電動公車之環境效益亦優於柴油公車及2.20~5.53倍。
- ▶ 油電公車之穩定性及妥善率佳，公車營運業者接受度較高，惟油電公車之車價與電池成本仍高。
- ▶ 電動公車除了購置成本，亦需考量後續維修與零件更換成本，以及後勤人員的技術能力，這些均涉及公車營運業者之營運成本，為業者考量是否採用之重要因素。
- ▶ 柴油公車、油電公車與電動公車之能耗成本佔總成本比例為38%、25%、19%，因此柴油公車總成本受到能源價格之影響較為顯著：
 - ▶ 能源價格上漲70%，充電式電動公車總成本將低於柴油公車；
 - ▶ 能源價格上漲130%，油電公車總成本將低於柴油公車；
 - ▶ 能源價格上漲230%，換電式電動公車總成本均將低於柴油公車。

16

七、結論與建議

建議

- ➡ 油電公車之穩定性及妥善率佳，公車營運業者接受度較高，可作為現階段替代能源公車之優先選項，以節省能源並減少空污。
- ➡ 電動公車建議：
 - (1) 後勤之遠端監控與電池管理需納入購車合約範疇。
 - (2) 客運業者自行維護管理電動公車之能力需長期培養。
 - (3) 政府對電動公車之鼓勵措施必須涵蓋客運業者、車輛、電池及充電設施。
 - (4) 需加強相關公私部門對電動公車之基礎知識。
 - (5) 電動公車技術仍在發展中，部分技術涉及基礎建設之投入，現階段難以評估最適用之技術。
- ➡ 為使政府與公共服務之資源能有效利用，須持續掌握替代能源車輛及國內相關產業技術發展趨勢，俾利相關替代能源公車發展策略之研析。

17



18