

車輛新技術對耗能影響評估

摘 要

關鍵字：智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation System)

複合動力車輛 (Hybrid Power Vehicle)

燃料電池車輛 (Fuel Cell Vehicle)

本研究目的即在於藉由調查搜集國際車輛耗能改善新技術之研發狀況，評估各項技術參數應用對能源節約，環境保護與商品化之效益，以作為政府相關單位於制定法規與推動節能車輛技術之參考。

本研究方法為針對車輛耗能技術，收集國際發表之相關技術資料(包含全球資訊網，發表文獻，研討會，展覽)並依技術特性進行分析與研究。評估項目包含各項技術運用對車輛在省能，環保，安全，商業化技術成熟性與成本影響以及其目前使用狀況。

車輛耗能效率若以自初級能源計算傳至車輛輪胎行駛之整體耗能效率比較，依高低順序為燃料電池、電池電動車輛、複合動力、內燃機動力車輛。引擎節能技術重點在於輕量化直接噴油式之渦輪增壓柴油引擎或具可變進氣與高燃燒效率之汽油引擎，車輛傳動系統節能技術主要在於提高傳動效率之手自排或智慧型自動無段變速箱。車身技術重點則為低風阻造型設計與大量應用輕量化車體材料兩項。預估未來車輛技術將大量結合傳統車輛技術與新興電子電機控制技術，朝潔淨與智慧化發展。

目 錄 頁次

第一章、前言	1
第二章、國際車輛低耗能技術發展調查	3
一、車輛技術	7
二、智慧型運輸系統	31
第三章、國際車輛耗能數據統計與分析	41
一、美國節能車輛統計	41
二、日本汽車油耗測試數據結果分析	43
三、歐洲汽車油耗測試數據結果分析	47
四、耗能數據綜合評估	51
第四章、代表性低耗能車輛技術解析	53
一、汽油引擎車 Honda Fit	53
二、柴油引擎車 Audi A2 TDI.....	56
三、複合動力車輛 Honda Insight	59
第五章、結論	64
第六章、參考資料.....	67

圖 目 錄 頁 次

圖 1 車輛耗能新技術資料蒐集與評估工作流程	1
圖 2 Automotive technology for environment and energy issues - JARI	3
圖 3 影響車輛耗能的技術分析圖	5
圖 4 車輛本體耗能改善技術	6
圖 5 燃料電池系統車架構	13
圖 6 複合電動車輛所需電力功率未來擴展方向	19
圖 7 汽油引擎節能科技項目與效果評估	26
圖 8 系統效率綜合分析比較	30
圖 9 ITS 概念圖	31
圖 10 ITS 應用系統與關鍵技術關聯圖	33
圖 11 引擎燃料對油耗的影響	45
圖 12 變速箱形式對油耗之影響	46
圖 13 車輛重量與油耗關係圖	46
圖 14 歐洲引擎燃料對平均油耗的影響	49
圖 15 引擎燃料及排檔方式對油耗影響圖	50

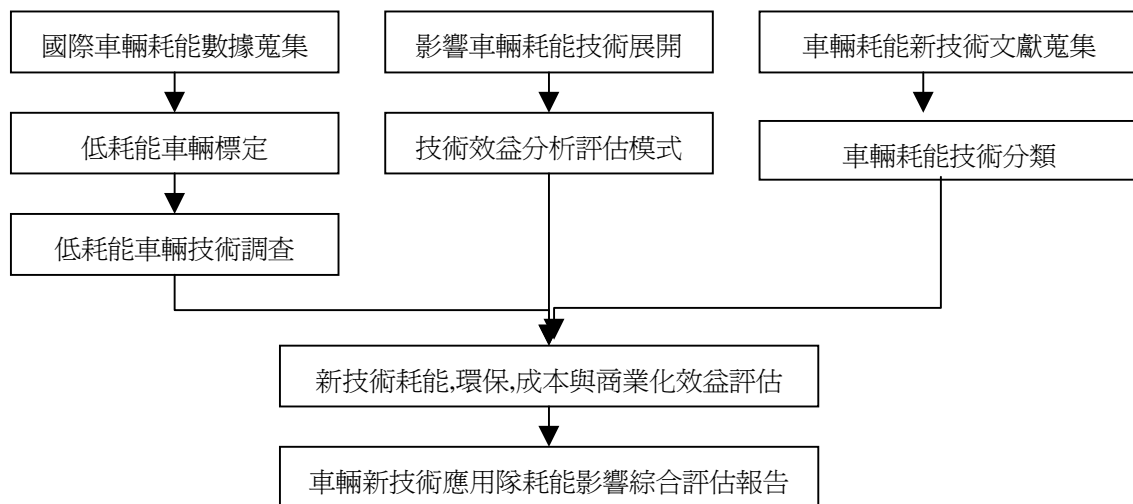
表	目	錄	頁次
表 1	電池技術現況與展望	.....	8
表 2	電動車輛銷售金額趨勢	.....	8
表 3	日本汽車公司推出之電動車輛	.....	10
表 4	代替燃料各與各種引擎適合性(NEDO 網站)	.....	11
表 5	2001 年美國替代燃料新車與其性能摘要	.....	12
表 6	燃料電池燃料特性表	.....	13
表 7	Toyota 燃料電池 FCEV 技術發展成果	.....	14
表 8	日本汽車公司推出之燃料電池車輛	.....	15
表 9	複合電動車輛種類	.....	16
表 10	複合動力車現況	.....	18
表 11	鋁合金材料特性與應用項目	.....	22
表 12	鎂合金材料特性與應用項目	.....	23
表 13	汽車各種金屬使用量統計表	.....	23
表 14	柴油引擎技術發展趨勢	.....	25
表 15	自排變速箱、無段變速箱、無段變速箱之性能與成本效益比較	.....	27
表 16	各種燃料車型的構造、性能與成本比較	.....	30
表 17	台灣 ITS 發展領域	.....	33
表 18	美歐日與台灣 ITS 發展領域	.....	35
表 19	全球 Telematics 市場總值預測	.....	38
表 20	全球 Telematics 市場總值預測	.....	38
表 21	Enabling Technologies (adapted from 【STOA 1996】 )	.....	39
表 22	2002 年美國銷售之最清潔車型	.....	41
表 23	2002 年美國銷售之最節能車型	.....	42
表 24	日本分車種油耗分佈統計結果	.....	44
表 25	日本燃料種類對油耗影響變異數分析結果	.....	44
表 26	日本排檔方式對油耗影響變異數分析結果	.....	45
表 27	日本油耗區分燃料或排檔方式統計結果	.....	47
表 28	歐洲燃料種類對油耗影響變異數分析結果	.....	48
表 29	歐洲排檔方式對油耗影響變異數分析結果	.....	48
表 30	歐洲排檔方式對油耗影響變異數分析結果	.....	49
表 31	歐洲油耗區分燃料或排檔方式統計結果	.....	50

第一章、前言

目前汽車產業技術發展趨勢變化快速、對於符合日益嚴苛污染耗能法規趨嚴，CO₂ 減量國際協定與環保之需求，國際上之各種新興技術紛紛被開發出來以對應市場的變遷。本研究目的即在於藉由調查搜集國際車輛耗能改善新技術之研發狀況，評估各項技術參數應用對能源節約，環境保護與商品化之效益，以作為政府相關單位於制定法規與推動節能車輛技術之參考。

本研究方法為針對車輛耗能技術，收集國際發表之相關技術資料(包含全球資訊網，發表文獻，研討會，展覽)並依技術特性進行分析與研究。評估項目包含各項技術運用對車輛在省能，環保，安全，商業化技術成熟性與成本影響以及其目前使用狀況。資料蒐集與評估工作流程展開如圖 1。

圖1 車輛耗能新技術資料蒐集與評估工作流程



有關車輛耗能改善新技術資料分類與目前資料收集範圍如下：

1. 全球資訊網：分類包含全球管理能源相關政府單位，汽機車廠，主要零組件供應商，學會或協會，專業期刊，研發顧問公司等網站。
2. 技術文獻：國內外車輛技術期刊與研討會論文，分類包含 車輛能

源運用總論，車輛電子化，汽油引擎，複合動力，燃料電池，輕量化，車廠產品發表，車輛展覽會資料等。

3. 內部研究報告：工研院機械所執行車輛相關研究分析與測試報告。

第二章、國際車輛低耗能技術發展調查

二十世紀科技的發展，帶來了便利舒適的生活，但也造成嚴重的環境資源後果。依據日本新能源產業技術綜合開發機構(NEDO)調查顯示，目前世界石油存量僅能供應約 40 年消費，加上天然氣大約也僅有 60 年的儲量。據 OECD(Economic Co-operation and Development)組織調查所有開採能源中，1997 年起有超過 22%的能源為交通運輸所消費，而其中 60%華在是車輛行駛，因此近年來汽車工業技術的發展，特別著重能源節約、新燃料與 CO₂ 排放降低的科技。如圖 2 為日本自動車研究所(JARI)所預測之汽車工業科技發展趨勢，估計技術發展之驅動力將由 HC、NO_x 等污染排放逐漸移轉到耗能減少，再移轉到新能源的利用。

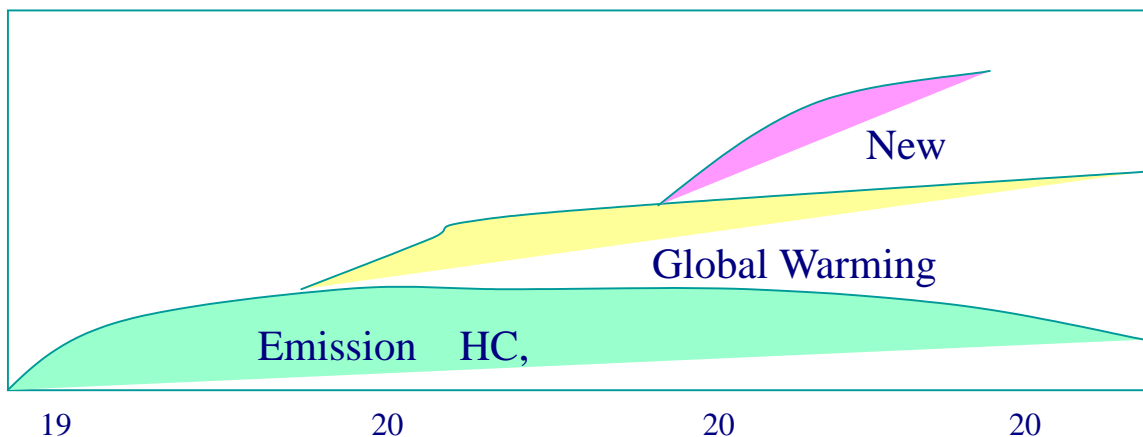


圖2 Automotive technology for environment and energy issues - JARI

事實上世界各國政府於 20 世紀兩次能源危機後，即十分重視之車輛油耗。各國政府提出之相關政策包括：

美國：以國家平均耗油標準 CAFE(Corporate Average Fuel Economy)法規管制車輛之耗油率，自實施以來達成平均每年 0.3%降低的成果，自 1993 年起美國政府又提出了新世代運輸器具合作計畫 PNGV (The Partnership for a New Generation Vehicle)，鼓勵三大車輛與學術界合作

開發 80mpg(mile per gallon)之家庭用車。

日本：政府訂定能源節約法，透過耗能標準修改提昇汽車耗能，以汽油小客車之為例，2000 年起實施之耗能標準較 1990 提高 8.5%，2010 年將更提高 23%。此外並藉助補助稅的優惠、依利貸款以增加潔淨能源車輛如電量車、複合動力車輛至一百萬輛。

歐洲：由歐盟執委會 EU(European Commission) 為推動機構各國汽車節能政策，目前歐洲汽車製造協會 ACEA (Association of European Automobile Manufacturers)協議，於 2003 年達成新車 CO₂ 排放降為 165-170g/km 中程目標，並於 2008 年前完成新車 CO₂ 排放減量 25%目標。各國以抽取燃料稅，以油耗標準訂定消費稅、牌照稅等方法鼓勵省油車輛開發。

我國則自民國 76 年起實施”車輛容許耗用能源標準及檢查管理辦法”，管制各型車輛最低耗能標準，並限制高耗能車輛生產銷售。但為達到 CO₂ 減量 2010 減 16%，2020 減 28%之能源政策目標，除將檢討由傳統隨車征收之燃料稅改為隨油征收方案外，耗能標準亦將自 95 年起車種區分將由車重改為引擎容積區分，並將小貨車與休旅車一併納入管制。我國政府並將燃油抽取之空污費中提供經費對噴油機車購買提供消費者補助。

本研究進行影響車輛耗能的技術分析包含廣義的整體車輛運輸系統使用能源效率的最佳化與針對車輛系統本身耗能改善兩方面。整體運輸系統運用能源效率改善技術方面則又包含整體能源政策，運輸政策，運輸管理，交通系統環境以至車輛本體技術等多項要素，如圖 3。由於廣義之車輛運輸系統技術包含交通管理制度、國家能源政策以及非與車輛工程面直接相關之交通工具管理措施等，本研究主要探討與評估範圍則以與車輛使用之耗能相關度高之車輛本體及智慧型交通運輸系統其中包含之車輛運行效率相關之資訊管理與系統技術為主。

車輛本體耗能改善技術主要項目分別為，動力傳動系統效率最佳化技術，車輛行駛阻力降低與新能源運用三方面，如圖 4。

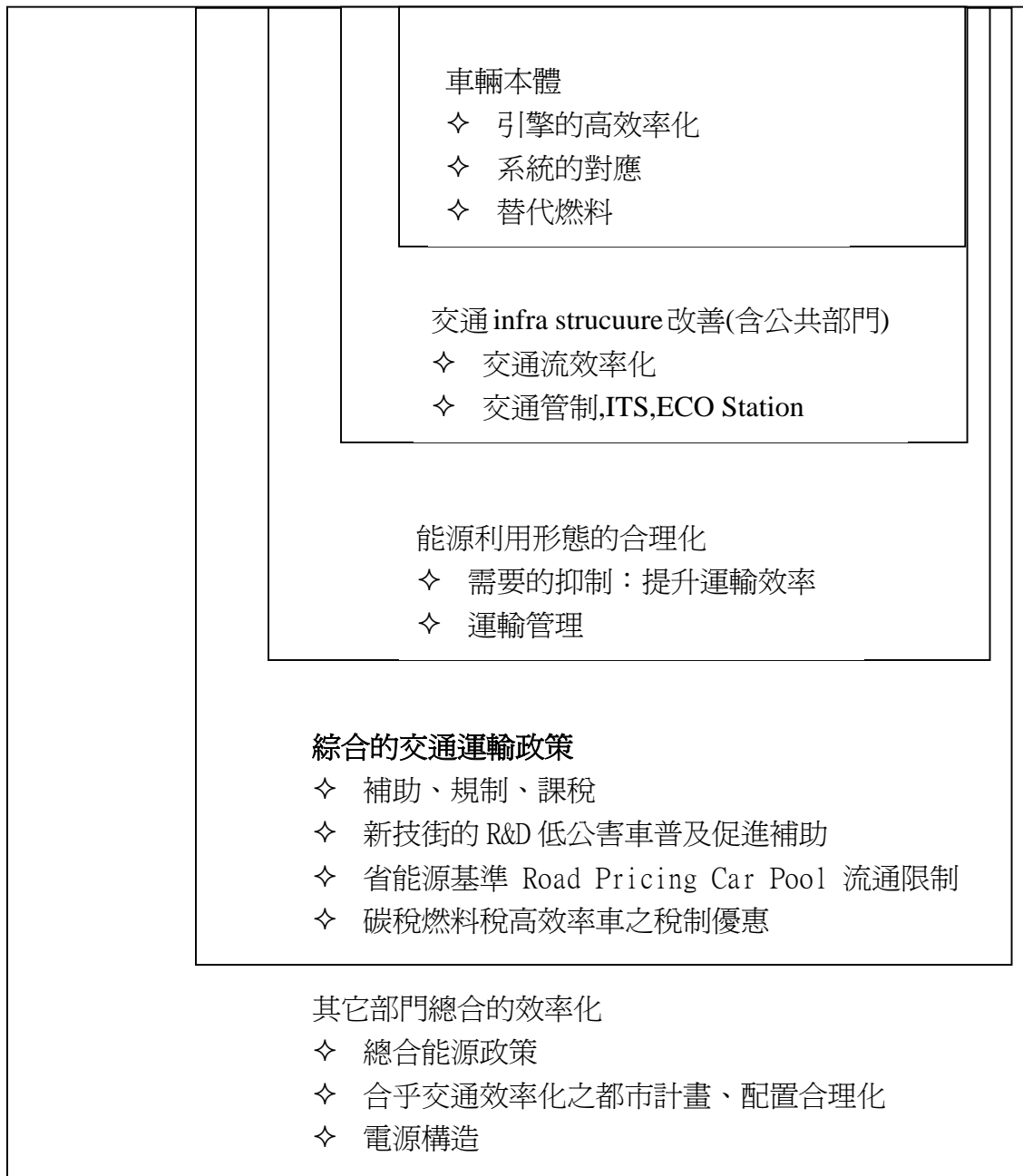


圖 3 影響車輛耗能的技術分析圖

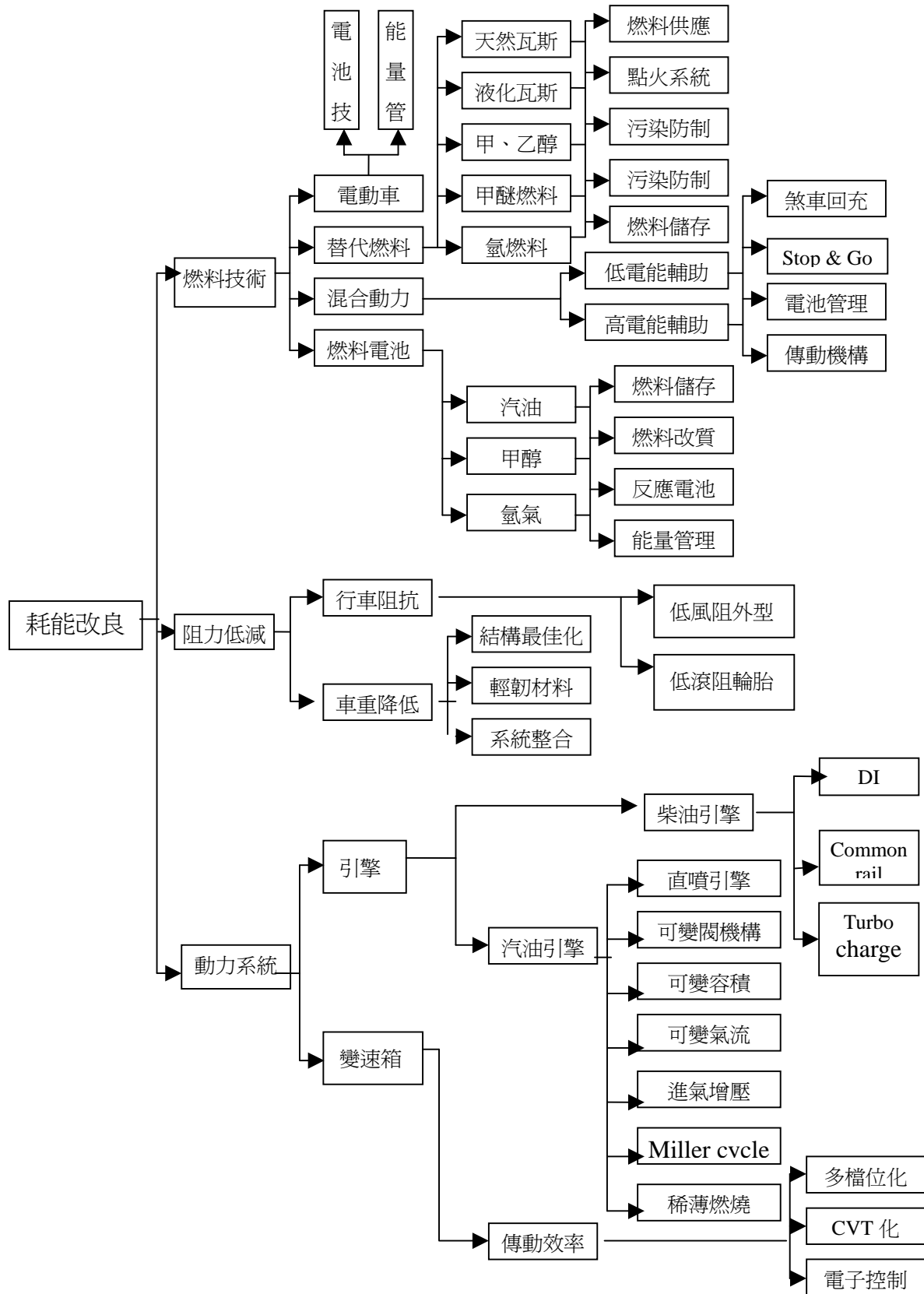


圖4 車輛本體耗能改善技術

一、車輛技術

以下分別說明上表影響車輛耗能技術其國際目前技術與產品發展重點：

1. 電動車輛(EV)

電動車輛由於使用上不會像一般引擎動力車輛產生排氣污染及噪音，被認為是極佳的環保交通工具，特別是在市區使用。電池電動車輛的動力完全來自馬達，馬達輸出的扭力和轉速是可以控制的，所以不必離合器。馬達低速性能優異且效率高，因此大部份純電動車輛亦可以不必像一般車輛採用複雜的傳動系統。

電動車低噪音無污染的優點很早就被重視，直至目前，電動車周邊的技術，包括高效率交流馬達，高效率傳動、煞車回充、高精確殘電量監控、電池串聯組管理等技術都已完備。目前研發重點在於突破電池技術瓶頸。蓄電池儲能的機制電化學反應，先天上有能量密度低、反應速度慢(充電時間長)、對溫度敏感、反應物質因雜質干擾而逐漸老劣化現象(殘電與有限壽命)等缺點。目前開發滿足車輛需求特性之電池之研究以日本最為積極，各種電池的研發現況與展望如表 1。

一般鉛酸電池能量密度 35 Wh/kg，汽油能量密度 11.8 kWh/kg，兩者比例為 337 倍。因此，由於電動車輛必須能維持一定的行駛里程後再進行充電，造成電池重量佔整車重量比例相當大，而這也造成電池電動車輛往往較傳統車輛笨重原因。另外電池壽命較短，電動汽車車輛使用電力費用約美金\$0.01/哩；一般汽車油料費用約美金\$0.03/哩，但電池替換費用約美金\$0.07/哩，這也降低消費者購買電池電動車輛的意願。因此，雖然電動車輛技術已有長足進步，但是仍然存在著續航力低及充電不方便二大缺點使得電動車輛推廣不易。

最近推出之電動車輛性能皆已配備目前較進步之鎳氫電池或鋰電池、高效率交流馬達與能量管理後，在 20kW-Ah 的電池，日本 10-15 行車

型態續航力已可達 200km 以上(TOYOTA RAV4LV)，速度、加速度皆滿足小轎車需求，但充電時間與成本仍是主要問題。

表1 電池技術現況與展望 (資料來源 日本電動車輛協會
http://www.jeva.or.jp)

種類	優點	缺點	開發狀況								量產成本	
			能量密度				出力密度		壽命			
			Wh / k g		Wh / l		W / k g		充放電次數			
			現狀	未來	現狀	未來	現狀	未來	現狀	未來		
鉛酸電池	開放	高出力密度 高信賴性 低成本	能量密度	40	45	70	80	150	200	500~ 1,000	1,000 以上	低
	密閉			35	40	80	100	200	300	400~ 800	1,000 以上	
鎳鎘電池	高出力密度 高信賴性	成本 高溫性能	50	60	110	120	170	180	500 以上	1,000 以上	中	
鎳氫電池	高出力密度 高能量密度	成本 高溫性能	65	70	155	165	200	300	500 ~1,000	1,000 以上	中	
鎳鐵電池	負極活物質 便宜	充電效率 自行放電 密閉化	50	60	100	110	150	160	800 ~1,000	1,000 以上	中	
鎳鋅電池	高能量 密度 高功率密度	壽命	70	85	130	170	200	250 ~ 300	200 ~300	400 ~500	中	
鈉硫電池	高能量密度 活性物質便宜	高溫作動 (350) 安全性	100	110	100	150	150	160	~350	1,000 以上	中	
離子電池	高電壓 高能量密度 高出力密度	成本	110	150	160	200	200	400	500	1,000 以上	高	

依據”Electric Vehicle Markets, Players Forecasts” 估計未來至 2010 年電動車輛銷售金額趨勢如下表 2，其中顯示電動汽車將有最大的成長潛力。

表2 電動車輛銷售金額趨勢

	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2010
Heavy industrial	220	230	240	250	255	260	350
Light industrial and commercial	57	64	100	120	150	250	400

Disabled	375	420	480	530	590	740	1,300
2 wheel	350	500	700	1,000	1,300	3,000	6,000
Golf car and caddy	250	256	265	280	300	320	330
Cars	40	60	100	150	200	500	1,250
Military	0	2	2	2	3	4	5
Mobile robots	3	10	30	300	400	1,000	2,800
Others	15	15	14	17	20	25	30
TOTAL MARKET	1,310	1,557	1,921	2,649	3,218	6,099	12,465

日本在小型電動車輛之開發極為積極，下表列出近年來各汽車公司推出之電動車輛型式。如表 3

表3 日本汽車公司推出之電動車輛

メーカー名	電気自動車(EV)の開発年表									
	82年	83年	84年	85年	86年	87年	88年	89年	90年	91年
トヨタ自動車	マジェスタEV 開発		EV-50 合開発		RAV4 EV 開発	RAV4 VEV 開発	et.com 合開発	Crayon 合開発		
日産自動車					プレーンジエV 合開発		ルノーZEV 合開発			
本田技研								EV Hybrid 合開発		
マツダ										
三菱自動車										
ダイハツ工業										
スズキ										
富士重工										
いすゞ自動車										
富士4種										

2. 替代燃料車輛(HEV)

替代燃料汽車泛指不使用石油提煉物為燃料的車輛，於車輛上應用替代燃料的種類包括有壓縮天然氣(CNG)、液態天然氣(LNG)、甲醇、乙醇、甲醚(DME)、氫氣、或是多重燃料車(FFV)等。(電動車、燃料電池車與混合動力車另外說明)其優點為：

使用傳統內燃機引擎，科技之成熟度高於電動車與燃料電池車。

較低碳之碳氫化合物，可降低 CO2 排放，氫引擎則幾乎無 CO2 排放。

燃料來源多樣化，以目前銷耗率推估天然氣存量約 60 年，高於石油之 40 年。甲醇、乙醇可由農作物或有機廢棄物轉換，燃料來源較石油多樣化且確保。未來若核融合等科技成功，電解海水的氫將是終極燃料源。

若不直接完全使用，也可當作汽、柴油之改質劑，例如甲醇添加至柴油引擎中，可有效降低 NOx 與黑煙排放。

可與傳統引擎共享科技成果，例如日本已開發出一款直噴、稀薄燃燒

之天然氣汽車，應用空燃比精確控制，雙氧氣感應器及前段天然氣早期高活性觸媒及後段三元觸媒雙觸媒等現有汽車引擎科技，達到僅美國 ULEV 標準 1/10 之超低污染排放水準。

但替代燃料之推廣使用，仍存在許多待努力之處：

其發展之需周邊燃料供應系統配合，例如在日本推行十分成功，有超過 80 萬輛計程車使用之 LPG 車，國內推廣受限於加氣站設立不易，推廣受到限制。

替代燃燒之蒸氣壓、黏度、熱值與燃燒等特性與傳統引擎不同，引擎需針對燃料特性調整壓縮比、混合比等設計。如表 4

表4 代替燃料各與各種引擎適合性(NEDO 網站)

	醇類	LPG	天然瓦斯	植物油
OTTO cycle	○	○	○	×
DIESEL cycle	△	△	△	○

○引擎變更較少，現有技術較為適用

△預熱火星塞、點火促進器等點火系統修改。

× 不適合

替代燃料一般體積能量密度較低，影響車輛續航力，部份如氫更有自燃性，需開發特殊之儲存科技。大多數替代燃料仍有 CO2 排放，科技形象不如電動車與燃料電池車，爭取政府研究經費較為困難。替代燃料車輛本身耗能雖低，但若考慮生產燃料時需耗費能源，整體能源效率除 CNG、LPG 低於汽油車外，以目前天然瓦斯生產之甲醇車、DME 車效率低於汽油車。部份替代燃料燃燒後有生成有毒物傾向，例如甲醛與甲苯，需開發添加劑或後處理技術。基於以上優缺點，目前世界級車廠替代燃料車輛之趨勢是，技術上無重大障礙，周邊環境則仍待建立，由於替代燃料是目前所有石油枯竭後到核融合成功間過度動力系統間，唯一技術已確認可行方案，因此各車廠仍積極推出雛型展示車。表 5 為 2001 年於美國發表之替代燃料車中部份車型規格。

表5 2001 年美國替代燃料新車與其性能摘要

車廠車名	代表車種	燃料	動力系統	車型	污染水準	續航力
DaimlerChrysler	Dodge ram van	CNG	5.2L V8	Van	SULEV	200~300 mile
DaimlerChrysler	Chrysler Country	FFV	3.3L V6	Minivan	LEV	
Ford	F-150/Econoline	CNG	5.4L V8	Van、 Pickup	ULEV SULEV	150~300 mile
Ford	Crown victoria	CNG	4.6L V8	Sedan	ULEV	200~300 mile
Ford	Taurus	FFV	3.0L V6	Sedan	LEV	250~350 mile
Ford	F-150	LPG	5.4L V8	Pickup	ULEV	300~400 mile
GM	Chevrolet Express	CNG	5.7L V8	Van	LEV	
GM	Chevrolet Cavalier	CNG	2.2L V4	Sedan	LEV	560 mile
GM	Chevrolet S-10	FFV	2.2L V4	Pickup	LEV	400 mile
GM	Chevrolet duty truck	LPG	8.1L V8	Truck	LEV	
Mazda	B3000	FFV	3.0L V6	Pickup	LEV	230~300 mile
Toyota	Camry	CNG	2.2L L4	Sedan	ULEV	270 mile

3. 燃料電池車輛

燃料電池具有極低污染、續航力高、無需充電、低噪音、高能源效率等優點，一直是被看好之下世代能源主力，但其應用於車輛工業時，目前仍有氫儲存、系統複雜高成本過高、需使用大量貴金屬觸媒、對溫度敏感需暖機、對濕度敏感須回收水份等點技術待突破點。各種燃料電池種類中，目前車輛使用較為看好者為較低溫(80℃以下)操作、常壓常溫啓動、停止容易，功率密度高，輕量化、電解質不易流出無需維護、低負載時效率較高等優良特性之之固體高分子型燃料電池 PEMFC(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell)較為看好，其領導技術廠商為賓士及福特合作之與加拿大的 Ballard 公司。燃料電池車系統架構

如圖 5。

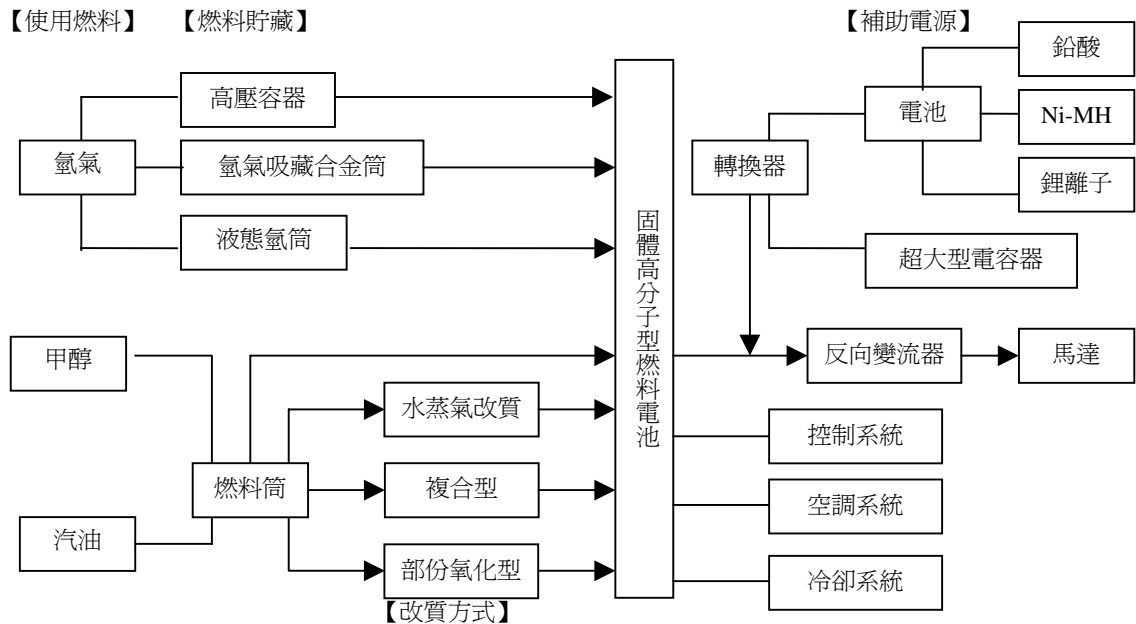


圖5 燃料電池系統車架構

車用燃料電池的燃料大致上有氫、甲醇與汽油三大主流，其優缺點比較如表 6，目前趨勢氫燃料會成爲最終的目標，但在儲氫技術與周邊尙未完備前，甲醇與汽油會是一段過渡階段之產品。

表6 燃料電池燃料特性表

燃料	優點	缺點
汽油	燃料週邊設施現行已完備 安全性經驗豐富，使用性普遍	現有汽油含硫需淨化使用 分子鍵結強，重組溫度高， 重組需要較複雜的熱交換器 (heat exchanger)或熱交換系統 車輛行駛時，非零污染排放， 仍有 CO、CO2 排放 重組器複雜成本高 燃料利用率較純氫燃料低
甲醇	重組容易 給氣週邊的整備相對限制較 小 液體燃料容易處理(或運輸)	仍有 CO、CO2 排放 重組產生 CO 毒化電池 腐蝕性較汽油嚴重 重組系統組成與控制複雜， 重組器不利車輛空間配置

		<p>甲醇無色易溶與水，造成燃料污染，染色會導致重組不易</p> <p>利用率較純氫燃料低</p>
氫	<p>無需隨車式重組器</p> <p>構造簡單化、重量、體積、成本、成熟度高皆佳</p> <p>只有水份排放與極少 CO2 排放</p> <p>能源效率效率高</p>	<p>供給設備與體系不存在，給氣週邊的整備需要長時間規畫</p> <p>隨車貯存技術待改進，貯藏重量比(Wt%)待提升</p> <p>自爆性、燃料安全性問題差，氫氣處理經驗不足</p>

目前燃料電池研發之重點，在於成本降低、貴重金屬使用減少及儲氫技術之突破等。此外由於燃料電池車的複雜性，未來要達到實用化，除電池之技術持續發展外，周邊系統同樣也需要配合改善，目前開發成果可由 Toyota 之新燃料電池車 FCEV 性能如表 7 說明。

表7 Toyota 燃料電池 FCEV 技術發展成果

	主要性能	改良點
燃料電池	<p>最大功率：70kW</p> <p>體積(電池本體)：65l</p> <p>重量(電池本體)：75kg</p>	<p>電極性能提升，高功率化</p> <p>氫氣、空氣、冷卻水的導入部及排出部與燃料電池整體設計，可以小型化</p>
氫氣吸藏合金	<p>氫氣儲存量：2.2kg</p> <p>儲氣筒容量：60 l</p> <p>合金重量：100kg</p>	<p>改良合金特性，提升有效儲存量</p> <p>改良儲氣筒及內部熱交換器形狀，可為以往 3 倍容量且為一體化</p>
甲醇改質器	<p>氫氣配給量：750 l/分</p> <p>起動時間：3 分以下</p> <p>改質器效率：83% 以上</p> <p>殘留 CD：500ppm 以下</p> <p>反應時間：10sec 以下</p> <p>體積：40 l 重量 20kg</p>	<p>燃料蒸發部、改質反應部、CO 降低部位設計為整體化(一體化)，可為小型設計</p> <p>新開發觸媒，改質效率獲得改善</p> <p>降低改質器熱容量，大幅提升啓動性及反應性</p>
空氣壓縮機	<p>最大流量：3000N l/分</p> <p>最大氣體出口壓力：0.15Mpa</p> <p>斷熱效率：60% 以上</p> <p>體積：10 l</p> <p>重量：20kg</p>	<p>採用靜肅性單體(迴轉型壓縮機、渦卷壓縮機)</p> <p>免添加潤滑油</p> <p>改善空氣壓縮機部位為最佳設計，提升斷熱效率</p>

日本在小型燃料電池車輛之開發亦極為積極，下表 8 列出近年來各汽

車公司推出之燃料電池車輛型式。

表8 日本汽車公司推出之燃料電池車輛

Trend of FCEV in Japan

name	92	-	★: Vehicle	95	96	97	98	99	100	101	102
DAIHATSU								MOVE EV-FC ★		MOVE-FCV-K-II ★	
TOYOTA *			FCE ★		FCE ★			R&D with ☆	Agree O.H. Fuel with ☆	FCHV-BUS1 ★ FCHV-3 ★ FCHV-4 ★ FCHV-5 ★	
NISSAN *					FC ★		FDV ★		Extens FCV ★		
SUBARU										SambarFCEV ★	
HONDA *							FCX-V1 ★ FCX-V2 ★	★FCX	(Island) FCX-V3 ★	(Honda) FCX-V3 ★ FCX-V4 ★	
MAZDA	Proto ★				Demio FCEV ★			Demio FCEV ★		Premacy FC-EV ★	
MITSUBISHI							R&D with Mitsubishi ☆	MFOV ★	Joint with D ☆		Space Liner ★

目前全球僅有日本 HONDA 公司於 2002 年底推出代號 FCX 燃料電池汽車並開始於美國洛杉磯與日本市場以租賃方式開始供政府機關使用，此 FCX 燃料電池汽車使用氫氣燃料，最大馬力為 80 hp，最大扭矩為 201 ft-pounds，加速性類於 Honda Civic，巡行里程達 220 mile。其他各國主要車廠最樂觀評估可於 2004 年推出市場，但預估要到 2010 年才有可能於市場上仍有明顯地位。

4. 複合動力車

複合電動車輛如以系統架構(Construction)區分，一般可分為串聯系統 (Series System)及並聯系統(Parallel System)兩大類。其中串聯系統定義為僅有一種動力源可提供車輛所需驅動力；並聯系統則有兩種或兩種

以上動力源可提供車輛所需驅動力。

另外若依照 SAE 所定義複合電動車輛純電力的行駛里程(Electric Range)及電池能量狀態(Charge-charging strategy)區分，在電池充飽情況下，假如純電力的行駛里程大於兩個 FUDS(Federal Urban Drive Cycle)循環且大於兩個 HWFET(Highway Fuel Economy Test)循環則為 Commuting Electric Range，否則為 Reserve Electric Range。假如複合電動車輛能夠在 FUDS 循環及 HWFET 循環連續行駛，而電池能量不減少則為 Charge-Sustaining，否則為 Charge-Depleting(允許電池能量耗盡)。因此依純電力行駛里程及電池能量狀態來畫分的話，總共有如表 9 所示四種型式複合電動車輛。

表9 複合電動車輛種類

<u>R</u> everse <u>D</u> epleting (RD)	Electric	Range	Charge-	<u>C</u> ommuting <u>D</u> epleting (CD)	Electric	Range	Charge-
<u>R</u> everse <u>S</u> ustaining (RS)	Electric	Range	Charge-	<u>C</u> ommuting <u>S</u> ustaining (CS)	Electric	Range	Charge-

複合動力車由於技術大部份延用有引擎與馬達電池技術，經量產驗證可實行，且無需新建週邊設備配合，亦無電動車續航力與充電困擾及燃料電池系統複雜成本過高之疑慮。因此雖然仍有 CO2 排放，但若考慮生產與發電時之能源消費，其總體能源效率具日本 JARI 調查，並不低於技術尚未成熟之燃料電池車。自 Toyota Prius 與 Honda Insight 量產後，世界各大車廠莫不急起直追，陸續推出各種類型之複合動力車。複合動力車省能方法包括：

- 怠速熄火：車輛停止時引擎熄火，減少怠速油耗損失
- 低負荷使用馬達：車輛在低速、低負荷時引擎熄火，避免運轉在效率較差區域

- 定速引擎：引擎 cc 數降低提高運轉效率，電池/引擎/馬達互相搭配提高系統效率
- 馬達暫態補助：車輛在加速時由馬達補足瞬時扭力需求，避免引擎有太大油門變化，有效降低污染排放量
- 煞車回充：車輛煞車時經由馬達吸收部份煞車動能
- 電池效率最佳化：相對於 EV 控制電池殘電量(SOC)在適當水準，提高電池充放電效率

各車廠再依據其車型與技術特色，選擇適當馬達、引擎與傳動組合。近期發表可參考表 10。未來趨勢複合系統中類似 Honda Insight 概念 (Mild HEV) 結合大功率發電機、起動馬達與飛輪之 ISG(Integrated Starter Generator) 結合 42V 蓄電系統，由於可達成怠速熄火、煞車回充、馬達補助動力降低引擎容積等省油及快速起動降低污染優點，雖然節能性能不若全複合之 Toyota Prius(Full HEV)，但由於系統改變量甚小，預計在 3~5 年內就即會成為新發表動力系統之主流之一。

國際上以日本在複合動力車之開發亦極為積極，目前已實際量產銷售之複合動力車均為日本廠商所推出，表 10 列出近年來各汽車公司開發與推出之複合動力車輛型式。

表10 複合動力車現況

車廠	車型	型式	耗能	現況	燃油	內燃機/TM	馬達/發電機
Chevrolet Suzuki	Triax(SUV 4WD)	parallel	24 km/l	概念車	汽油	Rear 0.66-L-48 kW/CVT	Front 馬達 35 kW Rear 馬達 15 kW
Daimler Chrysler	Citadel(Wagon 4WD)	TTR ¹ - parallel	27/33 mpg	概念車	汽油	Rear 3.5-L-189 kW	Front 馬達 52 kW
Daimler Chrysler	Durango(SUV 4WD)	TTR- parallel	18.6 mpg	概念車	汽油	Rear 3.9-L-130 kW/AT	Front 馬達 66 kW
Dodge	ESX3(sedan)	Mybrid ² - parallel	72 mpg	概念車	柴油	Front 1.5-L-55 kW/EMAT ¹¹	Front 馬達 15 kW
Ford	Prodigy(sedan)	LSR ³ - parallel	70 mpg	概念車	柴油	Front 1.2-L-55 kW/ASM ¹²	Front 馬達 16 kW
Ford	Escape(SUV 4WD)	parallel	40 mpg- urban	概念車	汽油	Front 2.0-L-96 kW	Rear 馬達 65 kW Front 發電機 28 kW
Ford	Explorers	ISG ⁴ -42 volt	---	概念車	汽油	Front V6	Front 馬達 10 kW
GM	Precept(sedan-4WD)	parallel	80 mpg	概念車	柴油	Rear 1.3-L-40 kW/ASM	Front 馬達 25 kW Rear 馬達 10 kW
GM	SUV 4WD	ParadiGM- parallel	35 mpg	概念車	汽油	Front 3.6-L-166 kW/ASM	Front 馬達 12 kWx2
Honda	Insight(couple)	IMA ⁵ - parallel	35 km/l	1999 量產	汽油	Front 1.0-L-50 kW/MT	Front 馬達 10 kW
Honda	Spocket(4WD)	parallel	----	概念車	汽油	Front ICE	Front/Rear 馬達 x2
Toyota	Prius(sedan)	THS ⁶ -parallel	29 km/l	1997 量產	汽油	Front 1.5-L-52 kW Planetary Gear	Front 馬達 33 kW Front 發電機 15 kW
Toyota	Estima(minivan 4WD)	THS-C ⁷ - parallel	18 km/l	2001 量產	汽油	Front 2.4-L/CVT ¹³	Front 馬達 13 kW Rear 馬達 18 kW
Toyota	---	THS-M ⁸ -36 volt	---	概念車	汽油	Front 3.0-L	Front 馬達
Nissan	Tino(sedan)	NEO ⁹ - parallel	23 km/l	2000 量產	汽油	Front 1.8-L-74 kW/CVT	Front 馬達 17 kWx2
Mitsubishi	SUW advance	GDI-parallel	31.5 km/l	概念車	汽油	Front 1.5-L-77 kW/CVT	Front 馬達 12 kW
Mitsubishi	SUW compact	GDI-ASG ¹⁰	26 km/l	概念車	汽油	Front 1.1-L-57 kW/CVT	---
Daihatsu	Move EV-H II	parallel	37 km/l	概念車	汽油	Front 0.66-L-48 kW/CVT	Front 馬達 18 kW

註:1.TTR:Through The Road

2:Mybrid:Mild Hybrid

3.LSR:Low Storage Requirement

4.ISG: Integrated Starter-Generator

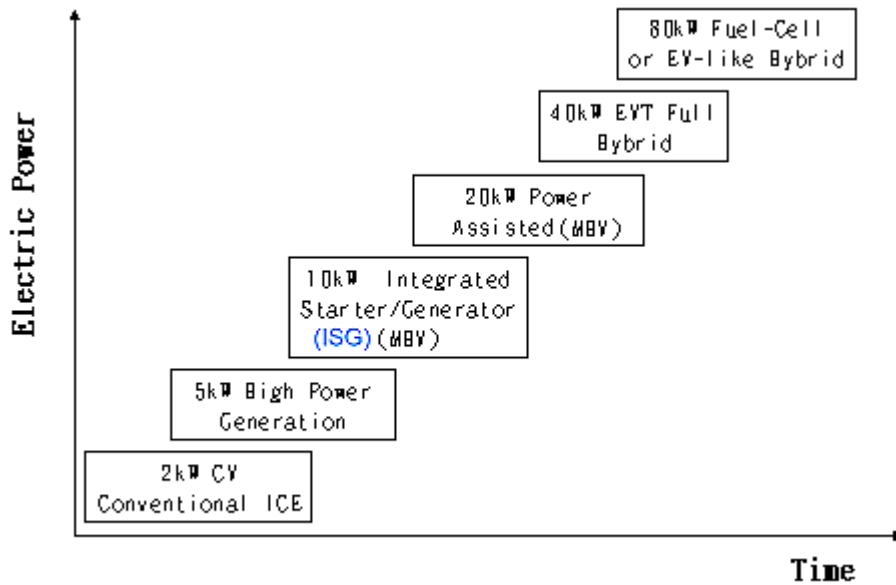
5.IMA: Integrated Motor Assist

- 6.THS:Toyota Hybrid System
- 7.THS-C: Toyota Hybrid System-CVT
- 8.THS-C: Toyota Hybrid System-Mild
- 9.NEO:Nissan Ecology Oriented
- 10.GDI-ASG:GDI-Alternator Stop and Go
- 11.EMAT:Electro-Mechanical-Automatic Transmission
- 12.ASM:Automatic-Shift Manual
- 13:CVT: Continuously Variable Transmission

註:耗能單位 km/l 為採用 10/15 日本行車型態測試；耗能單位 mpg 為採用 US-FTP 美國行車型態測試

根據 ANL 分析預測複合電動車輛的未來擴展方向顯示，車輛所需電力功率將會持續增加，如圖 6 所示。其中 2 kW 電力是現在車輛水準，未來將提昇至 3 kW~5 kW 電力以應付如加熱式座椅、車窗、水/油泵、HVAC 風扇、電磁控制閥及加熱式觸媒。現在汽車廠或零件廠正發展所謂 ISG(Integrated Starter-Generator)系統，ISG 系統可提供 10 kW ~15 kW 電力以應付如引擎快速啓動、引擎怠速熄火、幫助車輛起步動力輔助及適當的煞車動能回收。當電力提昇至 20 kW 時，引擎可以進一步縮小，20 kW 電力用以應付如 ISG 系統功能、動力輔助等功能。當電力再提昇時，引擎可以更進一步縮小，使用較大馬達以獲得最大的複合效益，但是以現在標準，此種系統成本較高是否為消費者接受，尚待接受市場考驗。

圖6 複合電動車輛所需電力功率未來擴展方向



未來複合電動車輛必須朝向能源效率提昇及具有成本競爭力的系統發展，可以預見的是複合電動車輛在未來 5~10 年內，各車廠都會推出複合電動車輛。而且根據預測 2010 年時市場將有 20% 是複合電動車輛。因此複合電動車輛可以說是近程內改善燃油效率及污染之解決方法，直到燃料電池車輛商品化為止。

5. 行車阻抗

車輛行車阻抗來自空氣的風阻與來自地面之路阻。前者可由降低迎風面積與降低風阻系數改善，後者則有提高輪胎性能改善。目前新設計轎車外型設計使用之流體動力分析(CFD)與風動測試技術日趨成熟，風阻系數 Cd 目標已由 0.30 降低至 0.25 左右，部份概念車最佳化設計之 Cd 更可低至 0.23(Toyota ES3)。相對於轎車，傳統貨車過去並未重視風阻，因此近年阻抗低減改善的成效更顯著，例如於臺灣即將立法之貨車頭頂加裝擋風罩，Cd 可由 0.8 降至 0.6 左右。輪胎的阻力主要來源是輪胎變形產生之黏滯現象(hysteresis loss)，改善方法為增加輪胎剛性，減少變形量。目前技術趨勢為透過懸吊設計改善，例如：電子控制懸吊、胎壓監控、防暴胎等，盡量降低過去太硬產生之爆胎疑慮及懸吊吸振功能不良等副作用，設計較為剛性輪胎，不但可降低輪阻，

並可提昇車輛操控性。

6. 車重降低

車重降低之技術主要來自於結構最佳化設計、新材料使用及系統整合。目前各大車廠已普遍使用有限元素等協助車體與懸吊底盤結構設計，能夠在相同車重下設計出更安全的車輛。新材料的應用可更直接之有效降低車重，目前逐漸在增加使用之輕材料包括鋁合金、鋁鎂合金、鈦合金及塑膠等。鋁合金使用於傳統引擎體、輪圈外，車身板金(Audi A8)、懸吊(Benz E/S、BMW 7)與底盤(Lotus)使用案例越來越多。鋁鎂合金使用於對質量更敏感又要高強度零組件例如輪圈等。鈦合金則用於承受巨大應力之零組件，例如彈簧等。以鈦合金彈簧為例，其質量僅為鋼材之 60~70%，自由長為 50~80%，並且更耐蝕(Automotive engineering 2001.3)，可以有效減輕體積與重量。新輕合金的應用往往需伴隨設計技術、加工技術與量產技術之發展，以 Audi A8 鋁合金車體開發為例，其技術內容即包括：

- 鋁合金 THF 及真空壓鑄件技術
- 液壓成型管件(Hydro-Forming Tube)技術
- 運用 7 種航太級鋁合金材料及獲得 40 項專利
- 全車 409kg 約 1/3 車重均使用 6xxx 系列鋁合金材料，外露之鈹件採 Alcoa 新的專利材料 X-6022-T4
- 懸吊系統零件採鋁合金 VRC/PRC 製程技術
- 煞車碟片採鋁合金複合材料，重量約傳統鑄鐵零件一半
- 儀表板支撐架為鎂合金材料
- 使用模組化零組件，零組件數減少約 65%，重量減輕 40%

塑膠使用於車身內裝與車身板件已有多多年歷史，引擎內進氣歧管、汽缸頭蓋等零件應用例亦逐步增加，目前最先進技術發展之一為應用黏土改質之奈米複合塑膠材料，相較於傳統複合塑膠材料，添增之改質

劑比率較少，除了質輕而堅外，更具有耐磨、難燃、抗 UV、抗菌、易油漆等優點，極適合應用於車身內裝、保險桿與車身板件上，Toyota 與 GM 皆有試量產計畫。以 Toyota 研究之複合尼龍為例，加入 5%重量比之 of clay particles，即可提昇抗拉強度 40%、熱解溫度由 65°C 提高至 152°C、韌性更佳、熱膨漲率低、耐溶降低滲透性等優點。

系統整合是配合車輛電子控制等新技術發展，設計新的零組件取代過去機械控制元件，減少零組件數量與重量，例如 BOSCH 已將電子控制煞車組件 ABS(防鎖死)、TCS(防打滑)、EBD(煞車力分配)、BAS(煞車力輔助)等整合在同一系統內，重量並可從 1989 年第二代之 6.2kg 降低至 2001 年第八代之 1.5kg。

金屬工業發展中心歸納輕合金在汽車產業之應用項目如下表 11、表 12：

表11 鋁合金材料特性與應用項目

材料特性	使用材料	運用部位	應用零組件	
重量輕	A2/3/4/5/8/9A	車身	汽缸蓋	車體骨架
最豐富元素	AC2/4/8/9B	底盤	汽缸體	懸臂
需蝕性佳	AC4/8C	引擎系統	引擎體	連桿
高強度比	ADC1/3/6/10/12/14	傳動系統	軸承	引擎支架
易加工	1000 系		罩蓋	氣囊罐
可回收性	2000 系		活塞	ABS 零件
	3000 系		進氣歧管	椅座軌
	4000 系		保險桿	防撞桿
	5000 系		車門	輪圈
	6000 系		行李箱蓋	熱交換器
	鋁複合基材		儀錶板	煞車碟
				座椅架

表12 鎂合金材料特性與應用項目

材料特性	使用材料	運用部位	應用零組件	
重量輕	AM20	車身	變速箱外殼	汽缸蓋外殼
制震性強	AM50/60	底盤	橫樑	朝槽體蓋
高強度	AM60B	引擎系統	儀表板	煞車
易加工	AZ91B	傳動系統	方向盤	離合器踏板
豐富元素	AZ91D	內裝零件	轉向柱（耗架）	齒輪箱外殼
可回收性	AZ91HP		座椅架	側蓋零件
			車門內襯	門框
			進氣歧管	油盆

美國金屬市場報告統計汽車各種金屬使用量如下表，其中亦顯示自1977年至2001年間鋁合金應用有大幅增加之趨勢，工程塑膠亦有明顯成長。如表13：

表13 汽車各種金屬使用量統計表

	2001	2000	1999	1998	1987	1977
Regular Steel Sheet, Tube, Bar and Rod	1,349.0	1,373.0	1,399.0	1,408.5	1,459.0	1,995.0
High-and Medium-Strength Steel	351.5	339.0	328.0	3,190.0	228.0	125.0
Stainless Steel	54.5	53.0	50.5	49.0	32.0	26.0
Other Steel	25.5	22.5	25.0	33.5	55.5	56.0
Iron	345.0	352.5	358.5	364.0	460.0	540.0
Plastic and Plastic Composites	253.0	248.5	245.0	243.5	221.5	168.0
Aluminum	256.5	245.5	235.0	224.0	146.0	97.0
Copper and Brass	46.0	46.0	45.5	46.0	46.0	38.5
Power Metal Parts	37.5	36.0	34.5	33.0	19.5	15.5

Zinc Die Castings	11.0	11.5	12.0	13.5	18.0	38.0
Magnesium Castings	8.5	8.0	7.0	6.5	2.5	1.0
Fluids and Lubricants	196.0	198.0	194.0	197.5	183.0	200.0
Rubber	145.5	144.0	141.0	139.5	135.5	150.0
Glass	98.5	98.0	97.0	95.0	86.0	87.5
Other Materials	131.0	110.0	102.0	89.0	85.5	128.0
Grand Total	3,309.0	3,286.0	3,274.0	3,261.5	3,178.0	3,665.5

7. 柴油引擎

目前的柴油引擎因具有卓越的燃料消耗率、耐久性、低速扭力、可信度等特色，成為大型商業專用引擎的主流。另一方面，由於對於排放廢氣的淨化要求提高，能活用柴油引擎的特性，藉以改善燃燒來淨化 NO_x 與碳粒的大量排放至最佳狀態，此為目前技術發展方向。柴油引擎的排放廢氣淨化與燃料消耗低減兩項開發技術，目前仍以日美歐為中心在積極進行中。

日本為達到 2006 年排放廢氣標準，業者已發表不少的新開發或大幅變更的引擎作為卡車、大客車等重車的專用引擎(GVW ≤ 12t)。所有的自然進氣引擎均採用 EGR，其中也有由日產柴油所發表 cool EGR 的商用車，其為世界首次採 cool EGR 的商用車。增壓引擎也擴大採用高壓油軌(common rails)式的燃料噴射裝置，Mitsubishi 也開發有附 EGR 的引擎。

歐洲於 2000 年實施 Euro-III、預定 2005 年制定 Euro-IV 標準，美國則是預定在 1998 年標準之後制定 2004 年新標準。大型卡車專用引擎的電子控制單位噴射裝置或單位幫浦的採用幾乎已經普及，另外，日本大型商用車的已實用化，可變容量增壓機也已開始採用。

柴油引擎熱效率極高，於車輛領域使用之高速柴油引擎(HIDI.)效率優

於稀薄燃燒與直接噴射之汽油引擎，目前柴油引擎較先進國家為日本與西歐，尤其是西歐之柴油引擎轎車之市場由 1990 年之 14% 已大幅成長至 2001 年之 36%，VW 已開發出 3L/100km 之柴油 Lupo 小車，Audi 亦開發出每升輸出達 45kW 不遜於汽油引擎產品。過去柴油引擎有異味、振動噪音較高、性能較劣之印象由於西歐持續發展，目前已可裝置於 Benz 的 S 級車上，已有大幅改善。柴油引擎仍存在之劣勢為 NOx 排放較高、易有黑煙排放等缺點，目前對策技術發展趨勢之可參考表 14。

表14 柴油引擎技術發展趨勢

	目前技術	未來技術	NOx 排放	黑煙顆粒	振動噪音	輸出功率	省油性
燃燒系統	2 閥	4 閥	◎	◎		◎	◎
燃油供應	旋轉油泵	Common rail	◎	◎	◎	◎	◎
後處理	氧化觸媒	NOx 吸附觸媒	◎				
增壓系統	固定渦輪	電控可變渦輪	◎	◎		◎	◎
起動器(actuator)	氣壓	馬達	◎	◎			
引擎結構	鑄鐵缸體	全鋁合金				◎	

綜合以上的引擎，為適合於長期規定的主要技術概有電子控制式 EGR 系統、能夠降低 PM 以及伴隨 EGR 的空氣過剩率減低進而防止黑煙惡化的高壓噴射(特別是電子控制式高壓油軌式燃料噴射系統)，此主要技術可使得柴油引擎能同時達到排放廢氣淨化與燃料消耗低減之雙重要求。

在日本，適合長期標準的規定車已投入市場，並正著手開發適合短期規定車。具中間冷卻器的增壓引擎化、4 閥化、高壓噴射、多段噴射等技術將成為今後將對應更嚴格排放廢氣標準與燃料消耗低減的主要技術，而此些技術也正積極地被研究開發。此外，也有下一代柴油

燃燒的預混合壓縮點火之研究被發表。

8. 汽油引擎

汽油引擎使用量大，開發時間最長，因此相關之技術發展亦最顯著，各車廠皆有其專精發展項目，各技術節能效果由國際知名顧問公司 AVL 與 Lotus 之評估結果請參考下圖 7。

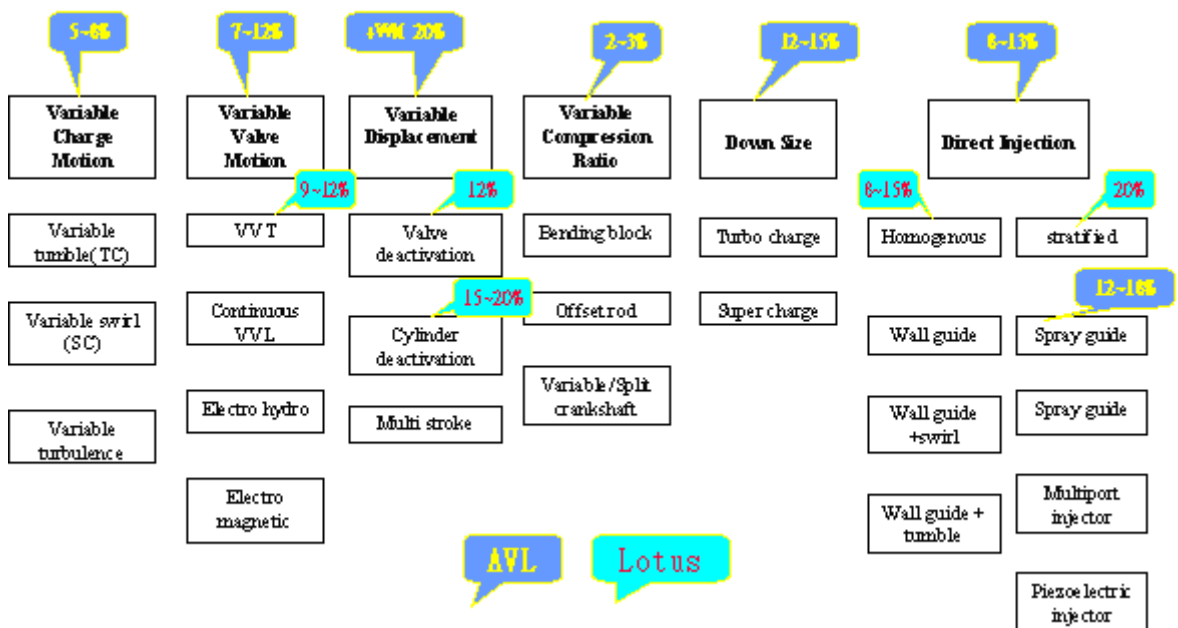


圖7 汽油引擎節能科技項目與效果評估

9. 傳動效率

汽車傳動效率提昇，主要技術發展項目為：

- 多檔位化：多檔位可提供應用引擎運轉效率最佳化區域，改善車輛運動性能等優點，主要技術在於相同空間下塞入較多檔位，需要較佳之齒輪材料，目前手排六檔、自排五檔使用已日趨普遍，ZF 並已為 BMW 提供世界第一款自排六檔變速箱。
- CVT 化：CVT 能提供連續的變速比，有手排般的高效率，卻無換檔位時的頓挫。目前歐洲與日本低扭力引擎使用 CVT 引擎越來越普遍，過去可靠度不佳之拉力鋼帶、電磁離合器等已被推力鋼帶 (VDT)、鋼鍊、摩擦盤(toroidal)與傳統扭力轉換器所克服。目前量產

CVT 最大扭力可達 300Nm，變速比 5.8，裝置於 Audi A6 車型上，EPA 市區行車型態與較 AT 變速箱車型改善 2mpg (17mpg->19mpg)。

- 電子控制化：電子控制變速箱與 drive by wire 引擎配合，可以更正確選擇檔位。手排變速箱亦可藉由了電子控制之換檔機構與離合器，成爲自動手排變速箱(AMT)，可改善部份交通較擁塞國家手排推廣不易缺點，此點對於未來高性能柴油引擎，由於傳遞扭力較大、齒輪比高、對油耗要求更高以及汙染排放等因素，並不適合配合自排變速箱時更顯著。

比較最近發展自排變速箱、無段變速箱、無段變速箱之性能與成本效益比較列表如下表 15：

表 15 自排變速箱、無段變速箱、無段變速箱之性能與成本效益比較

項目		AT (自排變速箱)	CVT (無段變速箱)	AMT (手自排變速箱)
性能	駕駛性	佳	特佳	中
	可靠度	佳	中	佳
	輸入扭力容量	大	小(市面產品只到 250N.m)	大
	傳動效率	85%	90%	92%以上
開發技術 困難度	機械結構	高	中高(但不適合後輪傳動)	中
	油壓系統	高	中高	中
	控制系統	中高	高	高
產品進入市場時間		1930 年代	1980 年代	1990 年代
成本(以 AT 爲 1)		1	1	0.75 以下

10. 其他節能技術發展

除上述低耗能技術外，其他不易歸納但仍爲汽車公司極力發展之車輛節能相關技術尚包括：

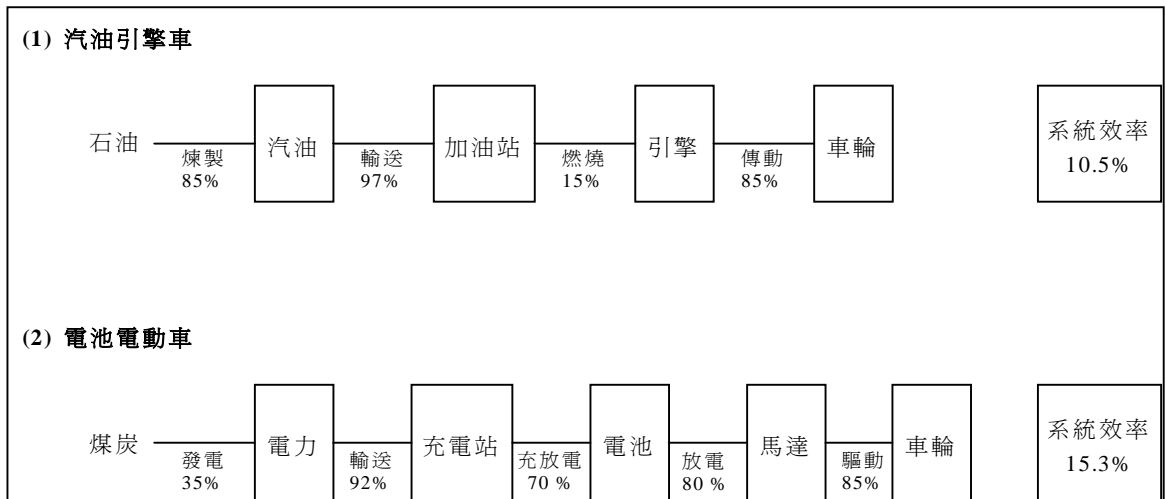
- 42V 系統應用：提供混合動力與電動車充足電動動力。
- 無副件皮帶引擎：電子控制馬達驅動動力方向油泵(EPS)、壓縮機(EAC)，發電機與起動馬達整合至飛輪(ISG)。
- 先進引擎電子應用：包括電子控制馬達驅動水泵節流閥、電磁閥 EMV (Electric Mechanical Valve)、Drive by Wire、Brake by Wire 等。
- 車身隔熱材料應用：藉由減少戶外傳入座艙內溫度，以降低車輛空調系統作動所需耗用之能源，如 Toyota Prius 車型設計即已採用渦

熱性高材質於車身，包含車窗玻璃車頂與車底板，阻絕 30% 進入車廂內熱氣，節省使用空調之能源。

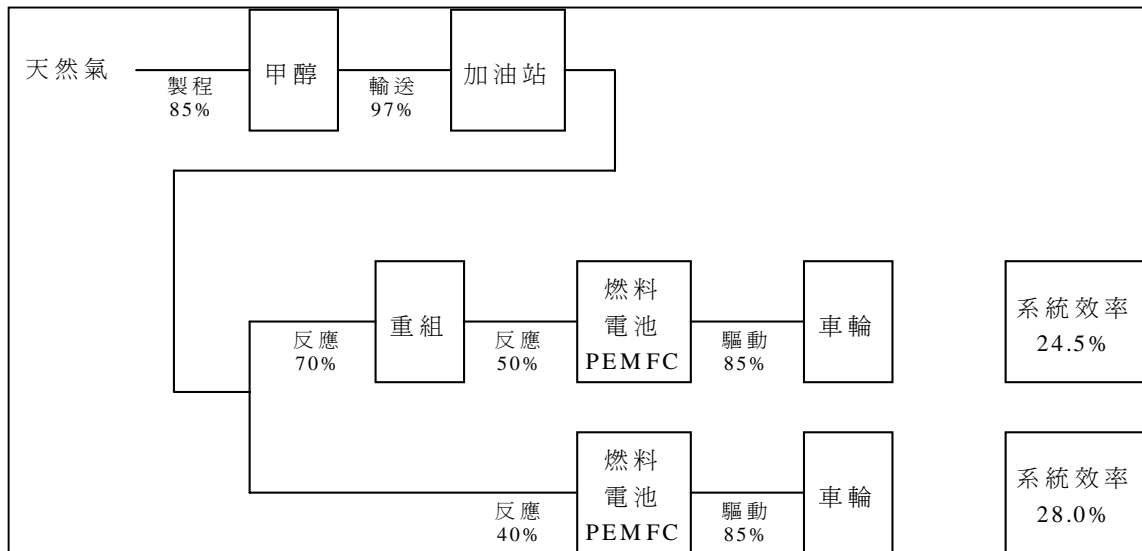
11. 汽油引擎車與電池電動車的系統效率綜合分析比較

若以從燃料供應至驅動車輛輪胎止計算整體車輛之能源使用效率，車輛之系統效率比較依高低順序為燃料電池、電池電動與汽油引擎車輛。如圖 8

◇ 電池電動與汽油引擎車輛



◇ 甲醇燃料電池電動車的系統效率分析



◇ 氫能動力車的系統效率分析

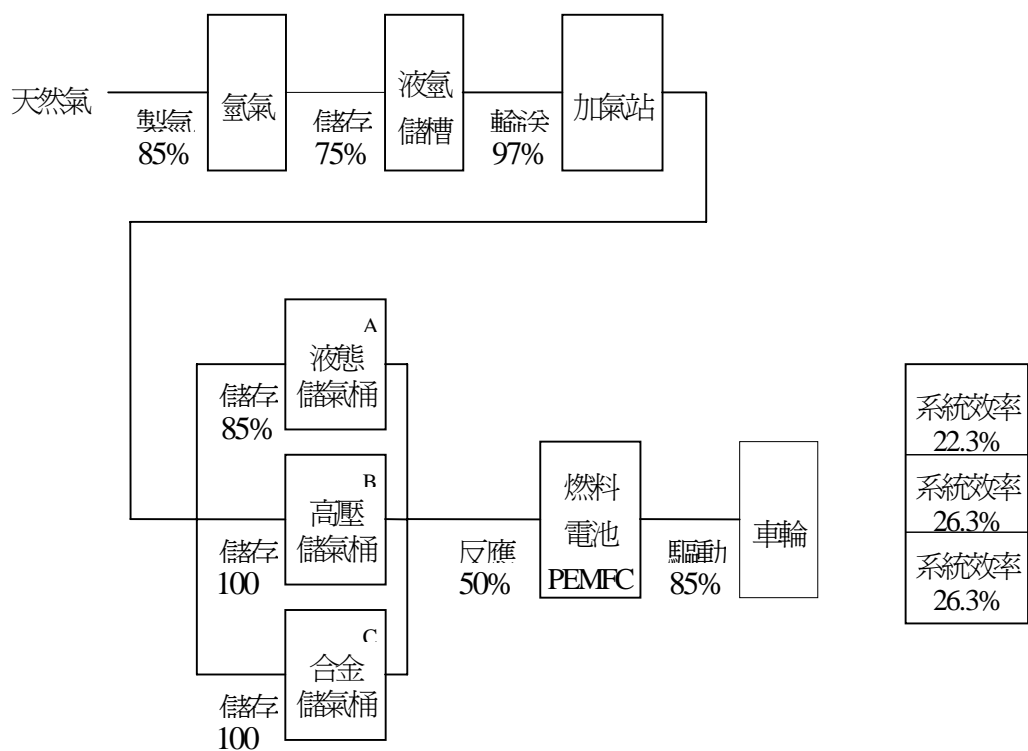


圖8 系統效率綜合分析比較

註：各子系統能源轉換效率隨採用不同系統格有差異，上圖所列之效率唯一般公稱值。
各種燃料車型的構造、性能與成本比較，如表 16

表16 各種燃料車型的構造、性能與成本比較

比較因素		汽油引擎車	電池* 電動車	氫能引擎車	氫能燃料電池電動車	甲醇燃料電池電動車 (PEMFC)	甲醇燃料電池電動車 (DMFC)
燃料儲存	體積/重量	小	大	大	大	中	中
	成本	低	高	中	中	低	低
動力系統	體積/重量	小	—	小	大	大	大
	成本	低	—	低	高	高	高
污染排放	CO	✓	X	X	X	少許	X
	CH	✓	X	少許	X	少許	X
	Nox	✓	X	✓	X	少許	X
	CO ₂	✓	X	X	X	X	X
燃料系統效率		低	中	低	高	高	高
技術成熟度		高	高	高	中	中	低
生產成本		低	高	中	高	高	高

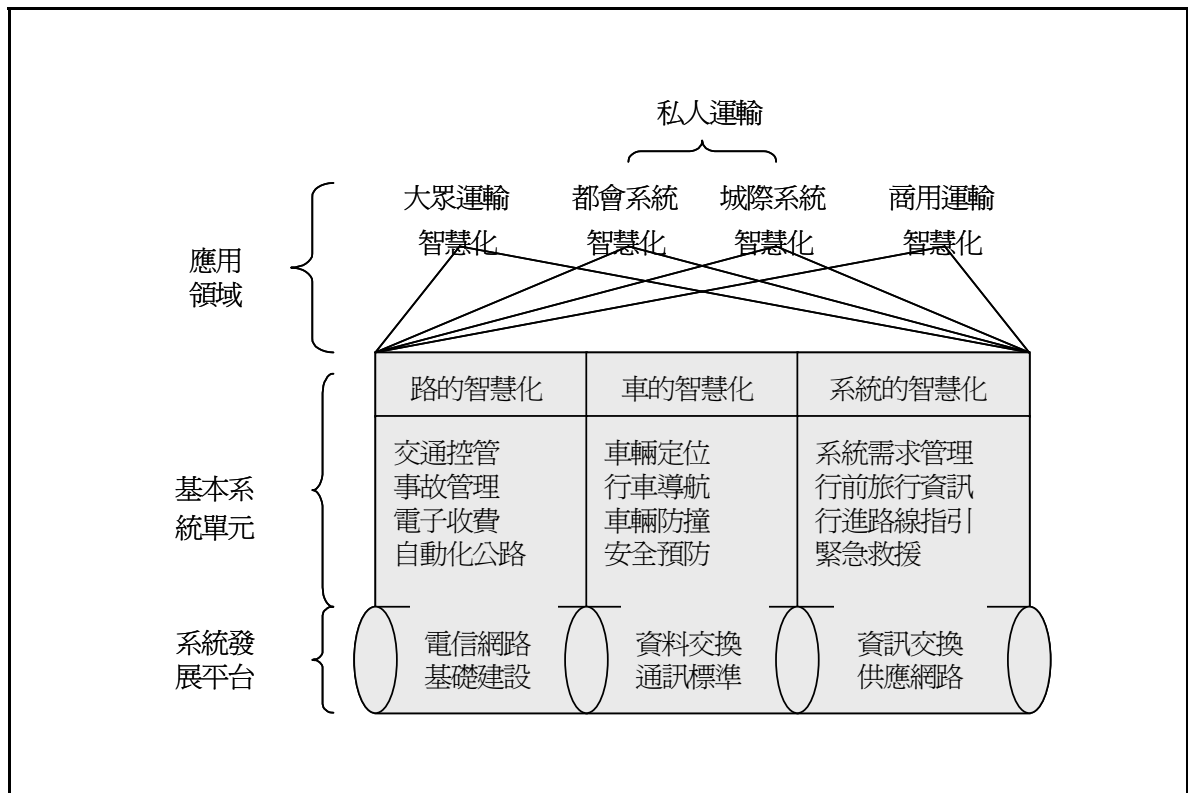
二、智慧型運輸系統

智慧型運輸系統(ITS - Intelligent Transportation System)係針對不同的車、路、使用人特性，分別採用最適當的資訊、通信、偵測、自動控制與管理等系統，以強化及改善原有運輸功能的整合型運輸系統。

1. 智慧型運輸系統內涵

智慧型運輸系統內涵包括基本系統單元、應用領域與系統發展平台三個層次整體系統概念架構如圖 9：

圖 9 ITS 概念圖



資料來源：台灣地區發展智慧型運輸系統網要計畫；工研院經資中心 ITIS 計畫(2001/11)

(1) 基本系統單元

智慧型運輸系統基本上包括路的智慧化、車的智慧化以及系統的智慧化等三個基本單元，各單元之內涵如下圖 10 所示。

圖 10 ITS 之基本單元及內涵

基本單元	單元內涵
路的智慧化	自動化交通偵測與控制管理、自動化交通事故管理、電子自動收費、公路自動導航等系統
車的智慧化	車輛定位、行車導引、車輛防撞、車禍安全預防等系統
系統的智慧化	運輸系統需求管理、用路人行前旅行資訊、行進中路線指引與緊急救援管理等系統

資料來源：台灣地區發展智慧型運輸系統綱要計畫；工研院經資中心 ITIS 計畫(2001/11)

(2) 應用領域

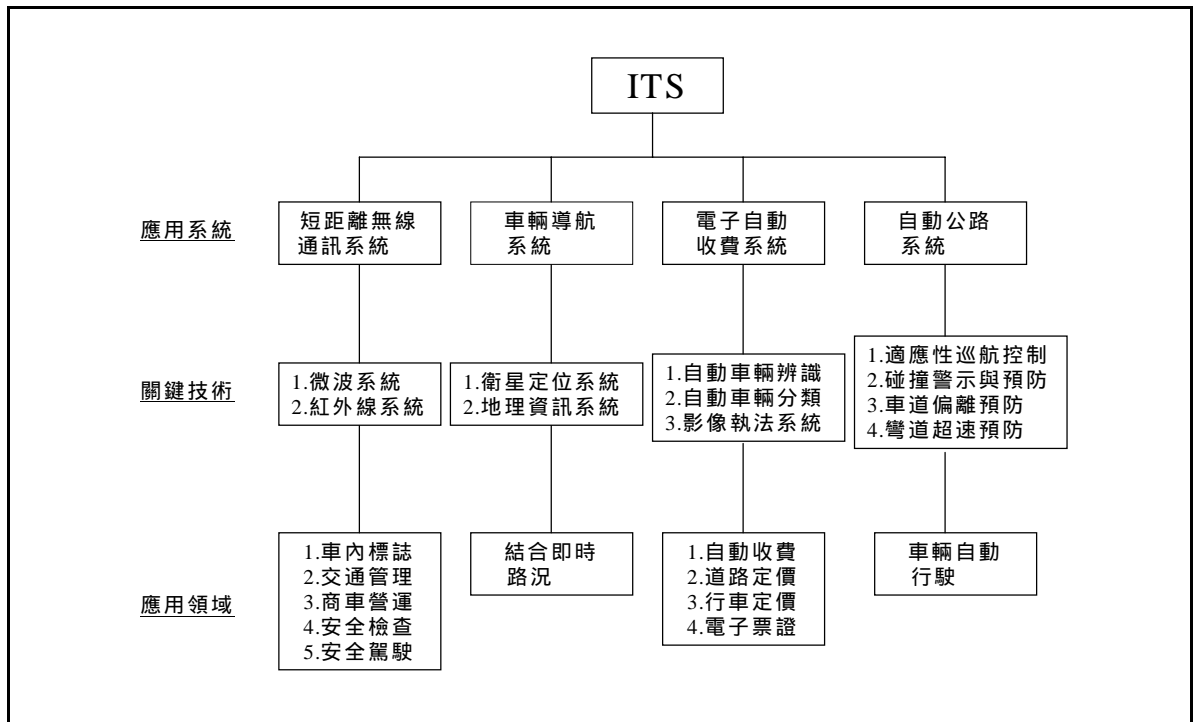
智慧型運輸系統(ITS)最初發展以都會區街道、城際公路上的私人運輸系統為主，後期涵蓋範圍擴及大眾運輸系統與商用運輸系統。城際、都會、大眾與商用運輸等四大應用領域，雖然都有各自的車、路與系統三方面的智慧化單元，但這些單元所應用的技術皆有很高的重疊性。

(3) 系統發展平台

智慧型運輸系統(ITS)，其系統發展平台必須考量電信網路基本建設、通訊介面的規格與標準以及資訊傳遞網路三個要件。

在智慧型運輸系統(ITS)應用系統中，短距離無線通訊系統扮演與各系統間溝通的橋樑，為智慧型運輸系統(ITS)最基本且重要的系統之一；衛星導航系統是實現智慧型運輸系統(ITS)四大目標，同時也是商業化最為成功的系統；電子收費系統可有效降低高速(快速)公路收費站造成之交通擁塞，並可減少車輛能源的損耗以及空氣污染等問題，具有改善運輸效率與降低環境污染的功能，為各國政府積極發展的智慧型運輸系統(ITS)；自動公路系統為智慧型運輸系統(ITS)各項系統最為先

進者，透過自動公路系統車輛可自動行駛，排除人為因素造成之交通事故與傷害。



資料來源：工研院經資中心 ITIS 計畫(2001/11)

圖10 ITS 應用系統與關鍵技術關聯圖

根據交通部運輸研究所於 1999 年 9 月完成之台灣地區發展智慧型運輸系統綱要計畫，將我國 ITS 發展領域歸納為先進旅行者資訊系統、先進大眾運輸系統、先進交通管理系統、緊急事故處理系統、電子收費系統、商車營運系統與先進交通與控制系統等 7 個領域，共 21 項使用者服務單元。

表17 台灣 ITS 發展領域

發展領域	使用者服務單元	發展領域	使用者服務單元
先進旅行資訊系統	路徑導引 旅客服務資訊 旅行中駕駛資訊 行前旅行資訊 停車資訊	緊急事故處理系統	緊急事故通告
			個人求救支援系統
			緊急救援車輛管理
			公共求救支援系統
		電子收費系統	電子收(付)費
先進大眾運輸	行程中大眾運輸資	商車營運系統	危險物品事故反應

輸系統	訊 大眾運輸營運管理		自動化路邊安全檢驗
先進交通管 理系統	交通控制 交通管理/號誌控制 事件(故)管理 天候/路況自動偵測	先進車輛控制 及安全系統	安全準備 車禍前安全防護設施 行車危險警示

資料來源：台灣地區發展智慧型運輸系統綱要計畫；工研院經資中心 ITIS 計畫(2001/11)

2. 路的智慧化

目前國際一般智慧型運輸系統在「路的智慧化」方面推行的起點包括高速公路時路況系統、高速公路交通控制系統、電子收費系統(ETC-Electric Toll Station)、公車動態資訊系統等與民眾生活息息相關的車輛動態資訊系統、藉由提供即時之道路行車資訊以便利汽車順利行駛減少沒有效率之油耗。

美國、歐洲與日本在 ITS 的發展成果上不分軒輊(表 18)，美國早在 1990 年即在 20 個城市設立高速公路監視與控制系統，並在全國廣設 200 個電腦控制交通號誌系統，ETC 也已運作 10 餘年，商業運輸車輛也早已裝置 GPS；歐洲地區則已廣設交通信號控制系統、ETC 與大眾運輸即時資訊系統；日本在交通號誌系統與 ETC 也多有建樹，不過日本在車輛導航系統的進展卻獨占鰲頭。根據 Display Search 之資料顯示，2001 年全球車輛導航系統共銷售 363.5 萬台，較 2000 年成長 27%，其中日本共銷售 209 萬台，佔全球比重 57.5%，不過至 2002 年起，日本車輛導航系統之全球佔有率將降至 50% 以下。

表18 美歐日與台灣 ITS 發展領域

國家	美國	歐洲	日本	台灣
----	----	----	----	----

<p>發展領域與使用者服務單元</p>	<p>1.旅行與運輸管理 (1)行旅中駕駛資訊 (2)路線導引 (3)旅行服務資訊 (4)交通控制 (5)事件管理 (6)廢氣監測與改善 (7)鐵路平交道</p> <p>2.旅行需求管理 (1)需求管理與運作 (2)行前旅行資訊 (3)共乘配對及事前訂位</p> <p>3.大眾運輸營運 (1)大眾運輸管理 (2)行程中大眾運輸資訊 (3)個人化大眾運輸 (4)大眾運輸旅行保全</p> <p>4.電子付費 (1)電子付費服務</p> <p>5.商業車輛營運 (1)商業車輛電子通關 (2)自動化路旁安全檢查 (3)車上安全監視 (4)商業車輛管理程序 (5)危險物品事故反應 (6)貨物運送機動性</p> <p>6.緊急救援管理 (1)緊急事故通告及個人保全 (2)緊急救援車輛管理</p>	<p>1.交通管理 (1)污染監測 (2)環境狀況 (3)道路狀況監測 (4)交通監測 (5)交通事故偵測 (6)交通管理 (7)交通控制 (8)都會區交通控制 (9)大眾運輸管理 (10)緊急救援服務 (11)停車管理 (12)基礎資訊</p> <p>2.行前資訊 (1)乘客資訊 (2)交通資訊 (3)動態路徑導引 (4)車輛導航</p> <p>3.行旅中資訊 (1)旅行資訊 (2)行前資訊</p> <p>4.車輛控制 (1)道路監測 (2)碰撞預防 (3)自動車輛控制 (4)合作式駕車 (5)智慧化道路</p> <p>5.貨物與車隊管理 (1)貨物及車隊管理</p> <p>6.自動收費 (1)自動收費</p>	<p>1.導航系統 (1)提供路徑導引所需之交通資訊 (2)提供目的地相關資訊</p> <p>2.電子式自動收費系統 (1)電子式自動收費</p> <p>3.支援安全駕車 (1)提供駕車及道路狀況資訊 (2)危險狀況警告 (3)駕車支援 (4)自動公路系統</p> <p>4.交通管理最佳化 (1)交通流最佳化 (2)提供事件發生時相關交通管制資訊</p> <p>5.提昇道路管理效率 (1)改善道路維護運作效率 (2)特殊核准之商用車輛管理 (3)提供道路危險資訊</p> <p>6.支援大眾運輸 (1)提供大眾運輸資訊 (2)大眾運輸運作支援</p> <p>7.提昇商用車輛營運效率 (1)商用車輛營運支援 (2)商用車輛自動車隊運轉</p> <p>8.支援行人 (1)行人路徑導引 (2)預防人車間之事故</p> <p>9.支援緊急救援車輛運作 (1)緊急事件自動通告 (2)緊急救援車輛路徑導引及支援救援活動</p>	<p>1.先進旅行資訊系統 (1)路徑導引 (2)旅行服務資訊 (3)旅行中駕駛資訊 (4)行前旅行資訊 (5)停車資訊</p> <p>2.先進大眾運輸系統 (1)行程中大眾運輸資訊 (2)大眾運輸營運管理</p> <p>3.先進交通/管理系統 (1)交通控制 (2)交通管理/號誌控制 (3)事件(故)管理 (4)天候/路況自動偵測</p> <p>4.緊急事故處理系統 (1)緊急事故通告 (2)個人求救支援系統 (3)緊急救援車輛管理 (4)公共求助支援系統</p> <p>5.電子收費系統 (1)電子收費</p> <p>6.商車營運系統 (1)危險物品事故反應 (2)自動化路邊安全檢查</p> <p>7.先進車輛及安全控制系統 (1)安全準備 (2)車禍前安全防護措施 (3)行車危險警示</p>
---------------------	---	---	--	---

	7.先進車輛控制與安全系統 (1)縱向碰撞預防 (2)橫向碰撞預防 (3)路口碰撞預防 (4)預防車禍的視線提昇 (5)安全準備 (6)車禍前安全防護設施的保護 (7)自動公路系統	Route guidance Crash avoidance		
--	---	-----------------------------------	--	--

資料來源：工研院經資中心 ITIS 計畫(2001/10)

3. 車的智慧化

ITS 在車輛端的節能技術與產品即是路況與車況之收發器，主要包含利用電腦及無線通訊科技將交通資訊在不影響駕駛者注意力的方式有效的提示或與駕駛者溝通，輸入系統多為按鍵、觸控面板或語音輸入介面；輸出系統則為中尺寸面板、語音輸出或投影在擋風玻璃的抬頭顯示等。在設計上，駕駛安全、車輛防竊、駕駛之簡易性與舒適性為主要考量。此汽車、使用者及外部來源間的通信、資訊與其它內容的無線交換或傳遞之收發器目前國際上即是指 Telematics；同時此收發器亦用以提供適時的、個人化的、位置化的資訊服務，例如安全、保全、維修、導航、資訊及娛樂等等。Telematics 一字源自於 Telecommunication（通訊）與 informatics（資訊學），其可視為通訊科技與資訊科技（包括網際網路）的結合，最普遍的意義是在汽車上，經由通訊網路所提供的資訊服務。

Telematics 市場預測

近一、兩年以來，汽車業界或相關研究機構皆對 Telematics 的前景懷抱著無比的樂觀。以 IDC(表 19)與 McKinsey(表 20)兩家研究機構為例，這兩家皆針對 Telematics 整體市場進行預估，從硬體製造與軟體設計，

到內容整合與服務提供等皆涵蓋在其市場範疇。根據 IDC 的預估，2010 年全球 Telematics 市場值將達 420 億美元，而 McKinsey 則認為，在消費者普遍接受、沒有其他法規限制與各項應用成熟的理想情況下，全球市場總值將高達 1000 億美元。

而根據 Telematics Research Group 的最新研究，Telematics 正在初期階段且已開始進入巨幅成長循環。現今每年具備 Telematics 功能的新車產量只佔汽車總產量的 5%，到 2006 年時，具備 Telematics 功能的新車產量佔汽車總產量的比值將會成長到 33%。在接下來的二、三十年中，當現有的使用汽車被淘汰時，具備 Telematics 功能的汽車數量將會非常龐大。目前全球車廠每年有五千五百萬台以上的汽車產量，全球超過七億台的汽車使用量，平均每年約二千五百萬台的成長率來看，幾年內汽車年總產量便會突破六千萬台。

表 19 全球 Telematics 市場總值預測

	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
全 球 Telematics	---	---	---	----	---	---	---	---	420 億美元

資料來源： IDC

表 20 全球 Telematics 市場總值預測

	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
全 球 Telematics	---	---	---	----	---	---	---	---	1000 億美元

(上表為：在消費者普遍接受、沒有其他法規限制與各項應用成熟的理想情況下，全球市場總值將高達 1000 億美元。)

資料來源： McKinsey

而由技術的趨勢來看，車輛資訊與通訊受到幾項技術趨勢所趨動。

- (1) 第一項趨勢是改善連續駕駛的安全及防護，其包括車禍資料記錄器到防止碰撞系統的範圍，這也是目前車輛電子應用的主要原因。

- (2) 第二項趨勢為以電子系統取代機械系統，即所謂的電控駕駛 (drive-by-wire)，當機械系統變成電子系統，車輛資訊與通訊功能將會擴展。
- (3) 第三項趨勢是無線通訊的趨勢，透過更高速的 3G 無線通訊與短距無線通訊的趨勢，透過車輛資訊與通訊設備取得資訊將更為容易，而內容也將更多元化。
- (4) 第四項趨勢是電力需求增加的趨勢，車內電子設備的增加使得所需電力隨之增加，因此 42V 電壓的趨勢，將可改善電力需求的問題。
- (5) 第五項是車況偵測需求的趨勢，美國與歐洲都在進行車況偵測需求的立法，車輛資訊與通訊可以將車況偵測得的資訊提供給環保署，判斷油耗污染是否符合法規。

由市場趨勢與技術趨勢來看，不同研究機構的預測值或許各有所異，然而其對車輛資訊與通訊的市場趨勢，卻是一致看好的。

依據 World Road Association (PIARC)在 ITS 領域車輛與運輸環境相關之技術歸納如下表 21：

表 21 Enabling Technologies (adapted from 【STOA 1996】)

ITS Enabling Technologies	Infrastructure Side	Vehicle Side
Data acquisition	Traffic detectors	AVI
	Weather monitors	Weigh-in-motion
Data processing	Data fusion	GPS
	AID	Digital map
Data communications	Stationary communications	Mobile Communications
	Fiber optics	DSRC
Information distribution	VMS	HAR
	Internet	RDS/TMC
Information utilization	Ramp metering	
	UTC	

AID=automatic incident detection
AVI=automatic vehicle identification
DSRC=dedicated short-range communications
GPS=global positioning system
HAR=highway advisory radio
RDS/TMC=radio data system/traffic message channel
UTC=urban traffic control
VMS=variable message sign

第三章、國際車輛耗能數據統計與分析

調查歐美日國家汽車認證之耗能數據亦可提供國際目前發展之各項汽車低耗能技術與分析出其數量化效益，本研究蒐集之全球各汽車公司推出之最新車型發表耗能資料來源包含：(1) 美國能源部 Fuel Economy Guide Model Year 2002 (2) 美國 American Council for an Energy-Efficient Economy 2002 Greenest Vehicles (3) 日本 2002 國土交通省自動車交通局發布之自動車燃費一覽表 (4) 德國聯邦交通局(KBA) Fuel Consumption and Emission Type Approval Figures for Motor Vehicle with National or CEC Complete Vehicle Type Approval 三項資料庫，由上述資料庫數據經分析結果摘要說明如下：

一、美國節能車輛統計

美國 American Council for an Energy-Efficient Economy 機構調查 2002 年於美國銷售之汽車耗能與污染排放特性評選出各種最清潔車型(Green Car)如下表 22：

表 22 2002 年美國銷售之最清潔車型

The Greenest Vehicles of 2002					
Make & Model	Specifications	Emission Standard	MPG: City	MPG: Hwy	Green Score
HONDA INSIGHT	1.0L 3, auto CVT ^a	SULEV	57	56	57
HONDA CIVIC GX	1.7L 4, auto CVT [CNG] ^b	SULEV*	30	34	52
TOYOTA RAV4 EV	Electric ^c	ZEV*	3.7	2.9	52
TOYOTA PRIUS	1.5L 4, auto CVT	SULEV	52	45	51
HONDA CIVIC HX	1.7L 4, manual ^d	ULEV*	36	44	42
TOYOTA ECHO	1.5L 4, manual ^d	LEV*	34	41	41
NISSAN SENTRA CA	1.8L 4, auto	SULEV	27	33	40
HONDA CIVIC	1.7L 4, manual ^d	ULEV*	33	39	40
MITSUBISHI	1.5L 4, manual	LEV*	32	39	39

MIRAGE					
TOYOTA COROLLA	1.8L 4, manual	LEV*	32	41	39
CHEVROLET PRIZM	1.8L 4, manual d	LEV*	32	41	39
SATURN SL	1.9L 4, manual	LEV*	29	40	38

^a The manual transmission version of this model scores nearly as well.

^b Compressed natural gas (CNG) vehicle fuel economy given in gasoline-equivalent miles per gallon.

^c Electric vehicle fuel economy given in miles per kilowatt-hour.

^d Automatic transmission versions of these models score nearly as well.

* California-certified vehicle available nationwide

美國能源部 Fuel Economy Guide Model Year 2002 亦有調查 2002 年於美國銷售之汽車耗能並評選出各種最節能車型如下表 23：

表23 2002 年美國銷售之最節能車型

MOST EFFICIENT OVERALL		MPG	
		City	Hwy
Honda Insight	HONDA INSIGHT	61	68
Most Efficient Two Seaters			
Honda Insight	Honda Insight 3 cyl, 1 L, Manual	61	68
	Honda Insight 3 cyl, 1 L, Automatic	57	56
Most Efficient Minicompact Cars			
MINI Cooper	MINI Cooper 4 cyl, 1.6 L, Manual(5), Premium	28	37
	MINI Cooper 4 cyl, 1.6 L, Auto(variable), Premium	25	32
Most Efficient Subcompact Cars			
Volkswagen New Beetle	VW New Beetle (Diesel) 4 cyl, 1.9 L, Manual(5)	42	49
	VW New Beetle (Diesel) 4 cyl, 1.9 L, Automatic(5)	34	44
Most Efficient Compact Cars			
Toyota Prius	Toyota Prius 4 cyl, 1.5 L, Automatic(Variable), Regular	52	45

Honda Civic Hybrid	Honda Civic Hybrid	46	51
	4 cyl, 1.3 L, Manual(5), Regular		
Most Efficient Midsize Cars			
Honda Accord	Honda Accord	26	34
	4 cyl, 2.4 L, Manual(5), Regular		
	Honda Accord	24	33
	4 cyl, 2.4 L, Automatic(5), Regular		
Most Efficient Large Cars			
Chevrolet Impala	Chevrolet Impala	21	32
	6 cyl, 3.4 L, Automatic(4), Regular		
Most Efficient Small Station Wagons			
Volkswagen Jetta Wagon	Volkswagen Jetta Wagon (Diesel)	42	50
	4 cyl, 1.9 L, Manual(5)		
	Volkswagen Jetta Wagon (Diesel)	34	45
	4 cyl, 1.9 L, Automatic(4)		
Most Efficient Midsize Station Wagons			
Ford Focus Station Wagon	Ford Focus Station Wagon	27	36
	4 cyl, 2 L, Manual(5), Regular		
	Ford Focus Station Wagon	27	33
	4 cyl, 2 L, Automatic(4), Regular		

二、日本汽車油耗測試數據結果分析

1. 數據來源

數據來源：日本 2002 國土交通省自動車交通局發布之自動車燃費一覽表

油耗測試方法：日本 10-15 mode。

數據分類參數：

車種畫分：CAR、RV、VAN。

引擎畫分：柴油(Diesel)、汽油(Petro)。

排檔形式畫分：手排(MT)、自排(AT)、無段變速(CVT)。

數據個數：1804。

2. 分析結果

(1) 總分佈狀況特性

表 24 為統計轎車 RV 車與廂列車之類車種統計其油耗平均值與變異之結果。大致而言油耗以轎車較佳而 RV 車最差，其中又可發現轎車(CAR)與 RV 車之油耗分佈與車重分佈類似，箱型車(VAN)之分佈顯示車重分佈較重而油耗較低

表24 日本分車種油耗分佈統計結果

L/100km	Total	CAR	RV	VAN
平均數	8.06	9.10	5.57	6.97
中間值	7.35	8.77	5.62	6.58
眾數	7.69	7.69	5.95	6.41
標準差	2.65	2.64	0.71	1.49
峰度	0.38	0.03	0.23	1.42
偏態	0.90	0.56	-0.38	1.21
最小值	2.86	2.86	3.33	4.17
最大值	18.18	18.18	7.25	12.05
數據個數	1804	1152	348	304

(2) 各分項特性

引擎形式對油耗的影響：分析柴油(Diesel)引擎與汽油(Petro)引擎對油耗影響，結果如下表 25，兩者平均值 8.34 與 8.04 差異不大，但變異數(標準差的平方)不小，以及柴油數據量 147 遠低於汽油 1657 兩點，因此同組內其他因素例如排檔方式或是車重等對油耗影響會超過引擎形式之影響，無法由目前數據斷言柴油引擎較汽油引擎節省油耗。但若以圖 12 將車重影響考慮後，相同車重條件下，柴油引擎仍顯示較汽油引擎有較低之油耗。

表25 日本燃料種類對油耗影響變異數分析結果

組	個數	總和	平均 (L/100km)	變異數
Diesel	147	1226	8.34	3.05
Petro	1657	13315	8.04	7.34

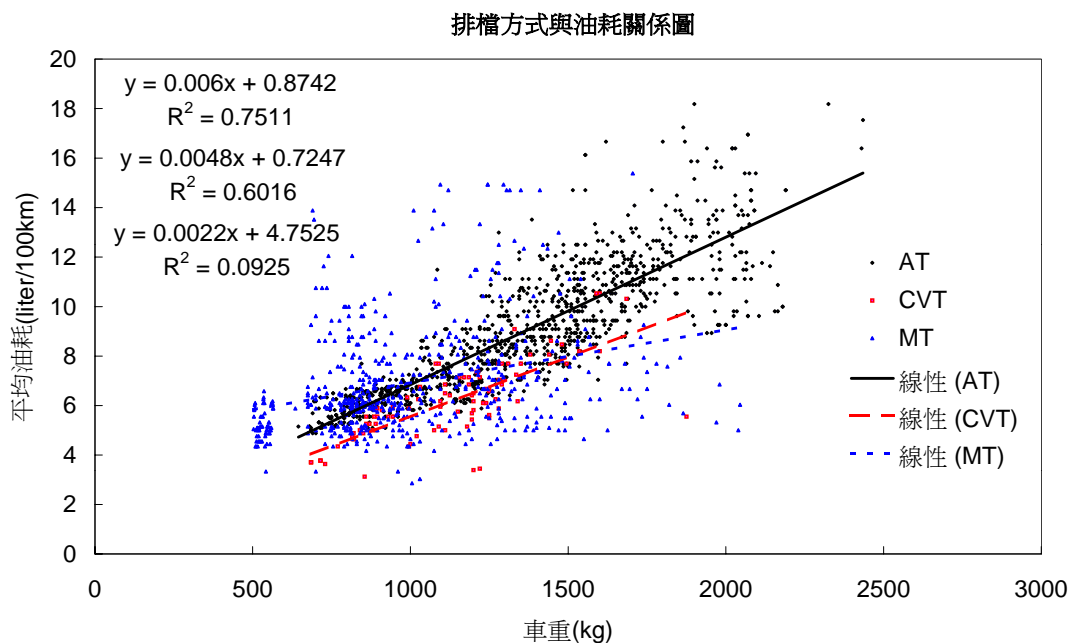


圖11 引擎燃料對油耗的影響

變速箱形式對性對油耗的影響，如表 26：排檔方式中以 CVT 最省油與 MT 接近而 AT 最耗油，CVT 與 MT 間差異仍為顯著，CVT 之油耗仍低於 MT。考慮車重影響如圖 13，AT 與 CVT 油耗對車重相關性達較佳，MT 車車重則對油耗影響並不顯著。目前原因尚未明朗，研判有可能是因為日本使用車輛習慣與臺灣相近，自排較為普遍，手排則偏向性能車輛使用，相同車重下馬力輸出較大之故，但由於原始資料未附引擎輸出馬力數據，無法進一步確認。

表26 日本排檔方式對油耗影響變異數分析結果

組	個數	總和	平均(L/100km)	變異數
MT	565	3901	6.90	4.90
AT	1141	10046	8.80	6.88
CVT	98	594	6.06	2.41

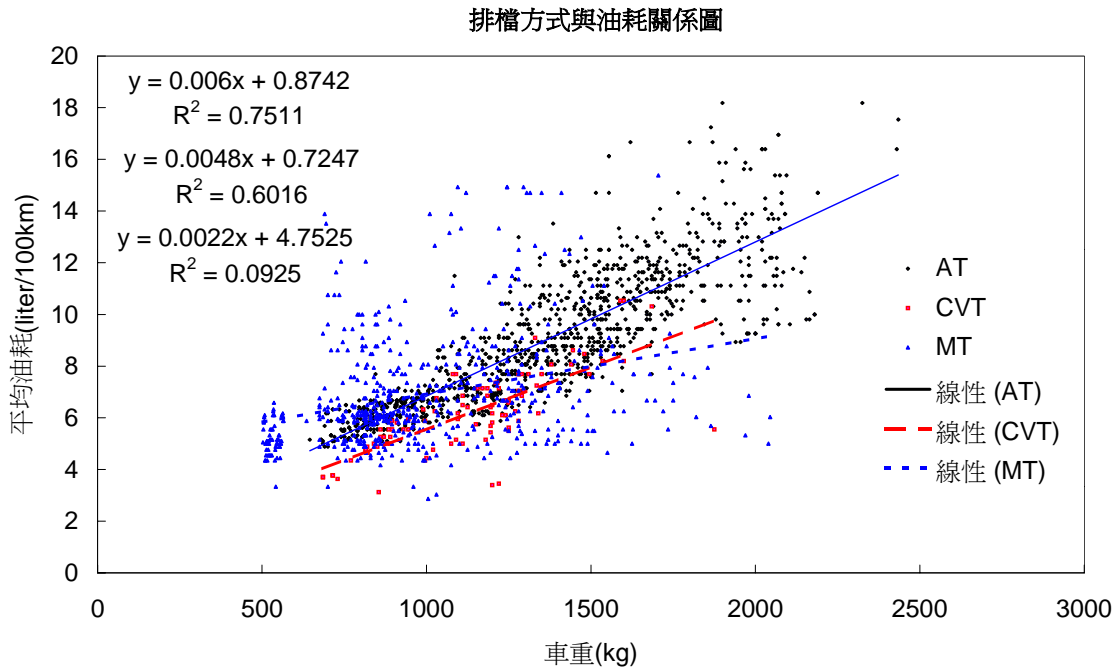


圖12 變速箱形式對油耗之影響

車重影響：如前所述車重是影響油耗之顯著因素，如圖 14 不區分車種、燃料與排檔下車重與油耗相關係數仍能達到 $R^2=0.74$ 之中高度相關。每增加 100kg 車重約增加 0.62L/100km 之油耗。

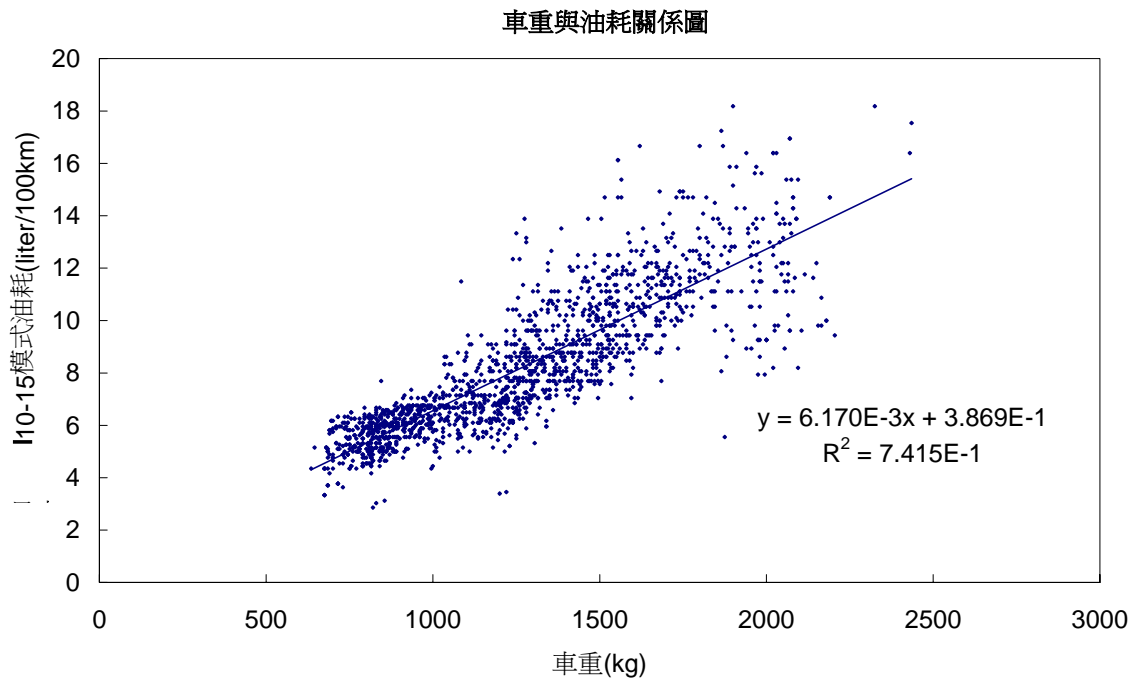


圖13 車輛重量與油耗關係圖

統計總表：表 27 為統計計算數據結果。

表27 日本油耗區分燃料或排檔方式統計結果

分類法	容積	車重	燃料		變速箱		
			柴油	汽油	CVT	MT	AT
統計量	c.c.	kg					
平均數	1768	1244	8.34	8.04	6.06	6.90	8.80
中間值	1789	1230	8.06	7.14	5.88	6.25	8.47
眾數	658	820	8.06	6.67	7.69	5.00	7.69
標準差	954	369	1.75	2.71	1.55	2.21	2.62
峰度	0	-1	-0.59	0.34	0.45	2.61	0.07
偏態	1	0	0.38	0.92	0.56	1.55	0.73
最小值	598	635	5.00	2.86	3.13	2.86	4.88
最大值	5785	2435	12.20	18.18	10.53	15.38	18.18
數據個數	1804	1804	147	1657	98	565	1141

三、歐洲汽車油耗測試數據結果分析

1. 數據來源

數據來源：Kraftfahrt-Bundesamt (KBA Federal Motor Transport Authority)

油耗測試方法：歐洲 EC 高速與低速之平均油耗。

數據分類參數：

引擎畫分：柴油(Diesel)、汽油(Otto)、替代燃料(Otto+CNG...)。

排檔形式畫分：手排(M)、自排(A)、手自排(AMT)。

車重等級(kg)：800、910、1020、1130、1250、1360、1470、1590、1700、1810、1930、2040、2150、2270。

數據個數：5098。

2. 分析結果

各分項特性

引擎形式對油耗的影響：分析柴油(Diesel)、汽油(Otto)以及 Otto+CNG 等替代燃料引擎(G)對油耗影響，結果如下表 28，引擎形式差異對油耗量影響顯著，各引擎中以柴油較省油，替代燃料部份由於數據數目遠低於汽油與柴油，且其燃料每 kg 之代表之熱值還會受到燃燒種類影響，因此爾後分析將不再針對替代燃料數據進行分析。

車重影響：由於歐洲車重是以法規等級數據區分，為非連續形資料型態，因此適合以變異數分析處理，分析結果如下表 29，與圖 15 顯示相同，隨著車重增加油耗穩定上升。考慮車重影響如圖 15，由圖 15 可明顯看出各個不同車重級距下皆顯示汽油與柴油引擎之油耗分佈可畫分為兩區，柴油引擎有顯著之節省油耗效果。此一結果遠優於日本車之原因為歐洲柴油引擎數據點較多，且歐洲車各級轎車普遍使用柴油，數據分佈於各種車重，而日本車僅略偏重箱型車裝用柴油引擎，而日本又有大量 1000c.c.以下輕形省油汽油車拉低汽油油耗之故。

表28 歐洲燃料種類對油耗影響變異數分析結果

組	個數	平均 (L/100km)	變異數
Diesel	1544	6.86	2.54
Otto	3452	8.91	4.19
G	102	9.62	2.49

表29 歐洲排檔方式對油耗影響變異數分析結果

組(kg)	個數	總和	平均(L/100km)	變異數
800	14	67.2	4.80	0.62
910	10	51.0	5.10	3.91
1020	65	396.9	6.11	1.06
1130	174	1149.7	6.61	0.94
1250	384	2666.1	6.94	1.10
1360	467	3317.1	7.10	1.91
1470	499	3903.3	7.82	2.34
1590	517	4339.9	8.39	3.20

1700	384	3399.3	8.85	3.53
1810	229	2252.4	9.84	3.93
1930	118	1217.7	10.32	4.78
2040	103	1136.0	11.03	5.39
2150	57	580.1	10.18	3.74
2270	126	1371.2	10.88	5.67

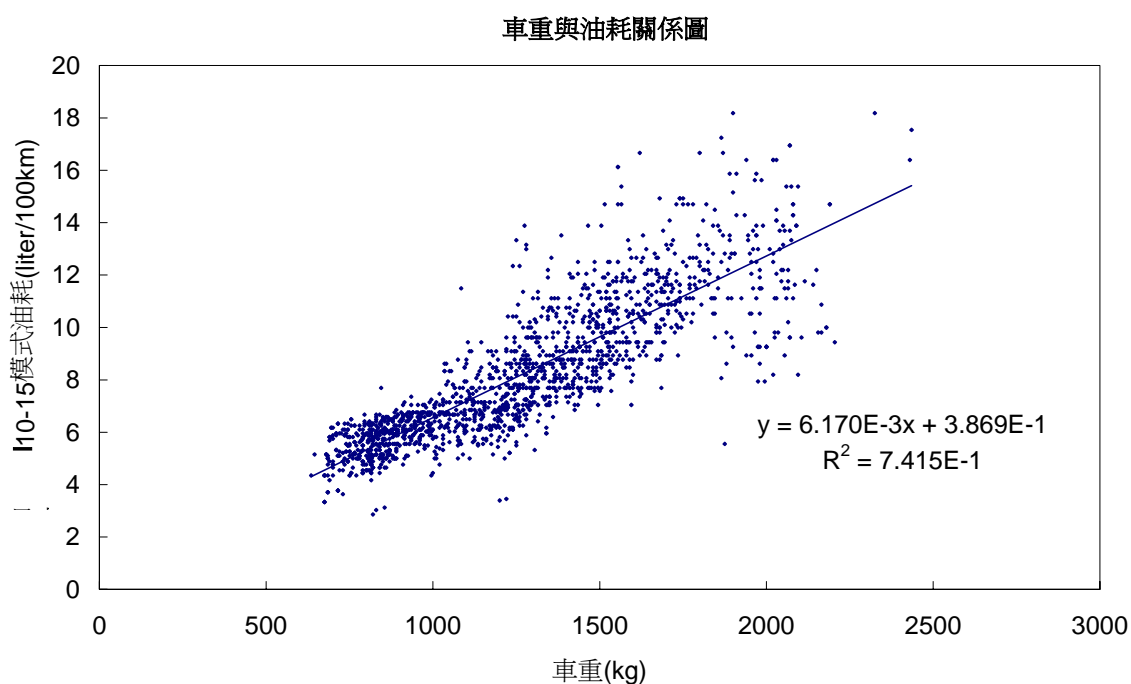


圖14 歐洲引擎燃料對平均油耗的影響

變速箱形式對性對油耗的影響：變異數分析結果如表 30，顯示不同排檔方式對油耗有顯著影響，自排(AT)油耗顯著高於手排(MT)及手自排(AMT)。考慮變速箱與燃燒油耗結果如圖 16，區分燃燒與排檔方式下油耗與車重相關係數可達中高度相關。

表30 歐洲排檔方式對油耗影響變異數分析結果

組	個數	平均 (L/100km)	變異數
MT	3422	7.80	3.80
AT	1610	9.40	4.50
AMT	66	7.70	4.36

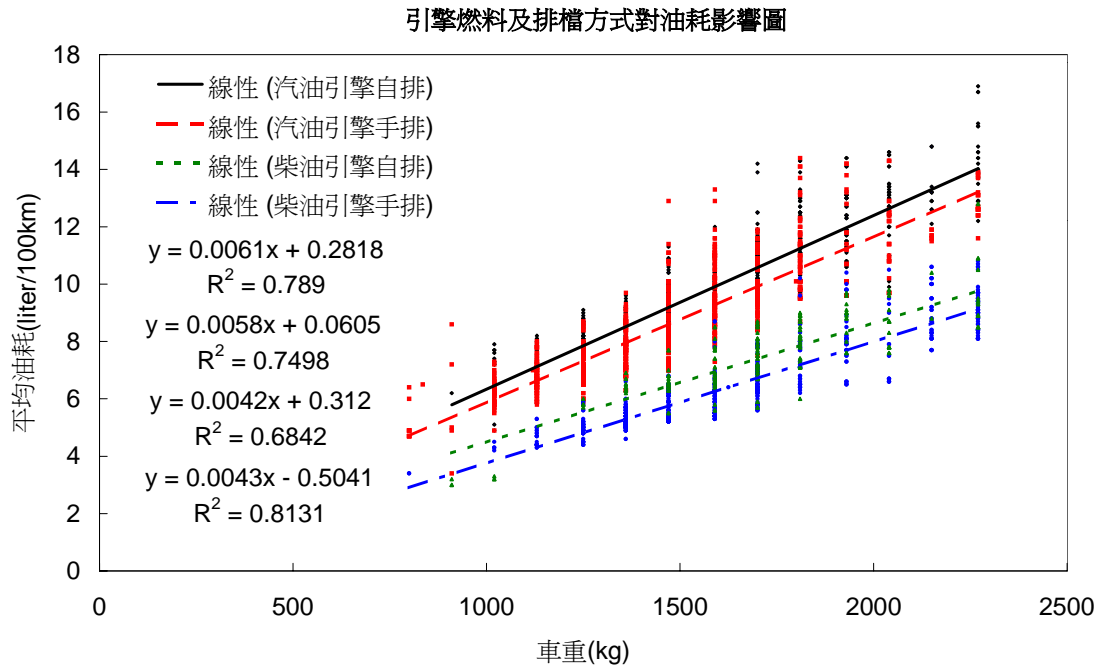


圖15 引擎燃料及排檔方式對油耗影響圖

統計總表：表 31 為歐洲部份統計結果。

表31 歐洲油耗區分燃料或排檔方式統計結果

分類法	容積	車重	油耗	柴油	柴油	汽油	汽油
統計量	c.c.	kg	L/100km	AT	MT+AM T	AT	MT+AM T
平均數	2070	1547	8.31	7.72	6.63	9.80	8.41
中間值	1975	1470	8.00	7.50	6.30	9.50	8.00
眾數	1896	1590	7.10	6.50	5.40	9.40	6.90
標準差	664	292	2.14	1.55	1.53	2.05	1.87
峰度	7	0	2.62	1.33	-0.32	2.61	6.48
偏態	2	1	0.98	0.42	0.74	1.06	1.64
最小值	599	800	3.00	3.00	3.40	4.90	3.40
最大值	6258	2270	25.00	12.80	11.10	25.00	24.40
數據個數	5098	3147	5098	323	1221	1255	2197

四、耗能數據綜合評估

由於美國、日本與歐洲測試方法不同，油耗單位亦不同，因此本評估無法作各國或地區性車輛油耗差距直接相互比較。

日本較省油柴油車多應用於箱形車(VAN)比例較少(8.1% v.s.歐洲30.3%)，但日本有甚多小型 1000c.c.以下(30.0% v.s.1.2%)之省油汽油車。

歐洲車平均容積較大(2070c.c. v.s.日本 1768c.c.)、車重較重(1547kg v.s.日本 1244kg)，但歐洲柴油引擎比率較高。

燃料形式以日本車而言柴油與汽油引擎差距未達顯著標準，經由車重因素區分後可看出柴油引擎仍較汽油引擎為佳。若依據歐洲油耗數據統計，則柴油引擎約有 2.0kg/100km 之油耗改善效果。

變速箱形式自排最耗油，平均約比手排高 1.9l/100km(日本)與 1.6kg/100km(歐洲)。由日本數據 CVT 之省油效果較手排更佳 0.8l/100km。由歐洲數據則顯示手自排(AMT)油耗效果與手排無顯著差異。

依據日本與歐洲數據皆顯示車重為最顯著影響油耗之因素，日本數據每增加 100kg 車重約增加 0.62L/100km 之油耗，歐洲數據顯示汽油引擎每增加 100kg 車重約增加 0.60kg/100km，柴油引擎則為 0.42kg/100km。

依據日本與歐洲數據皆顯示引擎容積(排氣量)亦為顯著影響油耗之因素，但日本數據因容積與車重高度相關，因此容積是否為獨立因素尚不明確，日本數據每增加 100c.c.排氣量約增加 0.24L/100km 之油耗。歐洲數據顯示汽油引擎每增加 100 c.c.排氣量約增加 0.18kg/100km(自排)至 0.28kg/100km(手排)之油耗。歐洲柴油引擎對排

氣量之關係敏感度(斜率)更高，每增加 100 c.c.排汽量約增加 0.27kg/100km(自排)至 0.37kg/100km(手排)之油耗。

依據歐洲數據皆顯示汽油引擎馬力為影響油耗因素之一，數據顯示汽油引擎每增加 1kW 約增加 0.32kg/100km(自排)至 0.36kg/100km(手排)之油耗。柴油引擎則油耗與馬力間相關性不明確。

第四章、代表性低耗能車輛技術解析

本研究調查全球已發表生產之車輛及其所公佈之技術資料包含網站與技術報告，另再選出三款最具代表性之低耗能車輛，以實車解析方式並將其低耗能技術歸納說明如下：

一、汽油引擎車 **Honda Fit**



FIT



1. 車輛規格表

驅動方式		FF	4WD
主要諸元		1.3L i-DSI+PGM-FI	
車 型		LA-GD1	LA-GD2
變速箱		自動無段變速機	
外型尺寸	全長 (m)	3.83	
	全寬 (m)	1.675	
	全高 (m)	1.525	1.55
	輪距 (m)	2.45	
	車輛重量 (kg)	1,000	1,080
	乘客數量 (名)	5	
引擎	型號	L13A	
	型式	水冷直列4缸橫置	
	閉機構	SOHC鏈條 動 進 1 排 1	
	排氣量 (cm ³)	1,339	
	內徑×行程 (mm)	73.0×80.0	
	壓縮比	10.8	

	燃料供給應置形式	電子控制燃料噴射式	
	使用燃料	無鉛汽油	
	油箱容量 (L)	42	
性能	最大馬力 (kW [PS] /rpm) *	63 [86] /5,700	
	最大扭力 (N m [kg m] /rpm) *	119 [12.1] /2,800	
	燃料消費率 (km/L) 10 15mode走行(認證值)	23.0* <22.5*>	20.0<19.4>
	主要燃費改良機構	電動轉向機/自動無段變速機 (CVT)	
	最小回 半徑 (m)	4.7<4.9>	
	傳動系統	變速比	前進	2.367~0.407
後退			4.226~2.367
減速比		5.777	前6.285 後2.533
轉向系統		電動轉向機	
輪胎 (前 後)		175/65R14 82S <185/55R15 81V>	

2. 低耗能技術特徵

(1) 車身：

合理兼顧剛性，撞擊安全性，車內空間及操縱性與 NVH 特性之車身與底盤設計。

(2) 引擎

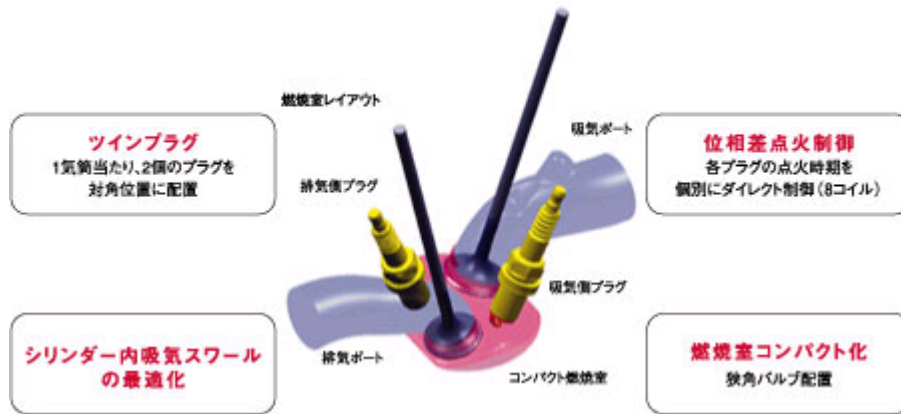
引擎設計為本車型最大的油耗改良訴求重點，其型式稱為 I-DSI(Intelligent-Dual & Sequential Ignition)。其設計包含下列兩項主要參數共同達成快速燃燒現象，以改善燃油消耗。

●引擎率最佳化設計

－最佳化渦流進氣道設計

－compact 燃燒率(進排氣車夾角 30deg.)

- 活塞裙部 MoS2 覆層減少磨擦
- 輕量化設計之工程塑膠進氣歧管
- 高效率點火系統
 - 進排氣雙火星塞減少火焰傳播路徑
 - 相位差點火，可依據不同引擎運轉狀況決定點火時機
 - 各火星塞單獨裝置點火線圈維持火控制精確度。



(3) 傳動

小型輕量、compact 化設計(CVT)

新型高傳動效率 CVT



(4) 其他

符合日本”優-低排廢氣”認定

符合日本 2010 耗能目標

整車材料可回收性>90%以上

二、柴油引擎車 Audi A2 TDI



1. 車輛規格表

Engine type	Inline 3-cyl. diesel engine with exhaust gas turbocharger
Valve gear	Overhead camshaft (OHC)
Displacement in cc / bore x stroke in mm / compression ratio	1422 / 79.5 x 95.5 / 19.5
Max. power output in kW (bhp) / at rpm (acc. to 80/1269/EEC	55 (75) / 4000
Max. torque in Nm / at rpm (acc. to 80/1269/EEC)	195 / 2200
Engine management	Pump-injector direct injection with turbocharger
Exhaust emission control	Oxidation catalytic converter with exhaust gas recirculation
Emission category acc. to 94/12/EU	EU 3
Alternator in A / battery in A/A	120 / 420/82
Drive layout	Front wheel drive
Gearbox type	5-speed manual gearbox, synchromesh on all gears
Gear ratio in 1st gear / 2nd gear	3,78 / 2,12
Gear ratio in 3rd gear / 4th gear	1,36 / 0,97
Gear ratio in 5th gear / reverse gear	0,76 / 3,60

Final drive ratio / final drive ratio II	3,39
Maximum speed in km/h	173
Acceleration, 0-100 km/h in s	12.3
Fuel grade	Diesel, at least 49 CN
Overall fuel consumption (acc. to MVEG II) in l/100 km	4.3 / 5.6 / 3.5
CO ₂ -mass-emission g/km	116
Unladen weight in kg (excl. driver)	990
Gross weight limit in kg (5-seat version)	1505
Fuel tank capacity in l, approx.	34
Body type	Aluminum body with Audi Space Frame (ASF)
Number of seats	4/5
Drag coefficient c _D	0.28
Length , mm	3826 / 1673 / 1553
Wheelbase , mm	2405

2. 低耗能技術特徵

本車為 Audi 公司繼國際上最早量產並達到 100km/3L 之 Volkswagen (VW) LUPO TDI 車輛再運用於 A2 之車型，其最重要的技術特點即為一具 1995 年由 VW 研發成功之小型渦輪增壓柴油引擎，再搭配輕量化車身與高效率變速箱，因而以純內燃機創造極優異之耗能表現。

(1) 車身

A2 車身採用大量的鋁合金材料，設計出所謂的 ASF 的 ASF (Audi Space Frame) 使車身結構較一般鋼鐵材減少了 40% 之多，使用輕量化鋁材的零件還包含動軸，控制臂、避震彈簧座，前煞車夾及後煞車鼓等，後座椅也使用特殊的三層式材料減少了 19 公斤。A2 外型在兼顧安全性外，

也採低風阻設計，CD 值為 0.25 在目前量產車中相當低。輪胎亦採用較一般輪胎低 20% 低阻抗設計，較一般標準胎寬度較窄以減少路面阻力。



(2) 引擎

本車輛最重要達到有能效果為一具 3 缸 1.2L 直接噴油式之渦輪增壓柴油引擎，此引擎採用鋁合金缸體設計重量僅有 100kg，較一般鑄鐵式柴油引擎減少約 16kg 之重量。噴油泵與噴油咀設計為一體式各缸獨立裝置，超過 2000 bar 的噴射壓力因此能將燃料充份霧化進入汽缸以獲得極高效率的燃燒效果。

(3) 傳動

傳動系統採用智慧型自動手排變速箱，駕駛者可選擇自由換的一般手排操作模式或駕駛者亦可選擇”ECO”模式以使換檔時機更提前由電腦自動設定之對耗油性較理想之換檔時機自動換檔，因此引擎可於最佳運轉區域運轉到省油效果。另一項特性為”stop-start”功能，即當駕駛者踩煞車且車輛維持靜止了 3 秒時，引擎即熄火不消耗燃料，而當煞車放開時引擎則啟動。在車輛滑行及下坡不踩油門狀況時，變速箱離合器將自動與引擎脫離使引擎維持怠速直至引擎再加速至一定轉速為止。

三、複合動力車輛 **Honda Insight**

1. 車輛規格表



車名 型式		Honda Insight	
驅動方式		FF	
動力系統		Honda IMA 1.0L稀油燃燒VTEC汽油引擎 + 電動馬達輔助	
變速箱	無段變速機		
	5速手排		
外型尺寸 重量 乘員數	全長×全寬×全高 (m)		3.940×1.695×1.355
	輪距 (m)		2.4
	最低地上高 (m)		0.15
	車輛重量 (k g)		820 850
	乘員 (名)		2
引擎	型式		ECA-MF2
	引擎	型式	ECA
		種類	水冷直列3 缸橫置
		閥機構	SOHC 鏈條 動 進 2 排 2
		排 量 (cm ³)	995
		內徑×行程 (m m)	72.0×81.5
		壓縮比	10.8
		燃料供給 置形式	電子控制燃料噴射式
		油箱容量 (L)	40
電動機	電動機型式	MF2	

		電動機種類	交流馬達		
		額定電壓 (V)	144		
性能	引擎	最高馬力 (PS/rpm)	70/5,700		
		最大扭力 (kgm/rpm)	9.4/4,800		
	電動機	最高馬力 (kW/rpm)	10.0/3,000	9.2/2,000	
		最大扭力 (Nm/rpm)	49.0/1,000		
	燃料消費率 (km/L)	10 15 mode 走行 (運輸省審查值)	35.0* ¹	32	
		60 km/h 定速走行 (運輸省届出值)	48	45	
	主要燃費改善対策		複合動力、稀油燃燒、可變進氣正時、Idle Stop 置、電動轉向機、自動無段變速機		
最小迴轉半徑 (m)		4.8			
動力用主電池	形式	Ni-MH電池			
IMA電池	個數	20			
	容量 3小時放電率 (Ah)	6.5			
傳動系統	齒數比	1速	3.461	2.441~0.407	
		2速	1.75		
		3速	1.166		
		4速	0.857		
		5速	0.71		
		後退	3.23	4.359~3.214	
	減速比		3.391	5.688	
	轉向 置形式		Rack & pinion		
輪胎 (前 後)		165/65R14 79S			

2. 低耗能技術特徵耗能改善技術主要項目與效果

項目	技術	方 案	耗能改善率
			(基準：CIVIC 5速MT車)

高 效 率 化 Hybrid 系統	Honda IMA	輕量 高効率簡化構造之Hybrid 系統 減速能量回收 Idle-Stop 系統 輕量 高効率 CVT 輕量5速手排變速箱 高效率1.0L稀油燃燒與VTEC汽油引擎 引擎低摩擦阻力設計	引擎	35%
		輕量 高効率簡化構造之電動輔助系統 薄型DC馬達 Ni-H 電池 整合式動力控制器PCU (Power Control Unit)	電動輔助馬達	30%
低風阻設計	風阻係數	整車低風阻設計經風洞試驗 Cd=0.25 車身細部包含前後側鈹與車底均維持最佳化 低風阻設計	車體技術	35%
車體輕量化	低行駛阻抗	低阻抗輪胎與鋁合金輪圈 輕量 低燃費電動轉向機		
	輕量化鋁合金 車體結構	板金、鋁擠型與壓鑄式新型鋁合金結構 鋁合金與工程塑膠車身外鈹		
	底盤	輕量化、Compact 結構懸吊系統 零組件鋁合金化 工程塑膠油箱		
	內裝	輕量化座椅		

(1)車身

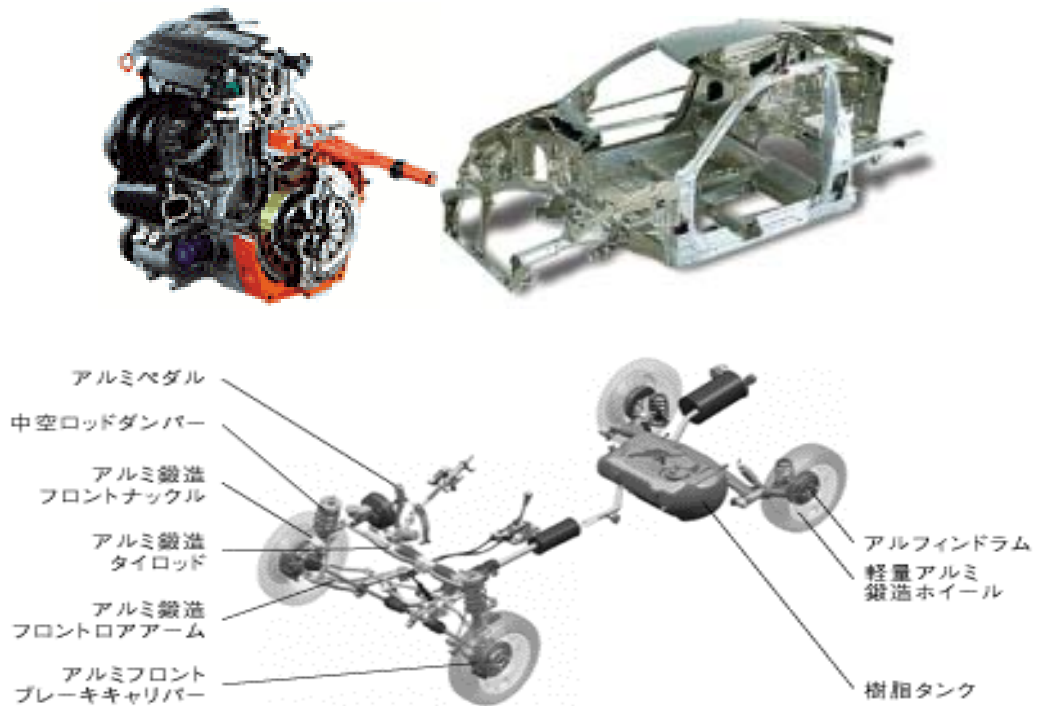
低風阻外形設計，風阻係數 CD 僅 0.25 減少高速行駛車輛阻力。

大量採用鋁金合材料之車架，並利用大量的結構分析與先進的成形鋁材與鋁板件技術，同時兼顧了結構強度與撞擊安全性，使用範圍包含車頂，引擎蓋板，車門後側板，前煞車夾盤與懸吊系統零件等。

大量採用工程樹脂材料 PP 與 ABS 材質於車身板件，減輕車身重量，使用範圍包含前後保險桿車門下板，前側板，後裙板，油箱等。

採用電動輔助轉向系統

低阻抗輪胎與鋁合金輪圈。

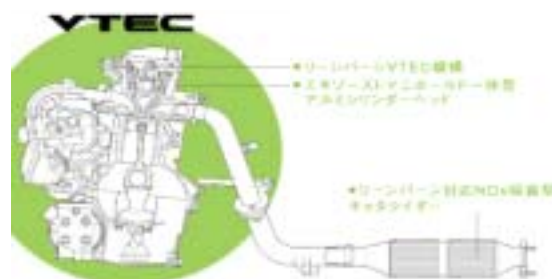


(2) 引擎

本車的動力系統組成主要由一具高效率 1.0L 稀薄燃燒引擎與 IMA 電動動力所組成之複合動力系統，藉由機構與系統能量的控制，達到驚人的油耗表現。

引擎設計為一 3 缸、1.0L 引擎，具有 Honda 專利 VTEC 氣門機構，輕量化結構 compact 化燃燒率，進排氣夾角 30% 高進氣渦流，高壓縮化 (10.8) 快速燃燒系統設計等特點。

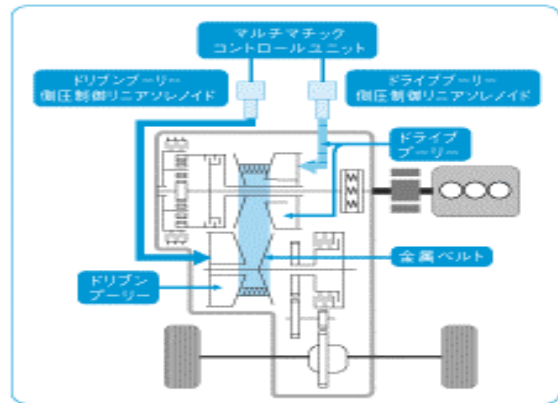
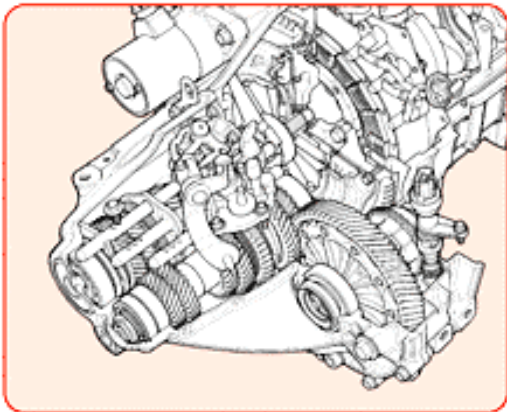
搭配引擎的電動系統亦是 Honda 專利 IMA 系統，具有薄型 DC 無刷馬達，直接引擎驅動，NI-MH 電池，煞車電能回應，整合式動力控制單元 (PCU-Power Control Unit) 等特點。



(3) 傳動

本車型變速箱有 5 速手排與電子控制式連續可變變速箱兩種，其中手排變速箱特點為輕量化齒輪，外殼等結構最佳化設計以減輕系統重量及改進換檔平順性。

在連續可變自排變速桌方面特點則為高精度油壓電子控制系統及輕量化零件設計等。



第五章、結論

- 一. 車輛耗能效率若以自初級能源計算傳至車輛輪胎行駛之整體耗能效率比較，依高低順序為燃料電池、電池電動車輛、複合動力、內燃機動力車輛。其中燃料電池與電動之耗能效率主要因電力產生之方式及其發電效率差異較大，內燃機車輛耗能則主要因使用不同熱效率之引擎型式而有所不同。
- 二. 燃料電池車輛技術目前仍在發展中，專用燃料電池組主要以質子交換膜（PEM）型式為主，燃料來源則分別氫氣、甲醇及汽油為主要發展重點。燃料電池車輛技術目前最大困難仍在於系統成本極高，以及氫氣燃料供應體系統短期內尚難普遍化建立。因此雖然燃料電池具有最佳耗能效率與低污染排放優點。國際各車廠也投入大量資源研發，但目前全球僅有日本 HONDA 公司於 2002 年底推出代號 FCX 燃料電池汽車並開始於美國洛杉磯與日本市場以租賃方式開始供政府機關使用，其他各主要車廠最樂觀評估可於 2004 年推出市場，但預估要到 2010 年才有可能於市場上佔有明顯地位。
- 三. 複合動力車輛為自 1997 年起開始商業化之新興節能車輛，低耗能的達成主要是利用電動馬達低速之優良之動力特性並使內燃機得以盡量維持於較佳熱效率之中高速區域運轉而大量減少於怠速以及低速低負荷耗油區運轉。目前商業化之複合動力系統使用電力動力比率大小不同力，已商業化的車型目前均為日本汽車廠產品，歐美公司預計在短期內亦紛紛將有商業化複合動力車推出。
- 四. 汽油內燃機低耗能主要技術包含有直接噴射薄燃燒，可變進氣與高效率燃燒機構等。其中共通必備的基本技術包含以鋁合金為主的輕量化引擎結構，精密控制的噴油與點火系統，可變進氣漸已成為汽油引擎提高性能與改善耗能的普遍化技術，缸內直噴系統與稀薄燃燒系統則

因需配合特殊稀油觸媒轉器換器系統開發，目前為日本部份汽車廠開發與商業化技術，尚未到成國際一定技術驅勢。

- 五. 柴油內燃機由於其燃燒特性係以高壓縮比造成之燃料自然現象，因此先天上其熱效率已較汽油引擎為佳，技術困難點大部份以對應污染排放為主，對耗能相關技術之主要為進氣增壓高壓噴油以及小型引擎普遍採用直接噴射系統 (Direct Injection)，此類技術以歐洲發展較成熟，國際上最節能之內燃機動力商業化車輛也均是為歐洲汽車公司所推出。
- 六. 車輛傳動系統節能技術主要在於提高傳動效率。在手排變速箱方面技術發展動點朝向多檔化，一般車輛已紛紛從 4 檔發展 5 檔，甚至在一般高性能車已採 6 檔設計。自排變速箱節能技術發展重點則包含高效率電子式控制連續可變變速箱 (e-CVT) 與融入電子控制離合器與排檔之手自排變速箱 (Automated Manual Transmission) CVT 系統主要在日本汽車廠發展較成熟，並在應用上已從子車輛漸漸向中型車輛擴展，在應用上已 AMT 系統則目前均在歐洲發展，尤其在強調超低耗能上之小型車輛應用 AMT 系統有增加的趨勢。
- 七. 低耗能車輛在外形，必需具備的特性包含低風阻造型設計與大量應用輕量化車體材料兩項重點。商業化低耗能車輛風阻係數一般在 0.25~0.23 之間，而車重也較一般無特殊對應車種輕 5~15% 之間，近年來每部車鋁、鎂合金與工程塑膠在車身鋁件，底盤件與引擎件的使用重量每年約有 4 % 的成長。
- 八. 將傳統車輛技術與新興電子電機控制技術結合所發展出的低耗能技術尚包含：
 1. 電輔助轉向系統
 2. 整合式啟動馬達與發電機系統

3. 電動式汽門機構
4. 電動式引擎附件系統
5. 電子式節氣門
6. 電子式煞車系統

九. 由於預估未來車輛將大量採用更多與更智慧化控制的電子與電力系統取代目前以機械式驅動之機構，車輛電系由目前 12V 提高至 42V 以共應更足夠電力已成為未來汽車電子系統的新標準環境，相對的 42V 系統的成熟也將會帶動更多以電子控制的新車輛技術與零組件系統的產生。

車輛節能技術評估摘要總表

節能車輛技術			油耗改良效益	商業化	降低污染	成本	
燃料	電動車		○	△	☆	☆	
	複合動力		☆	○	☆	☆	
	燃料電池		☆	△	☆	☆☆	
	替代燃料		○	○	○	○	
車身與底盤	低風阻外型		☆			△	
	輕量化結構		☆			○	
	其他	低阻抗輪胎	○	○	△	○	
		電動輔助轉向系統	○	○	△	○	
動力系統	引擎	汽油	直噴引擎	○	○	○	☆
			自變氣門	○	☆	○	○
			稀薄燃燒	○	○	○	○
			可變壓縮比		△	○	☆
	柴油	渦輪增壓		☆	○	○	
		高壓直噴		☆	○	○	
	傳動	手排	多段檔位	○	☆	△	△
			油壓自排	○			
		自排	CVT	○			
			手自排		○	○~△	○

△低 ○中 ☆高

第六章、參考資料

1. “Steel, cast iron, aluminum vie for new applications” Ward’s Automotive Year book 2002
2. ITS Handbook 2000 Recommendations from the World Road Association (PIARC), Artech House
3. <http://www.honda.co.jp/insight/tech>
4. <http://www.honda.co.jp/auto-lineup/fit>
5. <http://www.honda.co.jp/factbook/auto/fit>
6. <http://www.toyota.co.jp/prius>
7. Automotive Technology for the 21 Century , JARI Research Journal Vol. 23, No.1, 2001.1
8. <http://www.fueleconomy.gov>
9. Fuel Economy and Weight Reduction for Motor Vehicles, 自動車技術, Vol. 55, No. 4, 2001
10. Convergence of Fuel Cells and Advanced Engine/Engine Technologies for Power Generation and Transportation, Engine Technology, Vol.3, No.1, 2001
11. The Automated Shift Transmission (AST) – Possibilities and Limits in Production-Type Vehicles, SAE paper 2001-01-0881
12. 2002 New Car Fuel Consumption & Emission Figures (Vehicle Certification Agency, U.K.)
13. 2001 Fuel Consumption and Emissions Type Approval Figures for Motor vehicles with a National or EC Complete Vehicle Type Approval (Kraftfahrt-Bundesamt -Germany)
14. 2002 自動車燃費一覽表 (國土交通省自動車交通局)
15. 解潘祥著：燃料電池在汽車上的應用，機械工業 2001.11
16. Anthony Abbey, “HYDROFORMING：Technological & Economical Aspects” ,1999
17. http://www.autospeed.com/A_1112/P_2/article.html
18. <http://www.jeva.or.jp>
19. “輕合金在汽車產業之應用” 車輛工業第 94 期, 2001 年 11 月
20. <http://www.greencars.com>
21. <http://www.nedo.go.jp>
22. 車用行動電腦即時資訊系統產業分析報告，工研院機械所研究報告，2002 年 3 月
23. “2002 汽機自行車產業現況與趨勢分析” 經濟部技術處
24. Fritz R.Kalhammer, Paul R.Prokopius, Vernon P.Roan, Gerald E.Voecks “Status and Prospects of Fuel Cells as Automobile Engines” Fuel Cell Technical Advisory Panel