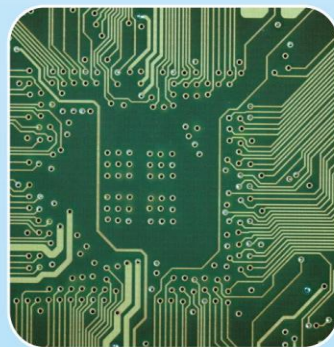


電動車及氢能車發展評估

CTCI FOUNDATION



財團法人中技社(CTCI Foundation)創立於 1959 年 10 月 12 日，以「引進科技新知，培育科技人才，協助國內外經濟建設及增進我國生產事業之生產能力」為宗旨。初期著力於石化廠之設計與監建，1979 年將工程業務外移轉投資成立中鼎工程後，業務轉型朝向裨益產業發展之觸媒研究、污染防治與清潔生產、節能、及環保技術服務與專業諮詢。2006 年本社因應社會環境變遷的需求，在環境與能源業務方面再次轉型為智庫的型態，藉由專題研究、研討會、論壇、座談會等，以及發行相關推廣刊物與科技新知叢書，朝知識創新服務的里程碑邁進，建構資訊交流與政策研議的平台；協助公共政策之規劃研擬，間接促成產業之升級，達成環保節能與經濟繁榮兼籌並顧之目標。

本著創社初衷，為求對我們所處的環境能有更多的貢獻，本社就國內前瞻性與急迫性的能源、環境、產業、社會及經濟等不同議題，邀集國內外專家進行全面的研究探討，為廣為周知，特將各議題研究成果發行專題報告，提供產官學研各界參考。

本專題報告在車輛測試中心**王正健**董事長召集下，邀請車輛測試中心產業發展處**高銘汶**總監、車輛測試中心研發處**陳健次**協理、中華經濟研究院**溫蓓章**副所長、車輛安全審驗中心**曾鵬庭**副處長、工研院機械所**黃立恭**組長、工研院產科國際所**呂學隆**經理、台灣大電力研究試驗中心**藍培修**經理、**崔智宣**博士、中油綠能所**顏子翔**專案經理共同研討完成，聚焦臺灣電動車及氫能車輛之比較評估，分析國內外低碳車輛政策、各大車廠技術發展路徑與策略、產業及技術發展、能源補充基礎建設、安全法規與驗證能量，以推導出台灣未來電動車與氫能車輛潛在機會點，提出政策與產業建言，俾利協助國內因應新興電動車與氫能車輛產業需求，培養我國產業國際競爭力。

發行人：潘文炎

作者：高銘汶、溫蓓章、陳健次、黃立恭、呂學隆、曾鵬庭、藍培修、
崔智宣、顏子翔、王正健（依章節順序）

主編：陳綠蔚、王正健

執行編輯：芮嘉瑋、郭華軒

發行單位：財團法人中技社

地址 / 106 臺北市敦化南路二段 97 號 8 樓

電話 / 886-2-2704-9805

傳真 / 886-2-2705-5044

網址 / www.ctci.org.tw

本社專題報告內容已同步發行於網站中，歡迎下載參考

發行日期：中華民國 113 年 12 月

ISBN：978-626-98882-2-1

序

第 26 屆聯合國氣候峰會(COP26)後，逾 130 個國家宣示淨零碳排目標，多數承諾在 2050 年達成，以抑制全球暖化帶來的危害與衝擊。國際能源署 IEA(International Energy Agency)以及挪威 DNV 船級社(Det Norske Veritas)等機構之統計資料顯示，全球碳排放量最高者為占比超過 1/3 的電力部門，其次則為占比超過 17%的陸上運輸部門，其中小型乘用車由於數量多，總排放量明顯高於重型卡車與巴士之總合。為降低陸上運輸部門碳排量，許多國家已明確訂定於 2030~2040 年禁售燃油車且銷售新車 100%為未搭載燃油引擎之 BEV 及 FCEV 作為車輛電動化之最終目標。

在上述各國訂定明確目標之下，全球新創與傳統車廠大舉投入電動車開發，近年電動車市占率快速提升，2023 年全球車市銷售 8,724 萬輛車，包括 BEV+PHEV(含 EREV)，9 人座以下小客車及貨車在內的電動車占比已高於 16%，甚至中國大陸部分城市 2024 年初占比已超過 50%，且各國政府陸續調整補助方式，電動車產業開始進入技術與成本競爭的考驗。然而目前電動車核心動力來源鋰電池可能受限於鋰鈷鎳等礦藏量不足，以及充電基礎設施普及速度跟不上電動車成長幅度，加上傳統汽車大廠仍希望能掌控汽車技術、供應鏈及市場，但電動車之電池技術及充電站建置等約 30%的技術及服務非屬傳統車廠可掌握領域，故有部份車廠同時投入 FCEV，希望及早投入增加自己能掌控的技術領域，並服務全球缺乏電力供給的區域。

可減少碳排放的除了電動車，氫能車也逐漸受到重視。氫能車 FCEV 在歐洲及日本已有二十年以上開發經驗，近年來韓國急起直追，小型乘用車的銷售量已超越日本車款，但受制於氫氣供應成本高及加氫站等基礎設施尚未普及，氫能車銷售量目前遠不及電動車，然而各國政策仍朝向推廣氫能運輸應用，全球各大車廠及燃料電池、高壓儲氫罐等相關供應鏈也持續投入氫能車開發，各家策略為何有此規劃，是否已有能力提升氫能運輸的效率、掌握降低用氫成本，此趨勢下臺灣產業能否掌握關鍵技術與市場，皆須進一步探討；此外電動車由於電池技術快速進步，充電時間縮短，里程持續提升，氫能車快速加氫、里程較長的特點是否

仍保有優勢，也值得詳加比較。

臺灣 2050 淨零轉型十二項關鍵戰略中，運輸部門的產業轉型重點工作為運具電動化及無碳化，目標設定為臺灣 2030 年公務車及公車將全數電動化、2040 年新售車輛全面電動化。針對近期已逐漸增加占比的市區電動公車以及小型電動乘用車輛，電力基礎設施、供電容量與區域饋線是否足夠，以及尖峰離峰電價規劃等配套措施都對於電動車推動具有相當關鍵的影響。對於臺灣即將開始試行的氫能巴士，一樣會面臨基礎建設、供應鏈成熟度、安全規範以及法規稅制等挑戰，須及早啟動評估、擬定策略，避免部分環節延宕而影響目標之達成。

本社自 2012 年以來持續關注電力與車輛議題，爰此，今(2024)年度規劃以「電動車及氫能車發展評估」為專題，聚焦全球及臺灣電動車(BEV)及氫能車輛(FCEV)(車+加氫站)之比較評估，分別探討國際車輛低碳化政策及市場發展、電動車及氫能車技術與產業鏈發展、安全與稅制法規對電動車輛導入之影響、能源補充設施與法規，盼能協助國內因應新興電動車與氫能車輛產業需求，培養我國產業國際競爭力。

本專題報告特別感謝促成此案的經濟部能源局歐嘉瑞前局長，召集人車輛研究測試中心王正健董事長，以及車輛研究測試中心陳建次協理、高銘汶總監、蔡宜良經理、尹照錦經理、林博煦副理、陳信志專員、莊閔任研究員，中華經濟研究院溫蓓章副所長、邱嘉琪、張乃瑄輔佐研究員，車輛安全審驗中心盧鎮杰處長、曾鵬庭副處長、黃英傑經理、蘇章輝組長、施泊甫專員，工研院機械所黃立恭組長、梁世豪副組長、羅仕明經理，工研院產科國際所呂學隆經理、謝騷璘經理，臺灣大電力研究試驗中心藍培修經理、崔智宣博士、中油綠能所顏子翔專案經理對本議題的支持與協助，同時，對於受邀訪談及出席綜合座談會共同討論，提供寶貴實務經驗與建言的專家們，包括交通部公共運輸及監理司趙晉緯專門委員，鴻華先進科技陳榮貴協理，聯華林德沈欣儒副總經理、許正翰總監，亞氫動力蕭逢祥總經理、洪德勝業務總監，氫豐綠能科技林明憲副總經理，充壩技術服務王建文總經理，中華經濟研究院戴志言副主任，台達電能源基礎設施暨工業解決方案事業群李延庭總經理、徐瑞源副總經理、林德昌經理，和泰汽車商用車車輛部彭永菖部長、鍾顯榮室長、游子慶副課長，朋程科技黃錫欽副總經理，華德動能楊誌榮總經理、許文彬資深工程師，台北科技大學車輛工程系陳志鏗主任，師大車輛與能源工程學程洪翊軒主任等學者先進，謹此致上敬意與萬分感謝。

財團法人中技社董事長

潘文炎

2024 年 12 月

目 錄

序.....	I
目 錄.....	III
圖目錄.....	VII
表目錄.....	XII
執行摘要.....	1
一、問題及目標	1
二、研究範圍及內容	1
三、研究結論	1
四、對策及建言	3
第一章 車輛低碳化政策及市場發展	7
前言	7
一、內燃機與混合動力車輛(ICE, H2ICE, MHEV,HEV)	7
二、插電混合動力車輛(PHEV、EREV)	7
三、電動車(EV, 涵蓋 BEV 與 FCEV)	7
第一節 國際電動車及氢能車市場現況	8
一、國際汽車市場銷售概況.....	8
二、全球電動小客車市場生產及銷售概況.....	9
三、全球電動商用車市場生產及銷售概況.....	11
四、全球氫燃料電池車市場概況.....	12
第二節 國際車輛低碳化政策	13
一、美國	13
二、中國大陸	16
三、日本	18
四、韓國	19
五、歐洲	21
第三節 國際車廠規劃藍圖	23
一、國際電動小客車車廠發展動態.....	23

二、國際車廠電動小客車採用平台概況及未來.....	24
三、電動商用車發展概況及趨勢.....	25
四、燃料電池小客車發展概況及趨勢.....	28
五、燃料電池商用車發展概況及趨勢.....	29
第四節 小結	30
參考文獻	33
第二章 電動車及氫能車技術及產業鏈發展	39
第一節 國際電動車及氫能整車廠技術布局規劃	39
第二節 國際電動車及氫能車整車、關鍵系統與技術趨勢	45
一、電動車(BEV).....	45
二、氫燃料電池車	51
三、氫內燃機車	58
第三節 電動車輛核心技術-電能系統(電池)現況與技術發展探討	60
一、電動車輛電能系統(電池)市場供/需發展現況	60
二、2024 年電動車輛電能系統(電池)產品與技術發展現況	63
三、低價大眾化之選擇-鈉離子電池	73
第四節 能源效率與運作成本評比	75
一、能源效率	75
二、運行成本比較	77
第五節 小結	81
參考文獻	82
第三章 安全與稅制法規對新能源車輛導入之影響	85
第一節 電動車及氫能車之安全法規及驗證能量	85
一、國際車輛安全法規管理制度	85
二、電動車及氫能車之車輛安全法規	86
三、國際電動車及氫能車之驗證能量	96
四、新能源車輛伴隨科技發展之智慧車及自駕車之安全法規	97
第二節 電動車輛稅賦比較	98
一、美國	98

二、中國大陸.....	100
三、新加坡.....	101
四、日本.....	103
五、英國.....	104
六、泰國.....	106
七、挪威.....	108
第三節 小結	110
參考文獻	113
第四章 能源補充設施與法規	117
第一節 充電站	117
一、主要國家充電站現況及政策法規	117
二、國際電動車充電標準現況與技術趨勢	123
三、國際充電站成本與挑戰	128
第二節 加氫站	132
第三節 小結	150
參考文獻	152
第五章 臺灣發展電動車及氢能車之機會與挑戰	155
第一節 國際政策總結	155
一、臺灣電動車稅費	155
二、純電池電動車政策建議方向	156
三、氫燃料電池電動車政策	157
四、Trump 的關稅政策將牽動供應鏈調整，加速製造業回流美國趨勢	157
第二節 國內外低碳車輛產業及技術發展比較	158
一、臺灣電動車技術與供應鏈.....	160
二、臺灣氢能車輛技術與供應鏈.....	161
三、臺灣電池技術與供應鏈.....	162
四、建議產業方向	162
第三節 國內外安全法規比較	163
一、我國電動車輛及氢能車輛之車輛安全法規推動情形及驗證能量	163

二、我國與國際間主要國家之相關差異及後續因應作法.....	164
三、小結.....	165
第四節 國內外能源補充設施發展比較.....	165
一、我國充電站現況及政策法規.....	165
二、我國電動車充電標準現況與技術趨勢.....	167
三、我國充電站成本與挑戰.....	169
四、國際氫能法規與國內氫能法規比較.....	173
第五節 臺灣發展電動車及氫能車機會.....	176
一、我國電動車及氫能車產業概況.....	176
二、電動車及氫能車發展趨勢與我國機會.....	183
三、小結：.....	194
參考文獻.....	197
第六章 結論與建議.....	199
第一節 結論.....	199
一、國內外電動車及氫能車趨勢概況.....	199
二、面臨之挑戰.....	200
第二節 建議.....	201
一、政策面.....	201
二、產業面.....	203
三、環境建構.....	204
附錄:電動車及氫能車發展評估綜合座談會.....	207

圖目錄

圖 1.1.1、車輛定義與相關車型	7
圖 1.1.2、全球汽車銷售量概況(2014-2023)	8
圖 1.1.3、全球集團車廠銷售量排名(2023).....	8
圖 1.1.4、全球商用車銷量變化(2023).....	9
圖 1.1.5、全球電動車銷售量(2023).....	10
圖 1.1.6、主要國家電動車銷售概況	10
圖 1.1.7、全球電動商用車銷售概況(2023).....	11
圖 1.1.8、全球電動巴士保有量概況(2019-2023)	12
圖 1.1.9、全球氫燃料電池車輛銷售量統計	13
圖 1.3.1、汽車公司乘用電動車平台、商業模式及計畫推出車型	24
圖 1.3.2、輕型電動商用車北美市場主要車廠及平台車型	25
圖 1.3.3、輕型電動商用車歐洲與中國市場主要車廠及平台車型	26
圖 1.3.4、全球主要區域市場指標中重型商用車	27
圖 1.3.5、全球主要區域市場指標電動大客車	28
圖 1.3.6、北美市場指標電動大客車	28
圖 1.3.7、全球氫燃料電池小客車市場車型	29
圖 1.3.8、全球氫燃料電池商用車市場車型	29
圖 1.3.9、全球氫燃料電池大客車市場車型	30
圖 1.4.1、國際新能源車政策	31
圖 1.4.2、電動車銷售量占比預估	32
圖 2.1.1、中、重型貨車重量與運行距離比較	39
圖 2.1.2、豐田汽車永續動力系統發展目標	40
圖 2.1.3、豐田汽車鋰電池技術發展路徑圖	40
圖 2.1.4、Hyundai-KIA 集團發表全新 E-GMP 電動車模組化平台	42
圖 2.1.5、國際氫內燃機發展現況	44
圖 2.2.1、電動車主要結構	45
圖 2.2.2、電動車主要關鍵零組件架構	46

圖 2.2.3、車用動力馬達分類	47
圖 2.2.4、E/E 架構趨勢.....	48
圖 2.2.5、電動車電池需求分析	48
圖 2.2.6、純電動車動力系統成本分析	49
圖 2.2.7、電機種類占有率變化	50
圖 2.2.8、電池研發趨勢.....	50
圖 2.2.9、氫燃料電池車整車架構	52
圖 2.2.10、氫燃料電池車主要關鍵零組件架構	53
圖 2.2.11、車用燃料電池系統架構示意圖.....	53
圖 2.2.12、車載儲氫系統組成	54
圖 2.2.13、Type IV 氣瓶技術架構拆解	55
圖 2.2.14、PEM 燃料電池動力系統的大規模生產成本	55
圖 2.2.15、氫能車三電系統的發展趨勢	57
圖 2.2.16、BMW、Mazda、MAN 氫引擎車	59
圖 2.2.17、豐田 TOYOTA 氫引擎概念車	59
圖 2.3.1、全球不同類型運輸工具電動化所需電池需求數量累計與未來預測	60
圖 2.3.2、亞洲已發布/規劃/量產之電動汽車動力電池設廠分布與產能	61
圖 2.3.3、2013-2023 年全球電動車用動力電池模組/電芯價格變化.....	62
圖 2.3.4、2024 上半年全球電動車用動力電池裝機量市占率	63
圖 2.3.5、LGES L&S 電芯製造技術.....	64
圖 2.3.6、電動車電池系統模組設計變化	67
圖 2.3.7、Tesla Model Y 車款 CTC 概念	68
圖 2.3.8、傳統鋰電池/新世代鋰電池/固態電池量產規劃與產值比例變化	68
圖 2.3.9、BNEF 對固態電池市場規模長期預測	69
圖 2.3.10、VW MEB 電動車平臺電池技術藍圖規劃	70
圖 2.3.11、Samsung SDI 固態電池內部結構示意圖	70
圖 2.3.12、寧德時代應用於電動車之 AB 電池(鋰離子/鈉離子混合設計)概念	74
圖 2.3.13、中科海鈉/華陽新能源鈉離子電池量產規格與電動車裝機現況	74

圖 2.4.1、不同能源類型的車輛生命週期排放的溫室氣體	76
圖 2.4.2、2020-2030 年 FCEV、BEV 生命週期排放的溫室氣體	77
圖 2.4.3、義大利 Bolzano 服務的電巴和氫能巴士每公里的運營成本	79
圖 2.4.4、ICE 和 BEV 在涉及同等事故時的肇事數量與維修費用	80
圖 3.1.1、國際間車輛安全認證分類	86
圖 3.1.2、測試導線	87
圖 3.1.3、關節測試指	87
圖 3.1.4、寬頻、窄頻電磁輻射測試示意圖	89
圖 3.1.5、頸部張力標準	93
圖 3.1.6、頸部剪力標準	93
圖 3.1.7、大腿骨受力標準	93
圖 3.1.8、大型車輛氫燃料車輛之識別標識	94
圖 3.1.9、氫燃料注入口	94
圖 3.1.10、TPRD 試驗架構圖	95
圖 3.1.11、止回閥與自動關閉閥試驗架構圖	96
圖 3.2.1、國際車稅稅目	112
圖 3.2.2、國際車稅趨勢	112
圖 4.1.1、2023 年全球電動車公共充電設備數量	117
圖 4.1.2、2023 年全球電動車與公共充電設備數量	119
圖 4.1.3、國際主要國家之推動政策	120
圖 4.1.4、新加坡與香港之推動政策	120
圖 4.1.5、加拿大與英國之推動政策	121
圖 4.1.6、國際電能補充設備相關規範	123
圖 4.1.7、北美 SAE J1772 之電動車電能補充類別定義	123
圖 4.1.8、國際電能補充設備之充電介面使用概況	124
圖 4.1.9、北美採用 NACS 充電規格之車廠概況	125
圖 4.1.10、國際電能補充產業上中下游組成架構	125
圖 4.1.11、電能補充設施之結構與零組件組成	126

圖 4.1.12、國際大功率直流充電開發趨勢	126
圖 4.1.13、固定式之集電弓自動充電	127
圖 4.1.14、無線電力傳輸公車	128
圖 4.1.15、CharIN MCS 充電介面	128
圖 4.1.16、美國各式充電情境成本概況	130
圖 4.1.17、全美充電站點分布概況	131
圖 4.2.1、全球加氫站建置數量趨勢圖	133
圖 4.2.2、全球加氫站建置地區分佈趨勢圖	133
圖 4.2.3、全球燃料電池汽車統計趨勢圖	134
圖 4.2.4、加氫站數量與氫燃料電池車/加氫站比	134
圖 4.2.5、全球加氫站建置數量地區分析	135
圖 4.2.6、國際加氫站與氫能載具相關政策與目標及數量統計	136
圖 4.2.7、加氫站相關之 ISO、CSA、SAE、JPEC 標準.....	139
圖 4.2.8、加氫站組成部件示意圖	140
圖 4.2.9、加氫站設施基本架構	143
圖 4.2.10、日本加氫站之主要設備成本變化	144
圖 4.2.11、2019 年日本加氫站建置成本分布圖.....	144
圖 4.2.12、日本加氫站營運成本變化	144
圖 4.2.13、2019 年日本加氫站營運成本分布圖	145
圖 4.2.14、2019 年韓國加氫站建置成本分布圖	146
圖 4.2.15、加氫站設備成本下降的可能途徑	147
圖 5.1.1、國際新能源車政策趨勢	158
圖 5.2.1、三大經濟區域各集團及廠牌占比	159
圖 5.2.2、Fukuta 125kW 及 150kW 多合一產品.....	161
圖 5.4.1、國內 57 項相關推動計畫	166
圖 5.4.2、國內充電設施推動政策	166
圖 5.4.3、國內電能補充設備相關規範	167
圖 5.4.4、集合住宅設置充電設備相關規範	167

圖 5.4.5、我國電能補充設備之充電介面概況	168
圖 5.4.6、我國電能補充產業上中下游組成架構	168
圖 5.4.7、我國電能補充營運服務產業概況	169
圖 5.4.8、各式充電情境之建置成本比較	170
圖 5.4.9、台電電動車充換電時間電價時段	171
圖 5.4.10、電動車各種充電情境	171
圖 5.4.11、國內電動車充電設施建置建議事項.....	172
圖 5.4.12、美國與國內所面臨之挑戰比較	173
圖 5.4.13、國際氫能法制規範途徑	174
圖 5.5.1、2024 年 1-6 月臺灣市場各動力車型銷售概況	177
圖 5.5.2、我國 BEV 與 PHEV 小客車銷售主要車型	178
圖 5.5.3、我國電動大客車銷售概況	179
圖 5.5.4、2023 年國內外電動大客車概況	179
圖 5.5.5、2023 年國/內外電動小貨車(電動輕型商用車)概況.....	180
圖 5.5.6、2023 年國/內外電動大貨車(電動中重型卡車)占比.....	181
圖 5.5.7、我國電動車供應鏈盤點	182
圖 5.5.8、我國氫燃料電池載具供應鏈概況	183
圖 5.5.9、臺灣貨車車齡概況(至 2024/6).....	184

表目錄

表 1.2.1、美國聯邦政府推動 ZEV 政策措施.....	14
表 1.2.2、美國加州政府推動 ZEV 政策措施.....	15
表 1.2.3、中國大陸新能源車與 FCEV 政策措施	17
表 1.2.4、日本潔淨能源車輛導入促進補助金評價項目及點數	18
表 1.2.5、日本潔淨能源車輛導入促進補助金	18
表 1.2.6、2024 年日本快充充電樁補助金額	19
表 1.2.7、韓國電動車補助	20
表 1.2.8、韓國慢充充電樁補助金	20
表 1.2.9、韓國加氫站補助	21
表 1.3.1、國際主要車廠零碳排目標	23
表 2.2.1、車用燃料電池電堆主流廠商業者簡介	56
表 2.3.1、現有與已發布將導入 800 V 平台相關車型.....	65
表 2.3.2、2024 年半固態電池產品技術現況與裝車規劃	71
表 2.3.3、國際投入鈉離子電池量產商品化廠商與技術平臺/規格現況	73
表 2.4.1、電動小客車能源效率標示(民國 113 年 5 月).....	75
表 2.4.2、BEV, FCEV, ICE 能源轉換效率.....	76
表 2.4.3、全球五大區域氫氣與汽油價格使用成本效益比較(2023 年 10 月).....	78
表 2.4.4、氫燃料電池巴士與電動巴士場域維運效能資訊	79
表 2.4.5、ZEFER 計畫維運分析	80
表 3.1.1、側方碰撞試驗傷害指數符合標準	91
表 3.1.2、電動車輛碰撞後之電氣安全規範	91
表 3.1.3、前方碰撞試驗傷害指數符合標準	92
表 3.1.4、電磁相容性法規之技術服務機構	96
表 3.1.5、氫燃料車輛整車安全防護/氫儲存系統及組件法規之技術服務機構	97
表 3.1.6、ADAS 所涉聯合國車輛法規摘要.....	98
表 3.2.1、日本車體課稅各項稅賦簡介	103
表 3.2.2、日本環保車輛稅額表	104

表 3.2.3、英國自用乘用車稅賦	104
表 3.2.4、英國電動車稅額表	105
表 3.2.5、泰國自用乘用車稅賦	106
表 3.2.6、2024~2027 年泰國電動車優惠政策	107
表 3.2.7、2023 年挪威車輛稅制	108
表 4.2.1、加氫站相關國際 ISO 標準與相應 CNS 標準列表	137
表 4.2.2、加氫站相關 CSA 標準列表	138
表 4.2.3、加氫站相關 SAE 標準列表	138
表 4.2.4、加氫站相關 JPEC 標準列表	139
表 4.2.5、SAE J2601/1 H70 輕型氣態氫地面車輛加氫協定範圍	140
表 4.2.6、SAE J2601/5 範圍說明	142
表 4.2.7、現地重組製氫式加氫站組成成本	146
表 4.2.8、加氫站設備供應商	148
表 4.3.1、國際電能補充設施發展趨勢概況	150
表 5.2.1、電動貨車規格與優缺點比較	159
表 5.4.1、我國氫能相關法規盤點	175
表 5.5.1、全球與臺灣 2013 年與 2023 年小客車車種(動力來源)銷量比較表	177
表 5.5.2、國內外電動車發展趨勢-市場	183
表 5.5.3、國內外電動車(BEV)發展趨勢-政策(含稅賦)	185
表 5.5.4、國內外電動車發展趨勢-技術	186
表 5.5.5、國內外電動車發展趨勢-安全法規與驗證能量	187
表 5.5.6、國內外電動車發展趨勢-市場	189
表 5.5.7、國內外氫能車發展趨勢-市場	190
表 5.5.8、國內外氫能車發展趨勢-政策	191
表 5.5.9、氫燃料電池大客車示範運行補助規劃	192
表 5.5.10、國內外氫能車發展趨勢-技術	192
表 5.5.11、國內外氫能車發展趨勢-安全法規與驗證能量	193
表 5.5.12、國內外氫能車發展趨勢-基礎設施	194

執行摘要

一、問題及目標

臺灣 2050 淨零轉型十二項關鍵戰略中，運輸部門的產業轉型重點工作為運具電動化及無碳化，目標設定為臺灣 2030 年公務車及公車將全數電動化、2040 年新售汽機車全面電動化。針對近期已逐漸增加占比的市區電動公車以及小型電動乘用車輛，電力基礎設施、供電容量與區域饋線是否足夠，以及尖峰離峰電價規劃等配套措施都對於電動車推動具有相當關鍵的影響。對於臺灣即將開始試行的氫能巴士，一樣會面臨基礎建設、供應鏈成熟度、安全規範以及法規稅制等挑戰，須及早啟動評估、擬定策略，避免部分環節延宕而影響目標之達成。

二、研究範圍及內容

本議題將聚焦臺灣電動車(Battery Electric Vehicle, BEV)及氫能車輛(Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)(車+加氫站)之比較評估，分析國內外低碳車輛政策、各大車廠技術發展路徑與策略、產業及技術發展、能源補充基礎建設、安全法規與驗證能量，以推導出臺灣未來電動車與氫能車輛潛在機會點，提出政策與產業建言，俾利協助國內因應新興電動車與氫能車輛產業需求，培養我國產業國際競爭力。

三、研究結論

本報告歸納結論如下：

(一) 國內外電動車及氫能車趨勢概況

1. **政策：**國際電動車政策因歐、美電動車銷售量已達市場規模，多國調降或取消購車補助。然而為與中國大陸政府高額補助之超低價進口電動車相抗衡，各國政府不得不採取應對措施保護本土廠商，歐、美祭出高關稅，日、韓則增設性能、減碳貢獻度、維修體系、資安應對等補助條件。我國電動車市場正開始成長，仍會提供貨物稅及牌照稅減免：2017 年起電動車完稅價格新臺幣 140 萬內免徵貨物稅，超過 140 萬的部分按小客車貨物稅稅率減半徵收。牌照稅自 2012 年起給予完全以電能為動力之汽機車免徵牌照稅優惠，免徵期限至 2025 年 12 月 31 日止。氫能車方面，國際優先發展商用及重型車輛，我國則推動氫燃料電池大客車試運行計畫。
2. **市場：**國內外電動車銷售均已步上軌道，2023 年國際新售比高於 16%，臺灣 7.02%，預期 2024 年市售比將持續增加；我國訂有新售小客車 2040 年全面電動化之目標，階段性目標 2025 年 10%、2030 年 30%，而 2024 上半年新售電動小客車占比已達 9.52%，相當接近 2025 年 10%的目標，但仍需持續政策支持以達目標。

2023 年國產電動巴士銷售 685 輛，占所有巴士之 40%(685/1,711 輛)，達

成 2030 全面電動化目標(共 11,700 輛電巴)的 28%，加上華德、成運、創奕及鴻華先進等車廠都已具備自製電巴之產能，2030 年目標可望達成。

國際氫能車之發展，2023 年銷售約 1.64 萬輛，顯示氫能車商業化應用尚未全面展開，隨著淨零碳排需求、技術創新及基礎設施的持續改善，氫能車的發展潛力逐漸受到關注。我國已引進少量氫燃料電池大小客車，刻正進行掛牌上路程序，測試臺灣市場接受程度。

3. **技術：**國際車廠如 Toyota 及 Hyundai 推出 BEV 與 FCEV 產品，我國具完整電動車供應鏈及整車實績(電動大小客車、小貨車)，加上 ICT (Information and Communication Technologies)資通訊產業優勢可因應車輛產業聯網化、自駕化、共享化與電動化趨勢。
4. **法規：**國際多採用聯合國 UNECE「型式認證」，我國電動車與氫能車已與國際法規調和制定，電動車需符合「電磁相容性」及「電動汽車之電氣安全」；2017 年公告氫能車輛安規，依據國際法規調和制定「氫燃料車輛整車安全防護」、「氫儲存系統」、「氫儲存系統組件」等。
5. **驗證能量：**我國電動車車輛法規驗證能量已有檢測機構對應相關法規之建置及執行能力，包含電磁相容性及電氣安全等；氫能車輛驗證能量國際機構如歐洲 SGS-TÜV Saar GmbH 等已具備相關能量，我國檢測機構將依政策推動及產業發展之需進而建置相關驗證能量。
6. **基礎設施：**充電站方面，截至 2023 年底國際共 260 萬 AC 槍、140 萬 DC 槍，國際車與公共充電槍比 10：1。依據我國交通部資料，2024 年 6 月累計達 9,564 槍(7,328 AC 槍慢充、2,236 DC 槍)，車與公共充電槍比為 34：1，在政策推動與電動車增長情況下預期將持續成長。加氫站方面，2024 年 6 月國際已逾 1,000 座，我國近期正努力建置首座加氫站。

(二) 面臨之挑戰

1. 充電站面臨之挑戰

- (1) **社區慢充建置：**因用戶比例低且建設費用需共同分攤，住戶意見分歧，燃油車主不願負擔，增加設置困難。
- (2) **商用快充建置：**土地取得困難及高建設成本是主要障礙，缺乏稅賦減抵等誘因也限制擴展。
- (3) **地方規劃：**缺乏整體配電與充電需求的考量，且隨著電動車數量增長，饋線容量不足，改善需要時間。對於非都市土地，如農業用地、森林地或水土保持地，因其用途限制，通常無法符合充電設施建置需求，進一步增加了設置的困難度。

2. 加氫站面臨之挑戰

- (1) **成本問題：**加氫站推廣初期面臨設備成本及營運成本過高，加上用氫車輛尚未成長至經濟規模，業者投資後短期難以回收等問題，需仰賴政府補助才得以鼓勵業者投入。目前全球氫能產業正處於發展初期，加氫站業務成長也出現了停滯階段，更有國外加氫站傳出關閉的消息。
- (2) **法規及驗證能量：**相較於美日韓氫能大國，臺灣在加氫站的相關法規及驗證規範尚未完整，需加速建立法規及驗證制度，以及自主驗證能量。
- (3) **社會溝通：**加氫站設置規劃過程，一旦有任何評估消息，立即引來地方抗爭。目前仍待透過民眾教育與溝通，消除社會對於加氫站安全疑慮，放寬加氫站設置地目與安全距離等限制，臺灣氫燃料電池車與加氫站產業鏈才能逐漸形成與擴大，成為 2050 淨零碳排重要途徑。

四、對策及建言

以下建議事項分政策面、產業面、環境建構三大面向，以條列附加說明方式提出，俾利參酌：

(一) 政策面

1、純電池電動車

- (1) **購車補助之外應結合稅制調整：**我國推動電動車之優惠政策，包括貨物稅減免、減半及免徵牌照稅，其中牌照稅優惠至 2025 年 12 月 31 日止。後續應參考國際多元作法，透過改變補助條件，或對高汙染車輛加重課稅等彈性調整，引導產業發展，促進電動車普及，以實現淨零碳排目標。
- (2) **短期及長期推動政策：**整車方面，電動小客車我國已有自有產品，短期可先用政策鼓勵成長，公務車優先使用國產電動車，持續提升整車及關鍵零組件整合能量及產品競爭力，長期運用我國 ICT 資通訊產業能量創造功能性差異化。
- (3) **以大帶小：**商用車方面，國際電動化趨勢逐漸明朗，我國電動大客車市場因公共運輸市場、明確目標與推動政策已步入軌道，可維持力道投入加速整車「以大帶小」步入國際市場，加強關鍵零組件、電池、智慧駕駛、資安等設備國產化。我國已有電動小貨車產品，政府可順應趨勢加大研發資源挹注，協助產品發展相關產品。

2、氫燃料電池電動車

- (1) **結合國家能源政策推動氫燃料電池電動車輛：**要推動氫燃料電池電動車輛，必需從建立氫能生態系的角度出發。以英國與美國為例，透過氫能示範計畫生產綠氫、設置加氫站，並導入氫燃料電池計程車、小貨車和公車車隊等氫能商業運輸，可避免加氫站閒置並降低營運成本。建議政府在推動初期應該以極少數場域，配合地方產業需求與加氫站位置，作為測試運

行地點。待國家氫能生態圈更完整之後，再推廣至其他場域及應用。

- (2) **優先發展商用車：**相比於純電電池驅動技術，採用氫燃料能使車輛具有較長的續航距離、較短的能源補充時間，及車體重量輕等優點；非常適合運用在商用車隊。日本、德國和挪威都優先將氫燃料電池電動車應用於商用車領域，並透過加氫站建置與補助政策，推動發展。
- (3) **示範運行計畫加速氫能車落實：**推動氫燃料電池電動車示範運行計畫，如日本、英國、美國，並在沿線布建加氫設施，等到計畫結束即可營運。
- (4) **氫能教育宣導：**社會大眾提到氫氣，仍會聯想到 1937 年興登堡號氫氣飛船燒毀、2019 年挪威加氫站爆炸以及各類瓦斯氣爆災難，以致對於加氫站安全性充滿疑慮與恐懼，因此中油公司已規劃在高雄科工館設置氫能教育展示館，透過現場展示與實際操作，希望有助消除民眾心中疑慮。
- (5) **政府政策目標明確制定：**我國交通部雖已宣示將啟動氫燃料電池大客車試辦計畫，結合中油加氫站建置，作為「氫能關鍵戰略行動」的重點措施之一，仍期盼政府對加氫站與氫燃料電池車輛訂出明確政策推動目標，引領相關業者投入產業，加速形成產業循環生態鏈，以帶動產業在地化及成本低減效益。

3、跨部會合作掌握機會

- (1) **需要跨部會的合作：**電動車與氫能車的推展不僅是經濟部、交通部的責任，環境部的碳權也對推動有幫助，硬體購置補助之外還可以用稅制調整或是其他方式，此點也需要邀請財政部參與。氫能車產業生態系跟電動車不同，不只是車輛本身，還有加氫站跟氫氣的供應，要將國際市場考量進去，才有機會發展。
- (2) **掌握自駕化之產業機會：**車輛聯網自駕化帶動資安需求，而在國際地緣政治加強避免紅色供應鏈滲透要求下，汽車因為發展具備聯網、通訊及影像感測等功能，成為關注焦點。我國業者注重智慧財產權與資安議題，有助我國由整車及關鍵零組件切入國際市場，建議我國政府可持續挹注資源協助法人機構盤點國內產業發展需求，並因應自駕化持續挹注研發資源，並強化法規與驗證能量，協助廠商加速邁向國際市場。

(二) 產業面

1、我國電動車產業

藉由全球電動車發展趨勢，運用臺灣電動車供應鏈之優良基礎，我國可扮演重要零組件/次系統供應商或整車研發/製造的角色。國發會現已設定 2030 年市區公車及公務車全面電動化，以及 2040 年電動車市售比 100% 目標，有利於鼓勵業者投入車型及零組件研製。

- (1) **電機**：可發展低稀土高轉速高效率動力馬達，突破稀土資源掌握於特定國家之狀態。
- (2) **電控**：可對應未來電動車及自駕車發展精準控制策略所需，研製高可靠高精度整車線控技術，例如國內已有廠商投入電動大客車的車輛控制VCU(Vehicle Control Unit)客製化產品。
- (3) **電池**：臺灣電池芯產業尚處於發展初期階段，國際前五大廠在乘用車及輕型電動車領域的全球市占率已達約 8 成，且彼此之間價格競爭激烈，臺灣電池產業廠商要逕行投入將面臨龐大投資與發展競爭風險，若能朝向加強拓展利基市場商機，如電動巴士、超跑、商用車及特殊用途車輛等小量多樣的市場，或是聚焦於下世代固態電池技術商品化發展，較有機會生存並求突破機會。

2、我國氫能車產業

- (1) **優先發展大客車及商用車應用**：氫燃料電池車應用於商用車範疇比乘用車更具利基與優勢，尤其在遠途行駛與商用物流應用場景，各國主要朝商用車發展，我國示範運行亦規劃從氫燃料電池大客車著手，目標探詢可行商業模式及我國可切入之相關零組件。短期可朝以燃料電池做為鋰電池增程使用，類似油電混合方式，作為研發方向之一。未來適用於重卡等更大功率的電堆與系統研發需早日投入，同時更高儲氫密度的液氫技術也需提早佈局，以因應未來產業需求。
- (2) **降低氫燃料電池成本及發展系統零組件**：氫燃料電池可藉由雙極板從石墨板改為金屬板、白金觸媒減量、回收白金來降低成本。氫燃料電池系統除了核心的電堆之外，主要是由空壓機、管線、閥門以及碳纖維複合材料高壓儲氫氣瓶所組成，而臺灣在空壓機、閥件、碳纖維複合材料等領域都有深厚根基，因此有條件、有機會打入氫能載具關鍵零組件市場。
- (3) **車用氫能技術能量升級**：建議開發動力型燃料電池電堆及系統技術，先以商規燃料電池電堆模組進行系統整合技術開發，建構燃料電池電堆模組與系統關鍵技術及專利佈局，再透過車載燃料電池系統整合技術開發，推動國內燃料電池周邊輔助機械模組(Balance of Plant, BOP)廠商技術能量升級，投入車載燃料電池應用市場。

3、車用電子產業

不論車輛動力來源為何，車輛電動化、智慧化、聯網化及自駕化趨勢將使車輛電子整合程度將不斷提高。我國具備優異 ICT 資通訊產業能量，並擁有世界級電子供應鏈及豐富車電產品供貨經驗，可提供馬達、電控、先進駕駛輔助系統、即時線上軟體更新裝置等。政府可優先發展車用電子產業，並以國內整車市場累積外銷實力。2023 年我國汽車電子外銷年產值

已達 4 千億臺幣，預估 3 年後可達 9 千億，有望成為我國下一個兆元產業。

(三)、環境建構

1、充電環境

- (1) **確保電網容量符合充電需求：**因應未來電動車普及，建議在新興都市計畫或大型開發案中預留二次變電站用地，確保供電力充足。對於舊市區，為避免新增充電設備導致饋線容量不足並引發跳電，台電建議業者和社區住戶在設置充電基礎設施時以專用電錶搭配電能管理系統(Energy Management System, EMS)，透過電動車專用時間電價尖離峰價差誘因，在有限饋線條件下最大化充電效益，確保電動車充電需求與電網容量相匹配。
- (2) **提升電動車主充電便利性：**充電系統硬體規格統一之外，也需不同營運系統間可漫遊通用。目前僅車廠推動，待政府相關部會推動整合。
- (3) **電動車用車安全：**動力電池能量密度進步迅速，但電動車行駛、停車充電期間火災事件時有所聞，停車環境相關消防法規也需與時俱進。

2、加氫環境

- (1) **整合全國加氫站網路建設：**加氫站面臨建設成本高、低使用率之困境，需採用最有效率之規劃。針對路線較固定的商用車，可將加氫站地點規劃於高速公路休息站、工業區內、港口碼頭等地，省去遍地開花之網路設置。
- (2) **提早規劃氫氣來源：**充足且便宜之氫氣來源需事先規劃，避免重蹈 2024 年美國加州因氫源不足導致加氫站關閉的事件。同期南韓也傳出由於產氫設備故障且煉鋼用氫增加的緣故，導致南韓用於交通領域的氫氣減少。
- (3) **加氫站設備及營運成本過高問題：**建議我國政府參考日、韓等氫能大國經驗，補助加氫站建置、營運、零售氫氣費用。如對加氫站建置費用最高補助 50%、營運費用最高補助 2/3、零售氫氣價格則比照等效 95 汽油價格制定後補貼差額，方可促成早日達到氫燃料電池車與加氫站商業運轉規模。
- (4) **驗證能量建置：**國內針對電動車檢測項目已有可對應之檢測機構。氫燃料電池車方面，國內法規已接軌國際標準，預期隨著我國示範計畫帶動氫燃料車輛產業發展，車輛與零組件之驗證體系需求將逐漸提升，建議政府可提供政策資源協助國內法人機構持續關切國內產業需求及國際機會點。

財團法人中技社

第一章 車輛低碳化政策及市場發展

前言

全球共同對抗氣候變遷策略中，運輸部門減碳成為當前重要國際政策之一。針對車輛動力採用電能或氫燃料電池作為主要驅動能源，不同程度的兼容或替代傳統燃油，形成當前新車市場多樣產品。一般可區分為以下三類(參見圖 1.1.1)。

一、內燃機與混合動力車輛(ICE, H2ICE, MHEV, HEV)

以燃燒燃料之內燃機(Internal Combustion Engine, ICE)為動力的車輛，涵蓋傳統汽柴油車、替代燃料(Alternative Fuel)車輛(如燃燒氫氣之氫引擎車 H2ICE)、利用輔助馬達降低油耗的微型油電混合車(Mild Hybrid Electric Vehicle, MHEV)、可同時以內燃機與馬達驅動的油電混合車(Hybrid Electric Vehicle, HEV)。HEV 在低速區間以馬達驅動、內燃機巡航時慣性驅動發電機回收部分動能對電池充電。

二、插電混合動力車輛(PHEV、EREV)

插電混合動力車輛(Plug-In Hybrid Electric Vehicle, PHEV)指優先以電力為主要驅動技術，可用充電槍對電池直接充電，亦可同時以汽柴油引擎驅動車輛並對電池充電。增程型電動車(Extended Range Electric Vehicle, EREV)類似 PHEV 插電式混合動力車，具有燃油引擎、電池和電動馬達，不同的是 EREV 增程型電動車的引擎僅供電池充電，不驅動車輛，車輛的動力來源還是全靠電池與馬達提供。

三、電動車(EV，涵蓋 BEV 與 FCEV)

完全以電力為主要驅動技術的電動車輛(Electric Vehicle, EV)。可以再區分為純電池(Battery Electric Vehicle, BEV)或氫燃料電池(Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)電動車。BEV 僅以電池驅動車輛馬達；FCEV 則在車上多配備一套氫氣電化學反應的燃料電池，產生電力以驅動馬達。

	內燃機與混合動力車輛			插電混合動力車輛		電動車	
主要類型	MHEV	HEV	H2ICEV	PHEV	EREV	BEV	FCEV
代表車款	AUDI A8 (48V)	TOYOTA Altis Hybrid	TOYOTA HIACE H2	比亞迪 宋 Pro	理想 one	Tesla Model Y	Toyota Mirai
系統架構							
動力來源	引擎	引擎+馬達	引擎(氫燃料)	引擎+馬達	馬達	馬達	馬達
充電接頭	無	無	無	有	有	有	無
馬達功率*	無	55kW	無	145kW	240kW	378kW	136kW
能源容量	72L (燃油)	55L (燃油)	6.2kg (氫能源)	63L+18kWh (燃油+電池)	55L+42kWh (燃油+電池)	78kWh (電池)	5.65Kg (氫能源)
純電里程	無	3-5 km	無	150 km	510 km	645 km	650 km

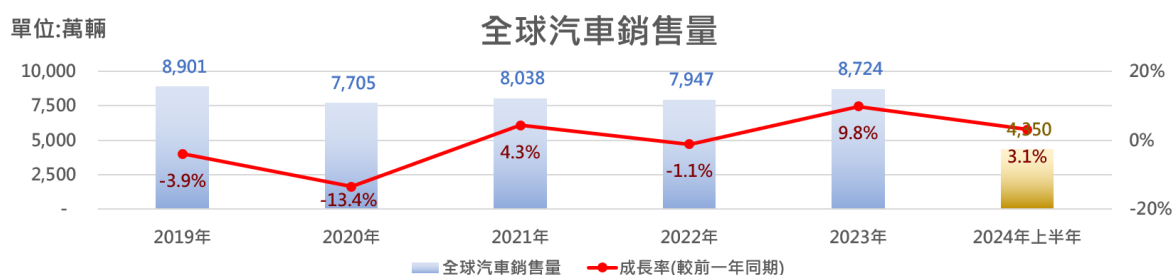
資料來源：中經院、車輛中心彙整 *馬達功率以動力馬達為計，輔助馬達不計入

圖 1.1.1、車輛定義與相關車型

第一節 國際電動車及氫能車市場現況

一、國際汽車市場銷售概況

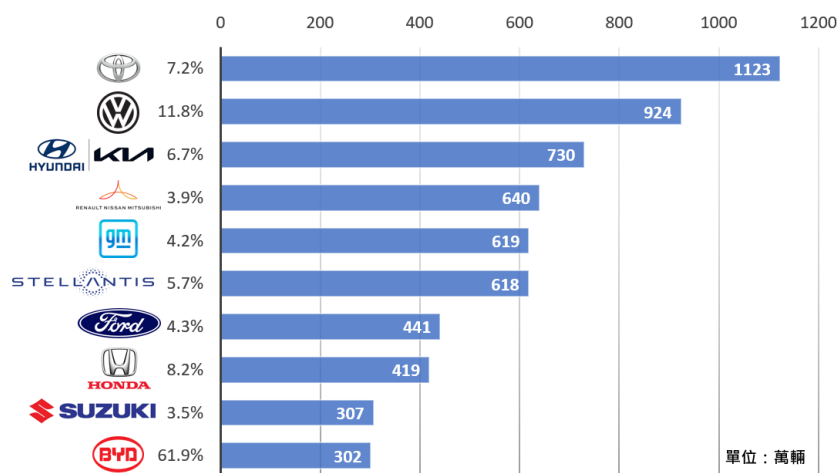
依據市場調研機構 Marklines 統計，2023 年，全球汽車市場銷售達 8,724 萬輛，較 2022 年增長 9.8%，主要受到疫情封鎖解除及缺料狀況改善的影響，各大車廠逐步恢復生產動能，推動汽車市場發展。2023 年，全球小客車市場銷售量排名前三的國家分別是：中國大陸以 2,598 萬輛居首，年成長率為 5.5%；其次是美國，銷售量達 1,613 萬輛，成長率為 12%；第三位是印度，銷售量為 508 萬輛，成長率達 6.6%。



資料來源：Marklines、車輛中心整理(2024/11)

圖 1.1.2、全球汽車銷售量概況(2014-2023)

根據 IEK 及 Focus2Move 所進行的 2023 年全球銷售量分析，TOYOTA 集團以 1,123 萬輛的銷量(增長 7.2%)穩居全球第一。第二和第三名分別是 Volkswagen VW 集團(924 萬輛，增長 11.8%)和 Hyundai 與 Kia 集團(730 萬輛，增長 6.7%)。值得注意的是，中國大陸 BYD 比亞迪汽車首次進入全球主要車廠集團榜單，受惠於中國大陸龐大的市場和成本競爭優勢，銷量達到 302 萬輛，大幅增長 61.9%。

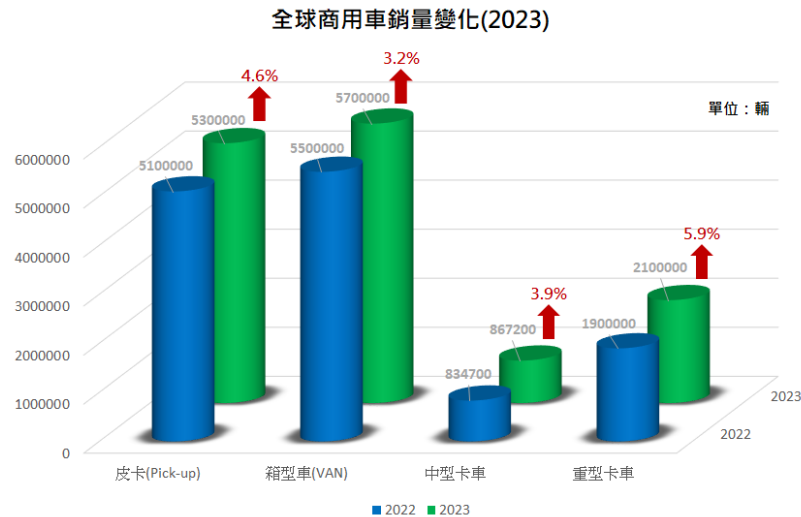


資料來源：IEK、Focus2Move、車輛中心整理(2024/9)

圖 1.1.3、全球集團車廠銷售量排名(2023)

國際市場中，商用車型係依據車輛額定總重(Gross Vehicle Weight Rating, GVWR)，概分為輕型商用車(Light Commercial Vehicle, LCV)及中重型商用車

(Medium and Heavy-Duty, M& HD)。依據市場調查機構 Frost & Sullivan 指出，2023 年全球輕型商用車市場約 1,100 萬輛，涵蓋 530 萬輛皮卡以及 570 萬輛廂型車；中重型商用車市場總計約 297 萬輛，其中包括 86.7 萬輛中型卡車，以及 210 萬輛重型卡車，集中於北美、歐洲及中國大陸區域。其中，皮卡年成長 4.6%、箱型車年成長 3.2%、中型卡車年成長 3.9%、重型卡車年成長 5.9%。綜上所述，全球商用車市場逐步成長。



資料來源：Frost & Sullivan、車輛中心整理(2024/9)

圖 1.1.4、全球商用車銷量變化(2023)

根據 Statista 市場調研機構統計，截至 2023 年，全球大客車銷售量達 43 萬輛。該機構預估到 2024 年全球市場銷售持平為 44 萬輛，主要市場將逐漸轉移至美國、歐洲(如挪威)、南美洲等國家，而美國將在 2024 年佔據市場主導地位，銷量預估將達到 11.63 萬輛。

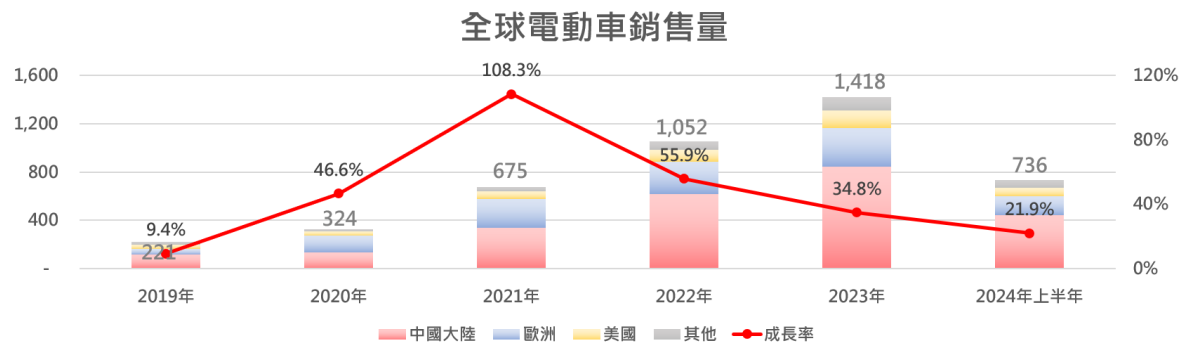
二、全球電動小客車市場生產及銷售概況

根據 EV-Volumes 數據(圖 1.2.6)，2023 年全球新能源車市場銷售再次創下新高。各國政府積極推行實現淨零排放政策目標的多項措施，加上各大車廠快速推進電動化轉型，全球電動車銷售量已連續兩年突破千萬輛。2023 年全球電動車銷售量達 1,418 萬輛，較 2022 年增長 34.8%，銷售占比逾 16%。據 EV-Volumes 統計，全球前十大市場中，中國大陸(841 萬輛，占 59%)居首，其次是美國(146.5 萬輛，占 10%)和德國(71.9 萬輛，占 5%)，其後依次為法國、英國、比利時、加拿大、瑞典、南韓和荷蘭。

2024 年上半年，全球電動車銷量達 736 萬輛，年增率 21.9%。隨著疫情封控措施放開及供應鏈問題改善，車市持續蓬勃發展。在全球推動淨零減碳與 CASE(聯網化、自駕化、共享化與電動化)趨勢下，電動車、自駕車、氫能車及汽車電子等領域受到高度重視。

電動車及氫能車發展評估

單位:萬輛



資料來源：EV-Volumes、Frost& Sullivan，車輛中心整理(2024/11)

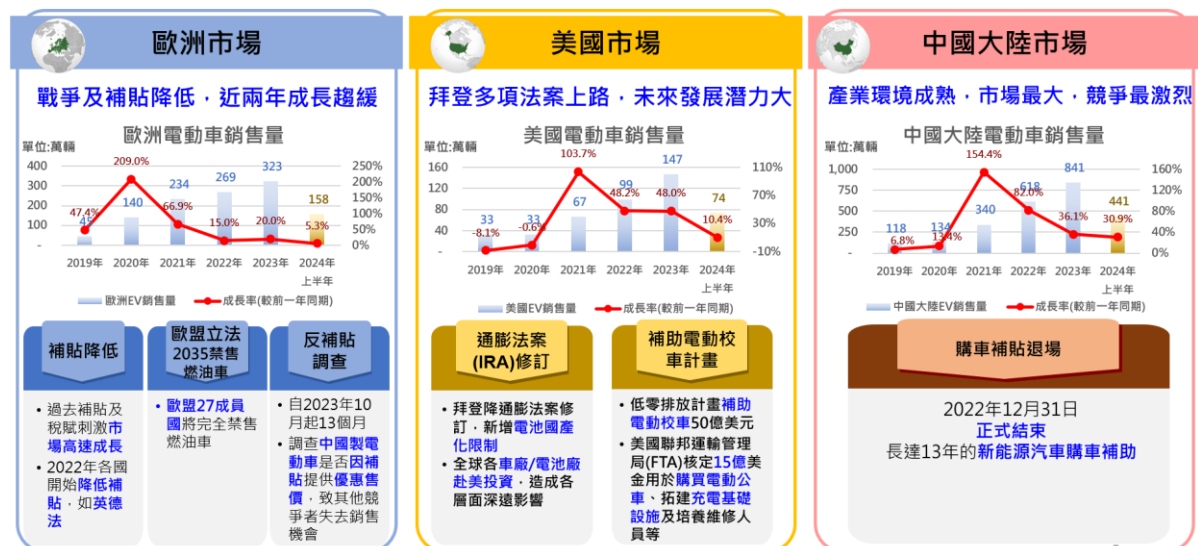
圖 1.1.5、全球電動車銷售量(2023)

統整 2023 年全球電動車款的銷售情況，美國電動車市場銷量增長 47% 至 146 萬輛，特斯拉 Model Y 銷售領先，達 37 萬輛。本土品牌如通用(GM)、福特(FORD)和吉普(JEEP)也投入電動車開發，並獲政策支持吸引投資。

比亞迪憑藉龐大內需市場和垂直整合供應鏈優勢，有效降低成本，在全球市場推出多款電動車，使其成為 2023 年全球市占率第一。中國大陸車廠積極拓展國際市場，甚至規劃設立生產基地，引起各國關注。

在日本，車廠在燃油車和油電車方面取得成功，油電混合車市占率達 39%，使其在電動化轉型上較歐洲保守，但近年來也加大對電動車的投入。

歐洲方面，福斯(VW)、寶馬(BMW)和賓士(M-Benz)等積極推進電動化轉型，儘管部分國家補貼退場及國際環境影響。歐洲電動車市場在 2023 年銷量仍然增長了 20%，達到 323 萬輛。



資料來源：EV-Volumes、EV-Sales，車輛中心整理(2024/11)

圖 1.1.6、主要國家電動車銷售概況

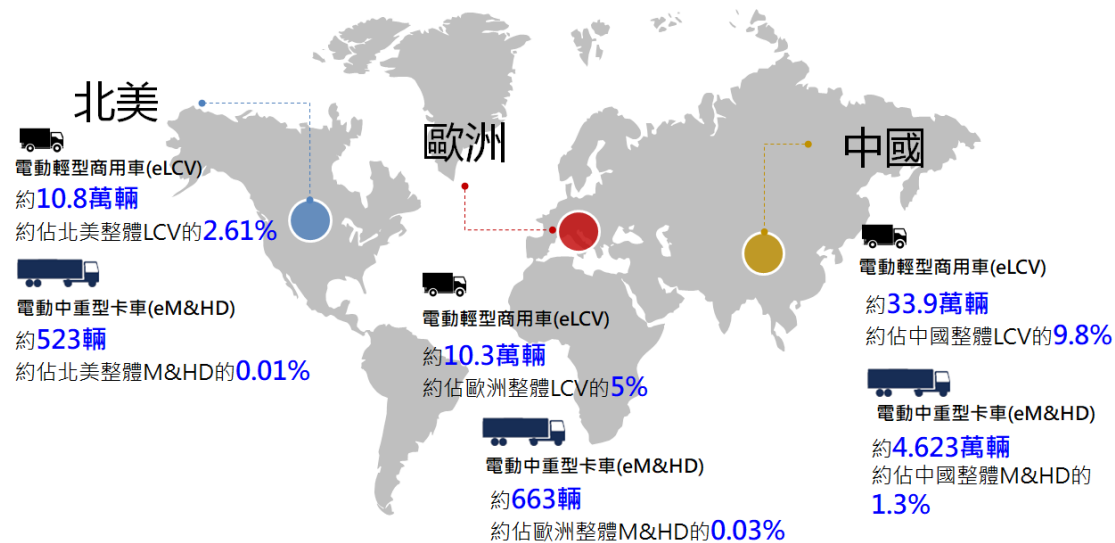
東南亞地區因人口多、資源豐富及政策支持，成為值得關注的電動車市場。泰國 2024 年實施 EV3.5 政策，鼓勵電動車投資及本地製造。印度則通過生產連結激勵計畫 (Production Linked Incentive Scheme, PLI) 和先進化學電池補助 (Advanced Chemistry Cell, ACC)，吸引外國車廠設置生產基地和電池廠，推動其電動車產業發展。

三、全球電動商用車市場生產及銷售概況

(一) 全球輕型及中重型電動商用車市場概況

全球電動商用車(LCV、M&HD)市場銷售集中於中國大陸、北美及歐洲三大地區，並以中國大陸電動化程度最高。(Frost & Sullivan, 2024)

中國大陸市場輕型電動商用車保有量約 33.9 萬輛，占比 9.8%；中重型電動商用車約 4.623 萬輛，占比 1.3%，主要車廠包括五菱、福田等。北美輕型電動商用車約 10.8 萬輛，占比 2.61%；中重型電動車約 523 輛，占比 0.01%，主要車廠有福特(FORD)、通用(GM)等。歐洲輕型電動商用車約 10.3 萬輛，占比 5%；中重型電動車約 663 輛，占比 0.03%，主要車廠為斯泰蘭蒂斯(Stellantis)、福特(FORD)等。



資料來源：IEA、車輛中心整理(2024/9)

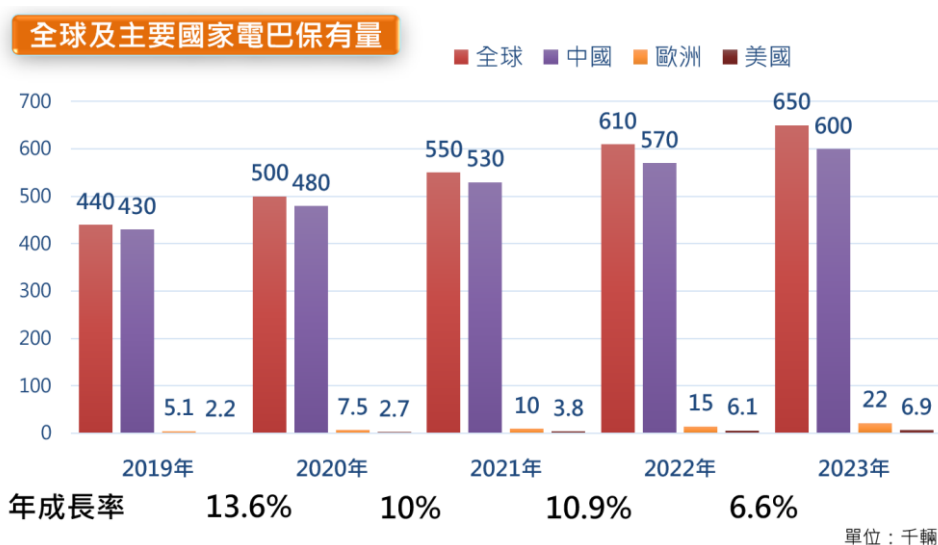
圖 1.1.7、全球電動商用車銷售概況(2023)

依據國際能源總署 IEA 以及 Frost & Sullivan 統計，2023 年中重型電動商用車(涵蓋中型及重型卡車)銷量較 2022 年成長 35%，約 4.8 萬輛。成長比例雖低於 2022 年的 85%，但仍具有明顯的增長。同時，美國電動卡車銷量成長 3 倍，雖銷量僅只 523 輛。鑑於各國淨零政策的推進，IEA 預估電動卡車銷售將持續成長，例如歐盟針對 HDV 的 CO₂ 標準，目標是到 2040 年 CO₂ 排放量減少 90%。

(二) 全球電動大客車(巴士)市場概況

依據 IEA 統計，2023 年，全球電動巴士銷量接近 5 萬輛，比利時、挪威和瑞士等多個歐洲國家以及中國大陸的電動巴士銷售佔比超過 50%。此外，加拿大、智利和芬蘭的電動巴士銷量占總銷量的五分之一以上。荷蘭、波蘭、葡萄牙和瑞典也有顯著的銷售量。

目前全球電動巴士保有量約為 65 萬輛，其中 92%在中國大陸，其他國家電動巴士佔比較低之主要原因，係因新興市場和發展中經濟體的銷售有限，且美國和韓國等主要市場的銷售量較低。



資料來源：IEA，車輛中心整理(2024/5)

圖 1.1.8、全球電動巴士保有量概況(2019-2023)

2020 年中國大陸占全球電動公車銷售量 90%，至 2023 年占比降至 60%，主因為國內需求減少及其他地區銷量增加。宇通、比亞迪等轉向出口，使中國品牌在歐盟市占率增至 30%。電動巴士在新興市場如拉丁美洲和非洲發展迅速，波哥大和聖地牙哥購買 6,500 輛，非洲新創公司 BasiGo 計畫在肯亞和盧安達銷售 1,200 輛。

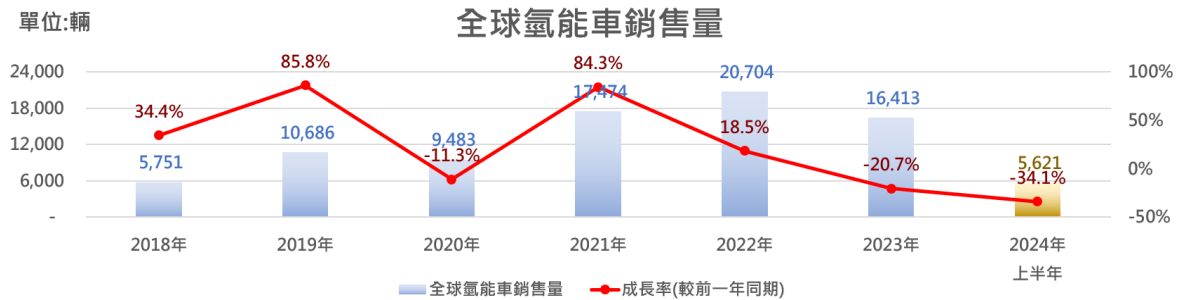
根據 Bloomberg NEF(BNEF)的電動車展望，預計到 2032 年，全球將有近 50% 的公車將電動化；新售巴士中，高達 75%將是電動巴士。在過去，電動巴士的趨勢主要與中國大陸相關，但隨著中國大陸取消購車補助轉為市場導向，以及其他主要國家加速部署電動巴士，預期電動巴士銷售增加趨勢將邁向全球化。

四、全球氫燃料電池車市場概況

依 SNE Research 統計，自 2017 年起全球氫燃料電池車銷售市場快速成長，並於 2022 年達到頂峰，2023 年則呈現衰退。2023 年氫燃料電池車銷量為 16,413 輛，較 2022 年減少 20.7%。中國大陸銷售 5,362 輛，占全球 32.6%，居首位；韓國現代(Hyundai)銷售 5,012 輛，占 30.5%，比去年同期大幅衰退 55.9%；日本豐

田(Toyota)銷售 3,839 輛，占 23.3%。

2023 年，現代汽車銷量大幅衰退，原因包括 NEXO 自 2018 年迄今未改款、市場吸引力下降、韓國氫燃料供應問題及中國大陸電動車競爭。豐田銷量微幅成長，受 CROWN FCV 新車型發布及美國市場優惠推動。中國大陸因政策推廣和基礎設施建設，商用車銷量領先，吸引國際車廠(豐田、現代)投資，預計其氫燃料電池商用車市場將快速成長。



資料來源：SNE Research、車輛中心整理(2024/11)

圖 1.1.9、全球氫燃料電池車輛銷售量統計

2024 年上半年全球氫能車銷量 5,621 輛，較去(2023)年同期衰退 34.1%，依據 SNE 研究表示因氫氣價格波動、燃料補充成本提升、基礎設施短缺等因素，影響消費者使用便利性，致整體市場持續衰退。

第二節 國際車輛低碳化政策

以下將區分為純電池電動車與氫燃料電池電動車，分別說明主要國家當前政策重點。

為應對淨零碳排目標，各國積極推動能源政策，主要國家包括美國、中國大陸、日本、韓國以及歐洲國家，如德國、英國和挪威等。接下來將對這些國家的政策進行詳細說明：

一、美國

美國積極推動零排放車(包含電動車、氫燃料電池車)的發展，作為應對氣候變遷的重要策略，並於 2021 年 11 月美國總統拜登簽署《兩黨基礎設施法案》(Bipartisan Infrastructure Law)，該法案立法授權並撥款 620 億美元給美國能源部(Department of Energy, DOE)，其中 95 億美元專用於清潔氫能領域。次年 8 月又簽署《通脹削減法案》(Inflation Reduction Act, IRA)，主要針對清潔氫能提出額外投資與抵減相關獎勵措施，支持清潔車輛(純電池電動車、插電混合動力車及氫燃料電池車等)市場化進程及基礎設施建設。以下將分述說明美國聯邦與地方加州政府零排放車輛推動之重要措施。

(一)聯邦政府

1.購置補貼獎勵：依據美國 IRA 法案提出多項購置零排放車輛(如：電動車、插電混合動力車、氫燃料電池車)的抵稅政策，對購買純電動、插電式混合動力汽

車或氫燃料電池車之租稅抵減延長實施至 2032 年。同時，車輛須在北美進行最終組裝、動力電池關鍵礦物材料一定比例開採或加工自美國或與美國有自由貿易協定的國家或在北美回收、電池零組件要求一定比例在北美製造或組裝，且礦物材料及電池零組件之比例要求逐年提升。同時還設有新車及中古車車價限制與購買者總收入限制，不符規定將無法獲得補貼(IRS, 2023)。

表 1.2.1、美國聯邦政府推動 ZEV 政策措施

美國聯邦政府	
財政補貼 車輛購置	<p>購車抵免金額為 7,500 美元，實施期限至 2032 年。</p> <p>新車(電池容量 $\geq 7\text{kWh}$)獲得補助需符合限制與條件：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.年所得限制：個人須低於 15 萬美元(聯合申報低於 30 萬美元)。 2.電動車售價限制：(1)SUV/貨卡/貨車低於 8 萬美元、(2)其他車種低於 5.5 萬美元 3.符合供應鏈條件：(1)組裝地須在北美地區、(2)動力電池關鍵礦物開採與加工須一定比例在美國或與美國有貿易協定的國家或在北美回收(比例為 2023 年 40%、2024 年 50%、2025 年 60%、2026 年 70%、2027 年 80%)；(3)電池零組件要求一定比例在北美製造或組裝(比例為 2023 年 50%、2024 至 2025 年 60%、2026 年 70%、2027 年 80%)。 <p>二手車(車齡 2 年以上)可獲得最高車價 30%、上限 4,000 美元之購車抵免；車輛需符合條件：年所得個人低於 7.5 美元(聯合申報低於 15 萬美元)、電動車售價不超過 2.5 萬美元</p>
財政補貼 研發製造	<p>替代燃料汽車研發補助金：支持小型企業投入於電動車充電基礎設施、電池技術等創新研發</p> <p>國內製造業轉型補助計畫：支持 HEV、PHEV、FCEV 相關車輛零組件製造與其供應鏈發展</p> <p>先進運輸車輛製造貸款計畫：支持在地車廠發展具燃油經濟性車輛及相關零組件軟硬體設備</p>

2.研發製造補助支持：美國 DOE 推動零排放車輛技術發展，近年來實施多項補助計畫。包括：2022 年 9 月美國 DOE 啟動「替代燃料汽車研發補助金(Alternative Fuel Vehicle [AFV] Research and Development Grants)」，提供高達 20 萬美元研究開發補助金，支持小型企業投入於電動車充電基礎設施、電池技術等創新研發(U.S. Department of Energy, n,d.)。此外，實施「國內製造業轉型補助計畫 (Domestic Manufacturing Conversion Grants Program)」經費達 20 億美元，旨在支持油電混合車、插電混合動力車、氫燃料電池車及相關車輛零組件製造與其供應鏈的發展，此計畫實施至 2031 年 9 月為止(U.S. Office of Manufacturing and Energy Supply Chains, n,d.)。另推出實施「先進運輸車輛製造貸款計畫(Advanced Transportation Vehicle Manufacturing[ATVM]Loan Program)」，其總經費 177 億美元，此專為提供美國車輛相關製造商支持發展具燃油經濟性車輛及相關零組件軟硬體設備(Loan Programs Office, n,d.)。

(二)地方州政府-加州為例

1.設立階段目標年期：2018 年發布零排放車輛推廣計畫(Zero Emission Vehicle Promotion Plan)指出，將於 2025 年實現 150 萬輛 ZEV 行駛於道路、興建 200 座加氫站、25 萬個電動車充電站(其中 1 萬個為快充)；2030 年時有 500 萬輛的 ZEV 行駛於道路；2050 年從運輸領域排放的溫室氣體較 1990 年減少 80%。另對營運端之要求，則包括：2035 年前所有機場接駁車必須 100%為 ZEV、交通網絡車隊(如 Uber、Lyft)至 2030 年 90%行駛里程由 ZEV 實現、2035 年起學校僅能購買或租賃 ZEV 校車、2040 年公車巴士機構的車輛均全面轉型為 ZEV 公車(U.S. Department of Energy, 2024)。

2.購置補貼獎勵：加州實施環保汽車抵減專案(Clean Vehicle Rebate Project, CVRP)，現金折抵金額：BEV 折抵 2,000-7,500 美元、PHEV 折抵 1,000-6,500 美元、FCEV 折抵 4,500-7,500 美元；此專案 2023 年 11 月 8 日停止申請(California Air Resources Board, 2023)。此外，加州針對低收入家庭推出「人人享有清潔汽車計畫(Clean Cars 4 All)」(Bay Area Air Quality Management District, n.d.)與「環保駕駛協助計畫(Driving Clean Assistance Program, DCAP)」(Community Housing Development Corporation, n.d.)，前者提供最高補貼額 10,000 美元，若申請人居住在列為貧困弱勢人口普查區域內，可額外獲得 2,000 美元補貼；後者則提供 7,500 美元補助金或高達 30,000 美元的融資支援。

3.非財政獎勵：實施清潔空氣車輛標籤計畫(Clean Air Vehicle[CAV] decal program, CAVP)，此計畫凡符合指定排放標準的車輛，即獲得 CAV 貼紙(California Department of Motor Vehicles, n.d.)。以個人/家庭總年收入作為申請標準，低收入戶能申請 CVRP 補助及車輛標籤計畫。獲得 CAV 貼紙的車主，把標籤貼於車身規定範圍。該車輛將可享有行駛於高速公路高乘載車道權利，並允許行駛的車輛上可以僅有 1 名駕駛。

表 1.2.2、美國加州政府推動 ZEV 政策措施

加州地方政府	
階段目標年期	<ul style="list-style-type: none"> ● 2025 年：150 萬輛 ZEV 行駛於道路、興建 200 座加氫站、25 萬個電動車充電站、車廠製造/銷售 ZEV 比例 100% ● 2030 年：500 萬輛 ZEV 上路、交通網絡車隊 90%行駛里程為 ZEV ● 2035 年：機場接駁車 100%為 ZEV、學校僅能購買/租賃 ZEV 校車 ● 2040 年：公車巴士機構車輛均全面轉型為 ZEV 公車
財政補貼車輛購置	<ul style="list-style-type: none"> ● 加州環保汽車抵減專案(CAVP)現金折抵：BEV 折抵 2,000-7,500 美元、PHEV 折抵 1,000-6,500 美元、FCEV 折抵 4,500-7,500 美元； ● 提供低收入家庭補貼：(1)人人享有清潔汽車計畫(Clean Cars 4 All)最高補貼可達 12,000 美元；(2)環保駕駛協助計畫(DCAP)提供 7,500 美元補助或高達 30,000 美元的融資等支持
非財政措施	<ul style="list-style-type: none"> ● 清潔空氣車輛標籤計畫(CAVP)：符合排放標準的車輛可獲得 CAV 貼紙，該車輛可享有僅 1 名駕駛仍可行駛於高速公路高乘載車道權利

資料來源：中經院彙整。

二、中國大陸

中國大陸當前成為全球最大新能源車市場，多年來產銷數量穩居全球首位，在地車廠自主品牌並推出多款新能源車型。此外，中國大陸在氫燃料電池車的推動也取得顯著成果，這得益於政策的支持，包括制定明確的發展目標、實施車輛補貼獎勵及推行城市示範計畫等各項措施，如規劃 2035 年新能源車銷量達到所有新車銷量的 50% 以上、針對新能源公共服務車輛提供運營補助、低碳示範城市等。

中國大陸新能源車與氫燃料電池車政策重點(參見表 1.2.3)，以下將分別說明。

(一) 新能源車主要政策

中國大陸新能源購車補貼至 2022 年底止，後續仍實施其他有助於新能源車消費之相關政策措施。如：新能源車輛購置稅(10%)減免，2024-2025 年免稅額最高不超過人民幣 3 萬元、2026-2027 年免稅額最高不超過人民幣 1.5 萬元。於 2023 年 7 月實施更嚴格的環保法規，並加速公共領域車輛電動化的推進，包括市區公車、計程車、郵政快遞等車輛全面電動化，並要求新增公共充電樁和車輛推廣數量達到 1:1 比例。

為促進新能源車的普及，2023 年推出新能源車下鄉活動；鼓勵企業針對農村市場，推動性價比高的新能源載貨車、加強售後服務網路及完善農村公共充電樁基礎設施等措施(中國汽車調查月報, 2024)。

地方政府自訂新能源車優惠待遇措施包括：財務補貼優惠、非財務補貼(如：免牌照費、免通行費、免臨時停車費...)。部分地方城市發放汽車消費券，例如北京市朝陽區舉辦 2024 汽車消費券發放活動暨「朝陽 2024 購車節」，消費券發放規模為人民幣 2,000 萬，其針對不同購車需求設置人民幣 1,000-15,000 元額度不等的購車補貼(北京市朝陽區人民政府, 2024)。

(二) 氫燃料電池車之重要政策

中國氫燃料電池車長期以補貼推動，直至 2020 年 9 月發布《關於開展燃料電池汽車示範應用的通知》，轉向透過城市區域示範促進產業化應用。2021 年公布五大示範群城市北京、上海、廣東、河北及河南等(上海羅蘭貝格, 2021)。

2022 年 3 月實施「氫能產業發展中長期規劃(2021-2035 年)」，提出將有序推廣氫燃料電池車交通領域示範用，並設定階段性目標至 2025 年氫燃料電池車保有量約 5 萬輛，同時持續建置加氫站、再生能源製氫量達 10-20 萬噸/年等(中華人民共和國國家發展和改革委員會, 2022)。依循中央訂定的政策目標，各省市地方政府自訂氫燃料電池車推動政策措施，多數地方政府也著力於氫燃料電池車商用車之應用，其領域涵蓋：旅遊、市區運輸、物流(冷鏈)、公務等使用。

中國大陸以補貼作為氫燃料電池車推動之重要措施，補貼措施實施迄今。車

型以重型貨車補貼額較乘用車與輕/小型客車高，重型貨車之中又以車重大於 31 噸享有較高的補貼(2023 年人民幣 37.8 萬)、客車則以大型客車(2023 年人民幣 25.2 萬)之補貼金額較高(浙江證卷, 2022)。若要獲得購置補貼的車款，前提須符合車輛技術要求。2023 年最新公告技術規範，車輛技術除了續航里程維持不變(不低於 300 公里)，系統額定功率從 30 kW 提高至 50 kW、也提高系統額定功率與驅動馬達額定功率比值不得低於 50%。此外，新增技術指標三個項目，包括：電池啟動溫度、電池堆額定功率密度及電池系統額定功率密度等。顯示中國大陸逐步提高車輛補貼之技術門檻，此作法間接引導中國大陸車廠強化零排放車輛之技術含量。

中國大陸自實施城市試點示範項目後，補貼改由地方自行制定獎勵措施。2024 年各地方政府陸續發布補貼相關措施，各地實施的補貼措施趨於多元，不僅給予車輛購置補貼，另提供示範營運、產銷獎勵及汰換舊新等補助。此外，部分地方政府(如：成都、重慶及山東等)也透過非財務措施，如：免收高速公路通行費或給予市區高峰時段橋隧通行便利等措施，輔以加速氫燃料電池車普及。

表 1.2.3、中國大陸新能源車與 FCEV 政策措施

新能源車	
新排放標準	<ul style="list-style-type: none"> 2023 年 7 月起「國六排放標準 6b」在全國範圍內生效，規定不符合標準的輕型乘用車已無法製造或銷售
財政補貼 車稅減免	<ul style="list-style-type: none"> 給予新能源車輛購置稅(10%)減免，2024-2025 年免稅額最高不超過人民幣 3 萬元、2026-2027 年免稅額最高不超過人民幣 1.5 萬元
購置補貼 地方發放消費券	<ul style="list-style-type: none"> 地方發放消費券刺激大眾購買，如：北京市消費券發放規模為人民幣 2,000 萬，針對不同購車需求設置人民幣 1,000-15,000 元額度的購車補貼
氫燃料電池車(FCEV)	
FCEV 示範 城市、階段 性目標	<ul style="list-style-type: none"> 中國大陸政府推動燃料電池汽車五大示範城市群(北京、上海、廣東、河北及河南)，並設定 FCEV 目標數超過 3.5 萬輛及建立超過 500 座加氫站
財政補貼 FCEV	<ul style="list-style-type: none"> 需符合車輛技術要求：續航里程不低於 300 公里、系統額定功率不低於 50kW、系統額定功率與驅動馬達額定功率比值不得低於 50%；新增電池啟動溫度、電池堆&電池系統額定功率密度。補貼以重型貨車補貼額較乘用車與輕/小型客車高、重型貨車以車重大於 31 噸享有較高的補貼(2023 年人民幣 37.8 萬)、客車以大型客車(2023 年人民幣 25.2 萬)補貼
非財政措施	<ul style="list-style-type: none"> 地方政府實施非財政措施包括：免收高速公路通行費(成都市、山東市)、給予市區高峰時段橋隧通行便利(重慶市)等措施

資料來源：中經院彙整。

三、日本

為了實現 2050 碳中和，日本經濟產業省於 2021 年制定「2050 年碳中和綠色成長戰略」。透過財政支持、融資援助、稅收減免、監管政策、標準化與國際合作等手段，鼓勵企業投資以實現綠色轉型。此外，日本政府於 2017 年公布氫能基本戰略，並於 2023 年 6 月提出修正，將氫燃料電池商用車納入重點發展方向。希望透過氫燃料電池堆技術進步與成本降低，逐漸取代燃油車輛，且重型車輛也能朝向氫燃料電池車發展。

(一)能源車輛導入促進補助金(Clean Energy Vehicle, CEV)

日本「潔淨能源車輛導入促進補助金」提供純電池電動車、油電混合車、氫燃料電池車新車購入補助金，符合資格的對象包含個人、法人及地方公共團體、租賃公司(日本經產省, 2024)。價格超過日圓 840 萬(不含稅)的車輛需以核定補助金的八成為總補助金。2024 年 2 月日本政府公布新評價標準(參見表 1.2.4)，不僅考慮車輛性能，也考慮車廠對於電動車使用環境的貢獻(充電設施、維修體系與人才)、資安應對、產品永續性、對其他產業貢獻等項目，各車型依所得總點數分級補助(參見表 1.2.5)。此次修正導致外國車廠的電動車補助金額下降，僅有 Tesla 維持 2023 年補助率無大幅變動。顯見日本政府面對進口電動車(如中國大陸比亞迪)來勢洶洶進軍本國市場，也不得不採取應對措施保護本土廠商。

表 1.2.4、日本潔淨能源車輛導入促進補助金評價項目及點數

評價項目	點數
1.車輛性能如電費、續航里程	40
2.充電基礎設施	40
3.維修體系與主要零組件供應	40
4.維修人才養成	20
5.資安應對能力	20
6.產品生命週期的永續性評估	20
7.車輛應用與對其他產業的貢獻如雙向充放電功能	20
總點數	200

資料來源：中經院彙整。1.日本經產省(2024)令和 5 年；2.日本經產省(2024), CEV

表 1.2.5、日本潔淨能源車輛導入促進補助金

單位：日圓

補助車輛類型	點數/補助金					
點數	130 ~	100~129	85~99	70~84	55~69	~54
純電池電動車	85 萬	65 萬	45 萬	35 萬	25 萬	15 萬
油電混合車	55 萬		45 萬	35 萬	25 萬	15 萬
氫燃料電池車	(差額的 2/3)x 100%		x 80%	x 60%	x40%	x20%

註：FCV 差額是指同樣車型同樣式的燃油車之價差的 2/3

資料來源：中經院彙整。日本經產省(2024), CEV。

(二)促進乾淨能源車輛普及充電、充電基礎設施補助金

日本政府於 2023 年 10 月設定充電基礎設施政策目標，預計到 2030 年全國要達到 30 萬座充電樁且平均供電力倍增的目標。2024 年日本政府將充電基礎設施補助預算增加為前年的 2 倍至 360 億日圓，目標是增加 150 kW、90 kW 以上的快速充電樁、增加商業設施的普通充電樁數量、新集合住宅的充電樁數量。日本充電樁補助金額會依據充電樁數、設置地點及總出電力而有所差異，以高速公路服務區與停車場的充電樁補助金額最高，另外設定工程補助上限(一般社團法人次世代自動車振興センター, 2024)。

表 1.2.6、2024 年日本快充充電樁補助金額

單位：百萬日圓

快速充電樁									
場所	高速公路服務區、停車區			公路/加油站/休息站		空地	其他		
設備最大電力輸出	> 150kW	>90 kW	>50 kW	>90 kW	>50 kW	>50 kW	>90 kW 公共	>50 kW	>10 kW
機器上限金額	500(1 支) 700(2 支) 350x 數量 (3 支以上)	400(1 支) 500(2 支)		400(1 支) 500(2 支) 250x 數量 (3 支以上)	400 (1 支) 500 (2 支)	400(1 支) 500(2 支) 250x 數量 (3 支以上)		200 (1 支) 250 (2 支)	60
工程上限金額	3,100(2 支) 1,550x 數量 (3 支以上)	3,100	2,450	400	280		140		108

資料來源：一般社團法人次世代自動車振興センター (2024)

四、韓國

2019 年韓國總統文在寅公布「未來汽車產業發展戰略-2030 年國家藍圖」，推動 2030 年國內汽車市場銷售之新車中三分之一為電動車與氫能電動車，改善電動車之性能、加長電動車之行駛距離，並推動氫能電動車零件國產化，降低車價，確保於全球環保車市場之競爭力(Invest Korea, 2024)。韓國政府將在 2020 年至 2026 年投入 3,856 億美元預算進行研發，加快電動車之充電速度，以及每次充電後可行駛之距離自 400 公里增加至 600 公里。另於 2022 年將氫燃料電池之耐久性自 16 萬公里強化至 50 萬公里，並推動氫燃料電池車零件 100%國產化，期使氫燃料電池車之價格於 2025 年可降價至約 4,000 萬韓圓 (2024 年現代 NEXO 補助後仍需約 5,000 萬韓圓)。

為了讓韓國成為全球電動車主要生產基地，韓國政府也規劃讓外國車廠如通用(GM)、雷諾(Renault)在韓國生產電動車時，媒合當地零組件廠商合作生產客製化零件。全部目標於 2026 年在全國共同住宅、大型超市、加油站及高速公路休息

站等場所設立 1 萬 5,000 座電動車充電站；於 2030 年降低氫氣之流通價格，在全國主要都市設立 660 座加氫站。

(一)韓國電動車補助政策

韓國於 2024 年公布電動車補助方案(參見表 1.2.7)，對於未滿 5,500 萬韓圓車輛，補助最多 650 萬韓圓(2023 年為 680 萬韓圓)；總預算也從 2023 年 2.56 兆韓圓(約 18.9 億美元)調降至 2024 年 2.31 兆韓圓。新版方案根據動力電池能量密度、一次充電行駛距離、車廠直營維修點數量劃分了補貼等級，裝配中國大陸電池企業主力產品——磷酸鋰鐵(Lithium iron phosphate, LFP)電池的車輛，以及難以在南韓各地設立直營售後服務中心的外國車廠將不佔優勢。以中國大陸產的 Tesla Y 為例，其因裝配磷酸鋰鐵電池，補貼金額將由 2023 年的 514 萬韓圓(約 3,900 美元)調降至 2024 年的 195 萬韓圓(約 1,500 美元)，減少幅度達 62%以上。搭載三元鋰電池的韓國電動車將獲得較多的補貼，如現代 IONIQ 6 可獲得 690 萬韓圓(約 5,200 美元)補貼、Kia EV6 補貼 684 萬韓圓(約 5,100 美元)、KG Mobility 的 Tores EVX 可獲得 457 萬韓圓(約 3,400 美元)補貼(韓聯社, 2024)。

表 1.2.7、韓國電動車補助

單位：韓圓

2023 年	補助金	2024 年	補助金	補助率
車價<5,700 萬	680 萬	車價<5,500 萬	650 萬	100%
5,700 萬<車價<8,500 萬		5,500 萬<車價<8,500 萬		50%
8,500 萬<車價		8,500 萬<車價		0%

資料來源：中經院彙整。1.車輛中心(2023) 韓國電動車政策。2.韓聯社(2024) 3.The Korea Herald (2024)

(二)韓國基礎設施補助政策

為了擴大電動汽車充電基礎設施並加強公共安全免受火災的影響，韓國政府在 2023 年 6 月部長級會議上共同制定了擴大電動汽車充電基礎設施和加強安全的計劃。韓國 2030 年電動車目標為 450 萬輛，因此充電樁目標數為 123 萬座，包含快充 14.5 萬座和慢充 108.5 萬座(韓國環境部, 2023)。

表 1.2.8、韓國慢充充電樁補助金

單位：韓圓

慢充充電樁類型	補助金(單價)
1. 30kW 以上	500 萬(1 座)、400 萬(2 座)、350 萬(3 座以上)
2. 11kW 以上	160 萬(1 座)、140 萬(2~5 座)、120 萬(6 座以上)
3. 7kW 以上	140 萬(1 座)、120 萬(2~5 座)、100 萬(6 座以上)
4. 3kW 以上	50 萬(1 座)、45 萬(2~5 座)、40 萬(6 座以上)
配電式充電樁	1~3 類充電樁每座根據補助單價再增加 10 萬
收費型充電樁	35 萬(1 座)

資料來源：中經院彙整。韓國環境部(2024)

未來將強制新建集合住宅安裝充電樁比例由 5%增加至 2025 年的 10%、協助傳統加油站與 LPG 充氣站轉型、在高速公路休息站設置快充充電樁，並發展其他充電設備如移動型充電設備、無線充電等。

韓國環境部公布 2023 年氫能車輛供應及加氫站安裝補貼指南，針對氫燃料電池車與加氫站設置提供補助，詳細補助金額如表 1.2.9。

表 1.2.9、韓國加氫站補助

單位：百萬韓圓

分類			補助金額	補助金來源
通用型加氫站	新建	1 座	3,000	中央政府 70% 地方或企業 50%
		2 座	5,000	
	擴建		2,000	
液化氫燃料站	新建	4 座	10,000	
	擴建	2 座	4,000	

資料來源：中經院彙整。韓國環境部(2024)

五、歐洲

考慮電動車數量與政策代表性，挑選三國分析與說明其政策措施。主要政策措施都在於購車補貼、減免稅費、建置能源補充設施，以及鼓勵特定車隊應用。

(一)德國

德國電動車新車市場是全歐最大(2023 年底已有約 240 萬輛 BEV+PHEV)、全球第三大(次於中、美)(IEA, 2024)；德國也是全球汽車技術領導國家，使得德國車輛政策動見觀瞻。其最主要的政策措施，係自 2016 年開始實施電動車(BEV+PHEV)購車補助，已於 2023/12/17 終止(European Commission, 2024)。

此一重大政策轉向，主因氣候轉型基金(Climate and Transformation Fund, KTF)預算有限，但也因受到專家和批評者，認為：高達九成的電動車仰賴補貼、並不適當，且不應以國家資源支持單一的技術或商品；應採取支持廠商投入替代選項研發(如氫能車、合成燃料[eFuel]等)、由市場決定的作法(Michał Kędzierski, 2024)。使得滾動中的德國聯邦發展目標反映出這些觀點，漸次納入了 BEV 以外的其他技術，如：環境友善驅動技術(Clean Energy Ministerial, 2022)、eFuel 驅動等(IEA, 2024)。

此外 BEV 車輛價格過高(多為 SUV 車型)、缺乏小型車，也導致能源效率不佳與充電時間長的負面議題、惡化對電池和稀土材料中國大陸供應鏈的依賴。目前德國電動車政策，主要是：持續減免續航里程符合標準的車輛稅 (Motor tax)，支持電動商用車和建置充電設施。

氫燃料電池車輛相關的政策方面，在德國「國家氫能策略」(Update of the National Hydrogen Strategy)中主要支持發展應用於重型車輛、商用車隊，並以全

國廣建加氫站為當前的主要策略(European Hydrogen Observatory, 2023)。考量當前氫能車輛尚未普及，有很大風險造成很多閒置的加氫站。德國也在歐盟計畫中探索氫燃料電池乘用車的應用模式，如短期或 B2B 的租賃服務、共乘服務等。

(二)英國

英國政府高度重視電動車發展，認為是達成國家淨零目標的關鍵一環(Roger Tyers, Georgina Hutton, Alan Walker, and Iona Stewart, 2024)，自 2009 年低碳轉型計畫(Low Carbon Transition Plan)即開始推動交通低碳轉型(HM Government, 2009)。持續提供購車補助(Plug-in Grants)與租稅減免政策之下，2023 年英國電動車(BEV+PHEV)新車數量約 45 萬輛、次於德國，而一般增程式(RE, range extended)或油電混合(Hybrid)車輛，在英國幾乎沒有市場(2023 年 274 輛)(GOV.UK, 2024)。不過，私人購車補助已於 2022 年 6 月停止，目前僅針對計程車、小貨車、公用充電設施、大客車、中重型貨車等，提供財務支援。乘用車僅在以下條件下可享購置補助 35%、最高 2,500 英鎊：輪椅可使用車輛、CO₂ 零排放里程達 112km 以上、不含改裝費的車價低於 3.5 萬英鎊。購買電動車免除車輛消費稅(vehicle excise duty, VED)等稅費禮遇，也將於 2025 年退場。

相較於國際，英國法令特色如下。第一是 2021 年實施新法令，要求新建住宅須提供電動車充電點，確保住宅端的充電設施。第二是零排放車(zero emission vehicle, ZEV)指令，要求車廠與市場，明確宣示禁售傳統燃油車、輕型車與重型車實施年期不同。此外，2021 年以來，英國淨零策略提供汽車轉型資金、先進製造計畫等補助，支持車輛供應鏈電動化轉型與研發補助，以促進英國車輛產業電動化轉型，成功吸引電池與電動車廠投資。

對於氫燃料電池車輛部分，則是在英國國家氫能策略的 Tees 氫谷中心 Hub，展開生態系模式，展示加氫站與 FCEV 公車車隊等運輸應用，以及在倫敦測試計程車應用、小貨車和大客車應用等。英國採取生態系聚焦發展策略，非常不同於德國，可以降低加氫站閒置的可能性。

(三)挪威

挪威是全球電動車新車滲透率最高的國家，2022 年 BEV 及 PHEV 約占新車八成。挪威自 1990 年代開始發展電動車產業，2011 年全球知名的電動車新創車廠 Think 破產後(Øystein Asphjell, 2019)，挪威改為以環境政策主導交通運輸減排，並於 2017 年率全球之先地設定 2025 年新車零排放的政策目標、積極布建公共充電點。

挪威車輛重稅環境之下，基於環境政策污染者付費原則，對高排放車輛徵收高稅、給予電動車稅費減免，是最主要且有效的政策；但已自 2018 年開始逐步縮減對電動車輛使用階段的禮遇優惠。2023 年開始，電動車需與一般車輛相當，繳交依車重計算的購置稅、50 萬克朗以上車價的 25% VAT 等措施，電動車稅負回

歸正常。以讓政府預算重點可以放在充電設施建置上。此外，2022 年挪威宣布新政策目標：2030 年大城市中心達成貨物配送車輛零排放。以上說明顯示：挪威電動車政策重心已從鼓勵電動車輛購置、持有，轉向強制限制燃油車輛銷售或使用。

至於氢能車輛發展，挪威「朝向低排放社會之氢能策略」(Hydrogen strategy on the way to a low-emission society)主張：平等對待 FCEV 和 BEV、加氫站援助應以市場為基礎，並只對重型車輛應用提供協助、針對北歐四國區域內長途運輸發展加氫網絡(挪威油氣能源策略部與氣候環境部, 2020)。

第三節 國際車廠規劃藍圖

近年來，全球各車廠不斷調整商業發展戰略，將車輛電氣化視為遵守政策法規或響應政府淨零政策的一種方式，同時也是爭取市場佔有量和保持競爭優勢的機會。展望未來，人們可以期待越來越平價的電動車和更多的車型到來。

一、國際電動小客車車廠發展動態

全球車廠已提出具體「Roadmap」，承諾加速低碳化和電動化進程，目標包括銷售佔比和電動車型數量等。大多數車廠計劃於 2035 年前在歐洲、2040 年前在主要市場實現全面零碳排車輛銷售。截至 2023 年底，主要車廠已宣布加速電動化的新產品線計劃，如表 1.3.1 所示。

表 1.3.1、國際主要車廠零碳排目標

汽車集團	2030 年電動車銷售目標	其他重要目標
日本 TOYOTA	350 萬輛	2035 年 LEXUS 100% 電動化
德國 Volkswagen	歐洲 70%、中國大陸及美國 50%	2040 年近 100% 零碳排
美國 Ford	50%	2030 年歐洲全電動化
瑞典 Volvo	100%	-
德國 BMW	50%	-
德國 Mercedes-Benz	所有新車為電動車	-
美國 General Motor	北美電動車保有量 100 萬輛	2040 年碳中和
歐美 Stellantis	歐洲 100%、美國 50%	-
韓國 Hyundai	190 萬輛、全球 9% 市佔	歐洲 2035 年停售內燃機
韓國 Kia	120 萬輛	-
中國大陸東風汽車	小客車品牌 100% 電氣化	-
中國大陸比亞迪	全面停產燃油車	-

資料來源：車廠官方網頁、車輛中心整理。

二、國際車廠電動小客車採用平台概況及未來

以全球市場為舞台的國際車廠，在面臨全球市場多樣性商品的供應需求、市場變化快速、同時需考量降低成本的情況下，平台開發以及模組標準化概念日漸重要，故相繼投入平台開發。多數車廠採用自家模組化平台，如福斯 MEB 和豐田 e-TNGA；部分車廠與 OEM 合作，如現代與 Canoo 開發 E-GMP 平台；另一些則取得授權使用其他平台，如本田使用通用平台，福特使用福斯 MEB 平台。

	 TESLA	 福斯集團	 豐田集團	 雷諾日產三菱	 現代集團	 通用
EV平台	Skateboard	MEB/J1/PPE	e-TNGA	CMF-EV	E-GMP	BEV
來源	新開發	燃油車平台延伸	新開發	新開發	新開發 (Canoo合作)	新開發
平台規劃	Cell to body 取代	2028年推出SSP平台	2026年新世代平台	CMF-A/B 延伸平台	2025年 IMA取代	規劃30車款授權本田汽車
市售車型	Model S/3/X/Y	Audi eQ4/eQ5 Skoda Enyaq VW ID 3,5,6,7, Buzz Cupra Born/Tavascan Porsche Taycan, Macan Audi e-tron GT	TOYOTA bZ4x TOYOTA bZ3 LEXUS RZ SUBARU Solterra	Renault Mégane-e Renault City K-ZE Renault eScenic Renault 5-e Dacia Spring Nissan Ariya 東風風行 啟辰e30	Kia EV3/6/9 Hyundai Ioniq 5 Hyundai Ioniq 6 Genesis GV60	Cadillac Lyriq Chevrolet Equinox-e Chevrolet Blazer EV Cadillac Optiq Buick Electra E5 GMC Hummer-e Cadillac Celestiq
即將上市車型	Redwood	Porsche Cayenne EV	TOYOTA FT-3e LEXUS LF-ZC	Renault 4-e Nissan Micra-e	Hyundai Ioniq 3/9 Kia EV4	Chevrolet Bolt Cadillac Escalade Cadillac Vistiq
	 Stellantis集團	 戴姆勒集團	 比亞迪	 寶馬集團	 福特集團	 JLR集團
EV平台	STLA(S/M/L/F)	EVA	E-platform 3.0	CLAR/FAAR	GE1	D7e
來源	燃油車平台	新開發	新開發	燃油車平台	新開發	燃油車平台
未來規劃	2025年全量產	2025年推出MMA	N/A	2025年推出NeueKlasse平台	福斯授權MEB平台	2025年EMA 奇瑞授權EOX(2026)
市售車型	Opel Grandland Peugeot e-5008 Peugeot e-3008	M-Benz EQE / SUV M-Benz EQS / SUV M-Benz EQA/B/C/V M-Benz EQG	BYD 秦/宋/漢 BYD 海鷗 BYD Dolphin BYD Atto-3 BYD Seal	BMW iX1/2/3 BMW iX BMW i5/i7 Mini e-Cooper Mini e-Countryman	Ford Mach-E	Jaguar I-Pace
即將上市車型	Alfa Romeo e-Mito Peugeot e-1008 Citroen C5-e DS 8	MMA新平台車型規劃中	持續推出B/C segment車型	NeueKlasse 平台車型規劃中	Ford Carpi Ford Explorer	Land Rover e-Evoque e-Discovery Sport

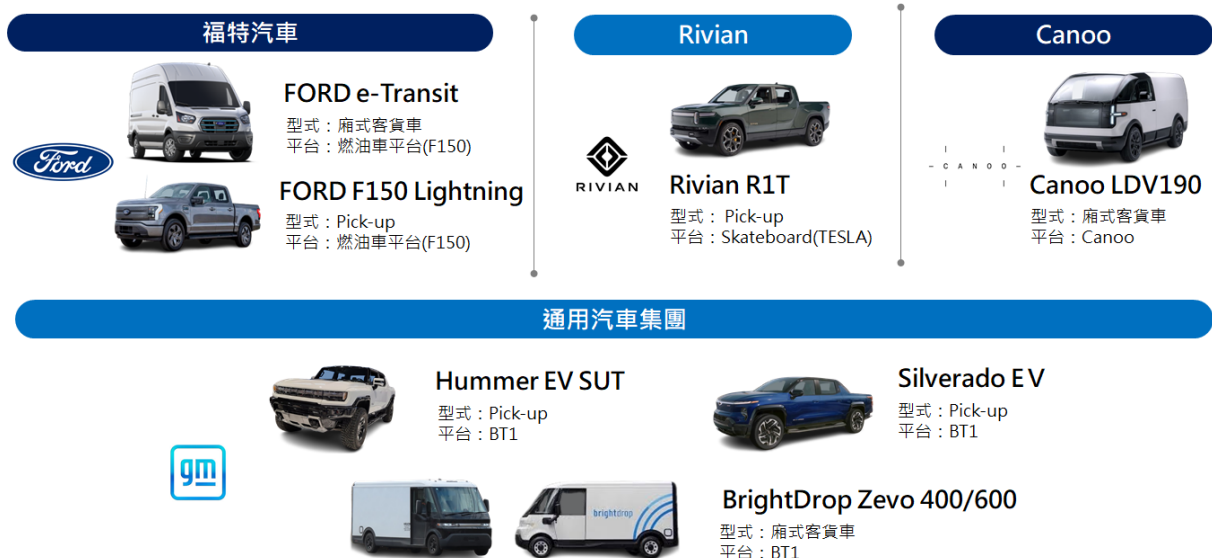
資料來源：新聞媒體登載、網路多元訊息、車輛中心整理(2024/9)

圖 1.3.1、汽車公司乘用電動車平台、商業模式及計畫推出車型

三、電動商用車發展概況及趨勢

(一) 輕型電動商用車發展概況及趨勢

全球輕型電動商用車型中，多數車廠仍以燃油車平台為基礎。如福特基於 F150 平台推出 F150 Lightning 及 e-Transit，計劃於 2025 年推出全新電動車商用平台。新創公司如 Rivian 推出 R1T 電動皮卡，Canoo 則以 LDV190 切入物流市場，累積超過 1 萬張訂單。北美是輕型商用皮卡最大市場，儘管電動皮卡購買成本較高，但在政策補助下，其持有和生命週期成本與柴油皮卡相當。



資料來源：車廠官網、車輛中心整理(2024/9)

圖 1.3.2、輕型電動商用車北美市場主要車廠及平台車型

歐洲與中國市場方面，戴姆勒旗下 Mercedes-Benz 推出基於燃油車平台的 eCitan 和 eSprinter，並於 2022 年上市。比亞迪早期開發 T3 電動廂型車，並於 2023 年推出基於 e-platform 3.0 的 D9 車型。此外，中國大陸市場的福田汽車、上汽大通及中國重汽也投入電動商用車開發。輕型商用廂型車將隨電池技術進步，有望突破車艙空間和重量的限制，預計未來更多車廠將投入開發。



資料來源：車廠官網、車輛中心整理(2024/9)

圖 1.3.3、輕型電動商用車歐洲與中國市場主要車廠及平台車型

(二) 重型電動商用車發展概況及趨勢

全球電動重型商用車市場中，中國大陸生產的車型最多，約有 430 款，2021 年發表了約 80 款中型和重型車。北美市場中，戴姆勒卡車集團是電動化領先者，豐田則以油電混合為主。歐洲市場中，雷諾日產三菱聯盟和戴姆勒卡車集團專注於中重型商用車電動化，推出如雷諾 e-Tech T 和戴姆勒 eActros 300 等車型。

全球中重型商用車主要應用於物流和配送行業，是運具二氧化碳排放的重大貢獻者。國際物流企業積極投入低碳物流方案，亞馬遜投資超過 10 億美元購買 10 萬輛電動卡車，目標 2040 年零排放；聯邦快遞也計劃到 2040 年全車隊電動化；DHL 則目標 2030 年部署 80,000 輛電動車，達到 60% 送貨電氣化。隨著淨零碳排與政策推動，中重型電動商用車市場將持續增長。



資料來源：車廠官網、車輛中心整理(2024/9)

圖 1.3.4、全球主要區域市場指標中重型商用車

(三) 電動大客車發展概況及趨勢

全球多國宣佈禁售燃油車時程，如挪威及荷蘭，皆以公車(都會巴士)電動化為初期主要目標之一。促使大客車製造商加速轉型。同時，車廠積極向其他國家出口電動大客車，或通過技術合作和生產協議拓展國際市場。

中國大陸是電動大客車發展領先且市占率最高的國家。宇通推出多款電動車型並獲國際獎項，比亞迪的電巴銷售至全球 70 多國，並在 2023 年推出新款電巴與底盤，並設立多國組裝廠。歐洲品牌如 Solaris、VDL Citea 與 Volvo 也積極推出電動巴士，Volvo 專注於加拿大市場。戴姆勒計劃 2025 年推出全電動城際巴士，2030 年全面轉向零排放車型。土耳其 Karsan 與 BMW 合作開發多款電動巴士。

電動車及氫能車發展評估



資料來源：車廠官網、車輛中心整理(2024/9)

圖 1.3.5、全球主要區域市場指標電動大客車

北美市場雖有政策支持，但公共運輸市場發展較慢，主要廠商包括 PROTERRA、NEW FLYER、GILLIG 及比亞迪，重點轉向校車市場，已有 12 家廠商推出 22 款電動校車。



資料來源：車廠官網、車輛中心整理(2024/9)

圖 1.3.6、北美市場指標電動大客車

四、燃料電池小客車發展概況及趨勢

日韓車廠持續推出燃料電池小客車，中國大陸及歐美車廠近年也紛紛跟進，自 2014 年豐田推出首款量產燃料電池車 Mirai 後，許多車廠相繼投入。2023 年豐田推出 CROWN 燃料電池車進軍高階市場。現代 NEXO 受限於車款長年未改款及氫能源短缺而銷量下滑，該品牌於 2024 年 11 月推出新款氫燃料電池車 Initium，預計於 2025 年上半年開始銷售。本田 2024 年於北美市場推出 CRV 插

電式燃料電池車。中國大陸車廠如上汽等推出氫燃料車，但市場接受度尚待時間驗證。BMW 與豐田合作的 iX5 預計 2025 年量產。



資料來源：車廠官網、車輛中心整理(2024/9)

圖 1.3.7、全球氫燃料電池小客車市場車型

五、燃料電池商用車發展概況及趨勢

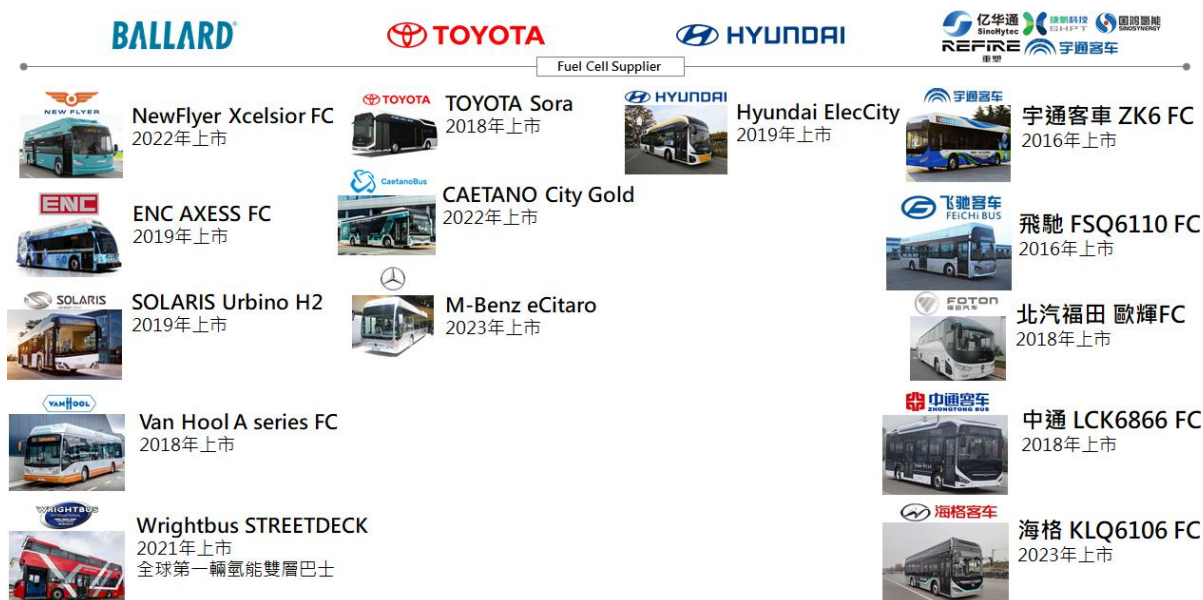
針對燃料電池輕型商用車市場，上汽大通自 2017 年推出 FCV80 輕型商用車，採租賃模式持續運行。斯泰蘭蒂斯集團也推出涵蓋 Citroën、Fiat、Opel 等品牌的多款輕型商用車，進軍歐洲市場。



資料來源：車廠官網、車輛中心整理(2024/8)

圖 1.3.8、全球氫燃料電池商用車市場車型

燃料電池中重型商用車方面，韓國現代的 Xcient 進入國內外市場，包括瑞士、英國、挪威等地。美國的新創公司如 Hyzon 與 Nikola 則領先投入氫燃料電池重型商用車。中國大陸市場在政策支持下，宇通、佛山飛馳等公司以及超過 30 家新創企業積極開發氫燃料電池商用車。



資料來源：車廠官網、車輛中心整理(2024/9)

圖 1.3.9、全球氫燃料電池大客車市場車型

燃料電池大客車市場由中國大陸率先發展，北汽福田、佛山飛馳等自 2016 年起投入開發，後續中通、宇通等廠商陸續推出產品。豐田推出 Sora 燃料電池巴士，並與葡萄牙 CAETANO 合作進軍歐洲。戴姆勒 2023 年推出 eCitaro 氫能巴士。韓國現代推出 ElecCity 應對國內淨零政策。美國 New Flyer 和 ENC 銷量有限。歐洲市場以 Solaris、Van Hool 為主。英國 Wrightbus 推出雙層燃料電池巴士，計劃 2024 年推出單層版本。

在各國政策扶持下，燃料電池大客車和中重型商用車逐漸成長，相應車型陸續推出。燃料電池商用車因其能源系統的重量和能源密度優勢，相較電動商用車具備更高的運行效益。雖然目前仍受制於加氫站等基礎設施的限制，但這些車輛的綜合效益促使更多企業加快建設能源補充設施，尤其在自有場域設立加氫站，以支持運營。未來幾年內，燃料電池商用車有望迎來顯著成長。

第四節 小結

2023 年全球電動車市場銷售達 1,418 萬輛，較 2022 年增長 34.8%，中國大陸市場占 59%。商用電動車也呈現增長，尤其是中國大陸，其電動卡車和電動巴士的銷售領先全球。2024 年上半年，全球電動車銷量達 736 萬輛，年增率 21.9%，根據市場調研機構預估，2024 年全年銷售有機會再創新高。預計到 2032 年，全球近 50% 的公車將電動化，且新售巴士中 75% 將為電動巴士。

隨著全球電動車滲透率逐年增加，各國政府也開始調整補貼政策。歐洲如挪威、德國、英國針對私人電動車購車補助皆已取消。亞洲如日本跟韓國於 2024 年起也增設補助條款，納入車輛性能、生態系發展及維修人才養成等條件，分級補助，以間接抑制(來自中國大陸)進口電動車所享有的購車補助。美國聯邦補助政策雖然最高可達 7,500 美元的抵減金額，但車輛需在美國組裝，且針對關鍵礦物及電池零組件皆有嚴格要求。在充電基礎設施上，各國則是維持現有的補貼政策，加速充電站布建。

在氫燃料電池車方面，各國政府結合能源政策，聚焦重型車輛應用，以英國與美國為例，透過氫谷計畫測試氫能運輸並設置加氫站，從建立氫能生態系的角度發展氫能車。歐美國家在氫能車的補貼政策上，皆不若扶植電動車產業積極，日本跟中國大陸購車補助雖然沒有退場，但也設定車輛性能標準進行補貼。在加氫站布建上，則是與充電站政策同步，持續現有補助政策。不過，中國大陸政策推動及基礎設施建設吸引了國際車廠的投資。

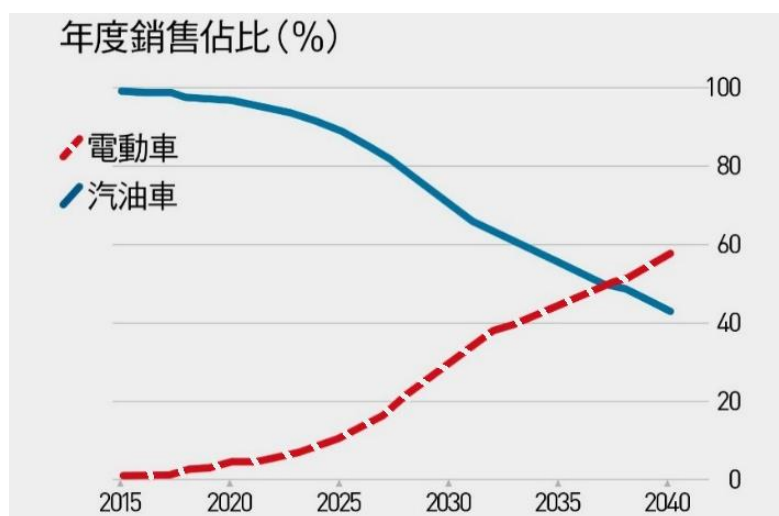
									
			美國	中國	日本	韓國	德國	英國	挪威
發展項目	電動車 BEV	政策	取消個人補貼	加嚴車輛環保法規免购置税	高價電動車補貼折減	調降電動車補助金	電動車購車補貼退場	停止私人購車補助	電動車減免稅費退場
		趨勢	設定車廠 ZEV 最低比例要求	稅制減免優惠	導入分級補貼	導入分級補貼	電動商用車租稅優惠	規範車廠轉型	支持充電基礎設施
	氫能車 FCEV	政策	降低氫能成本和擴大應用	技術指標設定補助	氫燃料電池貨車示範運行	發展氫能乘用車	商用與重型車輛發展	啟動測試氫燃料電池車應用	重型車輛應用
		趨勢	提供補助計劃及貸款	發展商用車多元應用	商用車納入重點發展方向	建立綠氫供應鏈	全國廣建加氫站	生態系發展策略	發展長途運輸加氫網絡

資料來源：中經院彙整

圖 1.4.1、國際新能源車政策

全球車廠積極應對淨零政策與市場競爭，加速電氣化轉型並計劃於 2035 至 2040 年間實現零碳排車輛銷售。在電動乘用車市場，各車廠透過平台共用、模組化等策略縮短車款開發期程、降低車輛成本以增強產品競爭力。輕型電動商用車主要使用燃油車平台，輕型電動皮卡在北美市場受政策補助激勵，需求上升。物流企業如亞馬遜、聯邦快遞積極採購電動商用車以減碳，預計中重型電動商用車市場將持續增長。電動大客車市場需求強勁，各車廠積極擴展國際布局。氫燃料電池車仍受制於補充設施，普及度低，但商用車因運行效益優勢逐漸成長。部分企業在自有場域設立加氫站，以推動燃料電池商用車的未來成長。

綜上所述，車廠轉型將加速電動車普及，根據 Bloomberg 預估，電動車將於 2037 年超越傳統汽油車銷售量，推動全球車市邁向綠色與永續的未來。



資料來源：BloombergNEF (2020)、天下雜誌，車輛中心整理(2024/11)

圖 1.4.2、電動車銷售量占比預估

參考文獻

- BAAQMD (2024). Clean Cars for All Program Overview (Bay Area Air Quality Management District, USA). Retrieved from <https://www.baaqmd.gov/funding-and-incentives/residents/clean-cars-for-all/program-overview>.
- BloombergNEF (2020), Electric Vehicle Outlook 2021. Retrieved from <https://about.bnef.com/blog/electric-vehicle-sales-to-fall-18-in-2020-but-long-term-prospects-remain-undimmed/>
- BloombergNEF (2023), Electric Vehicle Outlook 2023
- CARB (2024). Clean Vehicle Rebate Project Overview (California Air Resources Board, USA). Retrieved from <https://cleanvehiclerebate.org/en/cvrp-info>.
- CDTFA (2024). Motor Vehicle Fuel (Gasoline) Rates by Period (California Department of Tax and Fee Administration, USA). Retrieved from <https://www.cdtfa.ca.gov/taxes-and-fees/sales-tax-rates-for-fuels.htm>.
- CHDC (2024). Driving Clean Assistance Program (Community Housing Development Corporation, USA). Retrieved from <https://communityhdc.org/dcap/>.
- Department of Energy (2022). Hydrogen Laws and Incentives in California (USA). Retrieved from <https://afdc.energy.gov/fuels/laws/HY?state=CA>.
- Department of Energy Security & Net Zero (2023). UK Hydrogen Strategy (UK). Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/uk-hydrogen-strategy>.
- Department of Land Transport (2024). Fee rates and tax rate accounts (Thailand). Retrieved from <https://www.dlt.go.th/th/fees-and-tariffs/>.
- DMV (2024). Clean Air Vehicle Decals (Department of Motor Vehicles, USA). Retrieved from <https://www.dmv.ca.gov/portal/vehicle-registration/license-plates-decals-and-placards/clean-air-vehicle-decals-for-using-carpool-lanes/>.
- DNV (2023). Pathway to Net-Zero Emissions. DNV AS, Norway. Retrieved from <https://www.dnv.com/publications/pathway-to-net-zero-emissions-report-2023-249543/>
- ERM. (2024). Emerging Conclusion. <https://h2me.eu/wp-content/uploads/2024/04/D7.20-H2ME-emerging-conclusions-Final-Version.pdf>, last visited 2024/7/29。
- EV-Volumes(2024) , BEV-PHEV-FCEV-Sales-2024
- Focus2move(2024) , Global Automotive Database-2024
- Frost & Sullivan(2024) , Global Light, Medium, and Heavy Commercial Vehicle Outlook 2023 , <https://store.frost.com/global-light-medium-and-heavy->

commercial-vehicle-outlook-2023.html

Gov.UK,2022,Introduction of Vehicle Exercise Duty for zero emission cars, vans and motorcycles from 2025.

<https://www.gov.uk/government/publications/introduction-of-vehicle-excise-duty-for-zero-emission-cars-vans-and-motorcycles-from-2025>

H2 Stations(2024) , Press Release 2024

HM Government. (2009). The UK Low Carbon Transition Plan. National strategy for climate and energy. 15 July 2009. ISBN: 9780108508394.

<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a74b4b1e5274a3cb2866852/9780108508394.pdf>, last visited in 2024/8/28 .

HyTReC. (2024). Plant Guide. Retrieved from <https://www.hytrec.jp/plant/guide>

IEA (2023). ETP Clean Energy Technology Guide. Retrieved from

<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/etp-clean-energy-technology-guide>

IEA. (2024). Global EV Outlook 2024 Policy Explorer.

<https://iea.blob.core.windows.net/assets/8ba25b88-1931-418a-8d97-e3d1c22d7298/PolicyExplorer2024.pdf>, last visited in 2024/8/28 .

IEA(2021) , Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector

IEA(2023) , Global EV Outlook 2023

IRENA (2022). RENEWABLE POWER GENERATION COSTS 2021. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>

IRS, Credits for new clean vehicles purchased in 2023 or after,

<https://www.irs.gov/credits-deductions/credits-for-new-clean-vehicles-purchased-in-2023-or-after>.

Loan Programs Office, <https://www.energy.gov/lpo/advanced-technology-vehicles-manufacturing-loan-program-0>.

Marklines (2024) 。 汽車產量檢索 。 檢自

https://www.marklines.com/cn/vehicle_production/search

Michał Kędzierski. (2024). Unplugged. The uncertain future of electromobility in Germany. OSW Commentary, NUMBER 580 13.03.2024.

<https://www.osw.waw.pl/en/publikacje/osw-commentary/2024-03-13/unplugged-uncertain-future-electromobility-Germany>, last visited in 2024/8/28 .

Next-Generation Toyota Mirai Confirmed for Australia. Retrieved from

Norwegian Ministry of Finance, 2023, Taxes

2024.https://www.regjeringen.no/contentassets/74e37d21af5c423bb247871958884e0e/en-gb/pdfs/prp20_23202400011s0engpdfs.pdf

Office of Manufacturing and Energy Supply Chains,
<https://www.energy.gov/mesc/domestic-manufacturing-conversion-grants>.

Øystein Asphjell. (2019). The story of Think, Norway's largest car factory. Retrieved from <https://dms-cf-03.dimu.org/file/0136Mv4PFEfL>, last visited in 2024/8/28 .

Roger Tyers, Georgina Hutton, Alan Walker, and Iona Stewart. (2024). Electric Vehicles and Infrastructure. The House of Commons Library. 12 July 2024. <https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/CBP-7480/CBP-7480.pdf>, last visited in 2024/8/28 .

Sci Fleet Toyota. (2024). Next-Generation Toyota Mirai Confirmed for Australia. Retrieved from <https://scifleettoyota.com.au/blogview/Next-Generation-Toyota-Mirai-Confirmed-for-Australia/873>

Singapore LTA
https://onemotoring.lta.gov.sg/content/onemotoring/home/buying/vehicle-types-and-registrations/car/standard_registration.html.

SNE Research(2024) , Global FCEV Market 2023

State of California Department of Motor Vehicles,
<https://www.dmv.ca.gov/portal/file/vlf-rate-table-reg-360-pdf/>.

Statista, Buses – Worldwide(2024) ,
<https://www.statista.com/outlook/mmo/commercial-vehicles/buses/worldwide>

Tax News Update, 2024, Thailand | Subsidies, duties, excise-tax incentives to encourage development and use of battery electric vehicles.<https://taxnews.ey.com/news/2024-0356-thailand-subsidies-duties-excise-tax-incentives-to-encourage-development-and-use-of-battery-electric-vehicles>

The Korea Herald (2024). Will Korea's new EV subsidies undercut Tesla's edge? Retrieved from <https://www.koreaherald.com/view.php?ud=20240215050692>

The Norwegian Tax Administration. (2024). Calculate what it will cost to import a car to Norway. Retrieved from <https://www.skatteetaten.no/en/person/duties/cars-and-other-vehicles/importing/calculate/>

The Vehicle Emissions Trading Schemes Order 2023 SI 2023/1394, article 3, paragraph 7-9. <https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2023/1394/article/3/made>, last visited 2024/7/29 .

VAT relief on adapted motor vehicles for disabled people and charities (VAT Notice 1002).<https://www.gov.uk/guidance/vat-relief-on-adapted-motor-vehicles-for->

disabled-people-and-charities-notice-1002

Vehicle on tax rates, <https://www.gov.uk/vehicle-tax-rate-tables>

一般社団法人次世代自動車振興センター，2024。令和 5 年度補正/令和 6 年度
クリーンエネルギー自動車の普及促進に向けた 充電・充てんインフラ
等導入促進補助金。檢自 [https://www.cev-](https://www.cev-pc.or.jp/hojo/juden_pdf/R6/R5ho-R6_juden_setsumeikaishiryou.pdf)
[pc.or.jp/hojo/juden_pdf/R6/R5ho-R6_juden_setsumeikaishiryou.pdf](https://www.cev-pc.or.jp/hojo/juden_pdf/R6/R5ho-R6_juden_setsumeikaishiryou.pdf)

上海羅蘭貝格(2021)中國氫燃料電池重卡行業發展白皮書，
https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/罗兰贝格中国氢
燃料电池重卡行业发展白皮书.pdf

中時新聞網(2023), TOYOTA 首款氫能巴士登台 H2 City Gold 台北車展首亮相。
檢自 [https://tw.stock.yahoo.com/news/toyota_首款氫能巴士登台-h2-city-](https://tw.stock.yahoo.com/news/toyota_首款氫能巴士登台-h2-city-gold_台北車展首亮相-065343138.html)
[gold_台北車展首亮相-065343138.html](https://tw.stock.yahoo.com/news/toyota_首款氫能巴士登台-h2-city-gold_台北車展首亮相-065343138.html)

中國汽車調查月報 FOURIN (2024/03) N0.204 , P2-P7.

中華人民共和國政府(2015).解讀提高成品油消費稅：提稅和調價是兩碼事，
https://www.gov.cn/xinwen/2015-01/13/content_2803517.htm3.

中華人民共和國政府(2023).新能源汽車車輛購置稅減免政策延長至 2027 年年底，
[http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/202306/content_6887](http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/202306/content_6887717.htm)
[717.htm](http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/202306/content_6887717.htm).

中華人民共和國財政部、國家稅務總局(2022). 《關於減徵部分乘用車車輛購置
稅的公告》，[https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-05/31/content_5693233.htm)
[05/31/content_5693233.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-05/31/content_5693233.htm).

中華人民共和國財政部、國家稅務總局、工業與資訊化部 交通運輸部(2018).
《關於節能新能源車船享受車船稅優惠政策的通知》，
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2019-10/25/content_5445047.htm.

中華人民共和國國家發展和改革委員會(2022). 氫能產業發展中長期規劃(2021-
2035 年),
https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202203/t20220323_1320038.html.

中華人民共和國國務院公報(2009). 《關於實施成品油價格和稅費改革的通知》，
https://www.gov.cn/gongbao/content/2009/content_1196450.htm.

中華民國交通部公路局，<https://www.thb.gov.tw/cp.aspx?n=427>.

中華民國財政部，<https://www.etax.nat.gov.tw/etwmain/etw158w/79>.

日本自動車工業會(2023)，日本の自動車工業 2023.
<https://www.jama.or.jp/operation/tax/outline/index.html>

日本經產省.(2024). 令和 5 年度補正クリーンエネルギー自動車導入促進補助

金交付規程

日本經產省. (2024). CEV 補助金における評価の基準について。

水文資訊網 (2023)。經濟部水利署水文資訊網-歷史水文。檢自

<https://gweb.wra.gov.tw/Hydroinfo/?id=Index>

北京市公安局公安交通管理局(2024)機動車註冊登記,

<https://jtgl.beijing.gov.cn/jgj/93950/jwgk/jdcgl/120177/index.html>.

北京市朝陽區人民政府(2024)。朝陽 2024 購車節暨懂車帝汽車文化消費節在朝陽區合生匯舉辦。檢自

<http://www.bjchy.gov.cn/dynamic/news/4028805a8fb85191018fdbad86c610ac.html>

台電 (2023)。電力淨零排放-國際淨零趨勢。檢自

<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=6589>

臺灣經貿網(2023)。泰國工業總會下修本年泰國汽車總產量預估。檢自

<https://info.taiwantrade.com/biznews/%E6%B3%B0%E5%9C%8B%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E7%B8%BD%E6%9C%83%E4%B8%8B%E4%BF%AE%E6%9C%AC%E5%B9%B4%E6%B3%B0%E5%9C%8B%E6%B1%BD%E8%BB%8A%E7%B8%BD%E7%94%A2%E9%87%8F%E9%A0%90%E4%BC%B0-2677672.html>

全國法規資料庫(2023),貨物稅條例,

<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=G0340076>.

車輛型式安全審驗管理辦法第十四條附表車輛安全檢測基準。檢自

<https://www.vsc.org.tw/Home/List/10>

油氣能源策略部與氣候環境部(Norwegian Ministry of Petroleum and Energy

Strategy, and Norwegian Ministry of Climate and Environment)聯名於 2020 年發布。檢自

<https://www.regjeringen.no/contentassets/40026db2148e41eda8e3792d259efb6b/y-0127e.pdf>, last visited in 2024/8/28。

浙江證卷(2022)規模化推動市場化，開啟黃金發展期-氫燃料電池產業深度報告，

https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202209141578375937_1.pdf?1663150941000.pdf.

能源署 (2023)。經濟部能源署-能源統計 E-STAT 資料庫查詢。檢自

<https://www.esist.org.tw/database>

國家稅務總局(2020)《國稅局關於取消增值稅扣稅憑證認證確認期限等增值稅徵管問題的公告》，

<http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/2020->

01/01/content_5465783.htm.

經濟部 (2024)。113 年度再生能源電能躉購費率正式公告。檢自

https://www.moea.gov.tw/MNS/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=114036

韓聯社，2024，韓新版電動汽車國家補貼方案出爐。

<https://cb.yna.co.kr/gate/big5/cn.yna.co.kr/view/ACK20240206003800881>。

韓國環境部.(2024).「2024 년 전기자동차 완속충전시설 보조사업」 보조금
및 설치・운영 지침。

龔榮男(2024)專家看壞 2024 年德國電動車產業發展。駐德國台北代表處。

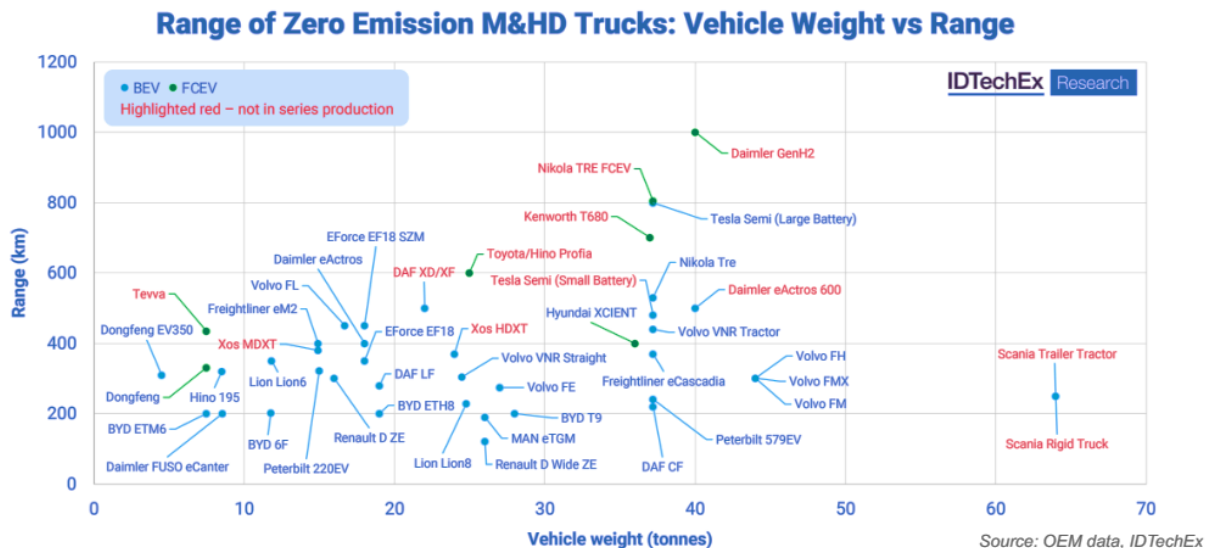
<https://www.trade.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=45&pid=776137>, last
visited in 2024/8/28。

第二章 電動車及氫能車技術及產業鏈發展

第一節 國際電動車及氫能整車廠技術布局規劃

電動車及氫能車均是人類對抗氣候變遷的重要交通工具變革，電動小客車(BEV)已逐漸站穩市場一定占有率。對於中重型車輛，如電動巴士或電動卡車，目前續航里程約 500 公里，而氫能燃料電池車 FCEV 可達到約 1,000 公里，如圖 2.1.1 所示。相較於熟悉的內燃機車輛使用習慣，BEV 需增加續航里程，縮短充電時間，以及充足的充電站建置，FCEV 需降低加氫站建置成本與普及，此為 BEV 與 FCEV 普及需克服之技術與商業模式。

在新能源車輛市場百家齊鳴的狀況下，以下針對日本豐田(Toyota)汽車、韓國現代(Hyundai)汽車、中國大陸新能源車輛等，目前均同時跨足鋰電池電動車和氫能燃料電池車輛，進行其技術發展策略布局介紹。

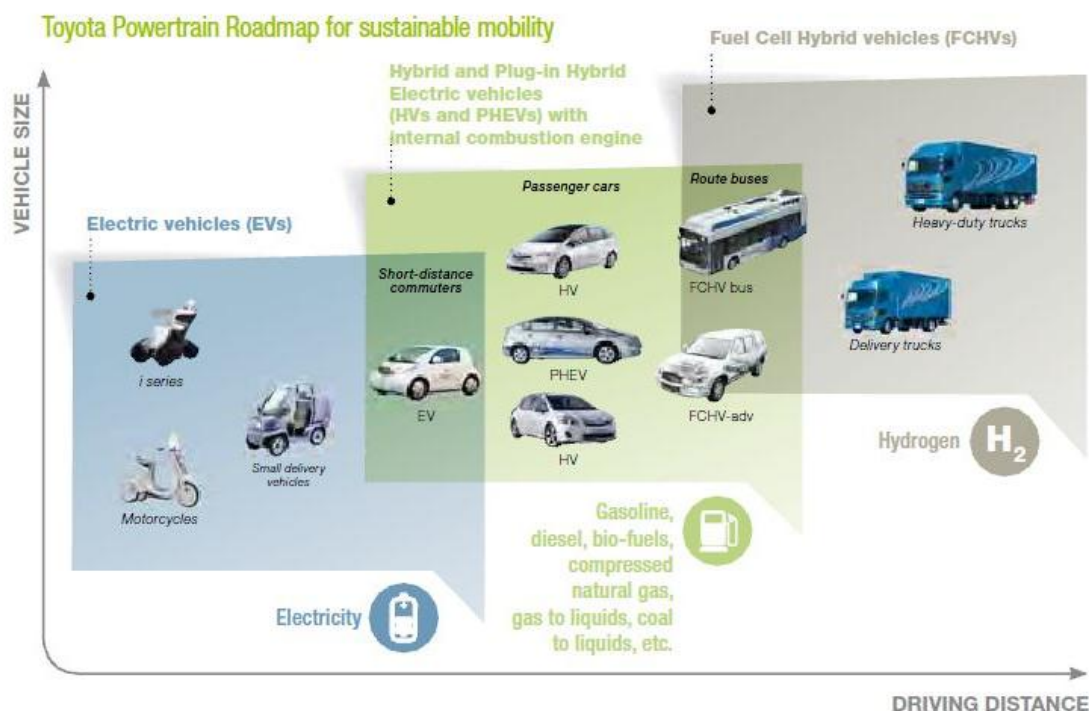


資料來源：IDTechEX

圖 2.1.1、中、重型貨車重量與運行距離比較

1. 日本豐田汽車 - 多管齊下的環保車輛技術發展

豐田並不認為純電動車(BEV)是最終答案，同時也沒有否認電動車的重要性，而提出了一種不依賴任何特定動力系統的「多途徑方法」，以多管齊下的策略來減少碳排放，除了 BEV 外，還包含有內燃機、混合動力或氫動力系統的汽車，如圖 2.1.2 所示。



資料來源：Toyota

圖 2.1.2、豐田汽車永續動力系統發展目標

電動車輛 – 新型鋰電池和充電方案

針對電動車產品，豐田除了進行電動動力系統研發之外，為了降低電池組在車輛內的空間和成本佔比，朝向發展超緊湊、高性能的下一代鋰離子電池，其關鍵技術及規格目標如圖 2.1.3 所示，依據特色和量產時間可分為：性能型鋰電池、普及型磷酸鋰鐵電池、高性能型鋰電池以及固態電池，目標 2027~2028 年之高性能型鋰電池以及固態電池可達 1,000km 以上，充電時間 20~10 分鐘。

電動車未來成功的另一個關鍵因素是提供通用的充電基礎設施，豐田公司與英國天然氣公司合作制定電動車家庭充電方案 - HomeCharge，這是一款專為豐田電動和插電式混合動力汽車量身定制的家用充電器，旨在加速電動車在英國的普及。

TOYOTA'S BATTERY TECHNOLOGY ROADMAP

	TODAY	NEXT-GENERATION		FURTHER EVOLUTION		
	2023	2026	2026-2027	2027-2028	2027-2028	TBD
	Battery for bZ4X	Performance	Popularisation	High-Performance	Solid-State 1	Solid-State 2
		Monopolar	Bipolar		N/A	N/A
Electrolyte type		Liquid			Solid	
Chemistry		Li-Ion	LiFePO ^{*1}	Li-Ion		
Driving range ^{@ (WLTP)}	500km	> 800km	> 600km	> 1,000km	> 1,000km	> 1,200km
Cost	-	-20% vs bZ4X	-40% vs bZ4X	-10% vs NG performance version	TBD	TBD
Fast charge time ^{*2}	~30 min.	~20 min.	~30 min.	~20 min.	~10 min.	TBD

^{*1} Lithium iron phosphate ^{*2} SoC = 10-80%

NOTE: Established driving range includes aerodynamic and vehicle weight improvements

圖 2.1.3、豐田汽車鋰電池技術發展路徑圖

混合動力車輛 – 新型內燃機開發

2023 年全球純電動車(BEV)銷售放緩，主要原因為純電動車所需的基礎設施尚未充分發展，且電動車因需要大量電池所導致的高價位。相對的，凸顯出混合動力(HEV)和插電式混合動力(PHEV)比 BEV 更便宜(使用電池材料僅約為 BEV 的 10%)且行駛里程更長之優點，豐田發揮其在混合動力車輛之技術與商業優勢，其中混合動力車相較上年度增長 32.1%。

豐田汽車計劃為 HEV 和 PHEV 車輛開發新發動機，提高在環保車輛市場的競爭力。將開發兩種新型低排氣量直列四缸的引擎(1.5L 和 2L)，在提高功率的同時縮減體積 10%、燃油經濟性提高 12%，同時，該新引擎也可使用碳中和燃料(基於植物的生物燃料和透過合成二氧化碳和氫氣製成的電子燃料)進行運作。

氫能車輛 – 燃料電池系統小型化與商用車輛應用

豐田自 1992 年以來持續致力於燃料電池汽車技術的研發，2014 年推出全球第一款量產乘用車 Mirai。近幾年，豐田持續將其燃料電池技術整合到重型運輸車輛，2023 年 5 月豐田與德國戴姆勒卡車(Daimler Truck)公司在氫技術達成合作協議，同時整併戴姆勒公司的日本子公司三菱 FUSO 卡車和豐田公司的 HINO 汽車子公司，此幫助豐田在氫技術應用方面建立更多合作夥伴，包含法國製造商 Hylika 和荷蘭 VDL Groep 的氫動力卡車也將使用豐田氫技術來實現其物流業務的脫碳目標。

豐田憑藉豐富的經驗，正在開發下一代氫燃料電池技術，預計達到更長的生命週期和更低的成本，並透過探索縮小關鍵零件尺寸的方法，包括燃料電池堆和氫氣罐，以使燃料電池電動車適用於不同類型的車輛。新的燃料電池技術計劃於 2026 年銷售，將提供更高的功率密度，預計讓氫燃料車輛行駛里程將增加 20%，連帶地藉由技術進步和產量增加以降低三分之一以上的成本。

2. 韓國現代汽車 – 電動化及脫碳策略

現代汽車於 2020 年 12 月針對其「2025 戰略」提出更新，訂立三個主要目標：智慧移動裝置、智慧移動服務以及 H2 方案，且聚焦發展重點在於電動車、城市空中交通(Urban Air Mobility, UAM)、自動駕駛技術和氫燃料電池系統四大業務領域。2023 年 6 月，現代汽車宣布將在未來十年，將電氣化年均投資提高近三分之二，約支出 280 億美元，2030 年將其電動汽車銷售目標提高至 200 萬輛，佔比將達到其汽車總銷量的約三分之一，且於 2035 年在歐洲銷售的所有車輛都將 100%電動化，到 2040 年範圍擴大到全球主要市場實現全面銷售電氣化產品。

電動車 – 整合式電動底盤車演進

現代公司推出超過 12 款純電動車，基於電動車平台 E-GMP (Electric global

modular platform，電氣全球模組化平台) 構建的純電動車。E-GMP 平台因其模組化和標準化設計之特點，可藉以實現不同車型的多功能配置，電池安裝在車身底部中央，確保穩定的駕駛性能並提高碰撞安全性。E-GMP 也引入了車輛到負載 (Vehicle-to-Load, V2L) 技術，可在車內使用家用小工具，提供方便的靈活性。

接續 E-GMP，現代汽車將進一步推出高度整合模組化架構(Integrated Modular Architecture, IMA) 平台，如圖 2.1.4，用意在於底盤、電池系統和馬達總成的模組和零件的標準化，無論何種車型都可以靈活連接，從而提高成本效率，IMA 可選用五種標準化馬達。



資料來源：Hyundai

圖 2.1.4、Hyundai-KIA 集團發表全新 E-GMP 電動車模組化平台

電池 – 便宜、高競爭力電池發展

現代汽車於 2022 年宣布與寧德時代合作，將使用其 Cell-to-Pack 系統，該技術將有助於電池組的設計提高系統能量密度並簡化製造，同時，現代汽車計畫在未來 10 年投資 9.5 兆韓圓(74 億美元)，計畫在 2025 年左右推出具有競爭力的磷酸鋰鐵(LFP)電池，現代汽車所設定目標是到 2028 年以後，將透過其合資企業採購超過所需 70%的電池。

充電站 – 快速充電站大量設置

除了製造世界領先的電動車車型外，現代汽車也致力於充電基礎設施和電池業務。現代汽車於 2021 年在韓國開始以 E-pit 品牌於高速電動車充電服務，在 12 個高速公路休息站安裝了 72 個充電器，到 2024 年在韓國各地的超快速電動車充電器增加到 500 個。E-pit 配備最大輸出功率為 350 千瓦(kW)的充電器，這可以將現代汽車旗下擁有 400V 和 800V 充電系統的 IONIQ 5 在大約 18 分鐘內可將蓄電量從 10%充填到 80%，在國際上，現代汽車也持續與各合作夥伴進行高速充電網路項目。

燃料電池系統 – 商用車應用拓展氫燃料產品市場

現代汽車 2013 年推出全球首款量產燃料電池電動車 ix35 FCEV，並於 2020

年推出了“H2”品牌，並發表了氫動力卡車 XCIENT，於其上搭載兩個 90kW 氫燃料電池系統和一個 350kW 電動馬達提供動力，每次充氫後的行駛里程達 724 公里。在氫能源車輛發展上，現代汽車已經有相當完整的產品線，從一般消費者使用的中型 SUV 產品 Nexo，都會用的公車 Elec City FCEV，長途運輸的巴士 Universe FCEV，以及 Class 8 等的 6 輪、10 輪的 Xcient FCEV 貨卡，10 輪的 Xcient FCEV 拖車頭等，滿足各種使用上的需求。

除了燃料電池系統之外，現代汽車的氫能綜合解決方案還涵蓋了資源循環氫氣生產、綠色氫氣生產、氫氣配送物流、氫運輸車等氫生產、儲存、運輸、利用全價值鏈解決方案。

油電混合電動汽車技術

現代汽車的混合動力車輛於 1995 年開始發展，當年推出了混合動力概念車 FGV-1，後續持續發展到 2016 年推出的 IONIQ Hybrid，其燃油效率經美國環保署(EPA)認證達到 22.4 公里/公升。隨著電動車需求下降，現代汽車將重點轉向混合動力汽車，現代汽車 2024 年 4 月公布第一季電動車總銷量較去年同期下降 4.8%，相對的，第一季混合動力車銷量卻較去年同期成長 16.6%。隨著混合動力汽車銷量的兩位數增長，現代宣布將加快價值 55 億美元的喬治亞州製造園區的投產時間表，預計將於今年第四季開始生產混合動力汽車。

3. 中國大陸 - 電動車與燃料電池車輛最大發展國

電動車 - 結合智慧駕駛體驗增加車輛賣點

電動車在中國大陸已經進入智慧車時代，有愈來愈多的電動車製造商放棄曾經採用的低價策略，相反的他們開始透過強調智慧駕駛體驗來增加車輛賣點，開始朝高端化、智慧化、綠色化方向進行車輛升級，目前有 10 多個品牌的車型已搭載 AI 大模型，如蔚來、小鵬、理想、零跑等造車新勢力為汽車產業帶來了全新的產品定義、用戶思維和商業模式，小米也在進行智慧手機、智慧家電生態鏈與汽車生態鏈的融合，吉利汽車與魅族手機也合作，將旗下車款搭載使用手機操作系統開發的魅族車機系統，中國一汽宣布與億咖通科技合作研發汽車智能座艙，廣汽集團宣布與華為合作，不僅聚焦智慧人機互動，還包括智慧底盤等多個領域。江汽集團與華為的全面策略合作，更涵蓋新能源汽車車型、平台技術開發與應用，智慧電動零件應用與開發製造，新能源汽車充電網絡建設與營運等領域。

燃料電池系統 - 商用車應用拓展氫燃料產品市場

根據中國大陸《氫能產業發展中長期規畫(2021-2035 年)》提到 2025 年要實現氫能汽車 5 萬輛，並明確指出將在公路運輸和物流運輸等領域普及燃料電池車，氫能源車也是中國大陸主要車廠未來的發展重點。2023 年中國大陸成為燃料電池車市占率最高之國家，在關鍵燃料電池系統上，中國大陸與全球燃料電池領導業者加拿大巴拉德動力公司(Ballard Power Systems)合作，接連成立廣州市巴拉德動

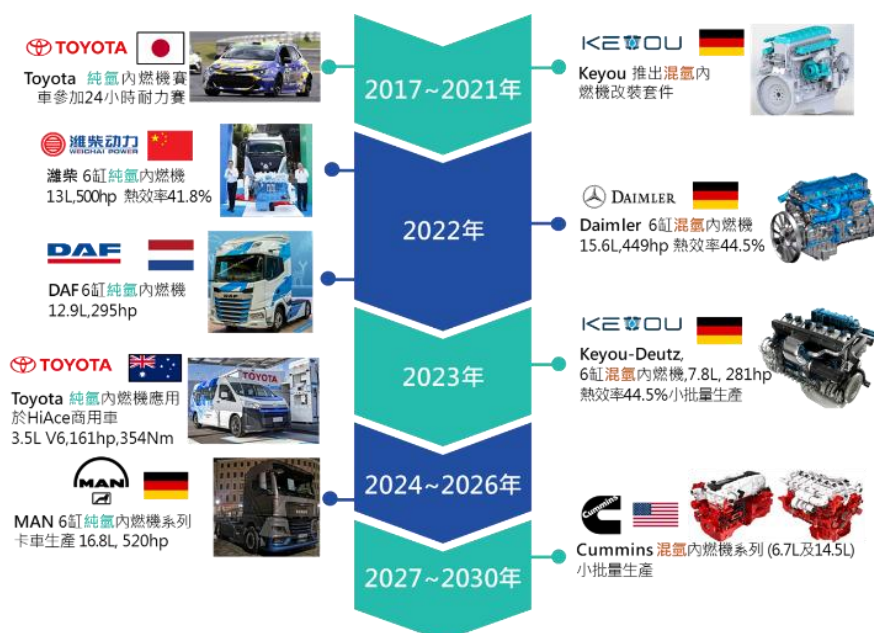
力系統有限公司、廣東國鴻巴拉德氫能動力有限公司、維柴巴拉德氫能科技有限公司等三家合資公司，透過於中國大陸境內落地生產燃料電池電堆以及燃料電池周邊輔助機械模組(Balance of Plant, BOP)，包含空壓機、氫循環泵與加濕器等，有效促使燃料電池系統相關零組件成本下降，使得中國大陸成為氫燃料電池車發展最迅速的國家。

中國大陸燃料電池車目前以商用車為主流，在政策大力扶持之下，2016 年啟動大客車試運行，2019 年啟動大型商用車試運行，隨著成熟新能源市場環境，中國大陸燃料電池車市場步入高速成長期，2020 年江鈴重汽推出第一款量產商用車、東風汽車亦推出 35 噸級大型商用車款，且中國大陸氫能車廠眾多，與日本 Toyota、韓國 Hyundai 單一車廠獨大的市場情況不同，中國大陸目前氫能整車廠逾 70 家，大客車廠包含宇通客車、飛馳科技、北汽福田、中通客車、海格客車等皆已在市場上推出量產車型。

4. 國際-氫內燃機引擎發展現況

氫內燃機引擎取代傳統石化燃料之內燃機引擎技術，能沿用現有大部分引擎零組件，以內燃機燃燒氫氣及空氣中的氧產生動力，由於車輛體積限制及嚴峻的運輸任務需求，氫氣和能量密度更高的燃料更適合供應嚴峻的市場，因此氫內燃機有機會運用在公路和越野卡車和重工程機械。

各大汽車品牌皆在研發氫內燃機引擎，主要包括 DAF、Toyota、MAN 及 Daimler，此外亦有 Cummins、濰柴動力及 Keyou 等積極投入引擎研發市場，如圖 2.1.5 所示。現階段氫氣內燃機燃料使用分別為純氫(液態、氣態)及混氫(氫氣+柴油)兩種類型，甚至透過現有引擎進行燃料系統改裝達到低排放之效果。



資料來源：車輛中心研發處彙整

圖 2.1.5、國際氫內燃機發展現況

綜觀各車型及引擎研發狀況，因目前電動車的技術無法滿足工程車輛長時間大負荷的使用需求，氫內燃機具備快速補充燃料、重量輕且低碳排放的優勢，但由於儲存、基礎設施、便利性與空間各方面限制未能快速普及，因此目前這項技術仍處於示範運行階段，尚未大量投入量產。

5. 綜合淨零碳排運輸載具之能源運用發展

隨著國際間推動「2050 淨零排放」的宣示與行動，新能源車輛已成未來趨勢，未來載具能源包含四大類：鋰電池、氫燃料電池(Fuel Cell, FC)、使用再生燃料及氫的內燃機(Hydrogen Internal Combustion Engine, H2ICE)。其中將以鋰電池和燃料電池為主角，氫氣及再生能源內燃機為輔。然而，氫能車輛與電動車將是共存狀態而非競爭關係，以共同解決當前燃油車大量碳排放問題。

第二節 國際電動車及氫能車整車、關鍵系統與技術趨勢

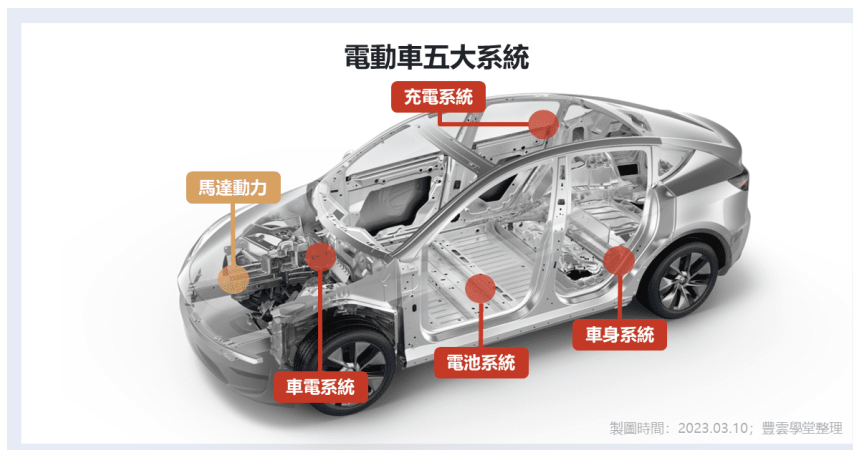
一、電動車(BEV)

(一) 整車：

電動車是使用電力驅動的車輛，使用二次電池儲存電力，用以驅動電動馬達帶動車輛。電動車的優點很多，而且這些優點是內燃機車輛不具備的，如較高的能量使用效率、運行時較低的振動與噪音、馬達起始扭矩較大、動力系統所需空間較少等特點。

雖然有很多優點但是過去因為電池容量與充電技術的限制，電動車的普及度很低，近年隨著電池能量密度與充電速度的進步，電動車正處於蓬勃發展的時期。

電動車採用電池儲存能量，並透過控制電池中的電流，將電能轉換成機械能，驅動馬達使車輛運動。當駕駛人啟動車輛，電能從電池釋放，通過控制器轉換提供給馬達。馬達根據所接收的電流產生扭矩，帶動車輪轉動，從而推動整個車輛運動。電動車的主要結構：充電系統、電池系統、馬達動力系統、車輛電力控制系統與車身，如圖 2.2.1。

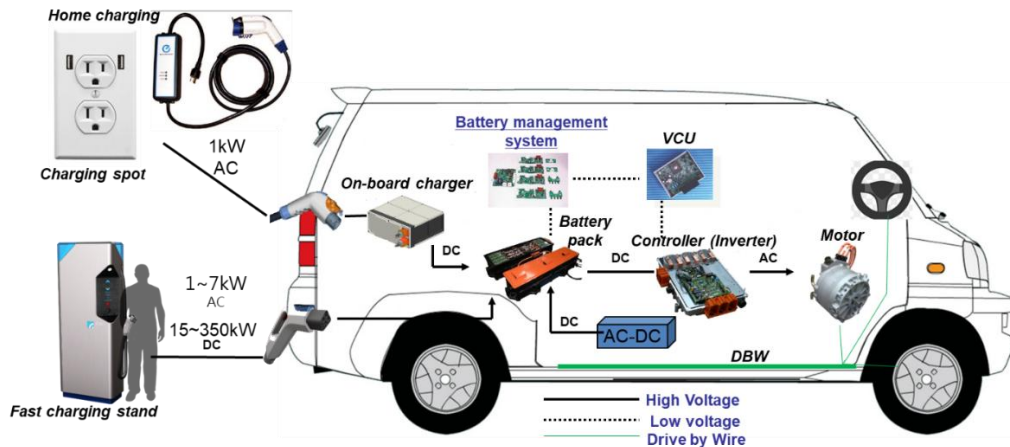


資料來源：豐雲學堂

圖 2.2.1、電動車主要結構

(二) 關鍵零組件與發展趨勢

圖 2.2.2 為電動車主要關鍵零組件架構，包括大三電系統，包括電機(動力馬達)、電控、電池，以及小三電系統，包括車載式電池充電器(On-Board Battery Charger, OBC)、DC/DC 轉換器、高壓配電單元(Power Distribution Unit, PDU)，以下將著重大三電系統的關鍵零組件與發展趨勢介紹。



資料來源：工研院機械所整理(2024)

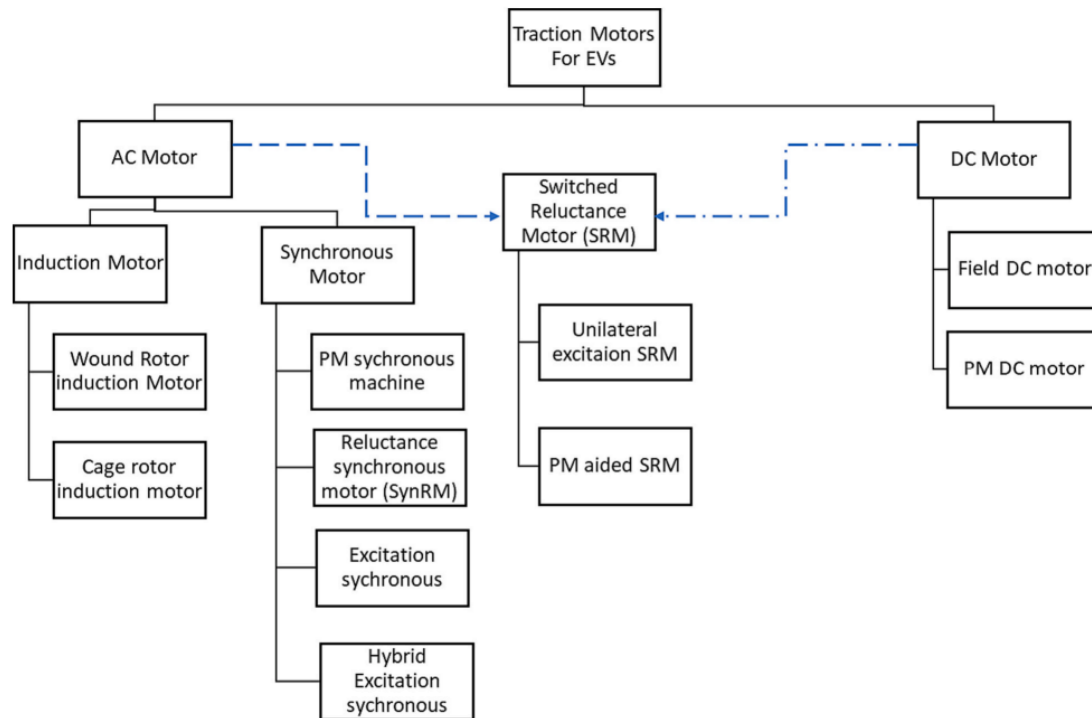
圖 2.2.2、電動車主要關鍵零組件架構

(1) 關鍵技術

A. 關鍵技術架構介紹

電機技術介紹：

車用動力馬達主要用於動力輸出，操作原理是帶有電流的導體在磁場中會受到作用力，從電能轉換磁能，再轉成動能。電動馬達分類(M. Gobbi et. al., 2024)是依使用電源方式，如圖 2.2-3 所示，主要分為直流馬達(DC motor)及交流馬達(AC motor)，其中交流馬達有感應馬達(IM, Induction motor)，永磁同步馬達(PMSM, Permanent magnet synchronous motor)，磁阻馬達(Reluctance motor)等。若依磁場方向，則有徑向馬達(Radial flux motor)及軸向馬達(Axial flux motor)。動力馬達需要的特性參數包括高功率密度、工作電壓範圍變動大、轉速範圍大、應用環境惡劣及耐震與高散熱量需求等是車用馬達需求條件。電機設計四大應用需求是轉矩(Torque)、功率(Power)、電流(Current)、效率(Efficiency)與轉速(Speed)特性曲線。

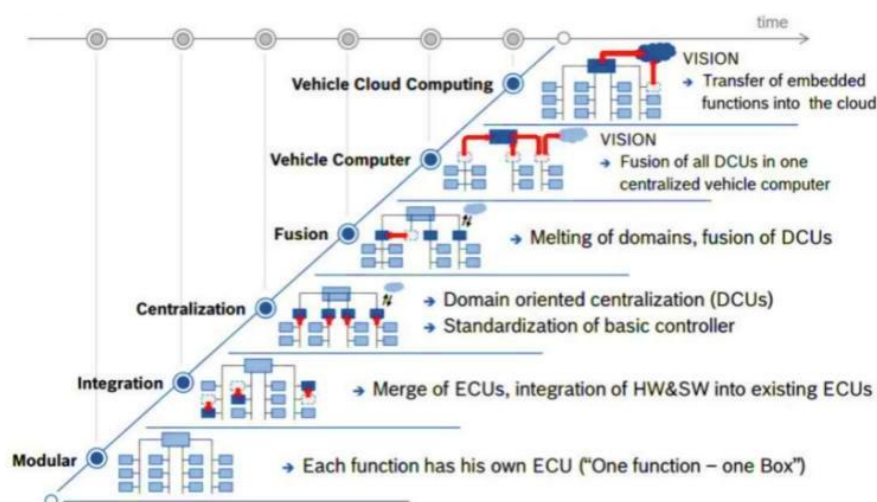


資料來源：M. Gobbi, et al., 2024

圖 2.2.3、車用動力馬達分類

電控技術介紹：

第一個實際應用在量產車款的電控車用電腦是 Bosch 開發，搭載於 1968 年 Volkswagen Type III 上的電子噴射系統。到了 1990 年之後的數十年間，除了引擎控制外，電子控制單元(Electronic Control Unit, ECU)的應用越來越廣泛。傳統車輛的電力電子架構(Electrical/Electronic Architecture, EEA)採分布式，由各個 ECU 獨立運作完成各項功能，ECU 在 2010 年代中期至現階段趨向整合更少更精簡的 ECU 數量，將 100 多個 ECU 由數個域控制器(Domain Control Unit, DCU)所取代。Tesla 是最早(2017 年)將 DCU 導入量產車取代傳統 100 個以上 ECU 的車廠。如圖 2.2.4 所示，Bosch (A. Zahir, 2018)在 2018 年 GENIVI AMM Presentations 的主題演講提到 E/E 架構從分散式、(跨)區域集成化至整車集成化的各階段過程，未來甚至可對應雲端計算需求。而在臺灣，由工研院機械所成立的新創公司科飛數位，發展的國產整車控制器，亦被應用在動力系統與底盤控制上，稱為 Power Chassis Control Unit，簡稱 PCCU。

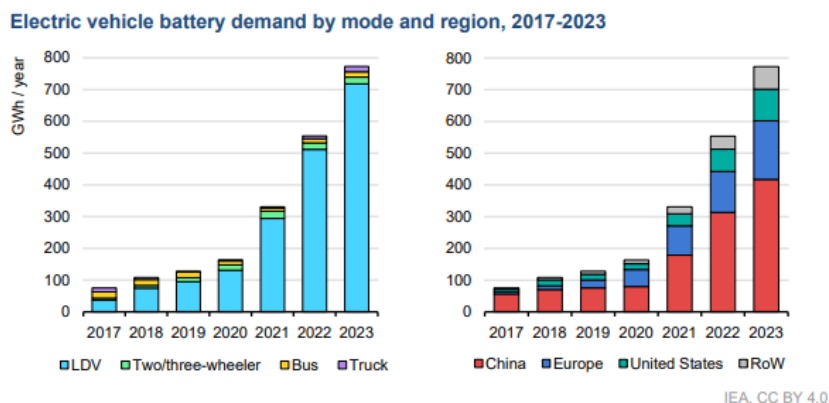


資料來源：A. Zahir, 2018

圖 2.2.4、E/E 架構趨勢

電池技術介紹：

依據 IEA Global EV Outlook 2024 (IEA, 2024)分析，中國大陸是全球最大的電動車電池出口國，約有 12%的電動車電池出口，全球的電池化學系統主要分為兩類，磷酸鋰鐵(LFP)與鎳錳鈷電池 (Lithium nickel manganese cobalt oxides, NMC)。圖 2.2.5 為電動車電池需求分析，2023 年，歐洲和美國的電動車電池產量達到 110 GWh 和 70 GWh，分別為 250 萬輛和 120 萬輛電動車。在歐洲最大的電池生產國波蘭，佔 2023 年該地區生產的所有電動車電池的 60%，以及匈牙利(近 30%)。德國是歐洲電動車產量的領頭羊，佔 2023 年歐洲電動車產量的近 50%，其次是法國和西班牙(各略低於 10%)。目前中國大陸佔全球正極活性材料容量的 90%，佔負極活性材料製造能力的 97%以上。除中國大陸外，唯一擁有重要陰極活性材料製造能力的國家是韓國(9%)和日本(3%)。中國大陸擁有幾乎 100%的 LFP 生產能力，超過 75%的鎳錳鈷氧化物材料(NMC)和其他鎳基化學物質生產能力，而韓國占有率為 20%。LFP 是在中國大陸電動車市場最普遍的化學材料，而 NMC 電池在歐美電動車市場更為常見。



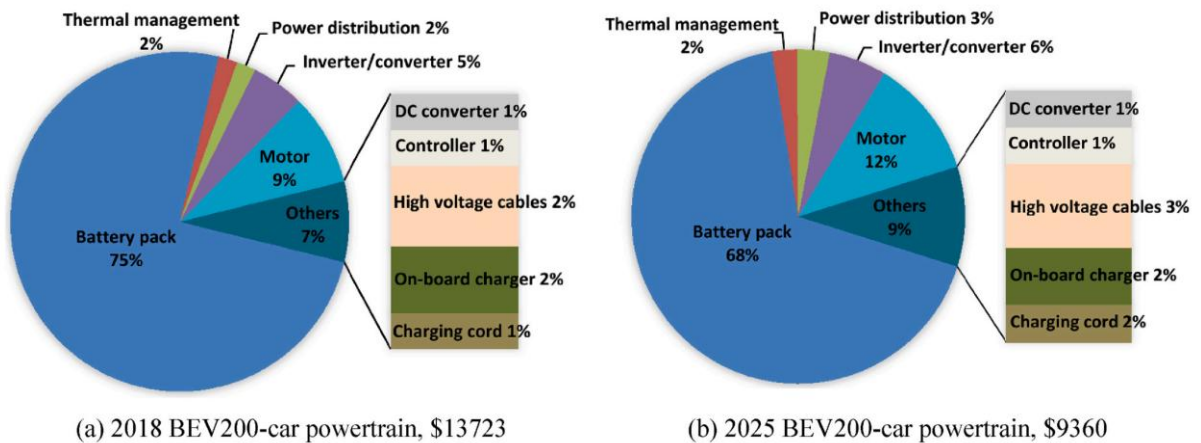
資料來源：IEA Global EV Outlook, 2024

圖 2.2.5、電動車電池需求分析

B. 整車成本占比

圖 2.2.6 為純電動車(續航力 200 英里車款)之動力系統(Powertrain)成本解析(W. Zhou et al., 2023)，可見電池和電機為其中核心零組件，故隨電池包(Battery Pack)平均價格由 2019 年 160 美元/kWh，有望於 2025 年降至 111 美元/kWh，進而帶動動力系統成本由 2018 年 13,723 美元降至 2025 年 9360 美元。另一核心零組件電機(Motor)，則隨技術研製與成熟，成本由 2018 年 1,235.1 美元小幅下滑為 2025 年 1,123.2 美元，但 2025 年占比相較 2018 年略升高 3%。電控(Controller)方面，2025 年與 2018 年持平，約佔動力系統 1% 成本。

另隨系統複雜度之提升及高電壓(如 800V)元件搭載，可見配電裝置(Power Distribution)、轉換器(Inverter/Converter)和高電壓線束(High Voltage Cables)等項，2025 年相較 2018 年占比均有所提高。車載充電器(On-board Charger)及直流轉換器(DC Converter)方面，2025 年占比與 2018 年持平，持續扮演充電過程重要角色。



資料來源：W. Zhou et al., 2023

圖 2.2.6、純電動車動力系統成本分析

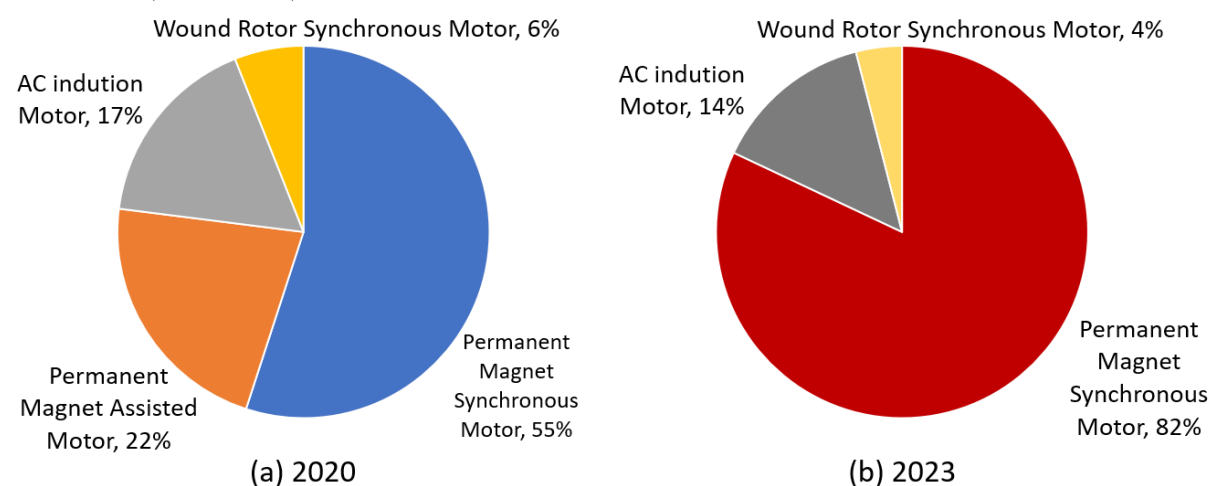
C. 主流技術現況以及重要廠商簡介與發展

電動汽車的電機最初基於直流式(M. Doppelbauer, 2023)，表現出合理的扭矩與速度性能曲線、低速時的最大扭矩、寬闊恆功率速度範圍以及易於控制，但電刷和換向器之間的接觸會導致磨損和摩擦問題，導致火花和換向器過熱或熔化的風險(W. Tong, 2022)。無刷電機提供更高的可靠性、動態精度和效率。由於這些原因，AC 交流電機是高性能和高功率應用的首選(S. Madichetty et al., 2021)。交流類別中電動汽車的普遍選擇是永磁(PM)、感應(IM)和繞線轉子同步馬達(Wound Rotor Synchronous Motor, WRSM)。圖 2.2.7 的電機種類占有率顯示 2020 年至 2023 年這些電機類型在 BEV 和 PHEV 應用的占有率變化，永磁(PM)占有率從 55% 提升至 82%，而感應(IM)仍占有市場。國際電動車馬達-電驅動系統主流發展技術及廠商投入趨勢為：

零組件層面：技術精進及材料替代，例如扁線繞組，碳化矽，減少稀土金屬

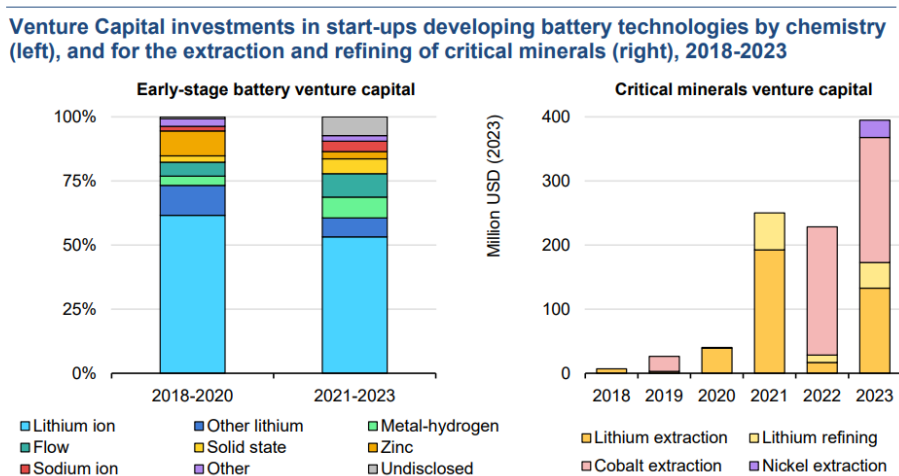
等。槽滿率的提升使得扁線電機效率提升。應用耐高壓的碳化矽(SiC)功率器，相較傳統 Si-based IGBT 擁有更高的開關頻率、更高的崩潰電壓，及耐更高的工作溫度，Tesla 首先將 SiC 晶片應用於 400 V 逆變器中支援更高的工作電壓。國際電動車廠為降低對稀土金屬的依賴性，減少稀土磁石用量及無稀土磁石之同步馬達持續發展。例如 Toyota 調整電動馬達內的稀土礦成分以減少釹元素使用及 Tesla 開發降低稀土使用量之內永磁同步磁阻馬達(IPMSynRM)。高速電驅動趨勢能提升動力總成的功率密度，降低材料用量，可以有效地降低電機製造成本。

系統級層面：朝向多部件整合趨勢與 800 V 高電壓系統。多部件整合趨勢例如 Nissan、Volkswagen、Hyundai、Tesla、Audi、Magna、NIDEC 及 BMW 第五代電驅系統做到了電機、電控、減速器共殼體的設計等。日產“三合一”動力總成原型，對電機、逆變器和減速器進行模組化設計，應用於純電動車型；“五合一”實現了電機、逆變器、發電機、傳動(減速器、增速器)的模組化設計，應用於日產 e-POWER 車型，此車型由馬達輸出動力，但能源是油電混搭。



資料來源：W. Zhou et al., 2023

圖 2.2.7、電機種類占有率變化



資料來源：IEA “Global EV outlook 2024”

圖 2.2.8、電池研發趨勢

圖 2.2.8 說明電池的研發趨勢(IEA, 2024)，投資人在整個電動汽車供應鏈中尋找新的機會，支持新穎的電池概念以及關鍵礦物的提取和精鍊。在 2018-2020 年期間，電池和元件製造商的早期投資累計約為 4.3 億美元，其中近 75% 用於鋰基電池。在 2021-2023 年期間，電池的累計投資增長了三倍多，達到近 14 億美元。鋰化學品僅佔投資總量的 60%，而金屬-氫(metal-hydrogen)、固態(solid state)和鈉離子(sodium-ion)電池等新興概念的投資比例，從不到 15% 增長到 25% 以上。

(2) 發展趨勢

- A. 在電子電機架構(Electrical/Electronic Architecture, EEA)方面，車廠隨車輛系統持續增加，從元件裝置到電控單元(Electronic Control Unit, ECU)，再形成平面(Flat)架構，使組裝需密集勞動力且影響裝配效率。因此，域(Domain)架構將車載各系統視為不同功能域，搭配獨立控制器，再透過閘道器彼此通訊及整合。近期區域(Zonal)架構，將車輛切分成不同區域，各區域控制器連結區域內所有裝置，再透過閘道器串連中央核心，可有效降低電纜量。
- B. 充電速度為電動車領域關注重點，現市場以 400 伏特快充系統為主流，但 800 伏特高壓快充系統可降低充電電流、縮小電線線徑，提高效率與功率密度，實現更快充電速度，為未來發展趨勢，
- C. 電池型態方面，鋰離子電池具有可快速充電、能量密度高等特性，廣泛應用電動乘用車，包括鋰三元及磷酸鋰鐵兩大類，前者具高能量密度特性，後者有壽命長、安全性高特點。除前述主流電池外，近期固態電池因具備高能量密度、高安全性及高工作溫度等特性受到關注，亦可見台廠積極佈局。
- D. 馬達(電機)在電動車多採高效率、大輸出功率的交流馬達。交流馬達中，磁阻馬達具備不需永久磁鐵、低成本、可進行定功率控制且耐溫度變化等優點近期受到關注，但控制電路及設計難度為研發挑戰。
- E. 車用晶片方面，第三代半導體符合電動車應用需求而被廣泛討論。第三代半導體如氮化鎵(GaN)、碳化矽(SiC)，具耐高溫、耐高電壓等車用所需特性。

二、氫燃料電池車

(一) 整車：

氫能車是一種使用氫氣為主要燃料的車輛，透過氫氣與氧氣在燃料電池內進行化學反應產生電能，提供馬達驅動車輛所需要的電能，可以為車上的蓄電池充電，也可以提供車輛前進所需要的電能。氫能車的特色與電動車相近，並且氫能車使用燃料添加的方式，所以相較於電動車在燃料充填時間與車輛續航里程氫能車更具優勢，有同等或超越傳統內燃機車輛。

氫能燃料電池是利用氫與氧原子產生自由電子的現象產生電能，透過堆疊多個電池模組與串接 DC/DC 轉換器，接著氫能燃料電池就能夠提供穩定的電壓與

電流。氫能燃料電池車通常透過兩種電池提供電量，一種是蓄電池，另一種則是氫能燃料電池。

與電動車相似，電池輸出電力是透過控制器控制，並調配各個電池的輸出電力予馬達，讓電力轉換成機械能，由馬達帶動車輛運動，其中關鍵系統包含了氫氣供應系統、氫能燃料電池系統、DC/DC 轉換器、驅動模組、輔助電力系統、車輛電力控制系統與車身，如圖 2.2.9。

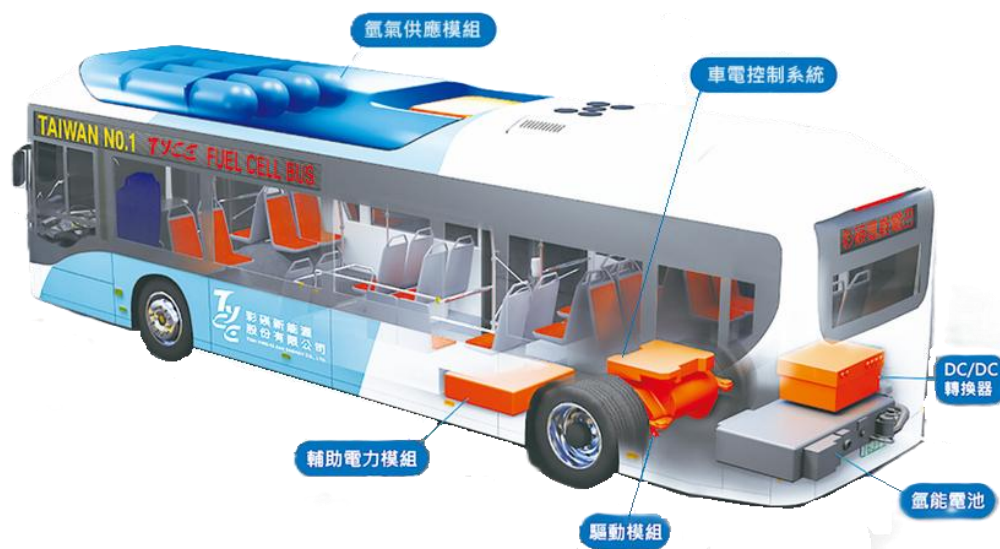


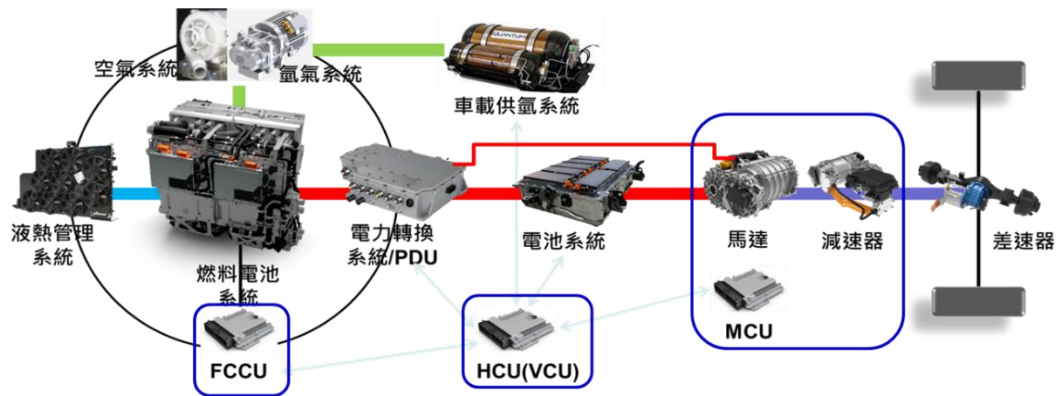
圖 2.2.9、氫燃料電池車整車架構

氫氣作為未來的替代燃料，目前仍然面臨著一些挑戰，包含(a)生產成本高：目前氫氣的生產成本相對較高，主要來自於生產過程中所需的能源和技術成本，(b)儲存和運輸困難：氫氣的儲存和運輸技術尚未完善，存在安全性和效率方面的挑戰，(c)基礎設施建設：需要建設氫氣生產、儲存和加油等基礎設施，投資成本較高且需要時間，(d)資源依賴性：目前大部分氫氣是通過化石燃料轉化而來，如何實現氫氣的可持續生產仍然是一個挑戰。氫氣作為一種實用的替代燃料，雖然面臨著一些挑戰，但也同時具有廣闊的發展機遇，有望成為未來能源結構調整和環保發展的重要方向。

(二) 關鍵零組件與發展趨勢

(1) 氫燃料電池車三大關鍵技術

氫燃料電池車動力系統基於純電動車，加入燃料電池系統與電池系統並聯如圖 2.2.10 所示。



資料來源：工研院機械所整理(2024)

圖 2.2.10、氫燃料電池車主要關鍵零組件架構

A. 關鍵技術架構介紹

氫燃料電池作用如同 HEV 的引擎，與電池共同協作提供電能。與一般電池不同，燃料電池並非儲存電能的電池，而是以發電機的形式持續將燃料轉換成電力。使用氫氣燃料、可快速啟動、發電效率佳且操作溫度低的質子交換膜型燃料電池(Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEMFC)，被廣泛應用於移動載具。

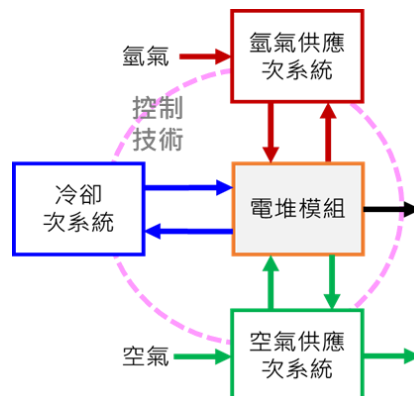
車用燃料電池系統主體架構如圖 2.2.11 所示，主要包含：

電堆：燃料電池發電核心部件，由多個燃料電池單元與陰陽極流道組成，每個單元均包含陽極觸媒層、陰極觸媒層和電解質膜。

氫氣供應次系統：氫氣從高壓氣瓶經由減壓閥與管路等元件，以設定的壓力傳送至燃料電池陽極側，陽極側有氫氣循環迴路，迴路中裝設氫氣循環泵浦或氫氣噴嘴等元件，可以達成氫氣補充、循環使用的目的。

空氣供應次系統：空氣供應次系統提供足夠的空氣流量與壓力，經由中冷器、加濕器等元件，進入電堆陰極。

冷卻次系統：燃料電池系統需在適當的溫度範圍內運作，水冷次系統包括水循環泵、散熱器和節溫器等元件，維持系統穩定運作溫度。



資料來源：工研院材化所整理

圖 2.2.11、車用燃料電池系統架構示意圖

車載儲氫系統由氣瓶、瓶閥、減壓控制系統及連接至燃料電池系統之高壓管件所組成，如圖 2.2.12 所示，目前國際上採用 350 bar 及 700 bar 兩個規格，因此儲氫系統於高壓氫氣環境下的結構安全性、氣密性、可靠度為技術目標重中之重；其次在應用上，技術朝向低成本、輕量化發展。

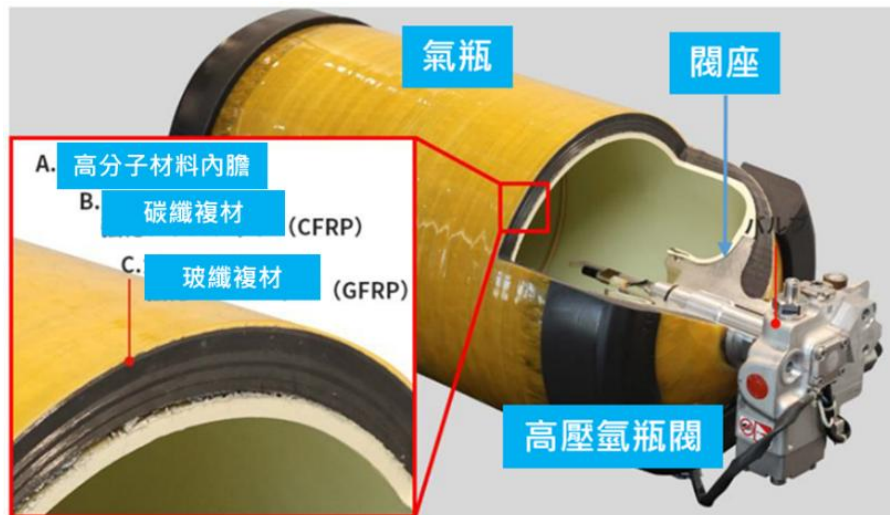


資料來源：Hamai (2024)

圖 2.2.12、車載儲氫系統組成

材料選用上，金屬相關元件主要選用沃斯田鐵系的材料來避免高壓氫環境的氫脆狀況發生，常見會使用鋁合金、3 系列不銹鋼、銅合金等等，配合強度應用於不同的元件上面。舉例來說，在瓶閥閥體上常會選用 6061 鋁合金，瓶閥內部之閥芯，減壓控制系統的減壓閥、逆止閥等則常選用 316 L 不銹鋼，接頭密封用金屬墊片則會選用紅銅；在元件設計上，結構安全性是基本要求，因此常透過模擬分析先做結構安全性的確認，後續則在成品上透過水壓測試來確保符合規範要求；另一方面，氣密性及可靠度則透過接頭/閥芯/螺紋設計，配合上公差小於 1 微米等級的精密加工，來達到高壓緊配氣密的目標。

氣瓶製造技術上，為了達到輕量化需求，車載儲氫系統採用 Type III 氣瓶(碳纖複材纏繞於鋁合金內膽)及 Type IV 氣瓶(碳纖複材纏繞於高分子材料內膽，如圖 2.2.13 所示)，相關技術除了碳纖複材纏繞技術的開發外，仍須針對高分子內膽之材料開發、成型技術、碳纖複材與內膽介面技術以及閥座內膽介面技術。其中 Type III 氣瓶技術較為成熟，從擠製、抽管、旋壓收口、瓶口加工、碳纖複材纏繞...等等相關技術及設備皆已商業化；Type IV 氣瓶技術則是近 10 年才逐漸成熟，透過內膽材料來降低氫滲透率符合規範要求，透過製程設計及參數調控進行內膽製備，常使用吹塑或是射出成型製程，提升接口處的密封性，透過介面技術強化內膽與碳纖複材之接合性質，強化氣瓶強度...等等。



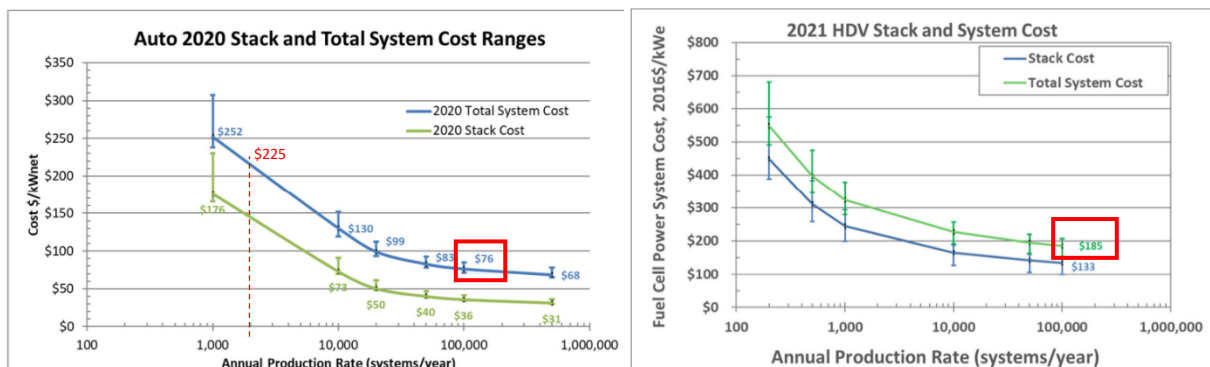
資料來源：Toyota Gosei (2024)

圖 2.2.13、Type IV 氣瓶技術架構拆解

從市場規模來看，全球儲氫瓶占整體儲氫市場的 64%，預計於 2031 年達到約 50 億美元，近十年間的年複合成長率達 13.6%(Transparency Market Research, 2024)。高壓儲氣瓶可分為五種型態，分別是應用於工業的 Type I (全金屬材質)；應用於固定式燃料電池的 Type II (碳纖維複材纏繞於金屬內膽)與上述應用於車載儲氫系統的 Type III 與 Type IV，以及用於火箭、衛星燃料儲槽的 Type V 無內膽全複合材料氣瓶。

B. 成本佔比

美國能源局(DOE)歸納 2017 年至 2021 年運輸燃料電池系統成本評估。該專案定義並預估了用於輕型(Light-Duty, LD)、中負荷(Medium Duty, MD)、(Heavy-Duty, HD)重負荷車款的 PEM 燃料電池動力系統的大規模生產成本，與當前和未來的技術，如圖 2.2.14 所示，以 10 萬輛的燃料電池系統每 kW 成本為 76 美元/kW (LD)與 185 美元/kW (HD)。以豐田 Mirai 2 代為例(2,000 輛訂單/年，約 225 美元/kW)，114kW FC 系統成本約為 26,000 美元，相對於電動車的三電系統成本 13,723 美元(如圖 2.2.6)高出將近兩倍(W. Zhou et al., 2023；B. D. James et al., 2021)。



資料來源：B. D. James et al., 2021

圖 2.2.14、PEM 燃料電池動力系統的大規模生產成本

目前韓國 Hyundai Elec City 低底盤市區巴士，分別供應 EV 版本與 FCV 版本，另有 FCV 版本 Universe 城際巴士。可涵蓋國內長短途客運使用需求，然而 Elec City FCV 版本售價 6.6 億韓圓(1,540 萬新台幣)，補助後價格為 3.86 億韓圓(900 萬新台幣)仍高於一般市區巴士採購成本。Universe FCV 版本售價更高為 7.8 億韓圓(1,820 萬新台幣)。

C. 主流技術發展現況以及重要廠商簡介

對應國際車用 PEMFC 應用由小型乘用車往大型車輛發展趨勢，車用 PEMFC 電堆的發展亦由較小功率電堆往較大功率進行，更基於美國能源部(DOE)的百萬英里氫能貨卡(M2FCT)計畫中，提升至 90°C/2.5atm 高溫高壓運作及 25,000 小時運作壽命等目標需求(USDOE M2FCT)，電堆國際主流發展趨勢如下：

效率提升，系統往高溫高壓運作，高溫運作除有助提升發電效率外，較高的對環境溫差亦有助於降低熱管理功耗與負擔；高壓運作有助改善陰極反應性提升性能。

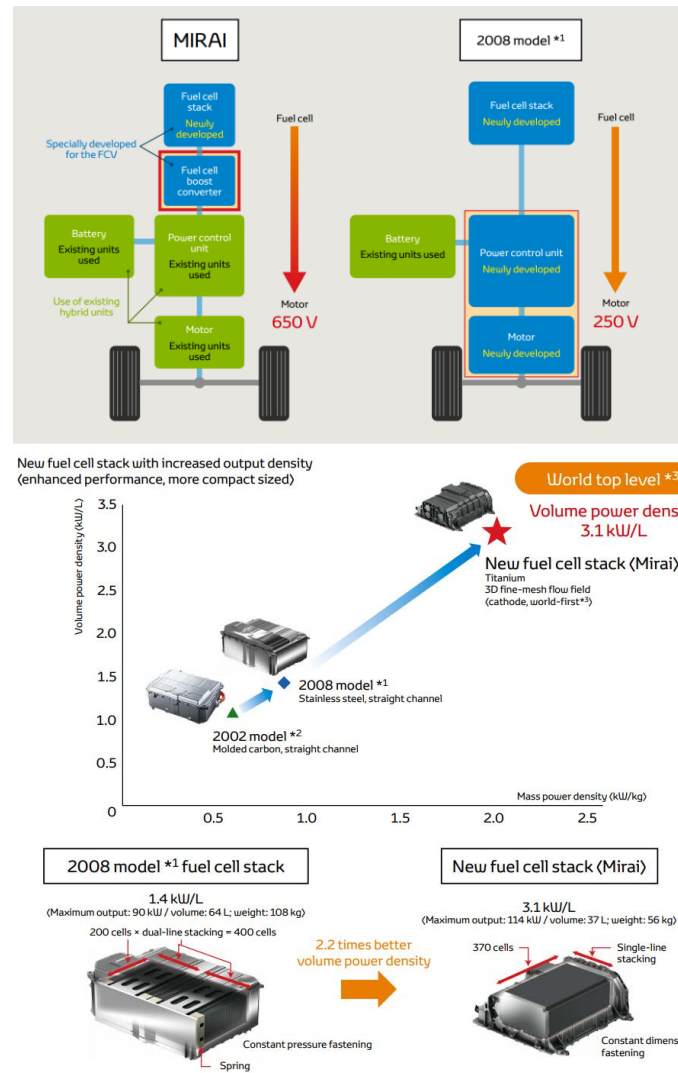
耐用性和使用壽命改進，目前車用燃料電池電堆分為金屬雙極板電堆與石墨雙極板電堆，金屬堆具備較高的耐壓及功率密度，石墨堆則具備低成本及長壽命的優勢，兩者各擅勝場，如表 2.2.1 所示：

表 2.2.1、車用燃料電池電堆主流廠商業者簡介

業者	雙極板種類	簡介
豐田(Toyota)	金屬	開發出首輛量產乘用車 Mirai，並發展至第 2 代
本田(Honda)	金屬	開發 Clarity 乘用車，亦有投入貨卡用電堆
現代(Hyundai)	金屬	發表氫能 SUV Nexo，應用於貨卡及巴士產品
巴拉德(Ballard)	石墨	9SSL/LCS 動力型電堆全球銷售量領先
Plug Power	石墨	發表 ProGen 電堆，供應搬運車及貨卡使用
Cummins	石墨	收購 Hydrogenics，載具為巴士、重卡與軌道車輛
PowerCell	金屬	與 Bosch 合作，主力開發重型貨卡用電堆及系統

資料來源：USDOE M2FCT

如圖 2.2.15 所示，氫能車三電系統的發展趨勢可由豐田 Mirai 2 代的介紹看出(Toyota, 2020)，特別發展的新設計燃料電池堆與升壓轉換器，可驅動 650V 馬達。不須加濕器，減少體積，並將燃料電池功率密度由 1.4kW/L 提升至 3.1kW/L。



資料來源：Outline of the Mirai, 2020

圖 2.2.15、氫能車三電系統的發展趨勢

車載儲氫系統朝向低成本、輕量化發展。在成本方面，高強度或是低成本的材料選用成為國際發展趨勢，以不銹鋼材料為例，日本製鐵發展出兩種不銹鋼材料來取代 316 L，分別為低成本的 STH2 及高強度的 HRX19(閥件/管件/接頭薄型化減少材料使用，降低元件成本)；而九州大學則開始討論更低成本的鉻鉬鋼材料於高壓氫環境應用之可能性。

在儲氫輕量化方面，主要體現在儲氫之重量密度上。以 Toyota 為例，之前第一代 Mirai 所配備之儲氫氣瓶儲氫量與氣瓶重量比值大約為 5 wt%，而目前旗下產品已經做到超過 7 wt% 的水準。日本 NEDO 擬定的目標(NEDO, 2024)，希望能在 2030 年時達到 10 wt%、2040 年達到 15 wt% 的水準，因此在內膽材料開發上，目標是想辦法降低 Type IV 內膽材料的氫滲透率，藉此降低內膽的厚度，甚至是往 Type V 無內膽氣瓶技術發展；另一個方向則是下修法規的做安全係數，藉此降低碳纖維纏繞重量，如此一來可以增加氣瓶內部容積，降低氣瓶重量，同時提升儲氫重量密度。國際上則有 Worthington Industries、Luxfer Holdings PLC、

Hexagon Purus 等廠商積極投入。而 Hexagon Purus 與 Toyota 合作，其氣瓶具有高強度、輕量和防腐蝕特性，確保其在多種應用中的耐久性和安全性。

(3) 發展趨勢

1966 年 PEMFC 技術首次應用在美國通用汽車 GM Electrovan，發展距今已超過半世紀。龍頭企業加拿大 Ballard 也早在 1993 年推出第一輛 FCV 大客車，陸續在美國、加拿大、澳洲、歐洲、中國大陸等地區試營運，2008 年時車隊營運里程累積超過 100 萬公里。FCV 乘用車龍頭企業日本豐田也在 2015 年開放累積 20 多年的相關技術專利，希望擴大市場規模加速產業推動。近年 FCV 產業發展速度不及 BEV，主要發展國家與企業由三大方向實現產業化：

A. 質子交換膜改進降低系統生產成本：質子交換膜高生產成本仍是其商業應用的主要障礙。其中關鍵電堆技術開發聚焦於占比生產成本高達 45% 的膜電極組件(Membrane Electrode Assembly, MEA)開發，研究著重降低 MEA 的材料與製程成本、減少貴金屬催化劑使用、提高膜電極的耐久性、發展天然纖維氣體擴散層等。例如：英國倫敦帝國學院開發一種新型態催化劑，由鐵取代貴金屬鉑製成(Mehmood, Asad et al., 2022)，從而大幅降低材料成本。主要國家研究機構如日本 NEDO、美國 ORNL 等...也投入高耐用膜電極材料開發。另外在石墨雙極板材料方面，因為其材料成本高，且機械強度與加工性較差不利量產，已有金屬雙極板可克服，但在金屬抗腐蝕技術層面還有進步空間。

B. 先進電極：PEMFC 系統單位轉換效率也是另一商業應用重要指標。技術研究包含：提高催化劑活性、優化膜電極結構、開發新型傳質層等方面。例如：美國橡樹嶺國家實驗室開發一種新的 CoPt 催化劑，可提高燃料電池效率(Leiming Hu et al., 2023)；中國大陸天津大學團隊利用靜電紡絲技術製成的超薄碳奈米纖維薄膜，並使用泡沫鎳取代傳統氣體擴散層(Jiao, Kui et al., 2021)，降低膜電極組件 90% 厚度，使體積功率密度倍增。

C. 高壓儲氫罐技術(無金屬)：高壓儲氫罐的發展主要分為物理壓縮與化學材料儲存(G. AlZohbi, A. AlShuhail, 2023)，物理壓縮較需考量結構強度，可儲存 25-30kg/m³ 氫氣，尤其是碳纖複材結構可儲存 40-60kg/m³。化學材料儲存雖可達 50-175kg/m³，但仍有操作昂貴、需再特殊處理且有毒性(胺)、熱的問題(Mg₂FeH₆)需解決。

三、氫內燃機車

(一) 整車：

早期 BMW Hydrogen 7 生產約 100 輛(K. Wróbel et al., 2022)，是第一輛量產的氫動力汽車如圖 2.2.16 所示。BMW 7 搭載 V12 引擎，並配備兩個獨立的燃油系統，使車輛能夠同時使用汽油和氫氣。基於 BMW Hydrogen 7(雙燃料)，開發了 BMW Hydrogen 7 Mono-Fuel 示範車，該車僅用氫氣運行。MAN 於 2006-2009 年

間在柏林試運行 14 輛氫燃料巴士。日本 Mazda 基於 RX-8 推出氫轉子引擎概念車，但未量產。另一款類似的知名汽車是五座福特 P200 乘用車，它於 2001 年推出，配備了 2 升發動機，配備了高度優化的氫氣埠噴射，配備兩個碳纖的 250 bar 壓縮氫氣瓶提供動力，3 年後，福特設計了一個由 30 輛 E-450 穿梭巴士組成的示範車隊。



資料來源：車廠官方網頁、車輛中心整理

圖 2.2.16、BMW、Mazda、MAN 氫引擎車

近期 2022 年 TOYOTA 官方發表 Corolla Cross H2 概念車，如圖 2.2.17，於日本富士賽道舉行的日本 24 小時超級耐久系列賽，在 2023 年的東京改裝車展 (Tokyo Auto Salon, TAS) 上，豐田汽車推出兩款經典 AE86 跑車，其一為配置氫內燃機(AE86 Trueno)改裝車輛。豐田還將該技術應用於 Corolla Cross H2 測試，計畫於 2030 年投產氫燃料引擎車輛。除豐田汽車外，現代汽車、歐洲商用車廠如 Volvo、系統供應商 Bosch、AVL 等皆投入氫燃料引擎開發並研擬進行試運行。隨著材料技術逐漸進步降低氫氣對於引擎零件的影響，以及產業相繼投入技術發展下，將帶來氫燃料引擎商業化的可能。



資料來源：車廠官方網頁、車輛中心整理

圖 2.2.17、豐田 TOYOTA 氫引擎概念車

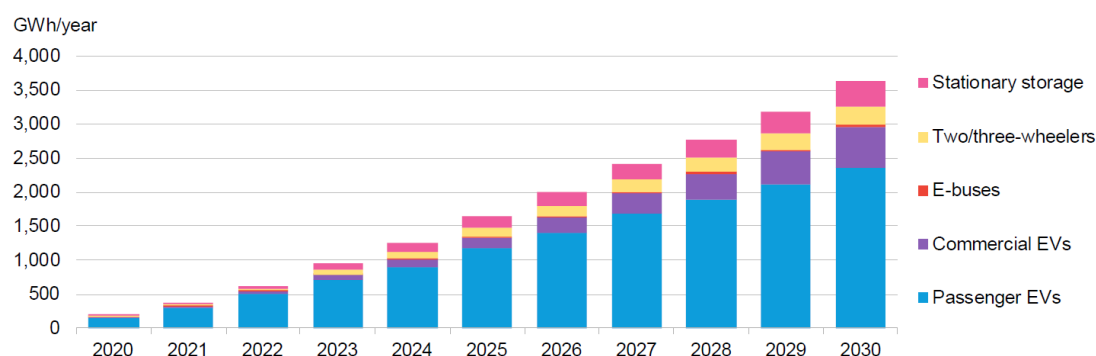
(二) 氫內燃機關鍵技術

氫內燃機(Hydrogen Internal Combustion Engines,H2ICE)研究進展(L.J. Wang et al., 2023)主要集中在：不同氫內燃機的結構形態、異常燃燒的原理和抑制方法、注氫參數和注氫模式對氫內燃機的影響、氫氣-空氣混合物的形成以及 NO 參數和注氫模式對、NO_x 排放的燃燒循環變化，以及燃燒過程的最佳化控制方法。運作時可能會發生異常燃燒，如早燃、回火和進氣管堵塞，尤其是在高負荷運行時，氫氣噴射參數和氫氣噴射模式對進氣管堵塞和 H₂-空氣混合物的形成有重要影響。燃燒過程的最佳化控制是解決抑制異常燃燒、堵塞進氣管、提高氫燃料發動機功率之間矛盾的最有價值的方法。

第三節 電動車輛核心技術-電能系統(電池)現況與技術發展探討

一、電動車輛電能系統(電池)市場供/需發展現況

因應全球環境變遷，世界各國為降低溫室氣體及空氣汙染排放量，能源轉型均積極納入國家發展政策，以降低對石油的依賴。其中針對各項運輸工具(電動巴士、電動車、電動二輪車等)即是發展項目重要的一環。根據彭博新能源財經(BNEF)調研數據指出，現在全球有近 2,900 萬輛電動汽車在路上行駛，其中包括商用電動汽車，如電動巴士、貨卡車超過 156 萬輛，並且有超過 3 億輛電動輕便摩托車、踏板車、摩托車和三輪車上路。而電動化運具的全球市場成長將帶來龐大電池需求，根據 BNEF 預估，2030 年全球電動化運具相關的動力電池需求可望達到 3.2 TWh，市場年複合成長率達 32.2%，成為全球運輸工具大廠與相關供應鏈業者首要的策略布局核心。

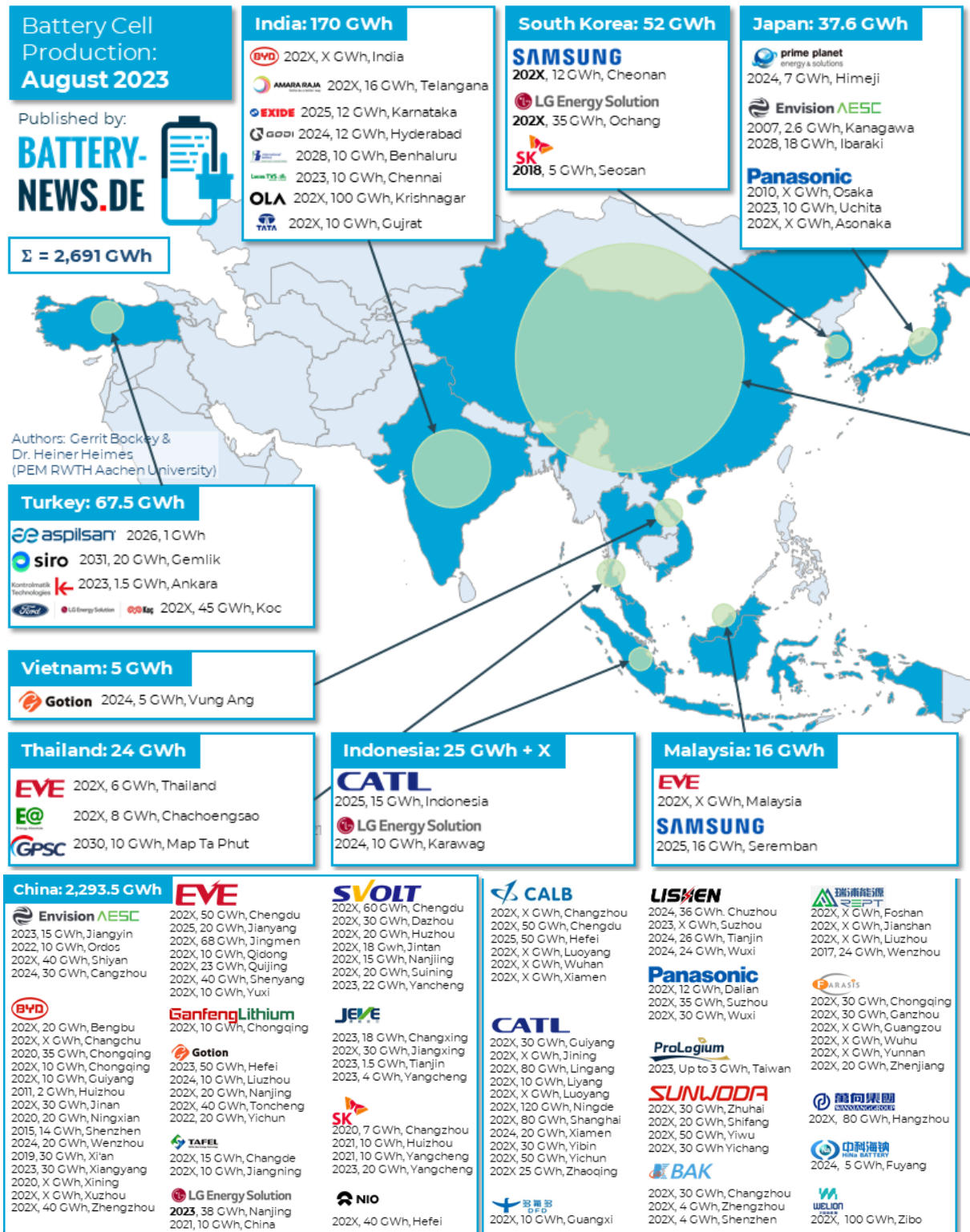


資料來源：BNEF (2024/03)

圖 2.3.1、全球不同類型運輸工具電動化所需電池需求數量累計與未來預測

2023 年全球電動乘用車銷售量總計 2,337 萬輛，年增達 32%。其中純電動車銷量就達到 970 萬輛，包括插電式混合動力車在內的插電式汽車銷量達到 1,400 萬輛，年增達 35%。增速最高的是插電式混合動力車，這主要得益於比亞迪在中國大陸市場的突破。延伸 2023 年全球電動乘用車對於動力電池的總需求約為 670 GWh，比 2022 年的 470 GWh 增加 44%。2023 年統計產量達 750 GWh。成為全球電池產業最重要的終端應用市場。

但全球電動車動力電池市場雖有龐大需求支持，仍因為吸引眾多廠商投入生產而快速出現產能過剩，供過於求之情況，連帶影響整體市場發展與電池單價低迷。全球鋰離子電池的生產能力在 2023 年達到近 2,000 GWh，其中 772 GWh 專門用於電動車，顯示出生產能力的快速擴張，至於在未來的擴產預期則更為驚人，如圖 2.3.2 亞洲已發布/已規劃/已量產之電動汽車動力電池設廠分布，產能已有 2,691 GWh/年，加上同資料庫顯示歐洲 2,014 GWh/年、美加累計共 1,659 GWh/年之產能規劃，合計共 6,364 GWh/年，超過前述預期之 2030 年需求量達 3.2 TWh 近一倍之產量，自然引起已投入量產廠商產能過剩下為求持續營運發動價格戰。

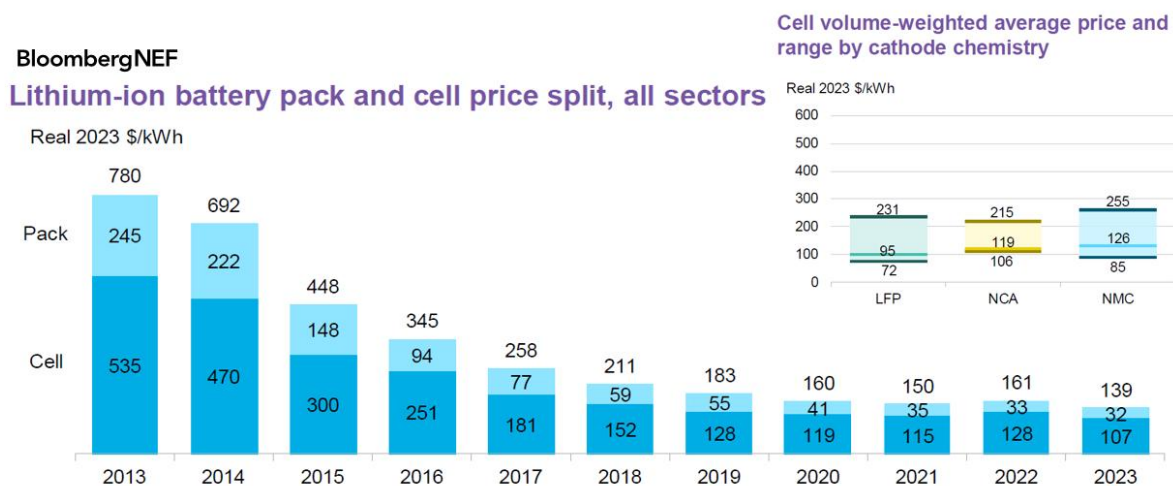


資料來源：Battery-News.De (2023/08)

圖 2.3.2、亞洲已發布/規劃/量產之電動汽車動力電池設廠分布與產能

從 2008 年到 2023 年，電動車鋰離子電池的成本已經下降了 90%，從 1,415 美元/kWh 降至約 139 美元/kWh。其中又以產能過剩最為嚴重的中國大陸電池成本普遍最低，中國大陸於 2023 年電池模組的平均價格約為 126 美元/kWh，價格的低廉主要歸因於電池原材料(如鋰、鎳和鈷)的價格回落，推動電池成本下降，

新型電池化學如磷酸鋰鐵正極和鎳鈷錳氧化物三元正極的引入，提升了電池的能量密度和安全性，同時降低了生產成本，中國大陸市場的成熟度、強大的生產能力以及激烈的市場競爭。相比之下，美國和歐洲的電池成本較高，分別為 140 美元/kWh 和 152 美元/kWh。這些地區的成本較高主要是由於生產規模較小、原材料成本上升以及市場尚未完全成熟所致。隨著技術進步和生產規模的擴大，未來幾年內電池價格仍有可能繼續降低。



Source: BloombergNEF. Note: Historical prices have been adjusted using June 2022 to June 2023 inflation rates based on US Consumer Price Index (CPI) index; kWh is kilowatt-hour.

資料來源:BNEF(2024/02)

圖 2.3.3、2013-2023 年全球電動車用動力電池模組/電芯價格變化

因包括中國大陸在內的國際電池市場競爭激烈，許多製造商積極擴大產能以滿足不斷增長的需求導致價格下降。相對而言美國和歐洲的市場競爭尚未達到同樣的水平，這使得價格保持在較高水平。隨著新技術如磷酸鋰鐵電池的普及，電池的能量密度和生產效率得到了提升，有助於降低生產成本，進一步促進價格的下降中國大陸在電池原材料的供應鏈上具有優勢，這使得其生產成本相對較低。而在美國和歐洲，供應鏈的穩定性和原材料的價格波動可能會影響電池的最終成本到 2025 年，預計美國的電池成本將降至 113 美元/kWh，而到 2030 年，全球平均成本可能降至 80 美元/kWh。

2024 年上半年全球電動車電池裝機量中，寧德時代以 133 GWh 的裝車量，市占率高達 36%，穩居全球第一，緊隨其後的是裝車量 65 GWh 的比亞迪，市占率 18%，LG 能源解決方案裝機量達 43 GWh 排在第三。以國別計算時，中國大陸廠商市占率達 64.7%，韓國廠商合計市占率達 22%，過去三年中國大陸廠商在一步步蠶食韓日兩國市占率。由於近年碳酸鋰價格不斷下跌，電動車電池電芯的價格也同樣下滑，已接近部分企業的成本價，動力電池市場競爭正加劇上演淘汰賽，大者恆大優勢日益明顯，整體市場趨勢會越來越集中。不僅中國大陸許多中小電池廠商將加速出局，韓日廠商營運績效也可能會進一步下滑。

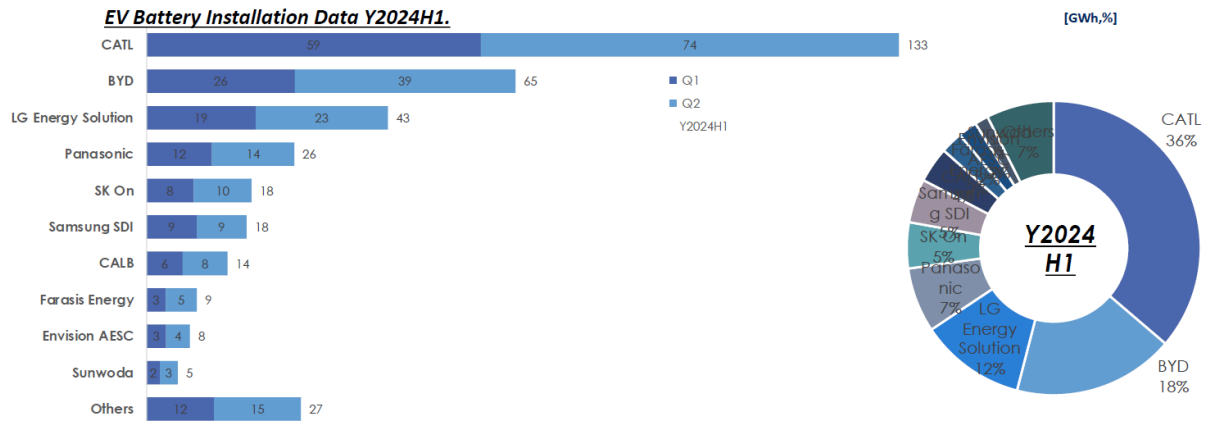


圖 2.3.4、2024 上半年全球電動車用動力電池裝機量市占率

二、2024 年電動車輛電能系統(電池)產品與技術發展現況

(一) 電動車續航里程需求與能量密度提升

電動車續航里程提升對於使用者來說具備可用性與便利性提升正面效益，因此向來是電動車廠重要產品提升面向，2024 年的電動車電池續航里程普遍在 160 至 480 公里之間，具體取決於電池的大小和容量。2024 年美國市場上電動車的平​​均續航里程已接近 300 英里(約 483 公里)，這一數字比 2022 年的 234 英里有了顯著提升。2024 年市場上出現了多款續航超過 300 英里的電動車。例如，Lucid Air Grand Touring 的續航里程達到 516 英里(約 830 公里)，成為市場上續航最長的電動車之一，其他車型如 Chevy Silverado EV 和 Tesla Model Y 的續航也在 450 英里(約 724 公里)以上，在 2024 年中國大陸市場的純電動車型平均續航約為 500 公里，顯示出電動車在續航方面的競爭力不斷增強。

而電動車續航里程提升可藉由減輕車重與提升電池設計電容量來改進，因而帶出了一系列的技術需求。目前主流的鋰離子電池能量密度普遍在 125 到 190 Wh/kg 之間。特別是比亞迪在 2024 年 8 月推出的新一代刀片電池，其能量密度達到 190 Wh/kg，這比上一代提高了約 36%。另外如固態電池技術正在快速發展，在 2024 年成為市場上重要選擇。某些固態電池的能量密度已達到 320~400 Wh/kg 之間，如 2024 年 4 月蔚來汽車 Nio 70 kWh 電池的能量密度達 360 Wh/kg，是目前中國大陸量產電動車的電池當中能量密度最高的，並且有望在未來幾年內進一步提升。韓國 Samsung 的固態電池計劃在高端電動車上應用，能量密度可達 900 Wh/L，續航里程超過 600 英里(約 965 公里)，能量密度已經達到 430 Wh/kg，並有潛力在未來進一步提升至 500 Wh/kg。這一技術的突破使得固態電池在能量密度上幾乎是傳統鋰離子電池的兩倍，並且能夠支持更高的工作電壓(如導入使用 5V 正極材料提高電壓上限)。

(二) 充電速度提升衍生的 4C~6C 快充電池技術

電動車使用模式上為人詬病主因之一，在於充電時間往往需達數小時，與直

接燃油補充的數分鐘時間相較，在便利性上有所不及，因而電動車快速充電一直是車廠積極希望導入整車設計的技術項目。但是快速充電需求所帶來的電池壽命損害與大電流/高電壓充電衍生的安全性與技術困難均需要克服。在電池產品技術改良上，國際間已積極導入 4C (即 1/4 小時=15 分鐘內由 0% 充至 80% 電量) 到 6C (1/6 小時=10 分鐘) 快充技術，並有多家國際電池製造商如寧德時代和比亞迪正在推動 6C 快充技術的商業化。這種技術能在短時間內為電池充入大量電量，例如，寧德時代的麒麟電池已經實現了 5C 的充電速度，並計劃推出 6C 版本，這將使電池在極短的時間內充滿電。其 NP 系列電池，特別是 NP2.0 技術，能在低溫環境下保持良好的充電性能，並且在 10 分鐘內充電至 80%；億緯鋰能的全新大圓柱 Omnicell 電池在常溫下可在 5 分鐘內充電至 300 公里的續航，而在低溫環境下充電至 80% 也僅需 25 分鐘。Zeekr 汽車電池技術支援高達 5.5C 的充電速度，這使得其電動車能夠在極短的時間內完成充電。

至於在其他國家動力電池製造商的技術改良上也與時俱進，韓國 LGES 主要開發圓柱型與軟包裝型電池，圓柱型電池主要供應於通用汽車(GM)與福斯汽車(Volkswagen) ID.4 車款，軟包裝型電池主要供應智慧型手機。電池材料技術方面現階段以高鎳三元正極為主要應用，負極材料以人造石墨搭配少量矽氧化物(SiOx)，供應高功率電動車使用。未來發展上 LGES 提出 NCMA 四元材料技術，藉由第四元素的添加，達到穩定高鎳正極材料的不穩定性以及提高能量密度，預計於 2025 年進入目前所有 LGES 動力電池產品線應用。



資料來源: LGES 公司資料

圖 2.3.5、LGES L&S 電芯製造技術

然而對於電動車充電而言，提高充電速度與充電功率，可從增加充電電流與增加充電電壓兩種做法著手。在電流不變的情況下，若能將電壓從 400 V 提高到

800 V，那麼在 250 A 電流限制下輸出功率則可從 100 kW 提升至 200 kW，將可大幅縮短充電時間。高電壓 800 V 平台帶來完整快速充電與減輕車重優勢，是目前國際車廠積極投入研發之關鍵技術，其中所需之電池芯需要解決產熱與析鋰問題，目前多以電池材料改質處理與散熱技術提升來解決。800 V 快充能在 10.5 分鐘內充電至近 500 公里的續航里程，目前大功率快充的 800 V 高壓系統架構總共有兩大類，第一大類是直接走向單系 800V 方案，但受限於適配 800 V 平台的高壓充電樁並未全面推行廣布，以及成本和技術等因素，目前仍需相容 400 V 充電方案，第二類即是相容 400 V 的架構，其中又包括 800 V 電池組搭配 DC/DC 轉換器，和 400 V+400 V 雙系統電池組的兩種方案；某種程度上這兩種方案將成為向全 800 V 高壓過渡的中間方案。

因應前述技術優勢吸引下，國際電動車車廠開始著手布局 800 V 電動車高壓平台技術，並且陸續推出車款上市。Porsche 於 2019 年發佈了全球第一款搭載 800 V 電壓平台的純電動汽車 Taycan。當充電功率升高至 270 kW 時，只需 23 分鐘便可將 Taycan 電量從 0% 充至 80%。另外，Taycan 高壓平台除帶來充電效率的提升外，也強化全車性能，Taycan Turbo S 車型中設計搭載兩台永磁同步馬達，可產生高達 460 kW 的輸出功率，讓其最高時速可達 260 km/h，百公里加速僅需 2.8 秒。在 Porsche 的帶動下，產業內眾多廠商紛紛開始佈局 800 V 高電壓平台，如同集團的 Audi eTron、VW Trinity、GM 悍馬車與 Lucid Air 等。

表 2.3.1、現有與已發布將導入 800 V 平台相關車型

品牌	車型	發佈/量產時間	系統電壓(V)	續航(km)	快充時間
比亞迪	唐	2019 發佈	613.2	505	30min/30%-80%SOC
Porsche	Taycan	2019 量產	800	500	23min/0%-80%SOC
比亞迪	漢	2020 發佈	569.6	550	25min/30-80%SOC
吉利	極氪 001	2021 發佈/ 2022-23量產	800	712	5min/120km
Hyundai	IONIQ 5	2021 發佈	800	500	5min/100km； 18min/0-80%SOC
廣汽埃安	Aion	2021 發佈	800	/	5min/200km
東風嵐圖	/	2021 發佈	800	/	10min/400km
小鹏	/	2022 量產	800		5min/200km
Lucid Motors	Lucid Air	2021 發佈	900	643	1min/32km
Audi	A6 e-tron	2023 量產	800	700	10min/300km
GM	悍馬 EV	2023 量產	800	/	10min/161km
大眾	Trinity	2026 量產	800	>500	/

資料來源：工研院產科國際所

其他歐美車廠部分，BMW 800 V 平台為 Neue Klasse，預計於 2025 年開始的

24 個月內將會有至少 6 款的 Neue Klasse 平台電動車陸續問世，其中並包含該集團的電動車 3 系、以及目前已推出的 iX3 電動 SUV 改款等；Kia EV6、EV9 等系列亦有 800 V 設計導入；Hyundai 於 2020 年底發布的 G-EMP (Electric-Global Modular Platform，電動化全球模組型平台)相容 400 V/800 V 平台，並搭配全球首個 800 V 高壓充電系統，基於 E-GMP 平台開發的電動汽車支援四輪驅動，可使得百公里的加速時間降低至 3.5 秒、最高車速達到 260km/h，同時擁有 600km 的續航里程(NEDC 測試條件下)，在高電壓的加持下，電動汽車只需 14 分鐘就可充電 80%，已導入的車型有 Ioniq 5 等。

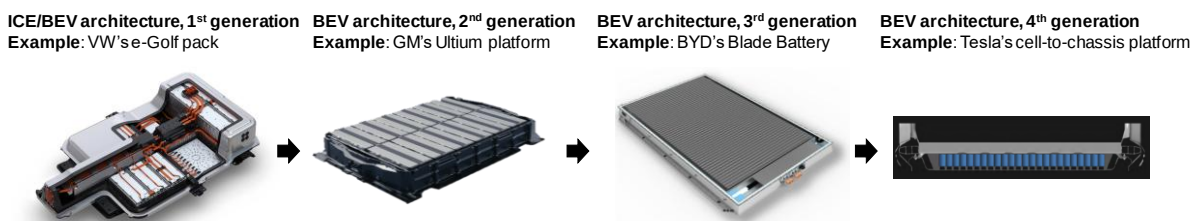
在中國大陸電動車廠導入 800V 平台的考量上可說更為積極全面投入，如 BYD 於 2021 年 9 月正式發布純電專屬平台 e 平台 3.0，標榜為全球首次八合一電動力總成，0~100 公里加速可快至 2.9 秒，綜合續航里程超過 1000 公里。此外，搭配該公司的 800 V 閃充技術，電動車可實現充電 5 分鐘，行駛 150 km 之便利性。吉利汽車 800 V 平台被稱為 SEA 浩瀚架構，目前有極氪 001 車款於 2021 年 4 月已上市，後續陸續有車型推出。極氪 001 具備 400 V 和 800 V 兩種電壓架構，SOC=10%-80% 充電時間為 30 分鐘，充電 5 分鐘可行駛約 120 公里。另外搭載具有液冷溫控管理系統的“極芯”電池模組與高倍率電池芯，已能達到 2.2C 的高充電倍率，最大充電電流高達 600 A。廣汽集團旗下極狐汽車推出 Alpha S 車款，是該集團於中國大陸市場首次推出之 800 V 高壓量產車平台，其充電功率最高可達到 187 kW，充電 10 分鐘可行駛近 200 km，電量從 30% 充到 80% 僅需 15 分鐘。2022 年 5 月，廣汽埃安發布超倍速電池技術與其 A480 超級充電樁，超倍速電池的電壓可達 880V，最高充電功率為 480 kW。在其搭配的 A480 超級充電樁上，可實現 6C 的高倍率充電，充電 5 分鐘續航里程可增加 200 km。東風集團於 2021 年 9 月，由東風嵐圖對外發表集團自研 800 V 高電壓平台及超級快充技術，其中 800 V 高壓超級快充技術是動力電池和用電設備均為 800V 高壓系統，無冗餘升壓裝置(無 DC/DC)的系統架構，訴求重點包括超快充系統、低系統能耗、高性能電池、SiC 電驅總成，並支援無線充電等優勢。整車高性能電池搭載 4C 高倍率電池，在 360kW 超級充電樁充電時速率可提升 125%，實現充電 10 分鐘，續航 400 公里。

電動車電池系統走向高電壓(如 800 V 高壓平台)方案下，電池在快速充放電時會產生大量的熱量，需仰賴熱管理系統將熱量散發，在電池系統散熱上需要加強。熱管理系統可分為自然冷卻、風冷、液冷、直冷四種，其中液冷方案採用冷卻液對流換熱，液冷板上均勻分佈的導流槽和電池芯間接接觸，優點是更靠近熱源(電池芯)、換熱效率高、能耗低，且更能保證電池單體溫度的一致性。原先對於電動車來說，液冷板通常設計在動力電池底部，800V 高壓方案下液冷板用量面積增加，放置立式液冷版結構於電池芯之間，甚至在電池頂部也增加液冷板設計的狀況逐漸出現。另外由於電壓提升，車載端主要電氣零組件都需要重新選型，因此在電池外，包括電機、電控、OBC、PDU、DC/DC 轉換器、高壓配電盒、逆變器

都需要重新選型。連帶對於電氣系統絕緣、散熱系統等要求也需要升級。由於快充過程中產熱量大，熱失控的風險增加，電池模組的結構選材方面也要重新選擇與設計結構。以目前電動車用動力電池市占率領先之寧德時代相關電池產品為例，該公司於 2023 年所發表之神行電池已於 2024 年第一季上市，其內部使用磷酸鋰鐵正極，負極標榜採用石墨快離子環技術，同時採用多梯度分層極片設計。電解液則採用超高導電電解液配方，有效提升導電率和降低電解液粘度，增強鋰離子脫溶劑化能力。另外在導電劑碳納米管採用、電解液中使用 LiFSI、隔離膜使用芳綸塗覆的應用下結合，同時提供保證續航和低溫性能特色之為普通消費者所用的 4C 快充電池技術。

(三) 其他技術需求-電池與整車整合之 CTP/CTC/CTB 技術

在電動汽車的發展中，電池系統的設計與整合技術至關重要，若能將各模組間進行整合與緊湊利用車室空間，對於電池空間利用率、系統電容量與整車車重降低等都有明顯正面影響。各車廠在模組組裝上儘量減少非必要組構件或減少數量，或整合/合併功能，如 Audi 開發結合 Relay, Fuse 與 Contactor 之 Semiconductor Switch 電池 Cell 或 Module 直接集成到底盤或車體。電池系統技術以整合一體化概念出發，衍生出 CTP(Cell to Pack)、CTC(Cell to Chassis)和 CTB(Cell to Body)等設計概念。



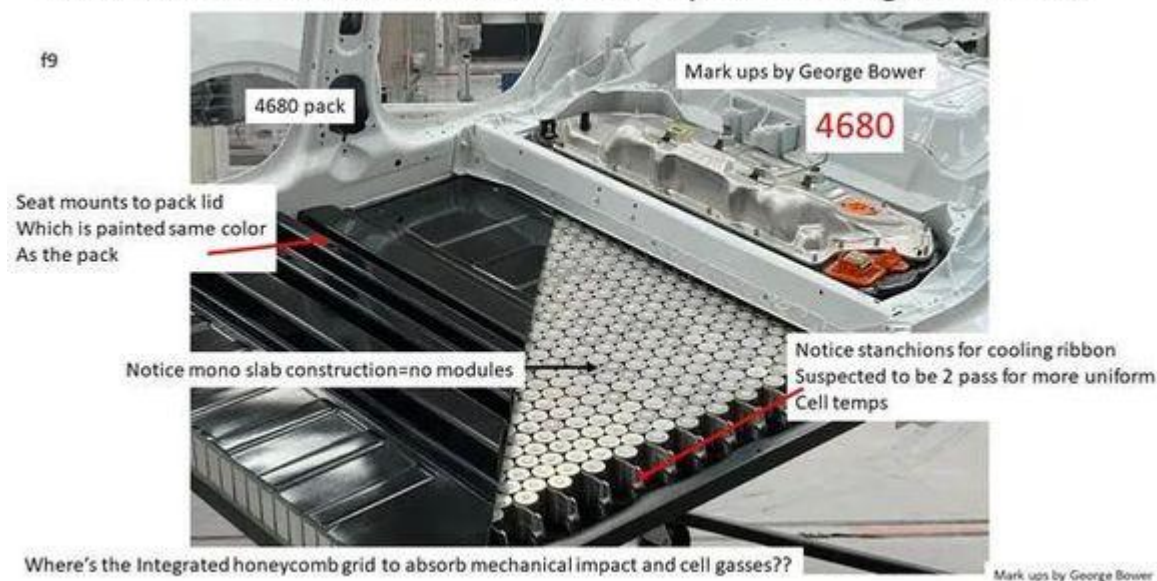
資料來源：工研院產科國際所 (2023)

圖 2.3.6、電動車電池系統模組設計變化

CTP(Cell to Pack)技術是將電池電芯直接集成到電池包中，省略了傳統的模組組裝過程。這種設計提高了電池包的能量密度和空間利用率，並降低了生產成本。目前比亞迪的刀片電池系列全數導入 CTP 技術，這種電池在安全性和散熱性能上表現優異，並且能提高電池的容量和壽命；CTC(Cell to Chassis)技術將電池電芯直接集成到車輛底盤中，這樣不僅減少了零部件的數量，還能進一步降低車輛的重量，提升整體性能。Tesla 在 2020 年首次介紹 CTC 概念，並在其 Model Y 中實施了這一技術。CTC 設計將電池電芯直接集成到車輛底盤中，取消了傳統車身底板，將電池框架與底盤整合，顯著減少了零部件數量。透過 CTC 技術，Model Y 的零部件數量減少了 370 個，整體重量減輕了約 10%，單位成本下降了約 7%，不僅簡化生產流程，還提高了組裝效率；CTB(Cell to Body)技術是將電池電芯集成到車身結構中，這樣的設計進一步簡化了車輛的組裝過程，並提高了整體的結構強度。目前有比亞迪 (BYD)海豹(Seal)車型與零跑汽車 (Leapmotor) C01 車型

導入 CTB 並已實現量產。

Tesla Unveils 2 Model Y Structural Battery Packs at Giga Berlin Tour

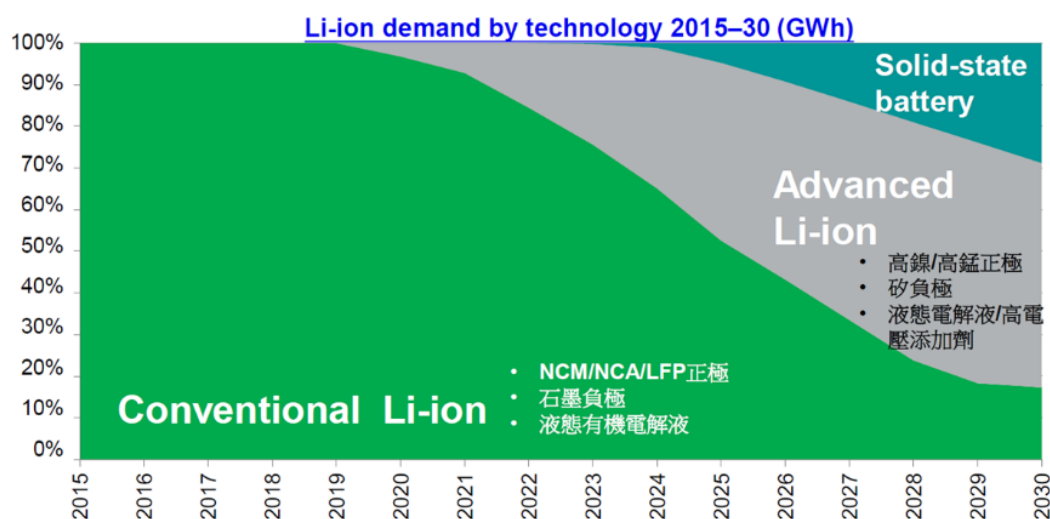


資料來源：Tesla 德州工廠 Demo (2023/10)

圖 2.3.7、Tesla Model Y 車款 CTC 概念

(四) 2024 年-半固態電池興起，提升電動汽車安全性

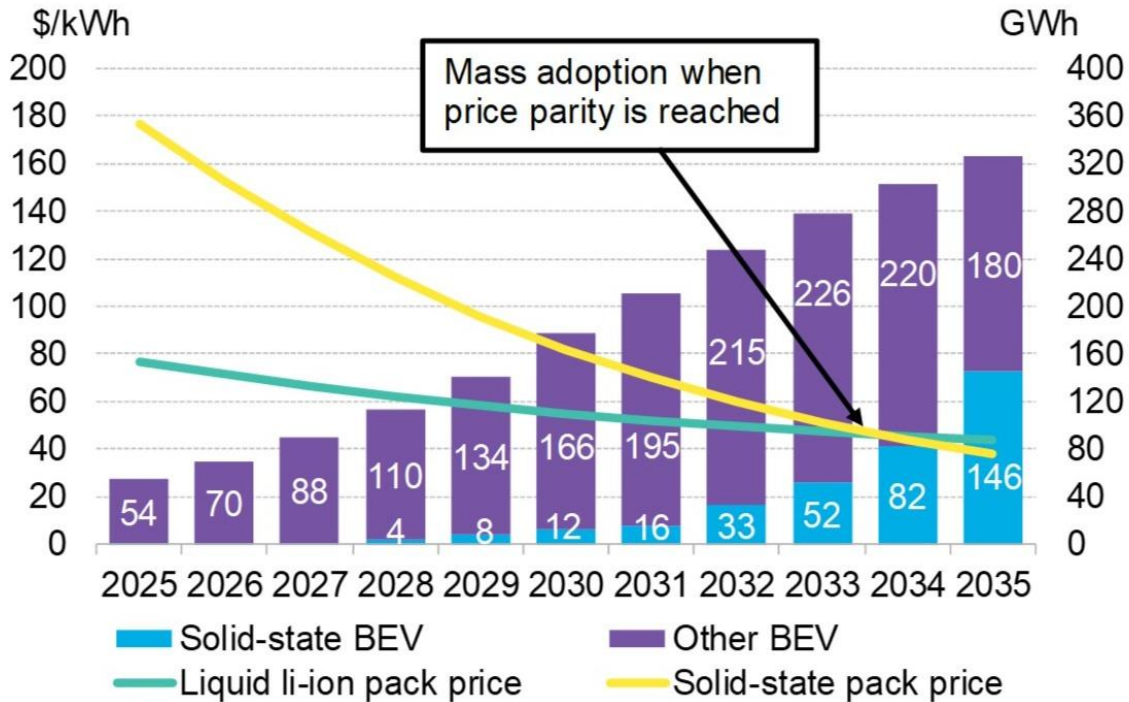
目前電動車主要使用液態鋰電池，依正極材料區分以磷酸鋰鐵(LFP)、鎳鈷錳(NCM)為主，然而兩者的能量密度發展皆已趨極限，另液態電解質存在較高的熱失控風險，存在安全疑慮。固態電池具有高功率密度、可快速充電、更高安全性與保存期限長等特性，主要由陶瓷或聚合物製成固態電解質，取代傳統的液體或膠狀電解質，受到電動車應用市場高度關注。基於固態電池的潛力，歐、美、中、日、韓亦積極發展固態電池，預計 2030 年全球電動化運具相關的動力電池需求 3.2 TWh 當中，固態電池可望佔>30%之比例，超過 1 TWh/年之需求規模。



資料來源：IHS Markit

圖 2.3.8、傳統鋰電池/新世代鋰電池/固態電池量產規劃與產值比例變化

從固態電池的長期未來市場展望出發，多朝向自 2025 年後步入量產，但仍需逐步由半固態、類固態電池開始，長期方向以全固態電池投入的觀察。如 BNEF 認為除車廠導入意願與時間外，需考量與現有電池成本比較，認為固態電池正式進入電動車應用將在 2028 年，大量導入時間則需觀察固態電池模組成本與鋰電池成本相近時(BNEF 預測為 2033 年)，固態電池無隔膜設計使得電池能夠在短時間內完成快速充電，例如在 8.5 分鐘內從 5% 充至 80%。

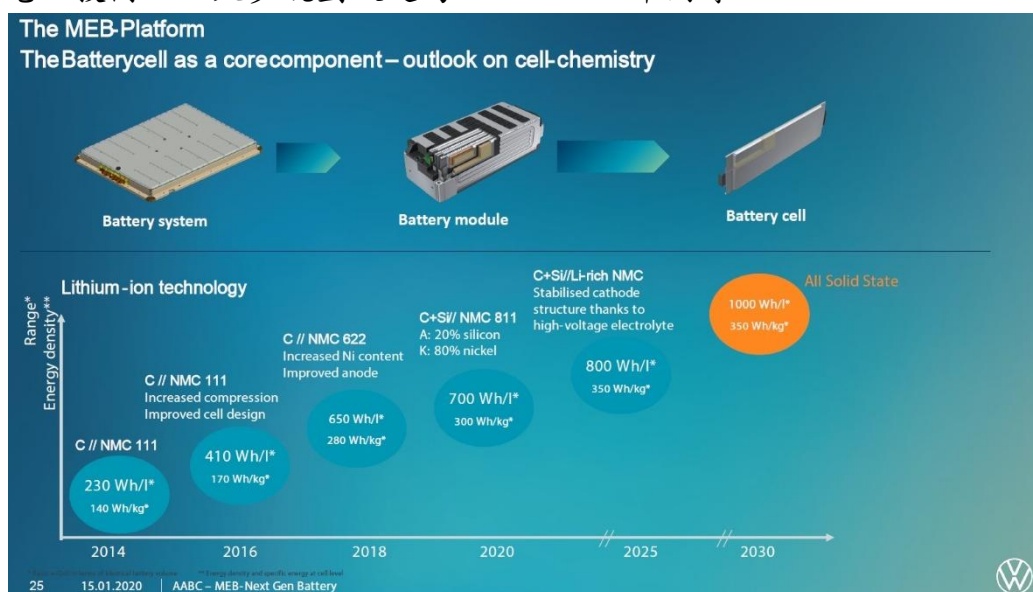


資料來源：BloombergNEF(2021)

圖 2.3.9、BNEF 對固態電池市場規模長期預測

有關於半固態電池、類固態電池的定義來自於美國 USDOE ARPA-E 影響，認為從半固態電池(液體<10%)時就可較現有鋰離子電池技術大幅提升安全性，搭配鋰合金/鋰金屬負極技術可將能量密度提升至 350~400 Wh/kg，衍生準固態電池(液體<1%)與全固態電池等各項定義。可分為液態/膠態、半固態(液態電解液含量佔 1~10wt%)、準固態(液態電解液含量佔 0~1wt%)和全固態四大類，其中半固態、準固態和全固態三種統稱為固態電池。固態電池的迭代過程中，液態電解質含量從 10wt%降至 0wt%，有機會降低電池熱失控的風險，即便是與液態電解液混合使用的半固態、準固態電池仍存在一定的可燃風險，但其安全性一般仍優於液態鋰電池。

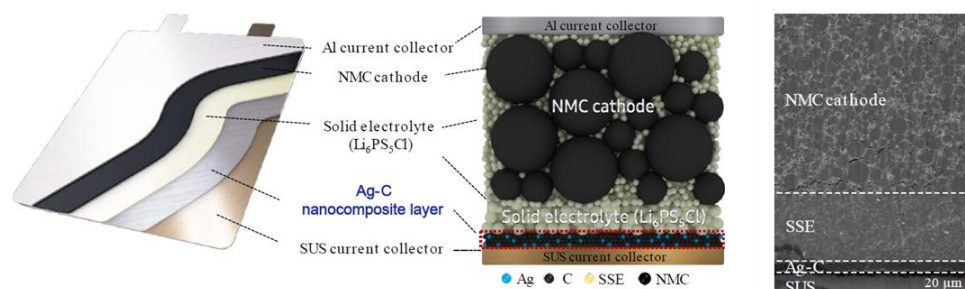
以國際電動車廠技術需求 roadmap 觀察，目前均取得 280~300 Wh/kg 能量密度之電池可供電動車組裝量產，如 VW MEB(模組化電動驅動套件 Modular electric drive matrix, 德文 Modularer E-Antriebs-Baukasten, MEB)平臺的技術藍圖上提到現有 811 高鎳正極/20%矽負極技術，可將電池能量密度達 300 Wh/kg，2030 年進入全固態電池應用。至 2025 年前，歐美電動車廠技術發展上，正極普遍為高鎳 811/955 體系；負極以 8~20%重量比之矽負極設計，長期發展規劃下，均考量導入固態電池技術，且大多規劃設定為 2025~2030 年間導入。



資料來源：VW

圖 2.3.10、VW MEB 電動車平臺電池技術藍圖規劃

在下一代電池產品開發上同樣有日韓電池製造商參與，韓國 Samsung SDI 聚焦於固態電池的發展，於 2022 年 3 月宣布 S-Line 固態電池試驗生產線開始動土，預計於 2026 年完成全固態電池的量產計畫。Samsung SDI 主要專注於硫化物全固態電池的開發，電解質為 Li_3PS_4 (LPS)，正極材料使用高鎳三元材料與鋰金屬應用，體積能量密度可達 900Wh/L，充放電 1000 次仍維持 99.8%的循環壽命表現。



資料來源: Samsung SDI

圖 2.3.11、Samsung SDI 固態電池內部結構示意圖

另外，在材料設計上，由於硫化物固態電解質所產生 H_2S 具有腐蝕性，以及為防止正極材料與固態電解質的直接接觸，因此在正極材料表面會進行一層約

5nm 的 $\text{Li}_2\text{O-ZrO}_2(\text{LZO})$ 的保護塗層，在負極部份，也會在鋰金屬表面進行一層奈米級銀碳塗佈，此技術除保護鋰金屬外也達到抑制鋰枝晶生成。另外，在開發過程中發現鋰金屬容易於銅箔集流板上出現剝離現象(Stripping)，因此將銅箔替換為不鏽鋼負極集流板的發展技術。目前此技術正積極尋找國外車廠驗證合作中。

半固態路線對於現有液態鋰離子電池體系來說技術轉換難度較小，也被視作全固態電池發展的過渡路線。在固態電池發展趨勢當中，為加速商品化的應用，部份中國大陸固態電池廠商們紛紛加速半固態電池產品的開發，並進一步交由車商進行驗證，主要認為現階段全固態電池產品還有許多問題仍需解決，實際擴大應用時程仍有變數，因此預期半固態電池能更快速的進行導入與應用，且也能達到大幅降低現階段鋰電池所遇到的安全性問題。目前贛鋒鋰業已有相關產品的銷售實績，其餘如孚能科技、蔚藍新能源、國軒高科等廠商皆已交由車商驗證，並實際安裝於中國大陸銷售的電動車當中。

表 2.3.2、2024 年半固態電池產品技術現況與裝車規劃

固態電池廠商	車商	搭載車款	預計發售時程規劃	備註
贛鋒鋰業	東風汽車	E70	2022 年 1 月已搭載於 50 輛東風風神 E70 車款。	第二代半固態電池，能量密度可達到 400 Wh/kg，並透過針刺實驗，且維持高能量密度的情況下同時保持安全性，也可支援 5C 以上放電。
			預計 2024 年實現第二代固態電池量產搭載。	
	賽力斯	SERES-5	搭載 90 kWh 固態電池組，2023 年 9 月於慕尼黑車展展示。	
孚能科技	嵐圖汽車		2022 年 12 月已發布 82 kWh 產品，首批新車已於 2023 年 1 月量產	下一代半固態產品已具備量產條件，具更高能量密度，將用於乘用車、低空飛行載具等。
國軒高科	高合汽車	HiPhi X	已推出 160 kWh 固態電池產品，2023 年交付於高合汽車。	

固態電池廠商	車商	搭載車款	預計發售時程規劃	備註
蔚藍新能源	蔚來汽車	ES6	2023 年蔚藍將開始交付固態電池於 NIO，並搭載於 ES6 系列，官宣可達 930 公里續航力。	
		ET7	2023 年 12 月，搭載蔚藍新能源 150 kWh 半固態電池的蔚來 ET7 進行了續航測試，行駛里程 1,044 公里，能量密度 360 Wh/kg。	
清陶能源	合眾汽車	哪吒	已於 2021 年交付於合眾汽車開發哪吒 U 系列車款。	
	智己汽車	智己 L6	2024 年 5 月正式上市，同時搭載的清陶能源 100 kWh 半固態電池，首個準 900V 超快充固態電池，可實現 1,000 公里續航	
上汽集團	智己汽車	智己 L6	2024 年開始應用於智己 L6，預計 2027 年供應全車系固態動力電池。	自行投資全固態電池生產線將在 2025 年底完工，一期產能規劃 0.5 GWh，並於 2026 年量產，2027 年實現裝車量產交付。
	上汽汽車	超跑 EXE181	上汽純電超跑 EXE181 也將搭載固態電池。	

資料來源：工研院產科國際所

三、低價大眾化之選擇-鈉離子電池

鈉離子電池(Sodium-ion batteries, Na-ion batteries)目前商品化的能量密度較低，一般在 100-150 Wh/kg 左右，但隨著技術進步，有機會進一步提升，工作原理類似於鋰離子電池，具有可逆充放電特性，能夠在多次充放電循環中保持穩定性能，且因其熱穩定性較高，不易發生過熱或起火等安全問題。雖然目前鋰離子電池在電動汽車市場佔主導地位，但鈉離子電池有望在未來提供成本更低的替代品。儘管鈉離子電池的能量密度較低，但在成本和原材料供應穩定性方面具有優勢，特別是在中低端電動車市場中開始受到重視。

全球有多家廠商正在量產鈉離子電池或正處於量產準備階段。並已有奇瑞汽車-QQ 霜淇淋系列車型(由寧德時代新能源科技生產供應)、江鈴集團旗下易至汽車 EV3 鈉電車型(由孚能科技生產供應)在電動車領域裝車銷售與交付顧客，目前累積裝機電池容量已超過 75 MWh，正式邁入量產化、產業化階段。

表 2.3.3、國際投入鈉離子電池量產商品化廠商與技術平臺/規格現況

國家	廠商	電芯種類	正極材料	負極材料	重量能量密度(Wh/kg)	倍率性能(C)	循環壽命	備註
中國	寧德時代(CATL)	方型	普魯士藍	硬碳	160	常溫下4C充電可達80%	-	• 低溫-20°C電量可維持>90% • 也有開發層狀氧化物型
	鈉創新能源(Natrium)	軟包裝型	層狀金屬氧化物(鎳-鐵基)	硬碳	120	-	1,000次 維持92% 3,000次 維持80%	-
	中科海鈉(HiNa)	軟包裝型/圓柱型/方型	層狀金屬氧化物(銅基)	煤基硬碳	135	3C	1,000次 維持91%	-
	中科院大連化物所	軟包裝型(5.2Ah)	聚陰離子型(磷酸鈉鈦)	硬碳	126.5	<4C	3C/2,000次 維持80%	-
	鵬輝能源	圓柱型/軟包裝型	層狀金屬氧化物/聚陰離子型(磷酸鹽類)	硬碳	依正極材料選擇	-	>1,000次	容量約100mAh/g
美國	Natron Energy	方型	普魯士藍	普魯士藍類(六氫磷酸鹽)	20~30	12C	>50,000次	• 水系電解液(NaCl) • 可在40°C下環境下操作
	Aquion Energy	-	錳酸鈉	活性碳/磷酸鈦鈉	-	-	-	水系電解液(NaCl)
英國	Faradion	軟包裝型(10Ah)	層狀金屬氧化物(鎳基)	硬碳	140~160	-	3000次 維持80%	-
法國	Naiades, Tiamat	圓柱型(1Ah,18650)	聚陰離子型(氟代磷酸鈉鈦)	硬碳	90	1C	4000次 維持80%	-
瑞典	Altris AB	-	普魯士白	普魯士藍	140	-	-	水系電解液(NaCl)

資料來源：各廠商產品資訊、工研院產科國際所整理

寧德時代在 2023 年發布了其首款商用鈉離子電池，宣佈進入鈉離子電池市場，並計劃在 2024 年進行大規模量產。該公司發布量產的第一代電池能量密度約為 160 Wh/kg，雖然低於鋰離子電池，但在低溫性能和安全性上表現優異，適合儲能和電動汽車的應用。充電速度可在 15 分鐘內充電至 80%，在快速充電應用中具備競爭力。在 -20°C 的低溫環境下，該公司的鈉離子電池仍然能保持優秀的放電效率，這使其在寒冷地區的應用特別適合。目前 針對鈉離子電池能量密度問題，寧德時代開發了 AB 電池系統解決方案，即鈉離子電池與鋰電池兩種電池按一定比例進行混搭後，再整合到同一個電池系統裡，透過 BMS 演算法進行不同電池體系的均衡控制。



資料來源：寧德時代官方網站

圖 2.3.12、寧德時代應用於電動車之 AB 電池(鋰離子/鈉離子混合設計)概念

中科海鈉/華陽新能源致力於開發和推廣鈉離子電池技術，在 2023 年宣佈完成鈉離子電池的生產線建設，並開始向市場供應電池，進入商業化階段，主要應用於儲能系統和小型電動車並開始向市場供應產品。

規格	NaCR32140-ME12	NaCP50160118-ME80	NaCP73174207-ME240
額定容量	12Ah	80Ah	240Ah
能量密度	140Wh/kg	145Wh/kg	155Wh/kg
平均電壓	3.1V	3.1V	3.1V
迴圈壽命	2000~3000 cls	2000~3000 cls	2000~6000 cls
工作溫度	-40°C~55°C	-40°C~55°C	-40°C~55°C
存儲溫度	-30°C~60°C	-30°C~60°C	-30°C~60°C
倍率性能	97%額定容量@3C	95%額定容量@2C	95%額定容量@2C
低溫性能	80%額定容量@-40°C	75%額定容量@-40°C	75%額定容量@-40°C
安全性能	符合 GB38031-2020、GB/T 36276-2018		
應用場景	兩輪、三輪車，可攜式儲能	乘用車、通訊基地台、家庭儲能	工程機械、工商業儲能、電力儲能



資料來源：中科海鈉/華陽新能源

圖 2.3.13、中科海鈉/華陽新能源鈉離子電池量產規格與電動車裝機現況

總體來說，鈉離子電池的主要優勢在於其材料豐富、成本較低和環境友好，且鈉離子電池的架構、封裝工藝與鋰電池高度相似，生產鋰電池的工廠不必經過大的改動就能直接進行鈉離子電池生產。使其在多種應用中具有廣闊的市場潛力。但目前鈉離子電池產業化進度較慢導致正負極材料的原料成本、生產成本及加工費較高，輔材每度電成本攤提仍遠低於鋰電池之水準，且鈉離子電池尚存能量密度較低的劣勢，導致鈉離子電池度電成本仍高於鋰電，成本優勢尚未凸顯。

第四節 能源效率與運作成本評比

一、 能源效率

根據我國經濟部能源署-各車型耗能證明核發月資料公布的結果如表 2.4.1，在臺灣有上市的電動車能耗測試值多半落在 5.5~7 間，換算約 0.14~0.18 kWh/km。而根據美國能源部 (United States Department of Energy) 公布的電動車能耗資訊，多數電動乘用車能耗介於 85~120 MPGe (MPGe 是將電動車能耗轉為燃油車計算單位，其中 MPG 是 miles per gallon)，換算約 0.17~0.25 kWh/km。我國電動車能耗採用的測試標準有新歐洲駕駛週期(New European Driving Cycle, NEDC)與 (Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedure, WLTC)兩種，車廠可自行選擇測試方法。美國能源部則是採美美國國家環境保護局(U.S.Environmental Protection Agency, EPA)的測試方法，採用 NEDC、WLTC、EPA 等不同測試方法會影響電動車的能耗測試值，若以測試的嚴苛程度排序，依序為 EPA、WLTC、NEDC。

表 2.4.1、電動小客車能源效率標示(民國 113 年 5 月)

電動小客車能源效率標示113年5月核發資料

能效單位：公里/度

廠 牌	車 型	製造 別	排檔 型式	門 數	最大輸出 馬力(hp)	參考車 重(kg)	純電行程 (公里)	能效 測試值	申請 單位	核發日期
HYUNDAI	KONA-A	進口	A1	5D	133.0	1717.0	448	7.5	三陽工業	113/05/08
中華名爵	MG MG4 EH321B	國產	A1	5D	167.0	1737.0	417	6.3	中華汽車	113/05/08
中華名爵	MG MG4 EH322B	國產	A1	5D	201.0	1794.0	567	6.1	中華汽車	113/05/08
中華名爵	MG MG4 EH323B	國產	A1	5D	429.0	1956.0	491	5.8	中華汽車	113/05/08
NISSAN(註一)	ARIYA 160kW	進口	A1	5D	214.0	2043.0	423	5.7	裕隆汽車	113/05/13
NISSAN(註一)	ARIYA 178kW	進口	A1	5D	238.0	2226.0	548	5.4	裕隆汽車	113/05/13
MASERATI(註一)	GRECALE FOLGORE	進口	A1	5D	550.0	2769.0	424	3.7	臺灣蒙地拿	113/05/16
MERCEDES-BENZ	Maybach EQS 680	進口	A1	5D	649.0	3151.0	702	4.4	台灣賓士	113/05/21
Tesla(註一)	Model 3 H6LR	進口	A1	5D	256.0	1932.0	527	7.9	台灣特斯拉	113/05/21
Tesla(註一)	Model 3 H5LDB	進口	A1	5D	371.0	1995.0	608	6.9	台灣特斯拉	113/05/21

註：未備註車型之能效結果係依據歐盟ECE R101及其後續修正指令之測試方法執行(NEDC行車型態)。

註一：此車型之能效結果係依據歐盟ECE R101及其後續修正指令之測試方法執行(WLTC行車型態)。

資料來源：經濟部能源署

氫能車部分引用美國能源部的數據。日本 TOYOTA 的 Mirai 與韓國 Hyundai 的 Nexo 分別有 65~74 MPGe 與 57 MPGe 的測試數據(Toyota, 2023)，換算約 0.28~0.32 kWh/km 與 0.37 kWh/km。

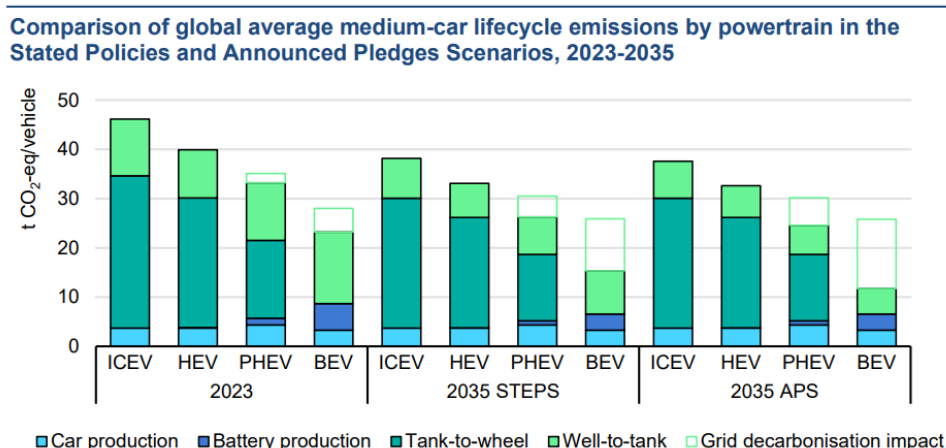
表 2.4.2 整理能源來源到轉換後的效率(S. Vengatesan et al., 2024)，電動車從電廠端經過降載、直流/快充、電池的電能與化學能轉換、馬達效率、驅控器轉換效率等損失，能源使用的效率大概在 70%，但氫燃料電池的轉換效率約 50% (廢熱回收約可達 70%以上)，故氫能車整體的能源使用效率較純電動車低。然根據美國能源部的資料，相較一般燃油車的測試值在 30 或 40 MPG 左右，電動車 80~120 MPGe 或是氫能車 57~74 MPGe 的數據皆好上一大截。

表 2.4.2、BEV, FCEV, ICE 能源轉換效率

		BEV	FCEV	ICE
100% Renewable electricity				
Well to tank	Electrolysis	–	30%	30%
	Co ₂ air capture	–	–	37%
	Transport, storage& distribution	5%	26%	–
Fuel Production Efficiency		95%	52%	44%
Tank to Wheel	Inversion AC/ DC	5%	–	–
	Battery charge efficiency	5%	–	–
	H2 to electricity conversion	–	50%	–
	Inversion DC/AC	5%	5%	–
	Engine efficiency	10%	10%	70%
Overall efficiency		73%	22%	13%

資料來源：S. Vengatesan et al., 2024

根據 2024 年國際能源總署(The International Energy Agency, IEA)發布的「全球電動車展望」報告，依據既定政策情境 (Stated Policies Scenario, STEPS)與宣告承諾情境 (Announced Pledges Scenario, APS)，考量 2023 年以前歷史資料，如圖 2.4.1 所示，2023 年銷售的電池電動汽車在其生命週期內的碳排放量將是傳統汽油車的一半。全球在 STEPS 情境中，中型純電動車的生命週期排放量約為使用內燃機汽車的一半，比等效的 HEV 低 40%以上，在 15 年的運行年限內(約 20 萬公里)，比 PHEV 低約 30%。這些減排量在 APS 情境中增加了約 5 個百分點，因為電網脫碳的速度比 STEPS 情境更快。與 2035 年購買的車輛相比，內燃機汽車在 STEPS 情境中產生的排放量幾乎是電池電動汽車的 2.5 倍，在車輛生命週期內，APS 情境的排放量是電池電動汽車的 3 倍多。對於中型汽車來說，這相當於內燃機汽車使用壽命內的 38 噸二氧化碳當量，而 BEV 的二氧化碳當量為 15 噸二氧化碳當量。各地區不同的發電排碳係數與電池產地、生產方式皆會影響碳排，臺灣的發電排碳係數約 0.5 kg CO₂e/kWh，在此條件下電動車的碳排會低於燃油車。

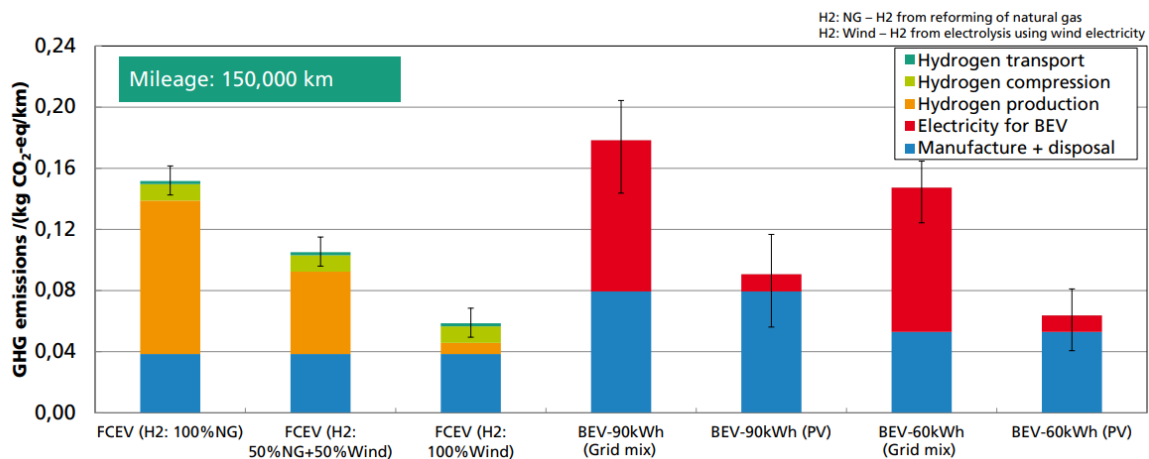


資料來源：IEA (2024)

圖 2.4.1、不同能源類型的車輛生命週期排放的溫室氣體

FCEV 在 TOYOTA 的運作分析裡，雖不產生二氧化碳與其他溫室氣體(J.

Tokieda., 2015)，但考量整個造車、運行、回收的整體生命週期還是會產生二氧化碳；德國 Fraunhofer ISE 參與執行 H2 Mobility 計畫(A. Sternberg et.al., 2019)計算長程 300 公里的氫能車與電動車比較研究，以圖 2.4.2 為例，基於生命週期 15 萬公里，分析每公里碳排放量，氫能車分別比較氫氣來源是 100%天然氣、50%天然氣+50%風力、100%風力，考量氫氣產生、儲氫、運送、電池回收，以 100%風力產氫來估算 GHG emissions 為 0.06 kg CO₂-eq/km，相當於上一段 IEA 2024 報告中行駛 20 萬公里產生 12 噸二氧化碳當量，低於 BEV 的 15 噸，更低於燃油車的 38 噸。



註:包括鋰電池、燃料電池、高壓儲氫氣瓶之製造+退役後回收處理

資料來源：A. Sternberg et al., 2019

圖 2.4.2、2020-2030 年 FCEV、BEV 生命週期排放的溫室氣體

二、 運行成本比較

(一) 能源成本

為比較氫能電動車作為淨零載具的車主使用成本，挑選相同車廠、尺寸相近的 Toyota Mirai 與 Corolla 分別作為氫能與汽油代表車型，以公司公告 WLTC 能耗進行推算。根據蒐集主要氫能電動車銷售國家中，五大區域之零售市場端最低能源價格進行試算。2023 年 10 月全球五大區域燃料成本效益依序為，中國大陸北京最為經濟划算，氫油成本效益比超過 2 倍，其次為韓國首爾、德國柏林，氫油成本效益比接近 1.5 倍，日本東京則為氫油同價，美國加州氫油成本效益比則不到汽油一半，詳見表 2.4.3，各國補助已反映於表中氫氣價格。

中國大陸北京是五個比較區域中氫氣價格最便宜，與最貴的加州相比，價格僅為其 13.4%，也使北京氫油成本效益來到 2.06 倍的可觀數字，意味車主能省去一半的燃料使用費，大幅增加當地消費者的購車意願。反觀加州地區由於昂貴的氫氣價格，汽油價格又不若歐洲地區高昂，使用燃油車成本效益遠優於氫能電動車。因此 Toyota 在北美銷售策略便是提供車主 6 年免費氫能燃料或是 15,000 美元的燃料補貼優惠供選擇。德國加氫站服務商在 2023 年 10 月開始，在部分電解

現地產氫站別提供每公斤 310 元的低價氫氣，但實際觀察柏林多數站點平均價格約落在每公斤 520 元，氫氣價格僅比美國低，因此實際當地氫油成本效益比應約為 0.85，仍不及中國大陸北京與韓國首爾、日本東京。上述的氫油成本效益比也直接反應在各地區的 FCEV 實際銷售量，兩者呈現高度正相關，因此政府適時補貼終端氫氣價格將是產業得以啟動的關鍵之一。

表 2.4.3、全球五大區域氫氣與汽油價格使用成本效益比較(2023 年 10 月)

國家/地區	能源價格*	千元燃料 可行駛里程(公里)/ 燃料量*	氫油成本 效益比
中國大陸 北京	氫氣 130	1,035/7.7	2.06
	汽油 39	501/25.6	
韓國 首爾	氫氣 210	643/4.8	1.48
	汽油 45	435/22.2	
德國 柏林	氫氣 310	435/3.2	1.45
	汽油 64	301/15.6	
日本 東京	氫氣 261	517/3.8	1.02
	汽油 38	505/26.3	
美國 加州	氫氣 967	140/1.0	0.35
	汽油 49	397/20.4	

資料來源：工研院產科國際所整理(2024/07)

*註：能源價格單位：氫氣(新台幣/公斤)；汽油(新台幣/升)

近期研究在 2023 年發表(A. E. Poggio et al., 2023)，義大利 Bolzano 服務的電巴和氫能巴士每公里的成本如圖 2.4.3 所示，在相同的里程內，FCEB 的運營成本是 BEB 的 2.3 倍。

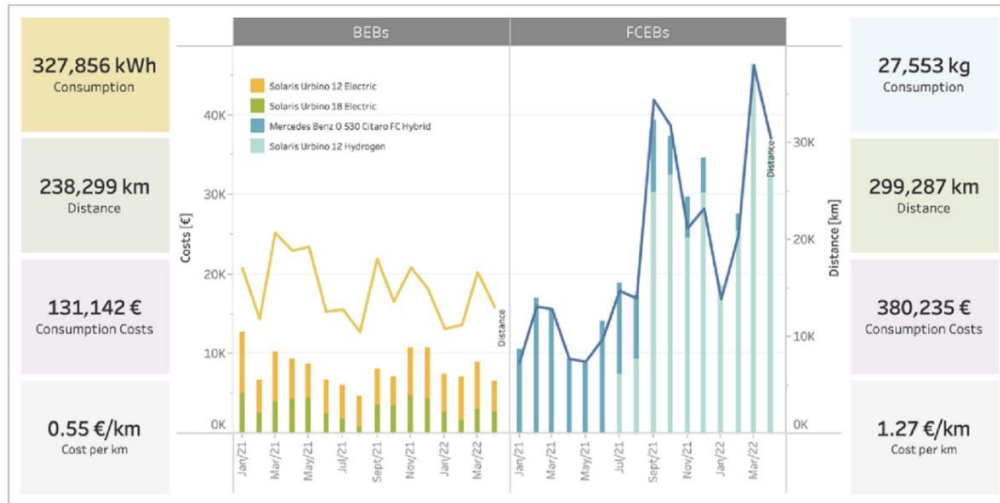


Fig. 17. Consumption, distances, and operational costs from January 2021 to April 2022 for the analysed ZEB fleet. The following cost figures were used in combination with the monitored data: costs: (i) 13.80 €/kg H₂ in IIT's station [49]; (ii) 0.40 €/kWh for recharges in public streets [62].

資料來源：A. E. Poggio et al, 2023

圖 2.4.3、義大利 Bolzano 服務的電巴和氫能巴士每公里的運營成本

表 2.4.4 列出各 2 種電巴、氫能巴士的營運效能資訊，以每 100 km 為基礎計算，Solaris Urbino 12 Hydrogen 氫能巴士需要 9.31 公斤氫氣，因氫能效率大約 50% 緣故，此氫氣量相當 310 度電；Solaris Urbino 1 Electric 電巴則是需要 137 度電。但以減碳量而言氫能巴士比電巴多 40%。

表 2.4.4、氫燃料電池巴士與電動巴士場域維運效能資訊

Overview of performance data for operation of the analysed ZEB fleet.

	FCEBs		BEBs	
	Solaris Urbino 12 Hydrogen	Mercedes 0530 Citaro Fuel Cell Hybrid	Solaris Urbino 12 Electric	Solaris Urbino 18 Electric
Distance [km]	211,173	88,114	150,531	87,768
Consumption	18,848 kg H ₂	8,706 kg H ₂	200,198 kWh	127,658 kWh
Distance between refuels/recharges [km]	170	156	170	136
Consumption between refuels/recharges	15 kg H ₂	15.7 kg H ₂	225 kWh	204 kWh
Energy vector efficiency	9.31 kg H ₂ /100 km	10.07 kg H ₂ /100 km	137 kWh/100 km	153.8 kWh/100 km
Energy efficiency [kWh/100 km]	310.24	335.75	137	153.8
Running costs [€/km]	1.23	1.36	0.53	0.58
CO ₂ savings ICEBs [tons CO ₂]	230.9	96.3	164.6	95.9

資料來源：A. E. Poggio et al, 2023

(二) 保險成本

歐盟 ZEFER 專案(N. Hamon, 2023)展示氫能交通在車隊應用中的可行商業案例，借鑒歐洲氫能交通倡議中的經驗，結合了 FCEV 與加氫站兩者，是 FCEV 的先期商業案例——180 輛 FCEV 部署在倫敦、巴黎和哥本哈根(每個城市 60 輛)，用於需要長距離和快速加油的應用(在這些應用中，電動車不那麼可行)，並且零排放的價值可以貨幣化。所有車輛成本的基本情況假設為全新運行 3 年，然後出售給另一個使用者，不含增值稅。車輛在高里程應用中運行，平均每年 45,000 公里。由表 2.4.5 可以看出 FCEV 與 BEV 保險價格相同，比油電車及 PHEV 貴了 16%。

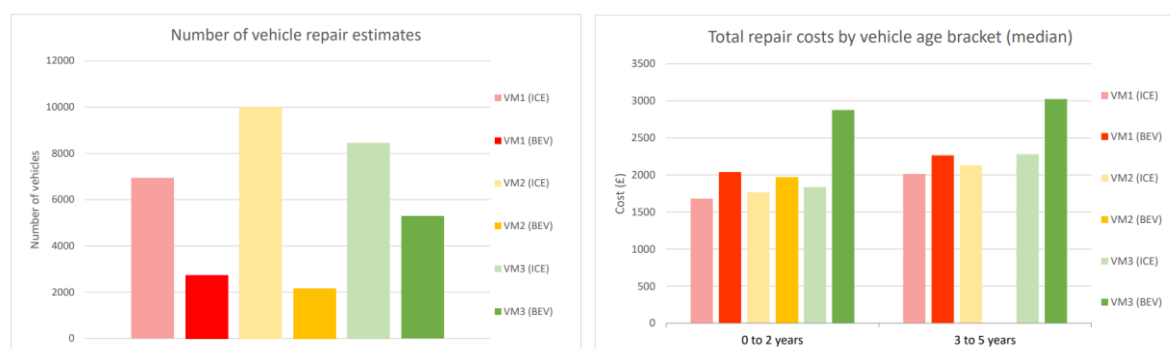
表 2.4.5、ZEFER 計畫維運分析

Assumption		Petrol hybrid	PHEV	BEV (home charge)	BEV (public slow charge)	BEV (public rapid charge)	FC vehicle
Lease	Annual mileage (km)	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
	Vehicle purchase price (€)	26,000	41,833	34,922	34,922	34,922	56,583
	Residual value (€)	3,472	5,987	6,101	6,101	6,101	9,866
	Depreciation (€/yr)	7,509	11,949	9,630	9,630	9,630	15,572
	Finance (€/yr)	1,326	2,152	1,849	1,849	1,849	2,990
Fuel	Fuel consumption (l, kWh, kg per 100 km)	7.42	2.65/16.56*	22.38	22.38	22.38	1.12
	Fuel price (€ per l, kWh or kg)	1.62	1.62/0.34	0.23	0.34	0.55	10
	Fuel opex (€/yr)	5,423	4,482	2,316	3,440	5,539	5,040
Other	Insurance costs (€/yr)	2,500	2,500	3,000	3,000	3,000	3,000
	Maintenance (€/yr)	973	1,220	900	900	900	1,636
	Tyres (€/yr)	800	800	800	800	800	800
OUTPUT	TOTAL COST OF OWNERSHIP (€/yr)	18,532	23,104	18,496	19,621	21,719	29,039
	% DELTA VS PETROL HYBRID	N/A	+25%	0%	+6%	+17%	+57%

資料來源：N. Hamon, 2023

(三) 維修保養成本

歐盟 ZEFER 專案的 45,000 公里/年的商業模式顯示，每年維護費分別為油電車 973 歐元、PHEV 為 1,220 歐元、BEV 為 900 歐元、FCEV 為 1,636 歐元。Innovate UK 和 Thatcham Research 最近的一份報告(Thatcham Research, 2023)揭示了使用 BEV 對維修和保險行業的重大影響。這篇論文深入探討了報告中的關鍵統計數據和發現，其中最引人注目的啟示是與 BEV 相關的維修成本增加。BEV 元件的複雜性，尤其是高壓電池系統，通常會導致比傳統車輛更高的維修費用。BEV 事故索賠目前比內燃機(ICE)同類產品貴 25.5%，維修時間可能要長 14%。圖 2.4.4 顯示了 ICE 和 BEV 可比對的廉價(VM1)、中等(VM2)和高端(VM3)汽車製造商，在涉及同等事故時的肇事數量與維修費用，BEV 維修費用相對高，尤其是 VM3 高端車種比 ICE 大約多了 25%。



資料來源：Thatcham Research (2023)

圖 2.4.4、ICE 和 BEV 在涉及同等事故時的肇事數量與維修費用

第五節 小結

為使電動車製造成本降低，各車廠朝動力底盤整合模組架構，將底盤、電池系統和馬達總成模組標準化，提高成本效率與彈性化模組選配安裝，特別在電池系統朝整合車體一體化概念，衍生出 CTP(Cell to Pack)、CTC(Cell to Chassis)和 CTB(Cell to Body)等設計概念，以期簡化車輛組裝過程，提高整體結構強度。

2025 年電動車 Powertrain 三大關鍵模組成本，電池模組佔 68%、馬達佔 12%、逆變器 6%，電動車鋰離子電池成本，從 2008 年到 2023 年已下降 90%，主要為兩類，磷酸鋰鐵(LFP)與鎳錳鈷電池(NMC)，目前 NMC 電池仍佔據主導地位，預估 2030 年，LFP 與 NMC 電池市占率接近，固態電池 2028 年有望進入市場。至 2023 年永磁馬達(PM)市占率達 82%，已為馬達形式之主流。

2024 年的電動車電池續航里程普遍在 160 至 480 公里之間，少數車款如 Lucid Air Grand Touring 的續航里程達到約 830 公里，成為市場上續航最長的電動車之一，其他車型如 Chevy Silverado EV 和 Tesla Model Y 的續航也在 724 公里以上。目前鋰離子電池能量密度在 125 到 190 Wh/kg 之間，另外固態電池正在快速發展，能量密度可達到 320~400 Wh/kg 以上，韓國 Samsung 固態電池能量密度已達 430 Wh/kg，並有潛力在進一步提升至 500 Wh/kg。另一類鈉離子電池未來有機會在低價大眾化之選擇，目前能量密度較低在 100-150 Wh/kg 左右，但在成本和原材料供應穩定性方面具有優勢。

為縮短充電時間與減輕車重，國際電動車車廠開始著手布局 800 V 電動車高壓平台技術，在 250 A 電流下輸出功率則可從 100 kW 提升至 200 kW，Porsche 於 2019 年發佈了全球第一款搭載 800 V 電壓平台的純電動汽車 Taycan，只需 23 分鐘便可將 Taycan 電量從 0% 充至 80%。電動車電池系統走向高電壓，電池在快速充放電時會產生大量的熱量，需仰賴更高效熱管理系統。

氫燃料電車最關鍵模組為電堆與供氫系統，供氫系統目前國際上採用 350 bar 及 700 bar 兩個規格，儲氫系統於高壓氫氣環境下的結構安全性、氣密性、可靠度為技術重點；電堆關鍵技術聚焦於占比生產成本高達 45%的膜電極組件(Membrane Electrode Assembly, MEA)，研究著重降低 MEA 的材料與製程成本、減少貴金屬催化劑使用、提高膜電極的耐久性、發展天然纖維氣體擴散層等。

電動車、氫燃料電池車、內燃機車之能源效率、碳排的研究，電動車能源使用效率約 70%，氫燃料電池車效率約 50%，內燃機車效率約 20~30%。碳排差異分析，以中型汽車使用壽命 20 萬公里為條件，內燃機產生 38 噸碳排，電動車產生為 15 噸，氫燃料電池車產生 12 噸二氧化碳(此以氫氣來自 100%風力計算)。

參考文獻

- A. Zahir (2018). Bosch multi domain strategy for IVI-systems based on GENIVI. *18th GENIVI AMM Presentations. Munich.*
- B. D. James, J. M. Huya-Kouadio, C. Houchins, M. Gome (2021). Final Report : Mass Production Cost Estimation of Direct H₂ PEM Fuel Cell Systems for Transportation Applications (2017 - 2021). Strategic Analysis Inc.
- G. AlZohbi, A. AlShuhail (2023). An overview on the technologies used to store hydrogen. *Energy Reports, Volume 9, Supplement 11, Pages 28-34*
- Hamai (2024). Applications. Retrieved from <https://www.hamai-net.com/en/applications/index.html>
- Hu, Leiming Hu et al. (2023). Electrochemical characterization of evolving ionomer / electrocatalyst interactions throughout accelerated stress tests. *Journal of Power Sources 556 : 232490*
- IEA (2024). Global EV Outlook 2024. IEA, Paris. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>
- Jiao, Kui & Xuan, Jin & Du, Qing & Bao, Zhiming & Xie, Biao & Wang, Bowen & Zhao, Yan & Fan, Linhao & Wang, Huizhi & Hou, Zhongjun & Huo, Sen & Brandon, Nigel & Yin, Yan & Guiver, Michael. (2021). Designing the next generation of proton-exchange membrane fuel cells. *Nature. 595. 361-369.*
- K. Wróbel, J. Wróbel, W. Tokarz, J. Lach, K. Podsadni, A. Czerwiński(2022). Hydrogen internal combustion engine vehicles : A review. *Energies 15 (23)*
- L.J. Wang, X.Y. Li, C. Hong, P. Guo, S. Guo, and Z.Z. Yang (2023). Research and Development of Hydrogen-Fueled Internal Combustion Engines in China. *ACS Omega 8 (51)*
- M. Doppelbauer (2023),). The invention of the electric motor 1800-1854, Retrieved from [https : //www.eti.kit.edu/english/1376.php](https://www.eti.kit.edu/english/1376.php)
- M. Gobbi, A. Sattar, R. Palazzetti, G. Mastinu (2024),). Traction motors for electric vehicles : Maximization of mechanical efficiency – A review. *Applied Energy, Vol. 357*
- Mehmood, Asad et al. (2022)., “High loading of single atomic iron sites in Fe–NC oxygen reduction catalysts for proton exchange membrane fuel cells,”. *Nature Catalysis 5.4 : 311-323*
- NEDO(2024). 燃料電池・水素技術開発ロードマップ. Retrieved from https://www.nedo.go.jp/library/battery_hydrogen.html
- S. Madichetty, S. Mishra, M. Basu (2021). New trends in electric motors and selection for electric vehicle propulsion systems. *IET Electr Syst Transp, 11 (3)*

- Toyoda Gosei (2024). Storing larger amounts of hydrogen. Retrieved from [https :
//www.toyoda-gosei.co.jp/seihin/technology/theme/hydrogen/](https://www.toyoda-gosei.co.jp/seihin/technology/theme/hydrogen/)
- Toyota (2020). Outline of the Mirai, Retrieved from [https :
//www.smartcircular.com/wp-content/uploads/2020/06/Toyota-Mirai-FCV_Posters_LR.pdf](https://www.smartcircular.com/wp-content/uploads/2020/06/Toyota-Mirai-FCV_Posters_LR.pdf)
- Transparency Market Research (2024). Hydrogen Storage System Market Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast, 2023–2031.
- USDOE M2FCT. Million Mile Fuel Cell Truck (M2FCT). Retrieved from [https :
//millionmilefuelcelltruck.org/](https://millionmilefuelcelltruck.org/) (visited 2024 Sep.)
- W. Tong(2022). Mechanical design and manufacturing of electric motors. *CRC Press Taylor & Francis*
- W. Zhou, C. J. Cleaver, C. F. Dunant, J. M. Allwood, J. Lin (2023). Cost, range anxiety and future electricity supply : A review of how today’s technology trends may influence the future uptake of BEVs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 173*
- 第三節：
- Battery-News.de. (2024). Europe Battery Cell Production. Retrieved from <https://battery-news.de/en/europe-battery-cell-production/>
- BloombergNEF (2021). BMW Joins Volkswagen in the Race for Next Level EV Batteries. Retrieved from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-04-19/bmw-joins-volkswagen-in-the-race-for-next-level-ev-batteries>
- BloombergNEF. (2024). Battery Supply Chain and Technology Trends. Retrieved from <https://about.bnef.com/>
- Bower, G. (2022). Tesla Model Y Structural Battery Pack: What We Know. Retrieved from <https://insideevs.com/news/563013/tesla-structural-battery-pack/>
- CATL. (2021). Sodium-ion Battery Launch Event. Retrieved from <https://www.catl.com/en/technologybrand/831.html>
- EV-Volumes. (2024). BEV-PHEV-FCEV-Sales-2024. Retrieved from <https://ev-volumes.com/>
- IHS Markit. (2024). Automakers continue to invest in solid-state batteries and are expected to incorporate this technology into a vehicle by 2025. Retrieved from <https://autotechinsight.ihsmarket.com/>
- Lee, Y. G., Fujiki, S., Jung, C., Suzuki, N., Yashiro, N., Omoda, R., ... & Tatsumi, I. (2020). High-energy long-cycling all-solid-state lithium metal batteries enabled by silver–carbon composite anodes. *Nature Energy*, 5(4), 299-308.
- Manz, H. (2020). The Battery System for Volkswagen's New Electric Platform MEB. Retrieved from <https://cti-symposium.world/tomorrows-battery-systems-in->

terms-of-integration-and-charging-concepts/

MarkLines. (2024). Market Forecast Report. Retrieved from
<https://www.marklines.com/cn/forecast/index>

第四節：

- A. E. Poggio, J. Balest, A. Zubaryeva, and W. Sparber (2023). Monitored data and social perceptions analysis of battery electric and hydrogen fuelled buses in urban and suburban areas. *Journal of Energy Storage*, Vol.72, Part C
- A. Sternberg, C. Hank, C. M. Hebling (2019). Greenhouse gas emissions for battery electric and fuel cell electric vehicles with ranges over 300 kilometers. Study commissioned by H2 Mobility
- J. Tokieda (2015). The MIRAI-Life Cycle Assessment Report. Toyota Motor Corporation
- N. Hamon (2023). D3.7 Summary and Lessons Learnt from Business Cases. Project of Zero Emission Fleet Vehicles for European Roll-out
- S. Vengatesan, A. Jayakumar, K. K. Sadasivuni (2024). FCEV vs. BEV - A short overview on identifying the key contributors to affordable & clean energy (SDG-7). *Energy Strategy Reviews*
- Thatcham Research (2023). Impact of BEV Adoption on the Repair and Insurance Sectors. Report supported by Innovate UK.
- Toyota (2023). 2023 Toyota Mirai XLE vs. Hyundai NEXO. Retrieved from [https :
//www.toyota.com/mirai/2023/compare/mirai-vs-nexo/](https://www.toyota.com/mirai/2023/compare/mirai-vs-nexo/)

第三章 安全與稅制法規對新能源車輛導入之影響

第一節 電動車及氫能車之安全法規及驗證能量

全球碳排放量次高為陸上運輸部門，小型乘用車數量多，總排放量高於重型卡車與巴士之總合，為降低碳排放量，許多國家已明確將車輛電動化為最終目標，然而車輛為目前各種陸上運輸工具中最主要且使用最廣泛者，車輛安全性亦為車輛管理之核心重點，國際間許多先進國家均已推動車輛型式安全認證制度，以於車輛量產前對其安全規格進行把關，而完整且適當規劃之車輛安全法規推動，即為提升車輛安全性之重要方法與過程，同時亦是促使車輛產業升級與進步動力。

因應近年電動車及氫能車之持續發展，針對車輛安全對應部分，除現有一般車輛應符合對應之安全檢測項目相關規定外，因應電動車及氫能車之特性，亦有相關車輛安全法規需符合對應。本章節將就車輛安全法規與驗證能量等部分進行說明，以期國內相關業者了解國際電動車及氫能車於車輛安全法規要求規定及驗證能量等資訊，提升我國車輛產業競爭力。

一、國際車輛安全法規管理制度

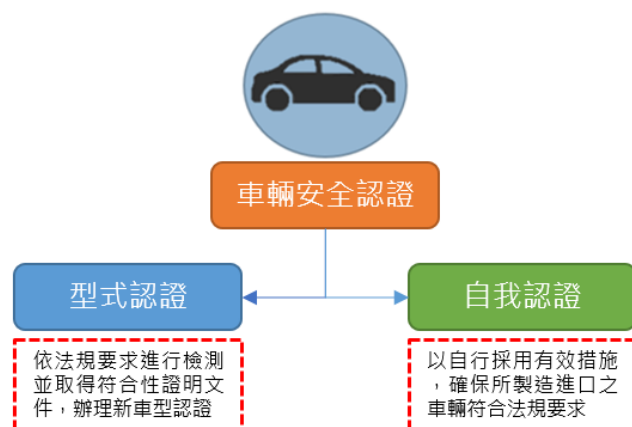
國際間車輛安全認證主要分為聯合國 UNECE (United Nations Economic Commission for Europe)「型式認證」及美國 FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standards)「自我認證」，本節將就管理制度進行介紹。

(一)型式認證：

歐洲經濟委員會(Economic Commission for Europe, ECE)為聯合國下屬委員會之一，其為會員國所共同制定之車輛安全法規，透過檢測並取得政府單位之型式認證，使車輛或其產品得於某國家或地區(如：歐盟)銷售，而 ECE 法規係建議各聯合國成員國適用，非強制性標準，但成員國可套用 ECE 法規使其為該國強制標準，亦可自行訂定該國法規，為國際間多數國家主要推動所採用之認證制度。

(二)自我認證：

FMVSS 係美國國家公路交通安全管理局(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)規範在美國製造銷售之車輛必須符合其所有適用之標準，不須經過型式認證，但要求製造商須對其車輛或其產品進行自我認證，以證明其 FMVSS 符合性。



資料來源：車安中心彙整

圖 3.1.1、國際間車輛安全認證分類

國際間針對車輛安全法規發展現況與趨勢部分，因應車輛製造之國際分工趨勢及為降低國際貿易障礙，已有車輛法規調和需求，藉由法規調和以降低各國車輛型式安全審驗法規差異。目前國際間進行法規調和討論之兩大體制為全球車輛法規調和論壇(UNECE/WP.29)，以及亞太經濟合作會議運輸工作小組所推動之「車輛安全調和專家小組」(Vehicle Standards Harmonization Sub-group, VSHG)；依法規調和論壇 WP.29 下 UNECE 1958 協定，已有 56 個會員體，包括所有歐盟國家、日本、澳洲、韓國…等；而 APEC 已有 21 個經濟體，包括臺灣、日本、中國大陸、美、加、澳、韓、香港、新加坡…等，其皆以各國車輛法規朝向 UNECE 調和為共同之目標。

二、電動車及氫能車之車輛安全法規

因應新能源車輛之發展，除要求應符合一般車輛之安全法規外，另亦聚焦聯合國歐洲經濟委員會針對新能源車輛所應對應之車輛安全法規，本節分別就電動車之電動汽車之電氣安全、車輛低速警示音、電磁相容性、側方碰撞乘員保護、前方碰撞乘員等安全項目，及氫能車之氫燃料車輛整車安全防護、氫儲存系統、氫儲存系統組件等安全項目所對應適用對象、法規介紹、主要檢測標準進行說明。

(一)UNECE R100 電動汽車之電氣安全

法規介紹：針對電動車之電池、馬達、充電器及直流/直流轉換器等高壓電組件訂立相關規範，避免人員觸電風險；另亦要求避免電池充放電時引發爆炸風險之相關規定。

適用對象：設計車速大於 25 公里/小時之 M 類(客車)及 N 類(貨車)電動車輛。

主要檢測標準：概分為「觸電保護」、「功能安全」及「可充電式能量儲存系統(Rechargeable Energy Storage System, REESS)」等三個部分。

1. 觸電保護

為防止車輛乘員接觸高電壓而導致危險，故規範對於車輛之乘客室或載貨空間藉由測試指進行保護程度之確認，應有 IPXXD 等級(以測試導線進行檢測，如圖 3.1.2 所示)之直接接觸保護，而在車輛其他空間則應至少有 IPXXB 等級(以關節測試指進行檢測，如圖 3.1.3 所示)之直接接觸保護，以避免發生乘員直接接觸帶電體之情況，且對於車廠為避免乘員直接接觸帶電體而設計之保護裝置(固體絕緣、屏障、外殼等)，亦規定不得在未使用工具之情形下被打開、拆開或移除。而在車輛高電壓裝備處應有警告標識，並且對於非位於保護外殼內之高電壓電線或電纜，應使用橘色標示以利辨識及避免誤觸；此外，為避免因間接接觸而遭受電擊，對於車輛之外露可導電元件則要求妥適接地。最後則是規範高電壓匯流排與電路介面間應有適當之絕緣電阻。

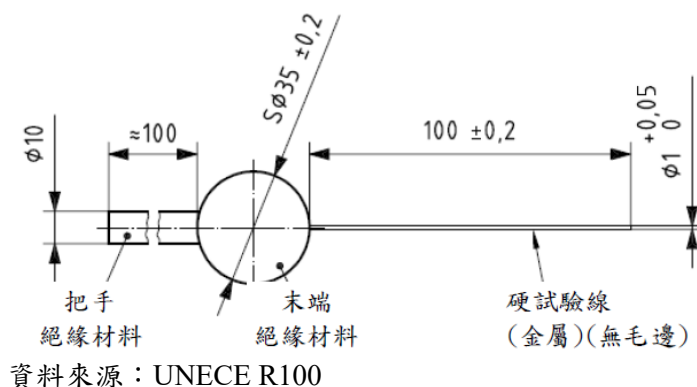


圖 3.1.2、測試導線

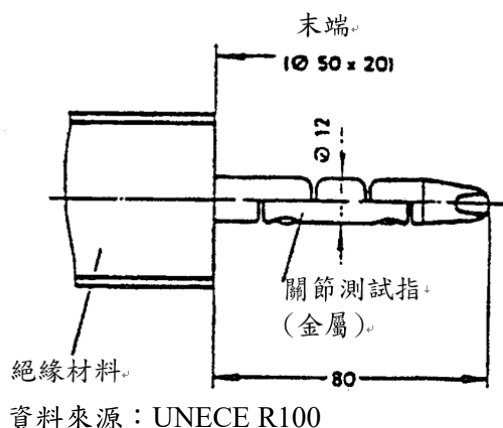


圖 3.1.3、關節測試指

2. 功能安全

要求應提供駕駛人適當之識別指示，以協助駕駛人了解該車輛所處之狀態，例如為可行車模式亦或車輛行車方向為朝前或朝後等；同時若車輛正在使用外部設施進行充電時，則應限制車輛之功能，使其無法藉由車輛之推進系統來移動車輛。

3.可充電式能量儲存系統(REESS)

電動車輛之 REESS 應執行振動防護、熱衝擊及循環防護、機械衝擊防護、機械完整性防護、耐火性、外部短路保護、過度充電保護、過度放電保護及過熱保護等 9 項單品檢測，其檢測結果應無電解液洩漏、破裂、起火、爆裂等情況發生，以確保車輛電池之安全性。

(二)UNECE R138 車輛低速警示音

法規介紹：電動車輛於低速行駛時(20 公里/小時以下)，其對外界發出之聲音較一般內燃機車輛低，故藉由電動車輛低速警示音(Acoustic Vehicle Alerting System, AVAS)警示其他用路人電動車輛之接近，以確保行車安全。

適用對象：M 類(客車)及 N 類(貨車)電動車輛。

主要檢測標準：車輛前進於固定速度(10 公里/小時及 20 公里/小時)及倒車時應符合最小及最大音量限制規定、車輛加減速之頻率位移需警告用路人車輛速度之改變，以及不可設置暫停或關閉功能。

(三)UNECE R10 電磁相容性

法規介紹：電磁相容性係車輛或車輛元件或將安裝於車上之電機/電子裝置，在本身存在的電磁環境下可以正常運作(電磁耐受 Electromagnetic Susceptibility, EMS)，且將不會對環境中任何設備產生難以忍受的電磁干擾之能力(電磁干擾 Electromagnetic Interference, EMI)。

適用對象：M 類(客車)、N 類(貨車)、L 類(機車)及 O 類(拖車)車輛。

主要檢測標準：主要執行電磁干擾測試、電磁耐受測試、暫態耐受力及傳導干擾等測試項目。

1.電磁干擾及電磁耐受

電磁干擾概分為寬頻或窄頻輻射，寬頻主要由電機/電子系統(例如點火系統、內燃機、電動馬達等)所產生的輻射干擾；窄頻主要微處理器、行車電腦產生的輻射干擾。而電動車輛本身電磁耐受性不足，可能因受到干擾而導致熄火、安全及自駕系統失效等問題，進而引發事故危險。

UNECE R10 電磁相容性法規主要規範之強制適用對象為整車，另整車因所配置之電機電子裝置(Electrical/Electronic sub-assembly, ESA)數量甚多，且與整車電磁相容性性能息息相關，故許多車廠均要求其電機電子裝置之供應商，須於供貨前完成零組件之電磁相容性測試。

2.整車電磁干擾(EMI)量測方式

(1)寬頻、窄頻電磁輻射(配備/未配備 REESS 均適用)。

寬頻：量測由車上電機/電子裝置產生之寬頻擾動(如點火系統或電動馬達)。

窄頻：量測由車上微處理器系統或其他窄頻發射源產生之窄頻擾動(如行車電腦)。

(2)檢測時車輛狀態：

A.車輛處於非 REESS 充電模式連結電網(Power grid)之配置

寬頻：點火開關應開啟引擎運轉，所有能被駕駛或乘客啟動後持續作動並產生寬頻擾動之電機/電子裝置應於最大負載操作。

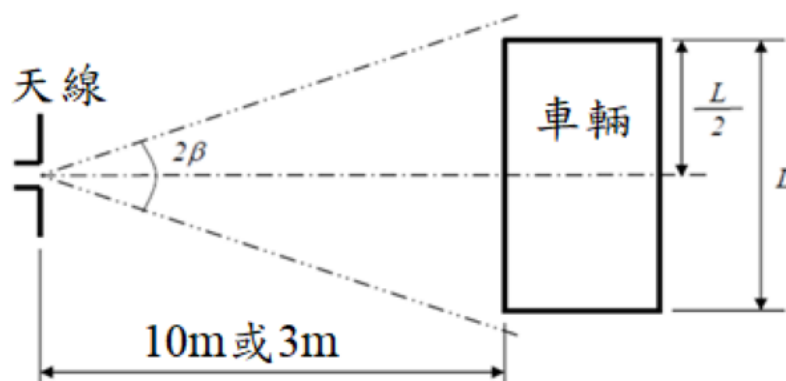
窄頻：點火開關應開啟但引擎不可運轉，車輛所有的電子系統應處於正常工作模式，且車輛應靜止，所有設備能被駕駛或乘客長時間啟動者應正常操作。

B.車輛處於 REESS 充電模式連結電網(Power grid)之組態

主電池(Traction battery)之電量，於量測時整個頻率範圍內應保持在最大電量之 20%~80%間，若電流消耗可被調整，以交流電充電之電流應至少為標稱值之 80%，以直流充電之電流應至少為標稱值之 80%。

若為多個電池，則必須考量平均電量狀態。車輛應靜止不動、關閉引擎(內燃機引擎及/或電動發動機)且處於充電模式。所有能被駕駛或乘客開啟之其他配備應關閉。

(3)試驗場地為半電波暗室或戶外試驗場地(Outdoor Test Site, OTS)、頻率範圍為 30~1,000 MHz，寬頻之檢波器應採峰值或準峰值、窄頻則採平均值。量測方法則依天線至車輛距離可分為 10m 或 3m，如圖 3.1.4 所示。



資料來源：UNECE R10

圖 3.1.4、寬頻、窄頻電磁輻射測試示意圖

(4)配置可充電式能量儲存系統(REESS)可再充電式能量儲存系統(Rechargeable Energy Storage System)之電動車輛，需額外滿足車輛交流電源線諧波放射、車輛交流電源線的電壓變化、電壓波動及閃爍放射、車輛交流及直流電源線的射頻傳導擾動放射、車輛有線網路埠上射頻傳導擾動放射等測試項目，以驗證電

動車輛連接市電供電網路並於充電模式時，其所產生諧波輻射、電壓變化、電壓波動及閃爍放射、電源線射頻傳導擾動放射，以及車輛有線網路埠上之射頻傳導干擾之等級，確保與住宅區、商業區和輕工業區周邊環境相容。

3.整車電磁輻射免疫力(EMS)

本項檢測之目的係證明車輛電子系統之免疫力，車輛應置於電磁場中，檢測期間車輛應被監控。

(1)檢測時車輛狀態：

A.車輛處於非 REESS 充電模式連結電網(Power grid)之配置維持引擎之運轉及穩定速度。

B.車輛處於 REESS 充電模式連結電網(Power grid)之組態

車輛應靜止不動、關閉引擎(內燃機引擎及/或電動發動機)且處於充電模式，主電池之電量，於量測時整個頻率範圍內應保持在最大電量之 20%~80% 間，若電流消耗可被調整，則電流應至少為標稱值之 20%，若為多個電池，則必須考量平均電量狀態。

(2)配置可充電式能量儲存系統(REESS)之電動車輛，需額外滿足電氣快速暫態脈波/叢訊擾動傳導免疫力、電源線突波傳導免疫力等測試項目，以驗證電動車輛連接市電供電網路並於充電模式時，沿車輛交流及直流電源線上的電氣快速暫態脈衝傳導干擾、突波傳導之免疫力。

(3)試驗期間之車輛狀態：

車輛靜止不動、關閉引擎(內燃機引擎及/或電動發動機)且處於充電模式，主電池之電量，於量測時整個頻率範圍內應保持在最大電量之 20%~80% 間，若電流消耗可被調整，則電流應至少為標稱值之 20%，若為多個電池，則必須考量平均電量狀態。

(四)UNECE R95 側方碰撞乘員保護

法規介紹：車輛遭受到碰撞的位置可能有來自於車輛之側邊方向，而遭受碰撞後，為確認車內人員是否產生嚴重的傷亡，對於車輛進行側方碰撞乘員保護之檢測與其結果，作為車輛安全之考量依據。

適用對象：最低座椅 R 點於參考車重下距地高度小於或等於七百公釐之 M1 類(小客車)及 N1 類(小貨車)車輛。

主要檢測標準：

電動車輛之 REESS 應處於可使動力傳動系統正常操作情況之充能狀態，並利用移動式碰撞壁台車之縱向中心線，以垂直通過受測車輛撞擊側前座椅 R 點，以 50(+/-)公里/小時之速度，垂直受測車輛縱向中心線進行撞擊；在側方乘員碰

撞過程中，任何車門不得有開啟情況，於碰撞後能在使用工具可開啟足夠之車門，或必要時可調整椅背，使人員能正常出入並解除其保護裝置將人偶自車內移出，且車輛內裝或配件不得產生明顯之尖銳突出或鋸齒狀邊緣以致增加乘員受傷之風險；碰撞後對於乘室內之人偶各部性能(傷害指數)應符合表 3.1.1 規定。

表 3.1.1、側方碰撞試驗傷害指數符合標準

人偶各部性能(傷害指數)		傷害指數標準
頭部傷害指數(HPC)		小於或等於 1000
胸腔傷害指數	肋骨偏離指數(RDC)	小於或等於 42 公釐
	黏性指數(V*C)	小於或等於 1.0 公尺/秒
腹部傷害指數	腹部峰值力(APF)	小於或等於 2500 牛頓
骨盆傷害指數	恥骨聯合峰值力(PSPF)	小於或等於 6000 牛頓

資料來源：UNECE R95

電動車輛碰撞後之觸電保護等功能

電動車輛之推動能源為電力，車輛之電力來源與推動系統包含有電池、傳送電力之電線與馬達等結構，為避免電動車輛遭受碰撞後，造成電力系統元件受損產生其位移、漏電導致車內人員因而傷亡，碰撞後之電氣安全亦是重要的一環。

由於電動車輛本身配有提供電動推進所需電能之可充電之能量儲存系統(REESS)、電動推進馬達、電能轉換系統、電能轉換器、電線連接線束與連接器以及 REESS 耦合充能系統之電能動力傳動系統(Electric power train)，且其系統帶有多壓電，為避免高壓電力漏電、電池液的外洩及電池本身位移等狀況造成乘員的傷亡，在執行上開三項車輛碰撞之試驗後，應至少符合觸電保護標準中任一要求，另外亦須符合電池液洩漏及 REESS 位移之規定，如表 3.1.2 所示。

表 3.1.2、電動車輛碰撞後之電氣安全規範

電氣安全檢測項目			範圍標準
觸電保護	高電壓限制		等於或小於 30 VAC 或 60 VDC
	低釋放能量		小於 2.0 焦耳
	物理防護		(1)應提供關節測試指 IPXXB 等級之保護，以保護避免直接接觸高電壓帶電體 (2)保護避免產生間接接觸，所有外露可導電元件與電路介面間之電阻應小於 0.1 歐姆
	絕緣電阻	獨立 DC 或 AC 匯流排之電能動力傳動系統	DC 匯流排之工作電壓應至少為 100 歐姆/伏特 AC 匯流排之工作電壓應至少為 500 歐姆/伏特
		並聯 DC 或 AC 匯流排之電能動力傳動系統	(1)若 AC 高電壓匯流排及 DC 高電壓匯流排係相連結，則高電壓匯流排與電路介面間之絕緣電阻之工作電壓應至少為 500 歐姆/伏特 (2)若撞擊測試後所有之 AC 高電壓匯流排滿足 IPXXB 等級之保護或 AC 電壓等於或小於 30 伏特，則高電壓匯流排與電路介面間之絕緣電阻之工作電壓應至少為 100 歐姆/伏特

電氣安全檢測項目	範圍標準
電池液洩漏	(1)REESS 洩漏之電池液不得超過總量之百分 7，且乘室內不得有電池液 (2)開放式主電池洩漏之電池液不得超過總量之百分之 7，亦不得超過 5 公升，且應洩漏於乘室外
REESS 位移	(1)REESS 須維持於其安裝之位置，且 REESS 之組成零件應維持於 REESS 之內 (2)應確認任何安裝於須評估電力安全之乘室外之 REESS 未於測試過程中或之後入侵乘室

資料來源：UNECE R95

(五)UNECE R94 前方碰撞乘員保護

法規介紹：車輛碰撞常發生於車前方，本規定為查檢前方碰撞後對於乘員的傷害影響。

適用對象：總重量小於或等於二點五公噸之 M1 類(小客車)車輛

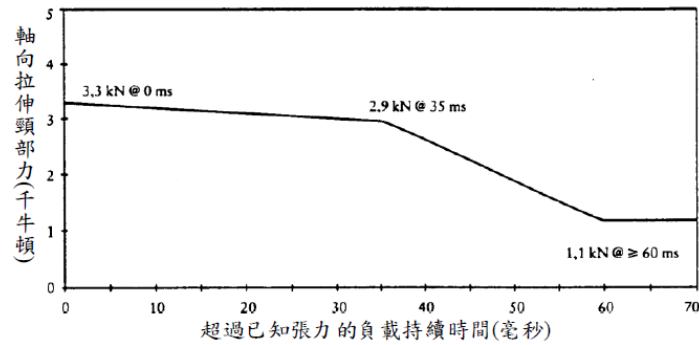
主要檢測標準：

電動車輛之 REESS 應處於可使動力傳動系統正常操作情況之充能狀態，受測車輛應由本身之動力或其他曳引裝置驅動，以 56(+1/-0)公里/小時之速度垂直於正面固定壁方向偏置撞擊；在碰撞過程中，任何車門不得有開啟情況，且前方車門鎖不得於撞擊過程中作動，於碰撞後每排座位至少有一車門被打開，同時移出人偶之保護裝置所施的力量應小於或等於 60 牛頓之力，並且無需調整座椅可將人偶自車內移出；對於方向盤位移之距離，其要求為垂直向上方向應小於或等於 80 公釐，水平向後方向應小於或等於 100 公釐；碰撞後乘室內之人偶各部位性能(傷害指數)應符合表 3.1.3 規定。

表 3.1.3、前方碰撞試驗傷害指數符合標準

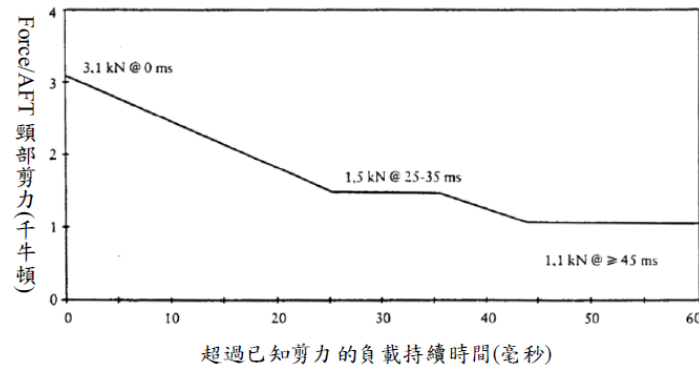
人偶各部位性能(傷害指數)		傷害指數標準
頭部傷害指數(HCP)		小於或等於 1000
頸部傷害基準	頸部傷害指數(NIC)	小於或等於圖 3.1.5 與圖 3.1.6 之值
	頸部的 Y 軸向彎曲力矩	小於或等於 57 牛頓米
胸腔傷害基準	胸腔壓縮指數(ThCC)	小於或等於 42 公釐
	黏滯指數(V*C)	小於或等於 1.0 公尺/秒
大腿骨受力基準(FFC)		小於或等於圖 3.1.7 之值
脛骨壓縮力指數(TCFC)		小於或等於 8000 牛頓
各脛骨上端與下端間任一位置之脛骨指數(TI)		小於或等於 1.3
膝關節之錯位移動距離		小於或等於 15mm

資料來源：UNECE R94



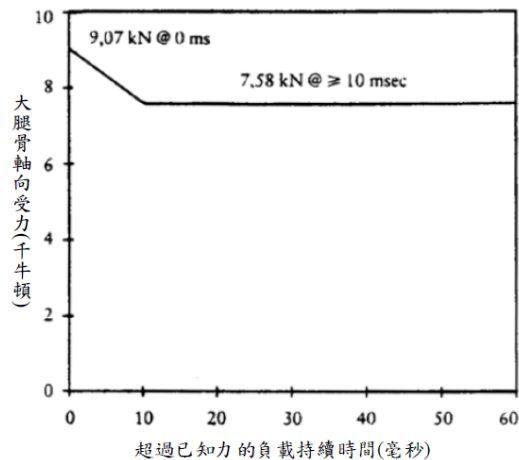
資料來源：UNECE R94

圖 3.1.5、頸部張力標準



資料來源：UNECE R94

圖 3.1.6、頸部剪力標準



資料來源：UNECE R94

圖 3.1.7、大腿骨受力標準

電動車輛碰撞後之觸電保護等功能

電動車輛之推動能源為電力，車輛之電力來源與推動系統包含有電池、傳送電力之電線與馬達等結構，為避免電動車輛遭受碰撞後，造成電力系統元件受損產生其位移、漏電導致車內人員因而傷亡，碰撞後之電氣安全亦是重要的一環。

由於電動車輛本身配有提供電動推進所需電能之可充電之能量儲存系統 (REESS)、電動推進馬達、電能轉換系統、電能轉換器、電線連接線束與連接器以

及 REESS 耦合充能系統之電能動力傳動系統(Electric power train)，且其系統帶具有高壓電，為避免高壓電力漏電、電池液的外洩及電池本身位移等狀況造成乘員的傷亡，在執行上開三項車輛碰撞之試驗後，應至少符合觸電保護標準中任一要求，另外亦須符合電池液洩漏及 REESS 位移之規定，如表 3.1.2 所示。

(六)UNECE R134 氫燃料車輛整車安全防護

法規介紹：車輛須執行碰撞試驗並評估氫燃料之洩漏、大型車輛氫燃料車輛之識別標識(如圖 3.1.8)，另要求車輛之氫燃料系統設計等須符合法規要求，且車輛所使用的燃料系統應符合「氫儲存系統」規定。

適用對象：M 類(客車)及 N 類(貨車)之氫燃料車輛

主要檢測標準：使用狀態下的燃料系統要求

1. 氫燃料注入口規定：檢查氫燃料注入口是否具有安全標識資訊(燃料類型、標稱工作壓力等)(如圖 3.1.9)，以及燃料注入口之設計是否防止氫氣逆流至大氣與安裝位置是否於通風不足之處等。
2. 低壓系統超壓保護：壓力調整器下游之氫氣系統應能防止壓力調節器故障所引起的超壓。
3. 車輛氫氣排放系統：壓力釋放裝置及車輛排氣系統於作動期間應提供調節氫濃度，以避免發生危險。
4. 氫燃料系統洩漏：主要關閉閥下游連接到燃料電池系統之氫燃料管線(例如管路、接頭等)不應產生洩漏。
5. 碰撞後燃料系統之完整性：車輛於碰撞試驗後，針對氫燃料洩漏量標準值、封閉空間濃度標準值應符合要求，另氫儲存容器位移氫儲存容器應至少有一個連接點與車輛保持連接。



資料來源：UNECE R134

圖 3.1.8、大型車輛氫燃料車輛之識別標識



資料來源：Toyota 官方網站
(Toyota Mirai)

圖 3.1.9、氫燃料注入口

(七)UNECE R134 氫儲存系統

法規介紹：壓縮氫儲存系統係由一個加壓氫儲存容器、三個關閉裝置即熱致動壓力釋放裝置(Thermally-activated pressure relief device, TPRD)、止回閥及關閉閥其配件所組成，該系統應符合性能要求之規範。

適用對象：使用於 M 類(客車)及 N 類(貨車)之各型式氫儲存系統。

主要檢測標準：

針對氫儲存系統之檢測項目包含保證壓力試驗、落下試驗、表面損壞試驗、化學暴露及周圍溫度壓力循環試驗、高溫靜態壓力試驗、極端溫度壓力循環試驗、殘留液壓試驗、燃燒終止系統性能驗證試驗、爆裂試驗(液壓)、氣壓循環試驗(氣壓)等試驗，其標準為氫儲存容器不應產生洩漏。

(八)UNECE R134 氫儲存系統組件

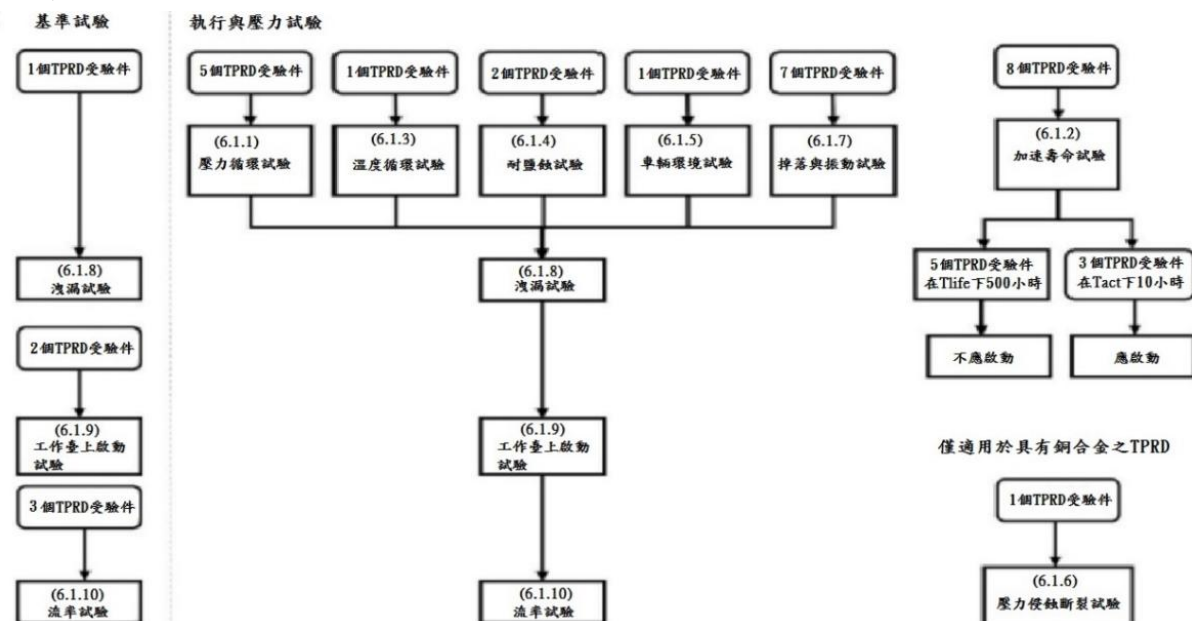
法規介紹：氫儲存系統組件包含 TPRD、止回閥及關閉閥三個組件，該組件應符合性能要求之規範。

適用對象：使用於 M 類(客車)及 N 類(貨車)之各型式氫儲存系統組件

主要檢測標準，區分為基準、執行與壓力兩種試驗架構(如圖 3.1.10 及圖 3.1.11)：

1. 熱致動壓力釋放裝置(TPRD)：

該裝置之試驗包含壓力循環試驗、加速壽命試驗(Accelerated life test)、溫度循環試驗、耐鹽蝕試驗、車輛環境試驗、壓力侵蝕斷裂試驗、掉落與振動試驗、洩漏試驗、工作臺上致動試驗及流率試驗，依進行該試驗後以確保氫儲存系統組件之安全性。



資料來源：UNECE R134

圖 3.1.10、TPRD 試驗架構圖

2. 止回閥與自動關閉閥：

本項相關試驗包含靜液壓強度試驗、洩漏試驗、極端溫度壓力循環試驗、耐鹽蝕試驗、車輛環境試驗、大氣暴露試驗、電氣試驗(異常電壓試驗/絕緣電阻試驗)、振動試驗、壓力侵蝕斷裂試驗、預冷卻氫氣暴露試驗，依進行該試驗後以確保氫儲存系統組件之安全性。



資料來源：UNECE R134

圖 3.1.11、止回閥與自動關閉閥試驗架構圖

三、國際電動車及氫能車之驗證能量

本節依聯合國 WP.29 1958 協定指定 UNECE 法規之技術服務機構，就所涉及安全法規項目之檢測機構進行說明。

以電磁相容性之檢測基準為例，其測試分為整車及電機/電子裝置(ESA)，為因應電動車之發展，且國際間已有許多相關測試規範(如：CISPR 12、CISPR 25、ISO11451-2 及 IEC 61000 等)，故國際間已有許多檢測機構建立相關驗證能量，以聯合國 WP.29 1958 協定指定 UNECE 法規之技術服務機構如表 3.1.4。

表 3.1.4、電磁相容性法規之技術服務機構

地區	技術服務機構
歐洲(英國、德國、法國、荷蘭及義大利等)	Vehicle Certification Agency (VCA)、SGS、TÜV SÜD Auto Service GmbH、UTAC、Centro Prove Autoveicoli (C.P.A.)、RDW
日本	Automobile Type Approval Test Division National Traffic Safety and Environment Laboratory

資料來源：車安中心彙整

另氫燃料電池車輛測試分為氫燃料車輛整車安全防護、氫儲存系統及氫儲存系統之組件，為因應新能源電動車之發展，國際間已有許多檢測機構建立相關驗證能量，以聯合國 WP.29 1958 協定指定 UNECE 法規之技術服務機構如表 3.1.5。

表 3.1.5、氫燃料車輛整車安全防護/氫儲存系統及組件法規之技術服務機構

地區	技術服務機構
歐洲(德國、法國、荷蘭及義大利等)	SGS-TÜV Saar GmbH、TÜV SÜD Auto Service GmbH、UTAC、Centro Prove Autoveicoli (C.P.A.)、RDW
日本	Automobile Type Approval Test Division National Traffic Safety and Environment Laboratory、The High Pressure Gas Safety Institute of Japan (KHK)(僅氫儲存系統及氫儲存系統之組件)

資料來源：車安中心彙整

四、新能源車輛伴隨科技發展之智慧車及自駕車之安全法規

新能源車輛之發展，除朝向淨零碳排之目標前進，另亦伴隨智慧車與自駕車之推動，聯合國歐洲經濟委員會針對駕駛輔助功能及自動駕駛功能皆持續修訂及發布相關安全法規，因應科技及國際產業之發展，智慧車及自駕車之整車及所涉關鍵零組件之技術及量能，亦是我國技術發展面臨之另一挑戰。

UNECE 中車輛法規調和之世界論壇(WP.29)所討論車輛安全相關法規調和而成，該論壇中依照各項法規類型不同，分由數個工作組進行法規草擬及小組討論作業，包含汙染及能源(GRPE)、噪音及輪胎(GRBP)、燈光及訊號(GRE)、一般安全(GRSG)、被動安全(GRSP)，以及自駕車及聯網車輛(GRVA)，有關規範 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems)先進駕駛輔助系統或有所涉及之相關法規，以及其對應工作組盤點如表 3.1.6。

後續 UNECE 對法規之規劃及發展，可以透過一窺公開之非正式工作組(Informal working group, IWG)討論資料，了解目前的討論概要情形，以及後續可能研議、導入及修訂之 ADAS 相關規定，例如駕駛人疲勞及分心警示(Driver drowsiness and distraction warning system)IWG 將於 2024 年 10 月份展開第一次討論，而自動駕駛系統(Automated driving system)IWG 自 2024 年 4 月起展開討論，於觀察 UNECE 的討論方向而言，可預見自動駕駛系統將是重點之發展方向，在 GRVA 的非正式工作組中就有數個工作組針對自動駕駛系統的各項層面進行討論，並搭配上原先既有之通用規定如網路安全及軟體更新，期望後續能夠透過自動駕駛系統全面提升車輛安全性。

表 3.1.6、ADAS 所涉聯合國車輛法規摘要

組別	編號	名稱(對應部分)
GRBP	UN R141	胎壓偵測系統
GRVA	UN R13	重型商用車輛煞車(車輛穩定性功能部分)
	UN R79	轉向系統(先進駕駛人輔助轉向系統部分)
	UN R130	車道偏離警示系統
	UN R131	先進緊急煞車系統
	UN R139	煞車輔助系統
	UN R140	電子式穩定性控制系統
	UN R152	先進緊急煞車系統
	UN R155	網路安全及網路安全管理系統
	UN R156	軟體更新及軟體更新管理系統
	UN R157	自動車道維持系統
	UN R171	駕駛人控制輔助系統
GRSG	UN R151	盲點資訊系統
	UN R159	起步資訊系統

資料來源：車安中心彙整

第二節 電動車輛稅賦比較

一、美國

美國聯邦與地方州政府均對車輛進行課稅。各州政府對於州車輛所徵之稅目，將依各州需求所開徵的稅目而有所不同。本文將以加州為例，由於其人口數最多且具經濟規模的地區，再加上該地區清潔車輛法規先進、電動車使用率高等，其車輛稅制受廣泛關注。總體來說，從美國聯邦與加州地方徵收車輛稅項與變化來看，如：聯邦政府於購置階段徵收汽油過耗稅，其以車輛油耗性能作為稅基；或加州政府在 2018 年新增運輸改善費(Transport Improvement Fee, TIF)稅項，其徵收的經費用於基礎設施與道路維護使用；以及持續提升在使用階段徵收的燃料稅費等。此均反映美國聯邦與地方政府對於環保與道路維護等重視。

以下分別說明美國聯邦與州地方(加州)之車稅徵收概況。

(一)聯邦政府

美國聯邦政府課徵車輛稅項相較地方州政府單純，一次性購置階段車主需繳交汽油過耗稅(Gas Guzzler Tax)、使用階段燃油稅(Fuel Excise Tax)等。汽油過耗稅其徵收依據車輛油耗性能，以每加侖汽油可行駛英里數(Miles per Gallon, MPG)為基準，徵收對象為製造商與進口商；其徵收標準當車輛 MPG 達 22.5 即可免稅，

每少 1 MPG 應繳稅額往上遞增；低於 12.5MPG 需繳交最高稅費 7,700 美元(IRS FORM6197, 2023)。此稅的徵收條件與費用長年均不變。其次，聯邦在使用階段對燃油車徵收的燃油稅，其稅收為公路信託基金的主要財源，稅費用於公路養護新建。以往迄今，聯邦燃油稅費(汽油)不變，徵收稅費為每加侖 0.184 美元。

(二)地方政府：加州

美國地方各州徵收稅目複雜，彼此間不盡相同。以加州政府為例，購置車輛所需徵收的各稅項說明如下：

1.購置階段-銷售與使用稅(Sales and Use Tax, SUT)：此稅為加州第二大稅種，指針對個人財產(如：車輛、家具電器)於最終銷售所徵收的稅項；其稅率因城市地區，稅率有所差異。加州稅率固定為 7.75%。

2.購置階段-登記費(Registration Fee)：車輛登記費採定額收費，依據車輛類型、車輛價格、購買時間及居住的城市地區所在的不同，所徵收費用有所差異。

3.購置階段-加州公路巡邏隊費(California Highway Patrol Fees ,CHP Fee)：在收取車輛登記費用時，將一併徵收 CHP 費用。收取該費用目地是為了支持加州公路巡邏隊的運作，以維護道路安全的使用。對商用車或大型車輛收取 CHP 費用較高，其 2024 年 CHP 費用為 54 美元。

4.購置、持有階段-車牌費(Vehicle License Fee, VLF)：此稅於購置、持有階段均需要繳交。費用計算為車價的 0.65%。在 2011 年 7 月後首次購車登記時、以及次年起每年當車輛更新登記時均需要支付。購車後持有第二年徵收 VLF 標準，將依車輛價格對照所規定車價類別 AA~MA，收取定額費用。VLF 每年所需支付的費用，將逐年遞減(State of California Department of Motor Vehicles, n,d.)。

5.購置、持有階段-運輸改善費(Transport Improvement Fee,TIF)：2018 年開始對燃油車與電動車徵收，透過徵收此稅來維護交通相關基礎設施維修與道路。其課稅標準以車輛價格為徵收標準，費用徵收範圍 25~175 美元。2020 年起，其徵收機制將依年度物價上漲幅度，重新調整徵收費用。

6.使用階段-燃油稅：美國地方州/城市政府的燃油稅收入主要運用在公共建設，其費率與徵收機制由各州自行訂定。加州燃油稅等稅費從 2020~2024 年整體燃油稅每加侖(汽油)費用呈上調漲趨勢：2020 年 0.505 美元/加侖，至 2024 年提升為 0.579 美元/加侖(California Department of tax and fee administration, 2024)。

上述加州所徵收車稅之中，電動車車主僅無需負擔燃油稅，其餘稅項均需徵收。加州車輛徵收稅制旨在滿足州內龐大的基礎設施建設與道路維護及公共服務需求等。關於加州所需徵收的稅費，車主可至加州車輛管理局(Department of Motor Vehicles)網站查詢車輛登記費計算系統，僅需輸入車輛相關資訊(車型、動力類型、價格、購買日期、居住地)，即獲取應稅稅額(DMV, n,d,)

二、中國大陸

中國大陸政府於不同階段用車訂定相應的車稅政策，以確保徵收的稅費符合市場需求。此外，中國大陸視新能源車(涵蓋 PHEV、BEV、FCEV)為產業推動重點，政府特別給予新能源車車稅減免措施，以促進市場銷售推進。燃油車與新能源車所需徵收的稅項，包括：購置階段的消費稅、增值稅、車輛購置稅及上牌費等；持有階段為車船稅，使用階段徵收燃油消費稅等。從中國大陸車稅結構來看，由於新能源車保有環保優勢，而給予較高的稅收優惠，包括免消費稅、車輛購置稅及車船稅等，以促進新能源車市場普及。燃油車需承擔較高的稅負，對大排氣量車款徵收較高的稅費，並採彈性方式調降購置階段稅率，以振興國內車市。

(一)購置階段-消費稅：此稅於 1994 年改革建立，增設此稅目的作為徵收貨物增值稅的基礎，此外透過徵收此稅來為政府導致財政收入。隨國家經濟起步及能源環境問題等，其徵收車輛消費稅作法，以「車輛汽缸總排氣量」為稅基，稅率採「抑大揚小」調整，結構分為七個級距、稅率範圍 1~40%。由於電動車無汽缸排放，因此不需徵收此稅項。

(二)購置階段-增值稅：規定凡於中國大陸境內銷售貨物或提供加工/修理勞務及進口貨物之單位與個人等，均需繳交 17%增值稅。中國大陸為了完善增值稅制度，透過增值稅減稅以促進內需消費，分別於 2018 年、2019 年調降增值稅稅率為 16%、13%。自 2019 年 4 月起增值稅稅率維持 13%。新能源車則從 2020 年起，才開始徵收 13%的增值稅(國家稅務總局, 2020)。

(三)購置階段-車輛購置稅：凡於中國大陸境內公司或私人使用車輛(含汽機車、拖車等)的購置時，皆需繳納此稅。購置稅以車價計算，稅率固定為 10%。此稅由中央徵收，經費主要用於國家交通基礎建設。歷年來，中國大陸為了提振國內車市銷售，因而調降稅率，從 2010-2024 年針對汽缸容量 1.6L(含)以下的乘用車調降 3 次稅率，分別於：2010 年稅率調降為 7.5%、2015-2016 年為 5%。2022 年針對車輛汽缸容量 2L(含)以下且車價低於人民幣 30 萬的乘用車，車購稅率減半為 5%(中華人民共和國財政部、國家稅務總局, 2022)。

為促進大眾使用新能源車，2014 年 9 月規定凡是購買新能源車(含純電池電動車、插電混合動力車)的消費者，2014 年 9 月至 2017 年止均免稅。2018 年又延長新能源車免徵購置稅優惠至 2020 年止，並規定凡免徵車輛購置稅的新能源車，需要符合新能源車車型目錄。之後再延展優惠從 2021 年至 2022 年 12 月止，免稅車型擴增涵蓋氫燃料電池車。2023 年又再延續實施新能源車免徵購置稅至 2027 年止，2024 年 1 月至 2025 年 12 月期間免徵車輛購置稅，其中每輛新能源乘用車免稅額不超過人民幣 3 萬元。後續購置日期在 2026 年 1 月至 2027 年 12 月期間將減半徵收車輛購置稅；每輛新能源乘用車減稅額不超過人民幣 1.5 萬元(中華人民共和國政府, 2023)。

(四)購置階段-上牌費：上牌費主要由省市地方政府徵收，燃油車與新能源車的上牌費相同，費用長年不變。以北京為例，收費項目包含：機動車臨時號牌人民幣 5 元/張、汽車反光號牌人民幣 100 元/副、機動車行駛證人民幣 10 元/本、機動車登記證書人民幣 10 元/證等(北京市公安局公安交通管理局, 2024)。

(五)持有階段-車船稅：持有車輛階段，中國大陸主要徵收車船稅。該稅由中央訂定稅費徵收範圍，而各省市地方政府依中央規範自行訂定徵收額度。以往至今，車船稅稅基從「車輛載客人數、定額收費」改為依「汽缸排量大小、定額徵收」；對於排氣量越大的車輛徵收費用越高，反之些微調降微型或小排氣量車輛之稅額範圍。中國大陸車船稅徵收標準共分為 7 個級距、徵收費用範圍人民幣 300~5,400 元。由於純電動乘用車或氫燃料電池乘用車，本身不屬車船稅的稅收範圍，因此無需繳納車船稅，也無需額外再申報免稅。2012 年中國大陸政府發布《關於節能新能源車船享受車船稅優惠政策的通知》，自此實施新能源車免車船稅稅費優惠，後又分別於 2015 年、2018 年延展車船稅免徵優惠措施；特別規定節能與新能源車款(插電混合動力車)技術，需符合技術要求才得以享有車船稅免稅優惠(中華人民共和國財政部、國家稅務總局、工業與資訊化部 交通運輸部, 2018)。

(六)使用階段-燃油消費稅：2009 年中國大陸發布《成品油價格和稅費改革的通知》，指出取消養路費，提高成品油消費稅單位稅額(汽油消費稅單位稅額每升提高 0.8 元、柴油消費稅單位稅額每升提高 0.7 元)(中華人民共和國國務院公報, 2009)。中國大陸在 2009 年歷經成品油稅費改革後，其稅率開始出現較大幅度地提升，特別在 2014 年底至 2015 年初，中國大陸政府調升三次成品油消費之徵收費用，此也使得燃油消費稅在短時間內大幅提升；2010-2013 年為人民幣 1 元/升、2014 年 12 月調升至人民幣 1.4/升、2015 年至今漲為人民幣 1.52/升(中華人民共和國政府, 2015)。

三、新加坡

新加坡整體車輛市場規模相對較小，由於國土面積狹小，政府為了控制國內車輛數量並實現減碳之目標，透過調整與增加新稅項，抑制車輛數量的增長。從新加坡車稅徵收制度，總體而言當地政府採用多元化的車輛稅制，特色包括徵收高昂的擁車證費用、對車輛依價值實行累進式稅率、逐步上調的燃油稅率，以及針對電動車設立專門稅項。這些措施不僅有效限制國家車輛數量的增長，還達到低碳和環保車輛在市場上的普及。以下將說明新加坡各階段車稅徵收內容。

(一)購置階段-消費稅(Excise Duty)&產品與服務稅(Goods and Services Tax)：新加坡汽車消費稅稅率為 20%，長年固定不變。產品與服務稅則類似於增值稅，凡於新加坡提供商品服務及進口商品至新加坡，均繳交此稅。該稅項稅率固定為 7%，但在 2023 年起新加坡政府逐步提高稅率為 8%、2024 年為 9%。之所以提升稅率的原因，希望透過增加稅收，來減輕人口老齡化所導致的財政壓力。

(二)購置階段-車輛登記費(Registration Fee) & 附加登記費(Additional Registration Fee, ARF)：在新加坡購置燃油車或電動車，車主皆需繳交車輛登記費與附加登記費等。新加坡車輛登記費從 1998 年起實施，並採定額收費。至今其費用從新幣 140 元逐步調漲，2018 年提高至新幣 220 元、2022 年又再次提升費用為新幣 350 元(Singapore LTA, n,d.)。此外，車主還需額外再支付的附加登記費，此稅費主要依車價分段設定費率，並以車價累進稅率計算。新加坡於 2020-2024 年間，調整 2 次稅率。2023 年調整計算結構為最新措施，共分為 5 個級距車價，每級距以新幣 2 萬為標準；計算上將隨著車價級距累加，所負擔的稅率也越高；因此當購買的車價越高，所負擔的稅額也越多(Singapore LTA, n,d.)。

(三)購置階段-車輛減排費(CEVS→VES)：為促進大眾購置低碳排或更具環保的車輛，新加坡 2013 年起向車主徵收車輛排碳費(Carbon Emission-based Vehicle Scheme, CEVS)，並依碳排放量劃分組別徵收費用。2018 年所推出新制車輛減排費(Vehicle Emission Scheme, VES)，取代前階段所實施的 CEVS。VES 增加四種污染物質(微細顆粒、氮氧化物、碳氫化合物、一氧化碳)等，依排放物質含量分為 A1-C2 類別，再對應車輛排放污染物質含量最高的數值所屬類別，減免或額外加收稅費。

(四)購置階段-擁車證(Certificate of Entitlement, COE)：擁有此證的費用非常高昂，每輛車在登記前都必須先獲得擁車證。該證需通過競標獲得，每月舉行兩次競標活動，分別在第一和第三個星期一進行。競標前，政府會公布招標期限和每個車輛類別的可競標 COE 數量。COE 分為五個類別，其價格根據市場需求波動，最高出價者得標。擁車證的有效期限為 10 年，持有期滿後需重新競標。新加坡通過實施嚴格的 COE 制度，來有效控制國內車輛數。

(五)持有階段-道路稅(Road Tax)&道路稅加成費：該稅費徵收標準有二：一為汽缸排氣量分級、二以馬達功率分級，再依車輛所屬類別計算需要支付的道路稅額。關於燃油與電動車徵收標準變化，2015 年 8 月至 2016 年 7 月間，燃油車與電動車的road稅計算基數從 0.782 降為 0.625，之後恢復原來的基數，直至 2024 年道路稅計算標準無再調整。之所以 2015 年調降道路稅基數，是因為 2015 年政府調漲使用階段燃油貨物稅，因此短暫調降作為緩解。至於，新加坡因應新車款性能提升，電動車道路稅分別在 2020、2022 年有所調整。此外，額外針對使用年限達 10 年以上車輛(燃油車、電動車)，額外徵收道路稅加成費。課徵標準車齡 10 年以上，逐年累積加重 10%的稅率，最高稅率為 50%。

(六)使用階段-額外一次性總稅費：此稅僅針對電動車徵收，以替代電動車不加油而無需繳交的車輛燃油貨物稅。年度定額徵收標準：2021 年新幣 200 元、2022 年新幣 400 元、2023 年新幣 700 元，爾後此費用固定，最高費用為新幣 700 元。

(七)使用階段-燃油貨物稅：以每分(cent)/升為單位，此費用涵蓋在油價。新加

坡歷年燃油貨物稅逐漸調漲，原因是政府希望透過提高燃油車使用成本，引導大眾選擇更具環保的電動車。

四、日本

日本車稅針對車輛的排放標準(NOx)、燃油消耗標準及汽缸排氣量，決定稅率比率或是分級定額課稅(參見表 3.2.1)，藉以引導民眾購買低污染高能效車輛(日本自動車工業會, 2023)。購置階段「汽車環境效能稅」，稅基是車輛的購入價格，但稅率比例則是基於車輛的排放標準(NOx)是否優於 2005 與 2018 年排放標準，以及優於 2030 年燃油消耗標準的程度，決定稅率比率(0%~3%)。使用階段「汽車重量稅」是根據車輛檢驗時車體重量分級課稅，另外針對燃油消耗標準，每年彈性調整稅費比率；「汽車稅(種類別)」則是依汽缸總排氣量每年分級定額課稅。

表 3.2.1、日本車體課稅各項稅賦簡介

	稅目	稅費基準	稅費性質	稅額與稅額(單位：日圓)
購置階段	汽車環境效能稅	新車、中古車購入時之取得價格為基準，對應環境性能課稅	道府縣稅 市町村稅	購入價格的 0~3% 購入價格低於 50 萬日圓免稅
	消費稅	汽車購入價格課稅	國稅 地方稅	10% (其中 2.2% 為地方消費稅)
持有階段	汽車重量稅	車輛檢驗時車輛總重量及另需燃油消耗標準分級定額課稅	國稅	節能車：2,500 日圓/0.5 噸年 新車新規登錄起 13 年車輛：5,700/0.5 噸年 新車新規登錄起 18 年車輛：6,300/0.5 噸年 以上 3 種以外的其他乘用車：4,100/0.5 噸年
	汽車稅(種類別)	汽缸總排氣量分級定額課稅	道府縣稅	~1000cc：25,000 日圓/年 1001~1500cc：30,500 日圓/年 1501~2000cc：36,000 日圓/年 2001~2500cc：43,500 日圓/年 2501~3000cc：50,000 日圓/年 3001~3500cc：57,000 日圓/年 3501~4000cc：65,500 日圓/年 4001~4500cc：75,500 日圓/年 4501~6000cc：87,000 日圓/年 6001cc~：110,000 日圓/年
使用階段	汽油稅	汽油定額課稅	國稅	48.6 日圓/公升
	地方汽油稅	汽油定額課稅	地方稅	5.2 日圓/公升
	消費稅	燃料購入價格課稅	國稅 地方稅	燃料購入價格的 10%(其中 2.2% 為地方消費稅) 柴油以稅前價格課稅

資料來源：中經院彙整。日本自動車工業會(2023)，日本の自動車工業(2023)，總務省(2019)

日本環保車輛在購置階段只需繳交消費稅，汽車環境效能稅則免徵(參見表 3.2.2)，環保車輛包含純電池電動車、氫燃料電池車、插電混合動力車、天然瓦斯

車(須符合 2018 年排放標準)。在持有階段，純電池電動車與氫燃料電池車於新車登錄時「首次汽車重量稅」也可免徵，然插電混合動力車等須達到 2030 的燃料消耗標準的 120%才可免稅。2019 年開始純電池電動車與氫燃料電池車需繳納「汽車稅(種類別)」25,000 日圓(東京都主稅局, 2024)。

表 3.2.2、日本環保車輛稅額表

	稅目	稅額與稅額
購置階段	汽車環境效能稅	免稅範圍包含： 純電池電動氫燃料電池車 天然瓦斯車 插電混合動力車
	消費稅	10%
持有階段	汽車重量稅 (新車新規檢查)	免稅範圍包含： 純電池電動車 氫燃料電池車 天然瓦斯車 插電混合動力車 清潔柴油車(包含 Hybrid 車)
	汽車稅(種類別)	純電池電動車與氫燃料電池車 2019 年 10 月 1 日開始初次新規登錄車： 25,000 日圓

註：1. 新規登錄時免稅之純電池電動車在初次接受車輛檢驗時亦符合免稅資格。

2. 汽油車(油電混合車)、天然瓦斯車、液化石油氣車與清潔柴油車須符合令和 2 年的燃油消耗標準才可免稅。

3. 新車新規登錄時達到令和 12 年的燃油消耗標準的 120%，在初次車輛檢驗時亦可免稅。

資料來源：中經院彙整。(1)東京都主稅局(2024)；(2)日本自動車工業會 (2022)

五、英國

英國根據二氧化碳排放量與燃料類別徵收汽車稅，另針對高價車加徵附加費用(請參見表 3.2.3)，以引導民眾購買低污染車輛，並實現稅賦正義。購置階段稅費「首次汽車稅」依二氧化碳排放量分級定額課稅，持有階段「次年起汽車稅」是根據燃料別定額課稅；車價超過 40,000 英鎊以上車輛在持有期間第 2~6 年間另需加收「次年起車輛消費稅附加費用」(GOV.UK, 2024)。

表 3.2.3、英國自用乘用車稅賦

	稅目	稅費架構	稅額與稅額(單位：英鎊)
購置階段	增值稅 Value-Added Tax, VAT	新車購入時支付，車價已包含 VAT 稅費 透過經銷商購買中古車時，車價含 VAT 透過個人購買中古車時，則不需另付 VAT	20% 以下身分可享有免稅優惠： • 行動不便者(使用輪椅或擔架者)或為行動不便者所購置大幅永久改裝之車輛 • 行動不便之非輪椅使用者 • 慈善機關或捐贈慈善機關所購置車輛 • 符合 1994 年消費稅法案所規定之慈善團體

	稅目	稅費架構	稅額與稅額(單位：英鎊)
	車輛登記費 Vehicle Registration Fee	首次車輛登錄時繳交費用	£55
	首次汽車稅 Vehicle Excise Duty, VED	根據二氧化碳排放量與燃料為標準分 13 級定額課稅	依二氧化碳排放量分級，稅額從£0~£2,605 車型分： • 汽油車(符合歐盟實際道路駕駛排放量 2 級，RDE 2) • 柴油車 • 替代燃料車
持有階段	次年起汽車稅 VED	根據燃料別定額課稅	• 汽、柴油車輛年繳£180 • 其他燃料車輛年繳£170
	次年起車輛消費稅附加費用(車價超過 4 萬英鎊)	車價超過£40,000 英鎊以上車輛在持有期間第 2~6 年課稅	車價超過£40,000 以上車輛從第 2 年開始至第 6 年每年加收£390 稅額
使用階段	燃油稅(英鎊/公升)	汽油定額課稅	£0.5295

資料來源：中經院彙整。GOV.UK (1)(2024)Vehicle on tax rates (2) (2019) VAT relief on adapted motor veh(3)(2022), Fuel Duty Rate2022-2023.

英國電動車於 2025 年 4 月 1 日起將取消稅務優惠，次年起 VED 將與其他燃料車輛相同定額課稅，超過 40,000 英鎊以上車輛也須繳交附加費用(請參見表 3.2.4)。此外純電池電動車與氫燃料電池車車主於 2025 年 12 月 25 日開始也須支付倫敦交通擁擠費用(GOV. UK, 2024)。

表 3.2.4、英國電動車稅額表

	稅目	稅額與稅額	
		現行	2025/04/01
取得階段	增值稅 Value-Added Tax, VAT	20%	20%
	車輛登記費 Vehicle Registration Fee	£55	£55
	首次車輛消費稅 Vehicle Excise Duty, VED	免稅	£10
持有階段	次年起車輛消費稅 VED	免稅	£170
	次年起車輛消費稅附加費用(車價超過 4 萬英鎊)	免稅	£395

	稅目	稅額與稅額	
		現行	2025/04/01
使用階段	倫敦交通擁擠費用 (僅包含純電池電動車與氫燃料電池車)	免徵	免徵優惠至 2025 年 12 月 24 日止

資料來源：中經院彙整。1.Gov.UK (2022) 2.Gov.UK (2024)

六、泰國

泰國消費稅針對汽缸總排氣量小於等於 3,000 c.c 規格之乘用車，依二氧化碳排放量分級課稅，泰國政府希望透過稅制結構改革，讓車廠導入低碳排車輛(參見表 3.2.5)。此外在 2017 年 3 月頒布實施《新消費稅法》(New Excise Tax Act, B.E. 2560)，將消費稅基改為「建議零售價」，消費稅計算採用「建議零售價×消費稅率」(Department of Land Transport, n.d.)。

表 3.2.5、泰國自用乘用車稅賦

	稅目		稅費架構	稅率與稅額 (單位：泰銖)
製造銷售階段	消費稅 Excise Tax		汽缸總排氣量與二氧化碳排放量分級課稅 車價 x 稅率	• ≤3,000c.c ≤150g/km： 30% 151-200 g/km：35% 200 g/km <：40% • >3,000c.c：50%
	內政稅 Interior Tax		車價 x 稅率	10%
	增值稅 Value-Added Tax, VAT		車價 x 稅率	7%
購置階段	小型車輛運輸牌照		車輛購入時支付	1,500/張
	個人運輸許可證			1,500/張
	車輛登記費 Vehicle Registration Fee			2,480
	登記證 Registration Manual			100/張
	牌照費 License			100/張
持有階段	車輛稅 Vehicle Tax Rate	重量稅	載客數超過 7 人以上車輛，以車輛總重量分級定額課稅	~500kg：150 501kg~750kg：300 751kg~1,000kg：450 1,001kg~1,250kg：800 1,251kg~1,500kg：1,000 1,501kg~1,750kg：1,300 1,751kg~2,000kg：1,600 2,001kg~2,500kg：1,900 2,501kg~3,000kg：2,200

	稅目		稅費架構	稅率與稅額 (單位：泰銖)
				3,001kg~3,500kg：2,400 3,501kg~4,000kg：2,800 4,001kg~4,500kg：2,800 4,501kg~5,000kg：3,000 5,001kg~6,000kg：3,200 6,001kg~7,000kg：3,400 7,001kg~：3,600
		汽缸排氣量	載客數7人(含)以下車輛，以汽缸總排氣量分級定額課稅 車輛超過5年以上，稅費分年減免	~600cc：0.05/cc 601cc~1800cc：1.5/cc 1801cc~：4/cc 超過五年以上車輛： 第六年：10% off； 第七年：20% off； 第八年：30% off； 第九年：40% off； 十年(含)以上：50% off
使用階段	燃油稅(泰銖/公升)		無鉛汽油稅	7

資料來源：中經院彙整。1. Department of Land Transport (2024) 2. EPPO (2024)

泰國政府為推動電動車發展，於 2022 年針對車廠或相關業者推出電動車稅賦減免與補貼優惠政策，分為兩階段實施。第二階段(2024~2027 年，參見表 3.2.6)泰國政府取消高價車的補助與關稅優惠，並且逐年調降 2 百萬泰銖以下車款補助金。此外提高當地組裝要求，由原本的 1：1.5 逐年提升(1：2~1：3)(Tax News Update, 2024)。

表 3.2.6、2024~2027 年泰國電動車優惠政策

BEV 優惠項目	BEV 乘用車(車價)			
車輛零售價格與電池容量(kWh)	售價 ≤ 2 百萬泰銖且電池容量 ≥ 10kWh		2 百萬泰銖 < 售價 ≤ 7 百萬泰銖 且 電 池 容 量 ≥ 50kWh	
BEV 電池標準	工業局(Ministry of Industry, MOI)指定必須符合 TISI 標準，通過 ATTRIC 檢驗與遵守 Quick Charge 標準			
補助金	Year	≥ 10kWh < 50kWh	≥ 50kWh	NO
	2024	50,000	100,000	
	2025	35,000	75,000	
	2026~2027	25,000	50,000	
補助申請時間	• BEV 進口商：2024~2025 • 當地 BEV 組裝廠：2024~2027			NO

BEV 優惠項目	BEV 乘用車(車價)	
進口關稅 (Import Tariffs)	獲得高達 40%減免 (最初兩年：2024~2025)	無優惠
消費稅	2%(from 8%)	
BEV 當地組裝要求	在這條法令下，車廠享有上述優惠措施的條件是必須在國內生產 BEV，且符合下列數量門檻： <ul style="list-style-type: none"> • 1：2 原則，進口 1 輛享用上述優惠措施的整車，需在 2026 年之前生產 2 輛 BEV 作為補償 • 1：3 原則，進口 1 輛享用上述優惠措施的整車，需在 2027 年之前生產 3 輛 BEV 作為補償 	
電池當地組裝要求	2026 年開始須使用本國生產電池	

資料來源：中經院彙整。Tax News Update (2024)

除了給予車廠及業者的補助金與關稅優惠外，在消費端也於 2024 年開始調降重量稅率，1,800 公斤以下的車輛，重量稅費由 1,600 泰銖降至 320 泰銖。

七、挪威

挪威政府為了導引民眾購入低碳排車輛，針對 NO_x 與 CO₂ 排放分級課稅、另外提供低碳排放車輛扣除額、並課徵溫室氣體稅等，不論稅制或稅率皆與政策環環相扣，以達成國家淨零排放目標。並透過滾動式調整級距與稅費，減輕對國家財政衝擊(參見表 3.2.7)。近年電動車滲透率已經初步達到目標，所以從 2023 年起取消相關優惠，針對價格超過 500,000 克朗以上車輛課徵 25%增值稅，讓電動車銷售回歸市場機制(Norwegian Ministry of Finance, 2023)。

表 3.2.7、2023 年挪威車輛稅制

	稅目	稅費架構	稅額與稅額單位：克朗 (NOK)
購置階段	增值稅 Value-Added Tax, VAT	車輛購入時之取得價格為基準乘上固定稅率	25%
	車輛登記稅 Motor Registration Tax	首次車輛登錄時	~500kg：0 500kg~：12.5
	廢棄處理稅 Scrap deposit tax	首次車輛登錄時定額課稅	2,400
	一次性登記稅 重量稅 Tare Weight Tax	依車體重量定額課稅	~500kg：0 500kg~1,200kg：27.92 1,200kg~1,400kg：69.57 1,400kg~1,500kg：217.42 1500kg ~：252.85
	NO _x 排放稅	根據 NO _x 排放量為標準定額課稅 (NOK per g/km)	80.33

	稅目	稅費架構	稅額與稅額單位：克朗 (NOK)
	CO ₂ 排放稅	根據二氧化碳排放量為標準分 4 級定額課稅	~82 g/km：0 83~118 g/km：1,351.29 119~155g/km：1,514.27 155~225g/km：2,939.27 226 g/km ~：4,688
	低碳排車輛扣除額(從購置稅扣除)	CO ₂ 排放量在 50 g/km 以下車輛	1,005.51
		CO ₂ 排放量在 50~82 g/km 車輛	854.65
持有階段	道路交通保險稅 Road Traffic Insurance Tax	依車型每日計價課稅 (NOK per day)	汽油車：8.38 柴油車：9.84 電動車：8.38
	溫室氣體稅 Greenhouse Gas Tax	根據所排放之溫室氣體重量課稅，每年每台車約為 1kg 排放量	1,528.8
使用階段	燃油稅	汽油、柴油稅	4.70
	擁擠稅	都會區在特定時段收費	不同收費站有不同收費標準

資料來源：中經院彙整。Norwegian Ministry of Finance (2023)；The Norwegian Tax Administration (n,d,)

2023 年開始挪威自用電動車稅有重大變革(參見表 3.2.8)，過往不用繳交增值稅，但自 2023 年起車輛價格超過 500,000 克朗車輛，超出的部分必須全額課稅。同時也必須繳納車輛登記稅，超過 500kg 以上車輛，每公斤需繳交 12.5 克朗的稅費(The Norwegian Tax Administration, n,d,)。

表 3.2.8、挪威自用電動車輛稅賦

	稅目	稅費架構	2022 年	2023 年
取得階段	增值稅 Value-Added Tax, VAT	車輛購入時之取得價格為基準乘上固定稅率	0	25%(車輛價格超過 NOK 500,000 以上需課稅)
	車輛登記稅 Motor Registration Tax	首次車輛登錄時	2,400	2,400
	廢棄處理費 Scrap deposit tax	首次車輛登錄時定額課稅	0	車體重量超過 500kg 以上車輛，以 Nok 12.5/per Kg 計算

	稅目	稅費架構	2022 年	2023 年
持有階段	道路交通保險稅 Road Traffic Insurance Tax	依車型每日計價課稅 (NOK per day)	電動車：8.38	
使用階段	擁擠稅	都會區在特定時段收費	不同收費站有不同收費標準	

資料來源：中經院彙整。The Norwegian Tax Administration, n,d,

第三節 小結

由安全規範確保與提升車輛安全性，以及稅制規範之合理化兩個面向而言，該資訊之提供，係可讓民眾了解相關規範之趨勢，間接影響民眾購買車輛之選擇及考量，透過本章節關於安全與稅制法規對新能源車輛導入之影響介紹後，最後再予以彙整本小結供參。

針對安全法規部分：

國際車輛安全法規管理制度分類包含型式認證及自我認證，全球國家為因應車輛安全之管理制度建置，亦選取所需之認證制度進行其安全管理；而我國現行則以型式認證方式，參考聯合國歐洲經濟委員會(UNECE)之車輛安全法規調和導入制定我國車輛安全法規進行管理。

因應現行新能源車輛之科技發展，UNECE 之車輛法規亦針對電動車輛及氫能車輛推出相關車輛安全法規，除應符合一般車輛之安全法規，另需符合所屬能源對應之規定，如下表所示。

新能源車輛(電動車輛及氫能車輛)除符合一般車輛安全法規，另應符合下列車輛安全法規	
電動車輛	氫能車輛
UNECE R100 電動汽車之電氣安全 UNECE R138 車輛低速警示音 UNECE R10 電磁相容性 UNECE R95 側方碰撞乘員保護(座椅 R 點距地高度 $\leq 700\text{mm}$ 之 M1 類(小客車)及 N1 類(小貨車)車輛) UNECE R94 前方碰撞乘員保護(總重量 ≤ 2.5 公噸之 M1 類(小客車)車輛)	UNECE R100 電動汽車之電氣安全 UNECE R138 車輛低速警示音 UNECE R10 電磁相容性 UNECE R95 側方碰撞乘員保護(座椅 R 點距地高度 $\leq 700\text{mm}$ 之 M1 類(小客車)及 N1 類(小貨車)車輛) UNECE R94 前方碰撞乘員保護(總重量 ≤ 2.5 公噸之 M1 類(小客車)車輛) UNECE R134 氫燃料車輛整車安全防護、氫儲存系統、氫儲存系統組件

資料來源：車安中心彙整

推動車輛安全法規之際，仍需有驗證能量之建置方能確認車輛/零組件得以符合基本要求之安全性，依聯合國 WP.29 1958 協定指定 UNECE 法規之技術服務機構，列舉部分已取得相關檢測基準驗證能量之檢測機構如下表所示並提供參考。

聯合國 WP.29 1958 協定指定 UNECE 法規之技術服務機構	驗證能量項目
SGS-TÜV Saar GmbH(德國)	UNECE R100 電動汽車之電氣安全
TÜV SÜD Auto Service GmbH(德國)	UNECE R138 車輛低速警示音
UTAC(法國)	UNECE R10 電磁相容性
RDW(荷蘭)	UNECE R134 氫燃料車輛整車安全防護、氫儲存系統及組件
	UNECE R94 前方碰撞乘員保護
	UNECE R95 側方碰撞乘員保護

資料來源：車安中心彙整

針對稅制部分：

主要國家為引導民眾購買電動車，會採取調升燃油車稅率，降低電動車稅的兩手策略(參見圖 3.2.1、參見圖 3.2.2)。針對高污染車輛加重課稅，同時提高低碳排車減免金額，並且調升燃油車稅。在電動車車稅方面，各國已經相繼取消優惠，調升各階段稅費。歐洲國家如挪威、英國已經取消電動車稅賦優惠，新加坡及美國調升電動車車稅，泰國則是取消高價電動車車稅優惠。電動車在滲透率提高後，各國政府希望回歸市場機制，以確保國家財政健全。

電動車及氫能車發展評估

								
	台灣	美國加州	英國	挪威	日本	泰國	新加坡	中國
購置階段	ICE •貨物稅 •營業稅 •行照費 •號牌費	•汽油過耗稅 (聯邦) •銷售與使用稅 •登記費 •車牌費 •公路巡邏費 •運輸改善費	•增值稅 •車輛登記費 •首年車輛消費稅	•增值稅 •重量稅 •車輛登記稅 •NOx 排放稅 •CO ₂ 排放稅 •廢棄處理費 •低排放車輛扣除額	•汽車環境效能稅 •消費稅	•增值稅 •終身牌照費 •車輛登記費 •登記證 •牌照費	•消費稅 •產品與服務稅 •車輛登記稅 •附加登記費 •車輛減排費 •機車證：競標	•消費稅 •增值稅 •車輛購置稅 •上牌費
	BEV •貨物稅 (140萬以上減半徵收) •營業稅 •行照費 •號牌費	•汽油過耗稅 (聯邦) •銷售與使用稅 •登記費 •車牌費 •公路巡邏費 •運輸改善費	•增值稅 •車輛登記費	•增值稅 •車輛登記稅 •廢棄處理費	•消費稅	•增值稅 •終身牌照費 •車輛登記費 •登記證 •牌照費	•消費稅 •產品與服務稅 •車輛登記稅 •附加登記費 •車輛減排費 •機車證：競標	•增值稅 •上牌費
持有階段	ICE •汽燃費 •牌照稅	•車牌費 •運輸改善費	•次年起車輛消費稅 •次年起車輛消費稅附加費用	•道路交通保險稅 •溫室氣體稅	•汽車重量稅 •汽車稅 (種類別)	•重量稅 •汽缸排氣稅	•道路稅 •道路稅加成費用	•車船稅
	BEV	•車牌費 •運輸改善費			•汽車稅 (種類別)	•重量稅	•道路稅 •道路稅加成費用 •額外一次性總稅費	
使用階段	ICE •燃油貨物稅	•燃油消費稅 (聯邦) •燃油稅	•燃油稅	•道路使用稅	•汽油稅 •地方汽油稅	•燃油稅	•燃油貨物稅	•燃油貨物稅
	BEV							

資料來源：中經院彙整。

圖 3.2.1、國際車稅稅目

								
	台灣	美國	英國	挪威	日本	泰國	新加坡	中國
購置階段	ICE •貨物稅	•運輸改善費+	•消費稅+	•NOx - CO ₂ 排放稅+	•汽車環境效能稅+		•車輛減排費+	•消費稅+
	BEV •貨物稅	•銷售與使用稅+		•增值稅+		•取消高價車稅優惠 •當地組裝	•產品與服務稅+	•增值稅+
持有階段	ICE •牌照稅		•次年起消費稅+	•道路交通保險稅+			•附加登記費+	
	BEV •汽燃費		•高價車附加費+	•溫室氣體稅+	•汽車稅(種類別)-	•重量稅-	•額外一次性總稅費+	
使用階段	ICE •燃油稅	-	-	-	+	+	+	+
	BEV							

註：+加稅；-減稅

資料來源：中經院彙整。

圖 3.2.2、國際車稅趨勢

參考文獻

- CDTFA (2024). Motor Vehicle Fuel (Gasoline) Rates by Period (USA). Retrieved from <https://www.cdtfa.ca.gov/taxes-and-fees/sales-tax-rates-for-fuels.htm>.
- Department of Land Transport (2024). Fee rates and tax rate accounts (Thailand). Retrieved from <https://www.dlt.go.th/th/fees-and-tariffs/>
- DNV (2023). Pathway to Net-Zero Emissions. DNV AS, Norway. Retrieved from <https://www.dnv.com/publications/pathway-to-net-zero-emissions-report-2023-249543/>
- EPPO (2024). โครงสร้างราคาน้ำมัน [Oil price structure] (Thailand). Retrieved from <https://www.eppo.go.th/index.php/th/petroleum/price/structure-oil-price>.
- Gov.UK (2022). Introduction of Vehicle Excise Duty for zero emission cars, vans and motorcycles from 2025 (UK). Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/introduction-of-vehicle-excise-duty-for-zero-emission-cars-vans-and-motorcycles-from-2025>.
- Gov.UK (2024). Vehicle exempt from vehicle tax (UK). Retrieved from <https://www.gov.uk/vehicle-exempt-from-vehicle-tax?step-by-step-nav=58fad183-27f5-4dd9-b51e-696c992373d7>.
- Gov.UK. (2022). Fuel Duty Rate 2022-2023. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/changes-to-fuel-duty-rates/fuel-duty-rates-2022-23>
- Hydrogen Energy Test and Research Center. Retrieved from <https://www.hytrec.jp/plant/guide>
- IEA (2023). ETP Clean Energy Technology Guide. Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/etp-clean-energy-technology-guide>
- IRENA (2022). RENEWABLE POWER GENERATION COSTS 2021. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>
- LTA (2024). Standard Registration (Singapore). Retrieved from https://onemotoring.lta.gov.sg/content/onemotoring/home/buying/vehicle-types-and-registrations/car/standard_registration.html.
- Next-Generation Toyota Mirai Confirmed for Australia. Retrieved from <https://scifleettoyota.com.au/blogview/Next-Generation-Toyota-Mirai-Confirmed-for-Australia/873>
- Norwegian Ministry of Finance, 2023, Taxes 2024. Retrieved from <https://www.regjeringen.no/contentassets/74e37d21af5c423bb247871958884e0e/en>

-gb/pdfs/prp20_2320240001s0engpdfs.pdf

State of California Department of Motor Vehicles, [https :](https://www.dmv.ca.gov/portal/file/vlf-rate-table-reg-360-pdf/)

[//www.dmv.ca.gov/portal/file/vlf-rate-table-reg-360-pdf/](https://www.dmv.ca.gov/portal/file/vlf-rate-table-reg-360-pdf/).

Tax News Update, 2024, Thailand | Subsidies, duties, excise-tax incentives to encourage development and use of battery electric vehicles. Retrieved from [https : //taxnews.ey.com/news/2024-0356-thailand-subsidies-duties-excise-tax- incentives-to-encourage-development-and-use-of-battery-electric-vehicles](https://taxnews.ey.com/news/2024-0356-thailand-subsidies-duties-excise-tax-incentives-to-encourage-development-and-use-of-battery-electric-vehicles)

The Norwegian Tax Administration, n.d, Calculate what it will cost to import a car to Norway. Retrieved from [https : //www.skatteetaten.no/en/person/duties/cars-and-other-vehicles/importing/calculate/](https://www.skatteetaten.no/en/person/duties/cars-and-other-vehicles/importing/calculate/)

UNECE Status of the 1958 Agreement (and of the annexed regulations). Retrieved from [https : //unece.org/status-1958-agreement-and-annexed-regulations](https://unece.org/status-1958-agreement-and-annexed-regulations)

UNECE UN Regulations (Addenda to the 1958 Agreement). Retrieved from [https :](https://unece.org/un-regulations-addenda-1958-agreement)

[//www.gov.uk/guidance/vat-relief-on-adapted-motor-vehicles-for-disabled-people-and-charities-notice-1002](https://www.gov.uk/guidance/vat-relief-on-adapted-motor-vehicles-for-disabled-people-and-charities-notice-1002)

Vehicle on tax rates, Retrieved from [https : //www.gov.uk/vehicle-tax-rate-tables](https://www.gov.uk/vehicle-tax-rate-tables)

中華人民共和國國務院公報(2009)。《關於實施成品油價格和稅費改革的通知》。檢自 [https : //www.gov.cn/gongbao/content/2009/content_1196450.htm](https://www.gov.cn/gongbao/content/2009/content_1196450.htm)。

中華人民共和國政府(2015)。解讀提高成品油消費稅：提稅和調價是兩碼事。檢自 [https : //www.gov.cn/xinwen/2015-01/13/content_2803517.htm3](https://www.gov.cn/xinwen/2015-01/13/content_2803517.htm3)。

中華人民共和國政府(2023)。新能源汽車車輛購置稅減免政策延長至 2027 年年底。檢自 http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/202306/content_6887717.htm。

中華人民共和國財政部、國家稅務總局(2022)。《關於減徵部分乘用車車輛購置稅的公告》。檢自 [https : //www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-05/31/content_5693233.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-05/31/content_5693233.htm)。

中華人民共和國財政部、國家稅務總局、工業與資訊化部 交通運輸部(2018)。《關於節能新能源車船享受車船稅優惠政策的通知》。檢自 [https : //www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2019-10/25/content_5445047.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2019-10/25/content_5445047.htm)。

中華民國交通部公路局。檢自 [https : //www.thb.gov.tw/cp.aspx?n=427](https://www.thb.gov.tw/cp.aspx?n=427)。

中華民國財政部。檢自 [https : //www.etax.nat.gov.tw/etwmain/etw158w/79](https://www.etax.nat.gov.tw/etwmain/etw158w/79)。

全國法規資料庫(2023)。貨物稅條例。檢自 [https :](https://www.gov.tw/)

[//law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=G0340076](http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=G0340076).

北京市公安局公安交通管理局(2024)。機動車註冊登記。https：

[//jtgl.beijing.gov.cn/jgj/93950/jwgk/jdcgl/120177/index.html](http://jtgl.beijing.gov.cn/jgj/93950/jwgk/jdcgl/120177/index.html).

台電 (2023)。電力淨零排放-國際淨零趨勢。檢自 https：

[//www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=6589](http://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=6589)

國家稅務總局(2020)。國稅局關於取消增值稅扣稅憑證認證確認期限等增值稅徵管問題的公告。檢自

http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/2020-01/01/content_5465783.htm.

日本自動車工業會 (2022)。自動車関係の税金。檢自 https：

[//blog.jama.or.jp/?p=1949](http://blog.jama.or.jp/?p=1949)

日本自動車工業會(2023)。自動車関係諸税。 https：

[//www.jama.or.jp/operation/tax/outline/index.html](http://www.jama.or.jp/operation/tax/outline/index.html)

東京都主税局(2024)。自動車税環境性能割、自動車税種別割；https：

[//www.tax.mero.tokyo.lg.jp/kazei/car_shubetsu.html](http://www.tax.mero.tokyo.lg.jp/kazei/car_shubetsu.html)

水文資訊網 (2023)。經濟部水利署水文資訊網-歷史水文。檢自 https：

[//gweb.wra.gov.tw/Hydroinfo/?id=Index](http://gweb.wra.gov.tw/Hydroinfo/?id=Index)

經濟部 (2024)。113 年度再生能源電能躉購費率正式公告。檢自 https：

[//www.moea.gov.tw/MNS/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=114036](http://www.moea.gov.tw/MNS/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=114036)

能源署 (2023)。經濟部能源署-能源統計 E-STAT 資料庫查詢。檢自 https：

[//www.esist.org.tw/database](http://www.esist.org.tw/database)

車輛型式安全審驗管理辦法第十四條附表車輛安全檢測基準。檢自 https：

[//www.vsc.org.tw/Home/List/10](http://www.vsc.org.tw/Home/List/10)

第四章 能源補充設施與法規

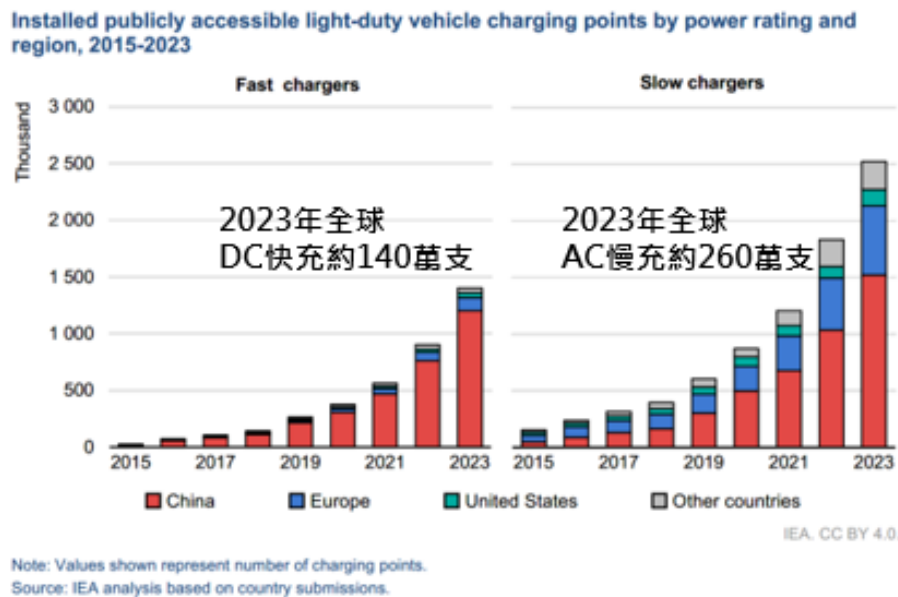
第一節 充電站

一、主要國家充電站現況及政策法規

聯合國氣候變遷大會對於全球減碳需求與各國共識中，全球碳排放量次高部門為「陸上運輸部門」，包含汽車、卡車、公共汽車、火車等交通工具，且以小型乘用車數量多，各國亦祭出禁售燃油新車時程。而電動汽車能否普及與充電站的發展息息相關，因此，國際電能補充設施的發展與政策制定走向，皆相當值得我國參考借鏡。

(一) 國際電能補充設施發展現況及政策重點方向

根據國際能源組織 International Energy Agency(IEA)出版的 Global EV Outlook 2024 報告，2023 年全球電動汽車的公共充電設備數量已經達 400 萬支(如圖 4.1.1)，中國大陸不論是 AC 慢充或是 DC 快充的公共充電設備數量皆為全球之冠，其次為歐洲地區，美國則是緊追在後。



2023年全球電動車公共充電設備數量達400萬支

- 2023年全球DC快充共約140萬支、AC慢充共約260萬支。
- 美國於2023年安裝超過18萬支公共充電，預計2030年達50萬支。
- 歐洲於2023年擁有約73萬支公共充電設備，預計2035年增至270萬支
- 中國擁有全球85%DC快充及60%AC慢充。

資料來源：IEA 2024 Global EV outlook

圖 4.1.1、2023 年全球電動車公共充電設備數量

全球公共 AC 慢充在 2023 年就已建置超過 260 萬支，其中 156 萬支分佈於中國大陸，使中國大陸公共 AC 慢充數量佔全球 AC 慢充數量的 60%，為全球公

共 AC 慢充最多的國家。至於全球公共 AC 慢充數量第二的歐洲地區，AC 慢充約 58 萬支，雖然在總數上不及中國大陸，但依然是全球充電基礎設施的重要市場。歐洲的慢充比例較高，符合當地居民對於家庭及商業充電的需求特性。歐洲政策支持充電基礎設施的普及和標準化，這些努力在數量上皆有顯現出來。而全球公共 AC 慢充數量第三高的美國在 2023 年統計約 15 萬支，美國充電樁的佈局較為分散，以 AC 慢充為主。這與美國地廣人稀及家庭充電普及率高的特性有關。

在公共 DC 快充部分，2023 年全球有 140 萬支，其中 85% 位於中國大陸，使中國大陸的公共 DC 快充累積到 119 萬支，同樣是全球公共 DC 快充數量最多的國家。全球 DC 快充數第二的歐洲地區，數量約 15 萬支。美國在 2023 年則是擁有 3 萬支公共 DC 快充。美國的相關補助都與 DC 快充建置有關，DC 快充數量中有 75% 的貢獻來自於特斯拉超級充電站，剩餘 25% 才是由其他電能補充營運商所建置，主要與美國的公共充電設備補助以支持長途旅行的充電網絡 DC 快充建置有關。

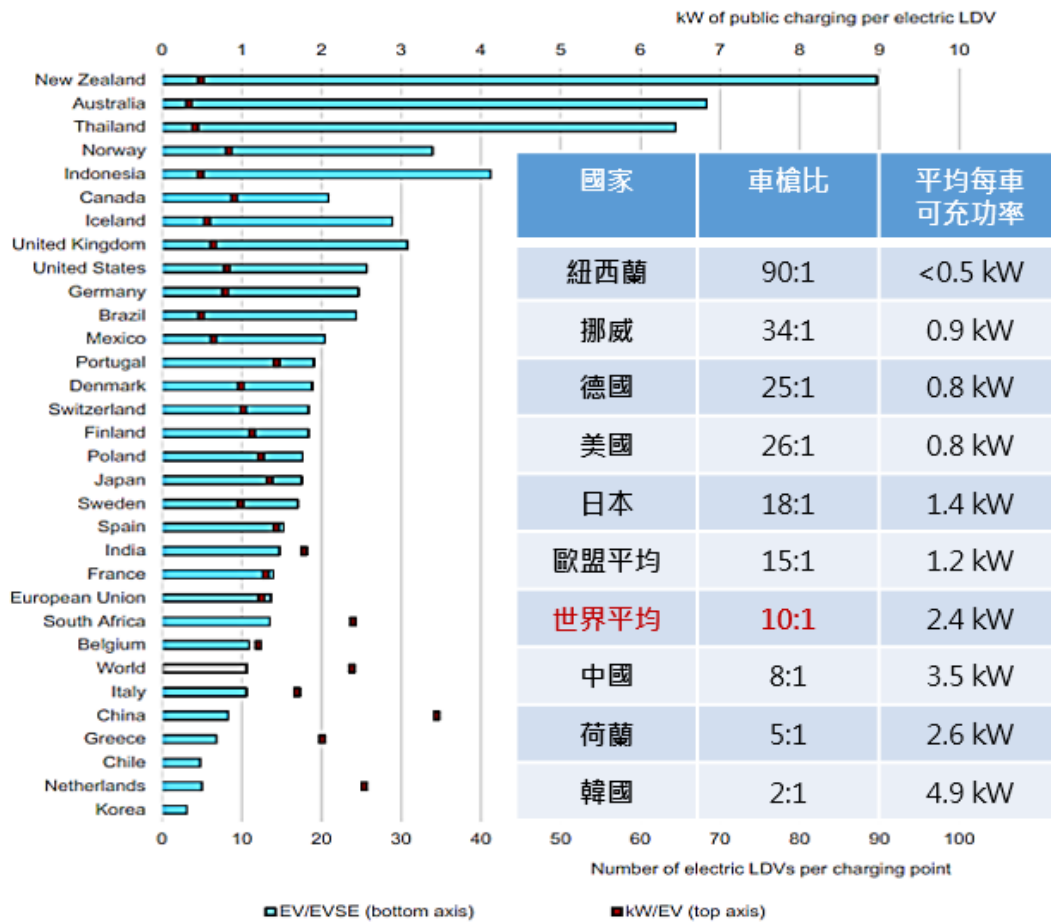
鄰近國家如日本，日本雖然地理面積小，但充電設施密度較高。由於城市空間有限，車主更依賴公共充電設施，而非私人家庭充電設施，因此 2023 年所統計，日本擁有之 AC 慢充約 2 萬支，DC 快充約 8,000 支。

在車槍比方面，根據 IEA 資料顯示，目前全世界電動車數量與公共充電槍的平均值約落在 10:1，平均每車可分配之充電功率為 2.4kW，因此，全球各國的充電基礎建設目標多以 10:1 為參考標，如圖 4.1.2 所示。車槍比越低的區域，代表使用公共充電設備能更為便利。中國大陸雖為全球公共充電設備數量最多的國家，但相較於韓國的車槍比僅 2:1 來說，韓國平均每 2 台電動車共用 1 支公共充電槍，且平均每車可分配的充電功率為 7kW。就充電便利性而言，韓國目前是領先全球其他各國。

據報告顯示，韓國正在積極擴展其充電樁基礎設施，特別是快速充電技術，以支持快速增長的電動車市場。因此 2023 年所統計，韓國擁有之 AC 慢充約 1 萬支，DC 快充約 6,000 支。

美國方面，拜登政府推動碳中和政策，先後推出兩黨基礎設施法案(Bipartisan Infrastructure Investment and Jobs Act, BIL)及降低通膨法案(Inflation Reduction Act, IRA)。這些法案針對電動汽車充電基礎設施訂出目標和補助，希望在 2030 年建設超過 50 萬個充電站。法案要求獲補助的充電設備必須在美國組裝，且 55% 元件需在 2024 年 7 月底前達到美國製造標準。BIL 計畫投資 75 億美元，其中 50 億用於全美高速公路沿線建設充電站，目標是 50 萬個充電站；25 億則用於氫氣、天然氣等替代燃料充電設施，優先考慮農村和服務缺乏地區。IRA 則計劃在 2031 年前投入 10 億美元於充電設備或替代燃料設備稅收減免，安裝充電設備可獲得最高 30% 的減稅額度。

Number of electric light-duty vehicles per public charging point and kilowatt per electric light-duty vehicle, 2023



IEA, CC BY 4.0.

Notes: EV = electric vehicle; EVSE = electric vehicle supply equipment; LDV = light-duty vehicle. Kilowatts per EV are estimated assuming 11 kW for slow and 50 kW for fast chargers. Official national statistics, which rely on more granular data, might differ from these values.

Sources: IEA analysis based on country submissions

資料來源：IEA 2024 Global EV outlook

圖 4.1.2、2023 年全球電動車與公共充電設備數量

歐盟方面，為達成 2030 年減少溫室氣體排放量 55% 及 2050 年碳中和目標，提出 Fit for 55 計畫。此計畫包括 2035 年禁售燃油車的政策，希望各國跟進。歐盟在 2014 年推出替代燃料基礎設施指令(Alternative Fuels Infrastructure Directive, AFID)，要求每 60 公里設置電動車充電站，每 150 公里設置加氫站。2021 年，Fit for 55 取代 AFID，轉為具強制性的替代燃料基礎設施法規(Alternative Fuels Infrastructure Regulation, AFIR)，進一步規範公共充電基礎設施。

中國大陸方面，車槍比 1:1 一直是戰略目標，自 2015 年起陸續推出政策指導電動車充電基礎設施建設，包括「電動汽車充電基礎設施發展指南」等，訂定車槍比、住宅與公共停車場充電設備配比、補貼設備商及營運商、制定設備限價等目標，致力於加速充電基礎設施建設，朝車槍比 1:1 的目標邁進。



資料來源：大電力彙整

圖 4.1.3、國際主要國家之推動政策

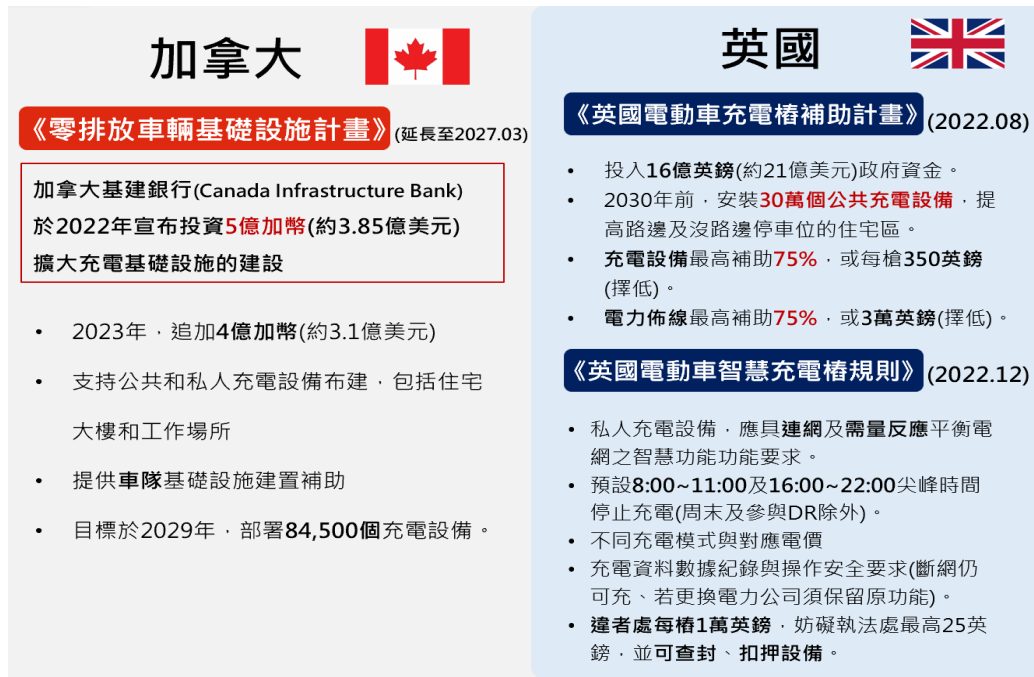
新加坡和香港的電動車充電基礎設施策略，因多數停車位位於建築物內部，因此側重於建物內停車場的充電設備要求。例如，新加坡現有建物內停車場至少要有 1%的停車格安裝充電設備，並供電能力需能提供 15%的停車格充電；香港則要求在 2025 年前，私人住宅和商業大樓至少要有 15 萬個停車位配置充電設施，2023 年 4 月後的新建政府建物須全面提供充電設備。



資料來源：大電力彙整

圖 4.1.4、新加坡與香港之推動政策

加拿大投入金費擴大充電基礎設施的建設，主要支持公共和私人車隊的基礎設施建置補助；英國除了充電設備的補助，更針對電力布建提供最高 75%的補助，要求私人設備提出應具有連網及需量反應之功能。



資料來源：大電力彙整

圖 4.1.5、加拿大與英國之推動政策

(二) 國際電能補充設施相關法規

國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)已制定多項標準，規範電動車電能補充設施，旨在確保其使用的安全性和相容性。這些標準涵蓋了充電系統的各個層面，從技術規範到安全要求，為全球電動車電能補充基礎設施的發展提供了一致且可遵循的框架。

其中，與電動車電能補充設施最相關且最具重要性的標準為 IEC 61851 系列與 IEC 62196 系列。IEC 61851 系列標準涵蓋了電動車充電系統的通用要求，包括交流與直流充電系統的具體規範及通訊協定要求。此系列標準的主要目標是確保充電設施的安全性、可靠性與效率，進而促進電動車的廣泛應用。該系列標準細分為 IEC 61851-1、IEC 61851-21-2、IEC 61851-23 及 IEC 61851-24。

此外，IEC 62196 系列標準則涵蓋了電動車充電介面與插頭的設計與測試，目的是確保全球範圍內的相容性與互操作性，如圖 4.1.6 所示。

IEC 61851-1：電動車非車載充電設備的一般要求：

本標準規範了電動車非車載充電設備的一般要求，涵蓋充電模式、介面及安全要求。安全特性包括過電流保護、漏電保護及過溫保護等，以確保充電過程中的安全性。IEC 61851-1 標準適用於所有設計用於電動車充電的非車載設備，這些設備可使用交流電源，電壓範圍在 100V 至 1,000V 之間，或直流電源，電壓範圍在 100V 至 1,500V 之間。

IEC 61851-21-2 非車載充電設備的一般要求：

此部標準，涵蓋了電動車(EV)非車載充電設備的一般要求，旨在確保充電設施的安全性與可靠性，為電動車充電基礎設施的建設提供統一的技術規範。

IEC 61851-23：直流電動車充電站的安全要求：

本標準第 23 部分，規範了電動車(EV)直流充電站的技術要求及測試方法，旨在確保直流充電站的安全性、可靠性和性能。本標準適用於所有設計為電動車提供直流電源的充電站，這些充電站通常使用高功率直流電源，電壓範圍為 100V 至 1,000V，電流可達 400A 以上，並有助於促進電動車充電基礎設施的發展。

IEC 61851-24：直流電動車充電站的安全要求：

本標準第 24 部分，規範了直流電動車充電站與電動車之間的控制和數位通訊要求，旨在確保直流充電過程中的安全性與可靠性。本標準涵蓋了 DC 充電站與電動車的數位通訊協定，用於有效控制直流充電操作。

IEC 62196-1：充電接口和插頭設計的一般要求：

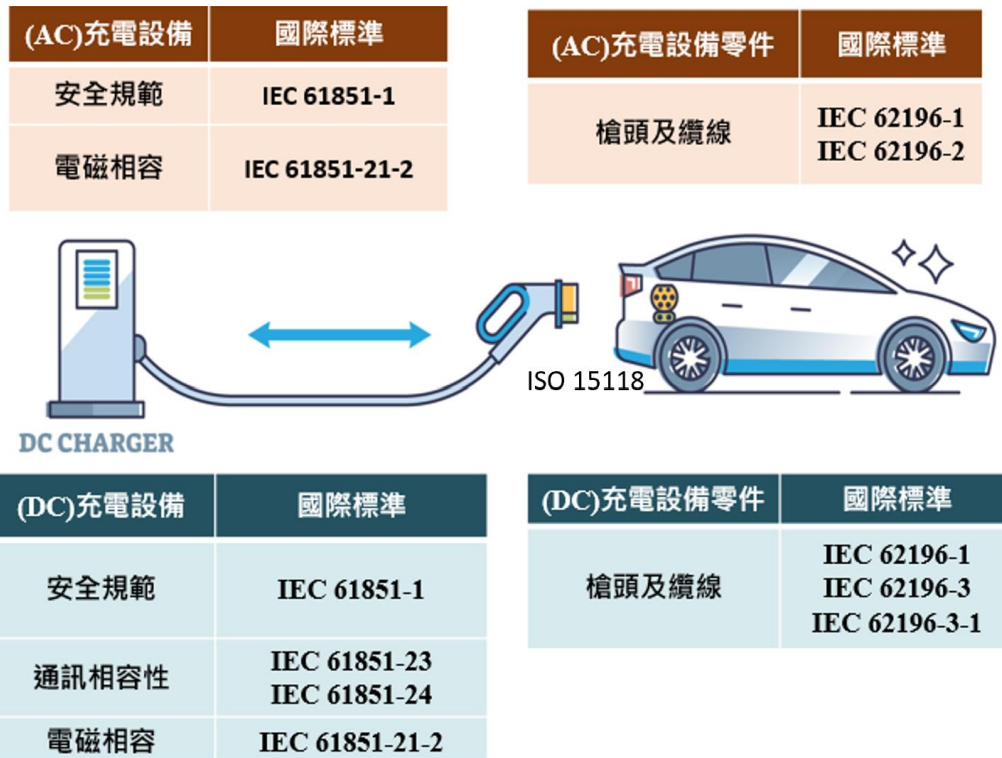
本標準適用於電動車充電系統中使用的連接器、插頭、車輛耦合器及插座。標準涵蓋機械、電氣及熱性能要求，涉及耐久性、絕緣電阻、抗衝擊性及耐火性等方面。標準規定了相關性能要求的測試方法，旨在確保在不同使用條件下，連接器及插頭的可靠性與安全性。

IEC 62196-2：交流充電插頭和插座：

本標準主要彙整了 Type 1(SAE J1772)、Type 2(Mennekes)及 Type 3 等規範，並定義了單相與三相交流電的充電系統以及安全性增強措施。標準旨在確保交流充電插頭及插座的互操作性與安全性。

IEC 62196-3：直流快速充電插頭和插座：

本標準涵蓋了 CCS(Combined Charging System)系統及 CHAdeMO 介面規格。CCS 系統結合了 Type 1 或 Type 2 插頭及兩個直流引腳，支援高達 350kW 的高功率直流快速充電；CHAdeMO 則主要在日本及其他亞洲國家使用，支援最高 200kW 的直流快速充電。標準旨在確保這些充電系統的兼容性和安全性。



資料來源：IEC、大電力彙整

圖 4.1.6、國際電能補充設備相關規範

二、國際電動車充電標準現況與技術趨勢

電動車電能補充技術自 2006 年起逐步標準化，目前已建置 SAE、IEC、ISO 等國際標準，中國大陸則有獨立的 GB/T 標準。北美汽車工程學會 SAE J1772 根據充電系統的額定功率、電壓和電流，定義了三種充電級別，對應不同使用情境。歐洲的 IEC 61851-1 標準定義了四種充電模式，但一般以 SAE 的三種分類模式較常見，如圖 4.1.7。

AC Level 1	AC Level 2	直流(DC) / Level 3
<ul style="list-style-type: none"> 使用家中110-220VAC 標準插座 電壓：120V 電流：12A-16A 現有功率≤1.92kW 充電時間較長，4-36小時 用於住家 	<ul style="list-style-type: none"> 電壓：208V-240V 電流：≤ 80A 現有功率：≤19.2kW 充電時間0.4-7小時 用於住家、公共場所 	<ul style="list-style-type: none"> 非車載充電器 配置大功率能量轉換及散熱零組件 電壓：200V-1000V 現有功率50kW- 350kW 安裝於公共場所，高速公路或大型充電站

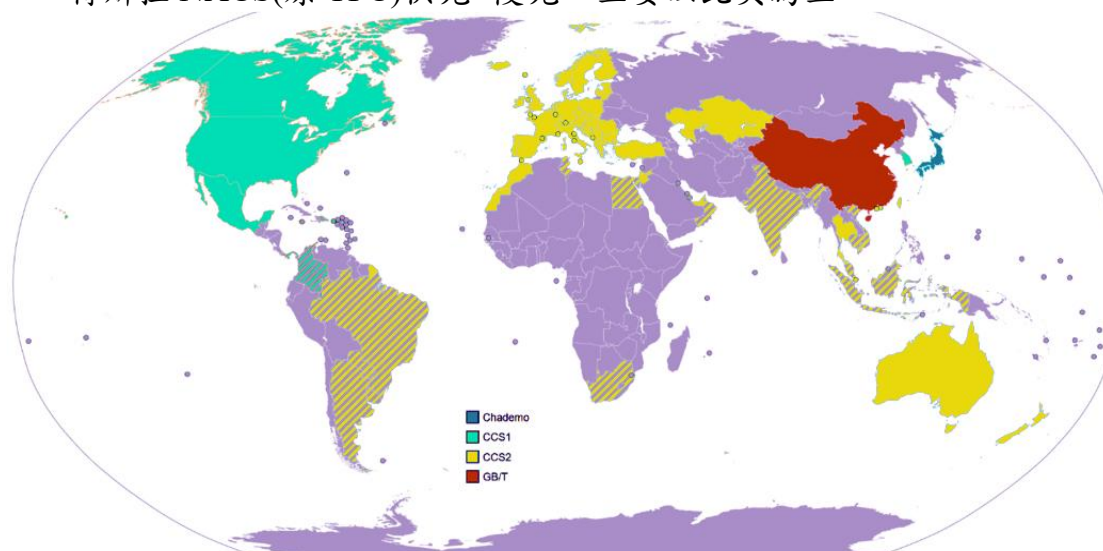
資料來源：SAE、大電力彙整

圖 4.1.7、北美 SAE J1772 之電動車電能補充類別定義

(一) 國際充電標準發展現況

觀測電動車充電設施的充電槍頭規格，目前全球各大國電動車，會依照不同銷售區域搭配符合該區域基礎設施與政策推行之充電槍頭規格，概括其充電規格主要分為五種類型，分別對應的區域如下：

- CCS1 快充+Type 1 慢充：主要以北美、中美洲、韓國及臺灣為主。
- CCS2 快充+Type 2 慢充：主要以歐洲、南美洲、中東、澳洲、印度、馬來西亞、新加坡、香港及臺灣為主。
- CHAdeMO 快充+Type 1 慢充：日本為主要使用國家。其餘北美、歐洲及臺灣皆有支援其快充座，但數量不敵 CCS1 與 CCS2。
- GB/T 快充+慢充：中國國家標準，全世界僅中國大陸使用此規格。
- 特斯拉 NACS(原 TPC)快充+慢充：主要以北美為主。



資料來源：大電力彙整

圖 4.1.8、國際電能補充設備之充電介面使用概況

以美國為例，美國雖然早期以 CCS1+Type1 為主，但特斯拉規格的充電站在全美境內的占比超過 6 成，因此特斯拉於 2022 年 11 月自我對外宣告將之前專用的 TPC 充電連接器更名為「NACS 北美充電標準」，而在此之前，特斯拉亦開放美國的超充站給非特斯拉的車輛使用，還特此發布影片說明如何使用已改裝 Magic Dock 的超級充電站進行充電，希望搶下美國能源的市場。然而，要將北美超過上萬座的特斯拉超級充電接頭全部改裝 Magic Dock 並非一蹴可及，再加上非特斯拉車主使用超級充電站的手續較為複雜，無法像特斯拉車主一般可以即插即充，因此第一家表態的美國車廠福特決定拋棄 CCS1 規格而改採用 NACS 充電規格，希望可讓福特的車主不用再受限於改裝 Magic Dock 的進度，就可以直接使用 NACS 規格充電，而眾多車廠亦紛紛表態採用特斯拉規格，這背後也隱藏著種種使用授權及其他商業利益行為。

截至 2024 年 3 月，已有超過數十家車廠宣布採用 NACS 充電規格，如圖 4.1.9 所示。其中多數車廠原本採用 CCS1 的車輛，車廠將提供認可的 NACS to CCS1 轉接器讓符合資格的車主們可以使用特斯拉的超充服務，而車廠方面亦規劃於 2025 年之後將新出廠的車輛直接配備 NACS 充電介面，以提升車主充電之便利性。

在硬體設備上，非特斯拉之電動車輛雖然可以使用特斯拉的超充服務，但與特斯拉本身的車主來說，最大的差異在於費用的部分。其他品牌電動車若使用特斯拉的超充服務補充電力，其充電費用大概會比特斯拉車主高出大約 30% 左右，非特斯拉車主若想要和特斯拉車主一樣可以享有同樣的充電費率，可以藉由付費加入會員的方式即可享有同樣待遇。

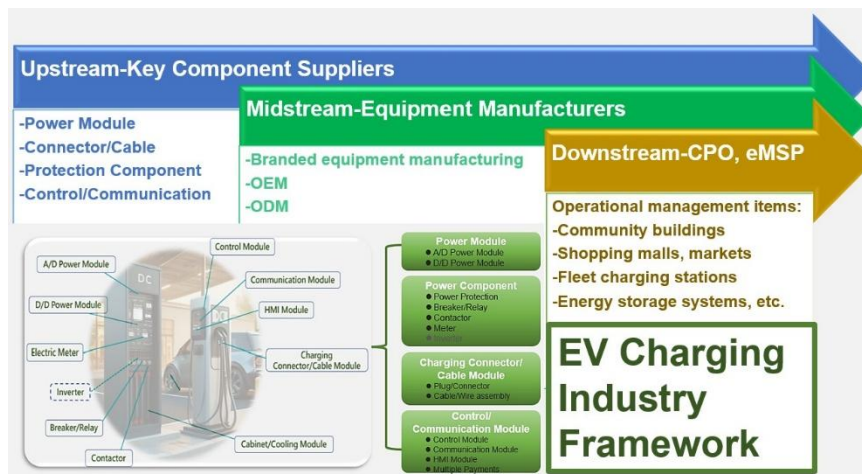


資料來源：Richard Smith7、大電力彙整

圖 4.1.9、北美採用 NACS 充電規格之車廠概況

(二) 國際充電系統供應鏈與技術趨勢

盤點國際電能補充相關產業，上游組成主要為電能補充設備之中的關鍵零組件供應商，中游主要為電能補充設備製造商，下游則為電能補充營運商組成，主要負責電動車之充電服務，如圖 4.1.10 所示。

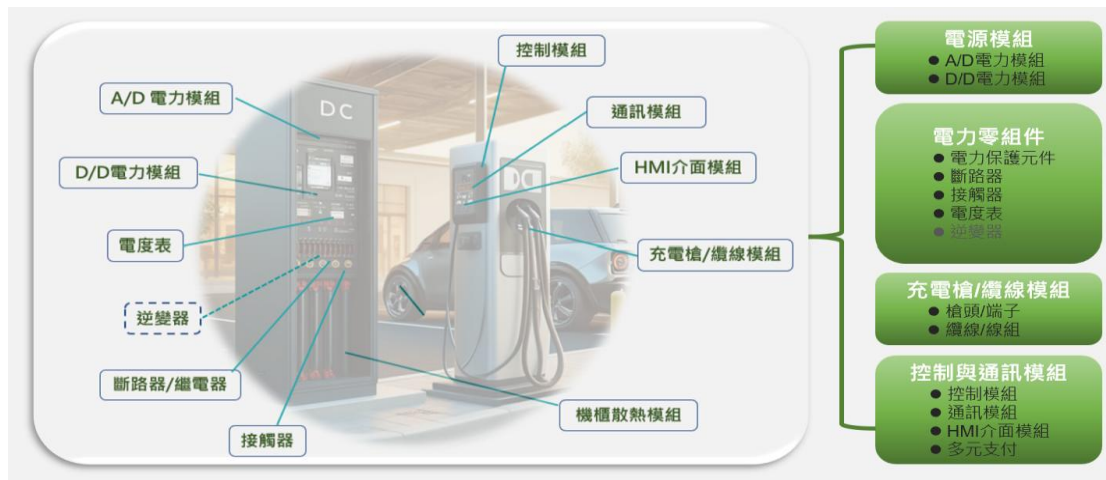


資料來源：大電力彙整

圖 4.1.10、國際電能補充產業上中下游組成架構

整體充電設備內之零組件區則大致可分成四大部分，分別為：電源模組、電力零組件、充電槍/纜線模組，以及控制與通訊模組。其中，電源模組包括了 A/D 電力模組與 D/D 電力模組；充電槍/纜線部分包括槍頭(含端子)與纜線組；電子零組件部分則包括了與漏電保護及保險開關相關的電力保護元件、斷路器、接觸器、

電度表，甚至是未來可能支援雙向電力傳輸 V2X 的時候會加入的逆變器；另外控制與通訊部分則包括了控制模組、通訊模組、HMI 介面模組及多元支付模組等。電能補充設施之結構與內部零組件組成，如圖 4.1.11 所示。

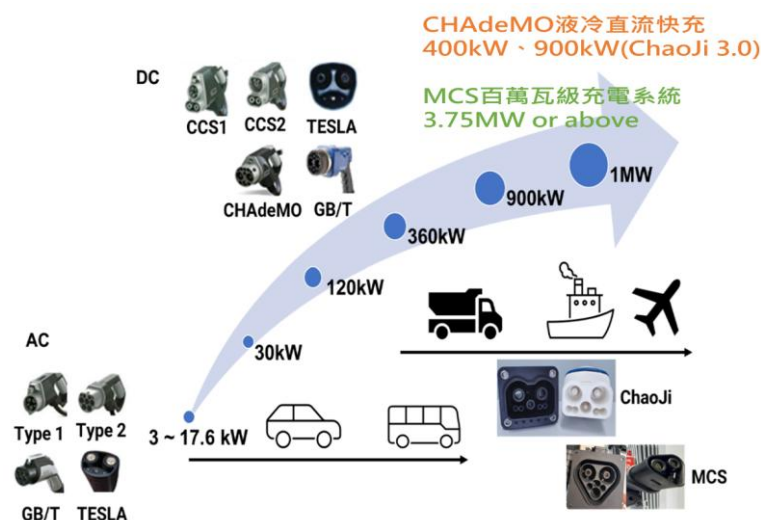


資料來源：大電力彙整

圖 4.1.11、電能補充設施之結構與零組件組成

在技術發展趨勢方面，國際上致力於縮短充電時間並提高充電便利性。早期 CHAdeMO 組織主要發展直流快充規格，分別有 62.5kW、400kW 及 900kW，其中 400kW 使用液冷散熱並進行動態控制。CHAdeMO 還與中國國家電網等公司合作，制定 900kW 的大功率充電系統與介面(CHAdeMO/ChaoJi 3.0)，成為中國國家標準。

另外，CharIN e.V.組織主要所發展的 CCS 系列亦為國際各國常使用之規格，有 50kW、100kW 及 350kW 等充電輸出功率；另為解決重型電動汽車充電問題，發展百萬瓦等級(MW)充電系統 Megawatt Charging System(MCS)技術，應用於輕型電動飛機及船舶等行業。國際大功率直流充電開發趨勢則如圖 4.1.12 所示。



資料來源：大電力彙整

圖 4.1.12、國際大功率直流充電開發趨勢

依 IEC 61851-1、SAE J3105 及 ISO 17409 充電設備安全要求之規定，目前 EVSE 最大輸出電壓 1000Vac/1500Vdc，通訊要求則須符合 ISO 15118-20，所以自動連接裝置(Automatic Connection Devices, ACD)技術成了發展趨勢中一個很重要的應用，藉由此技術可實現 EV 自動化充電過程，常應用於大型商用車或是乘用車，亦為歐美大型運輸交通載具的充電解決方案之一。ACD 自動連接有幾種型式，如：固定式、車載式、底部式及側面式進行自動充電。常見固定式之充電型態，則如圖 4.1.13 之電動巴士集電弓系統。不過這種充電模式在國際上較常出現於歐洲、香港及新加坡，此種充電方式主要針對進站巴士停留時間在 3 到 6 分鐘或是 5 到 10 分鐘左右的區間進行急速充電。以圖中車種為例，集電弓使用的電壓從 150V 至 850V，單一最高可供應到 600W 的充電功率。

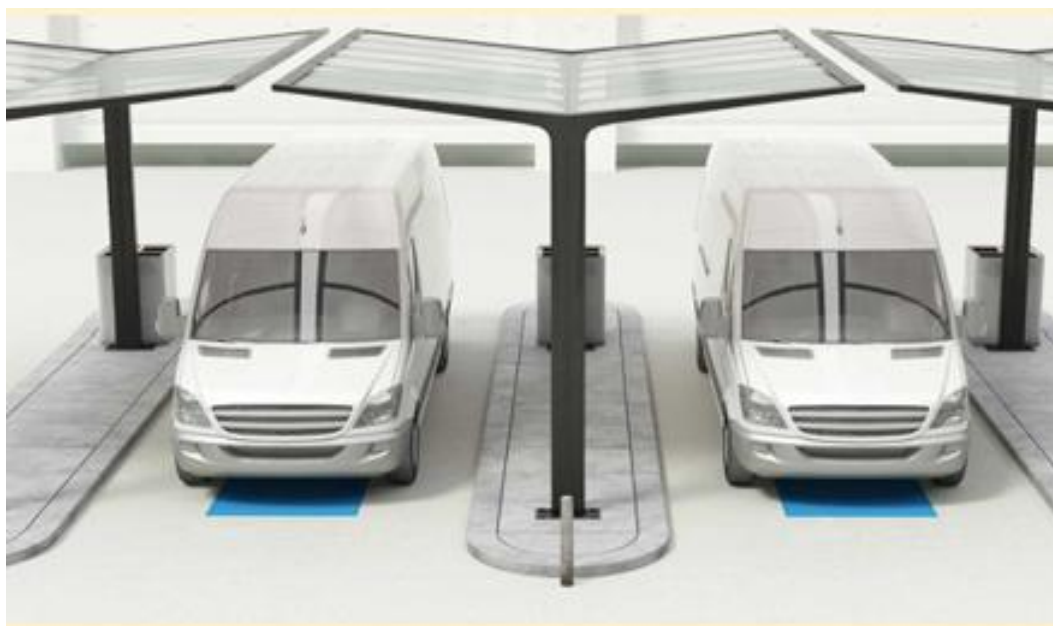


圖片來源：大電力提供

圖 4.1.13、固定式之集電弓自動充電

另一個值得持續關注的充電技術趨勢－無線電力傳輸(Wireless Power Transfer, WPT)技術，使電動車不再拘泥於通過實體傳導對車輛進行充電，而是利用電磁感應的原理，進而讓電動車開始進行充電。WPT 無線電力傳輸技術為 LDV 輕型車輛(SAE J2594)及 HDV 重型車輛(SAE J2594/2)的電動化提供了一種創新的充電方式，國際電工委員會也已將相關規範納入 IEC 61980-1/-2/-3 內。

這項技術利用電磁場來傳輸能量，從而實現在無物理連接的情況下對電動車輛進行充電。其工作原理類似於無線手機充電，通過地面下埋設的發射線圈向車輛底部接收線圈傳遞能量，從而為車輛電池充電。這種無線充電技術已被德國、瑞典等國應用在電巴上並在路上試運行，如圖 4.1.14 所示。而類似的無線充電技術之應用，亦開始朝智慧物流無人車之充電領域擴展。



圖片來源：MotorTransport

圖 4.1.14、無線電力傳輸公車

CharIN 組織研發設計高功率百萬瓦等級充電系統(Megawatt Charging System, MCS), MCS 充電設備輸出直流功率達 3.7 MW, 最大電壓 1,250 Vdc、最大電流 3,000 Adc, 而 MCS 介面設計原比 CCS Combo(Type1 及 Type2)介面之 500 Adc 高於 6 倍, MCS 介面最大電壓可達 1,500 Vdc, MCS 腳位 DC+、DC-、CP、PP、PE、COMM, 如圖 4.1.15 所示。



資料來源：CharIn

圖 4.1.15、CharIN MCS 充電介面

MCS 充電設備之通訊協議，通訊協議之功能於充電設備對電動車進行交握，於充電系統被視為重要一環，亦包含 DIN、SAE、CHadeMO、GB/T、CCS 等充電系統都是使用 ISO 15118 系列標準，而其中 ISO 15118-2 充電設備與電動車通訊相容性最為廣泛使用。MCS 的技術發展主要希望提供大型卡車、建築車輛及農用車輛快速充電，亦可應用於巴士、船舶、飛機及其他大型電動載具。

三、國際充電站成本與挑戰

以目前市場發展的各式 AC 或 DC 電能補充設施來看，不同的電能補充設備

之最大輸出功率提供了現有電動車駕駛在不同使用情境上的對應。因此，在電能補充的基礎建設時，必須審慎考慮場地的使用情境，才能在購置設備時選擇最適當的電能補充設備。

(一) 充電站建設成本分析

國際間充電站建置的成本差異顯著。建置 AC 慢充設備、DC 快充設備及超充站的費用受多種因素影響，包括地點、基礎設施佈線及工程施工費用。尤其工程施工的費用因電力功率及施工難易度而異，差異尤為明顯。本文將概括性介紹建置範圍，並以美國為例進行說明：

AC 慢充設備建置成本較低，供長時間充電，是一般住家、大樓或公共停車場、小型商業場所(飯店、商場、餐廳、遊樂園等)的理想選擇。

設備成本：國際上的 AC 慢充設備價格普遍介於 500 至 700 美元之間。

場勘及規劃費用：此筆費用主要是在正式施工前，派遣合格之機電技師針對用電環境、管線路徑及設備之安裝提出事前評估及規劃。場勘的目的在於評估選址的可行性，包括電力供應、土地使用和施工難度等。以美國為例，此筆人事相關費用大約介於 800 至 1,500 美元之間。

安裝成本：根據歐美一般擁有獨立車庫的平房來估算，含材料成本之安裝費用通常在 800 至 4,500 美元之間，此費用亦將視現有電力系統、施工難度及電力傳送距離而定，場勘與規畫費用約莫 800 至 1,500 美元不等，其中工資部分約為我國 2.5 倍。以美國獨棟住宅整體建置的費用而言，可能會因選擇之充電設備機型、線路長度、施工難易度而異，相關費用約莫在 2,100 至 6,700 美元左右(折合新臺幣約 6.5 萬元至 21.5 萬元)。

歐美大樓的停車場型態與我國有很大的不同，停車場多於獨立的停車塔內，充電設備採公用的居多，安裝費用則依電力系統及施工難易度而異，粗估每個充電設備所需負擔之線材成本及安裝成本約在 1,000 至 5,000 美元之間，場勘與規畫費則是約在 2,500 至 4,000 美元左右，而施工連材料則會因停車場規模的差異相差甚遠，而通常這種類型的停車場會搭配電能管理系統 EMS 調配最佳電力輸出，費用約為 1 萬至 1.5 萬美元左右，整體費用粗估 15 萬至 20 萬美元左右(折合新臺幣約 480 萬元至 640 萬元)，一切還須視實際建置規模而定。

但因歐美的停車塔多為獨立建築，不與居住大樓或辦公大樓的電力共用，有鑑於兩筆雙方之大樓停車場充電型態基準點不同，因此歐美大樓的安裝成本僅供參考，不建議與國內成本直接做比較。

DC 快充設備建置成本較高，供短時間快速補電，適合於短暫停留但需要快速充電的中繼站點(超充站、高速公路休息站等)。

設備成本：一套 DC 快充設備成本約在 1 萬至 15 萬美元之間，約莫對應於 30 kW 至 480 kW 不等之設備。在美國，電動車充電設備補助的條件通常要求設備至少達到一定的功率。根據聯邦規定，參與補助計畫的充電站通常需要提供至少 150 kW 的快速充電能力，因此 DC 快充設備至少 4.5 萬美元起跳。而美國電動車快充站的充電車位數量因站點規模和設施配置而異。一般來說，大型快充站平均有 10 至 20 個充電車位，Tesla 的超充站平均有 9 至 12 個充電車位，所以將以 5 台雙槍的充電設備估算。

安裝成本：有別於 AC 慢充，因涉及更廣泛的電力基礎設施升級和工程施工，粗略估計每個充電車位的建置成本約落在 5 萬至 20 萬美元不等，若以一設有 10 個充電車位、5 台雙槍各 150kW 充電設備之 DC 快充站而言，加上 EMS 之後，其整體建置費用可能將至少 100 萬美元(折合新臺幣約 3,200 萬元)起跳。

美國	獨棟住宅Townhouse <ul style="list-style-type: none">● 設備費：AC慢充約美金500~700元● 場勘&規劃費：約美金800~1,500元左右 (釐清用電環境、管線路徑、設備安裝規劃等)● 工程費(含材料)：約美金800~4,500元左右 整體建置費約美金 2,100~6,700元左右 (約新臺幣6.5~21.5萬左右) (美國工本費用約國內2.5倍)	停車塔大樓 <ul style="list-style-type: none">● 設備費：AC慢充約美金500~700元● 場勘&規劃費：約美金2,500~4,000元左右 (社區電力評估、新增設電力、施工規劃等)● 工程費(含材料)：視現場規模而定● 電能管理系統EMS：約美金1~1.5萬元左右 整體建置費約美金15~20萬元左右 (約新臺幣480~640萬左右)	DC 快充站 <ul style="list-style-type: none">● 設備費：DC快充約美金4.5~15萬元之間 (對應約150kW~480kW)● 工程費(含材料)：每充電車位估算約5~20萬 (美國OC充電站平均有10~20個充電車位， Tesla的超充站平均有9~12個充電車位)● 電能管理系統EMS：1.5~2萬 整體建置費約美金100萬元起跳 (約新臺幣3,200萬起跳)

資料來源：大電力彙整

圖 4.1.16、美國各式充電情境成本概況

歐美快充站設置之站點考量，因政策規劃之關係，最初是設定於高速公路沿線之交流道周邊或交通節點，至少每 60 至 80 公里會設置一快充站，而這些站點往坐落於郊區，因此土地幅員較大且取得成本相較低廉。但國內因初期居家室內停車場之充電設備建置較緩慢，電動車充電需仰賴公共充電站或快充站以快速補電，故國內快充站除了高速公路休息站以外，多數站點更設於都市郊區、賣場商圈之室內停車場內，或是便利商店門口之停車格設置快充設備，甚至也有少數站點設於都市內精華區。

國際上建置上述這些充電設施的具體成本還會受到區域電力公司費用、施工許可、以及其他當地因素的影響，甚至尚有營運相關衍生費用，例如：前期市場調查、土地購置或租賃、電力設計與環境影響評估、電力設施建設費(電力申請、中高壓變壓器、配電盤、電網連接費等)、營運系統測試(支付系統、控制系統等)、人才培訓及維護、財務保險及相關稅務，後續行銷與品牌推廣等，另外還有潛在費用如法律與合規費用、突發事件應急費用等，從建置充電站到後續維護管理的費用零零總總，因此很難有較具體的成本分析。

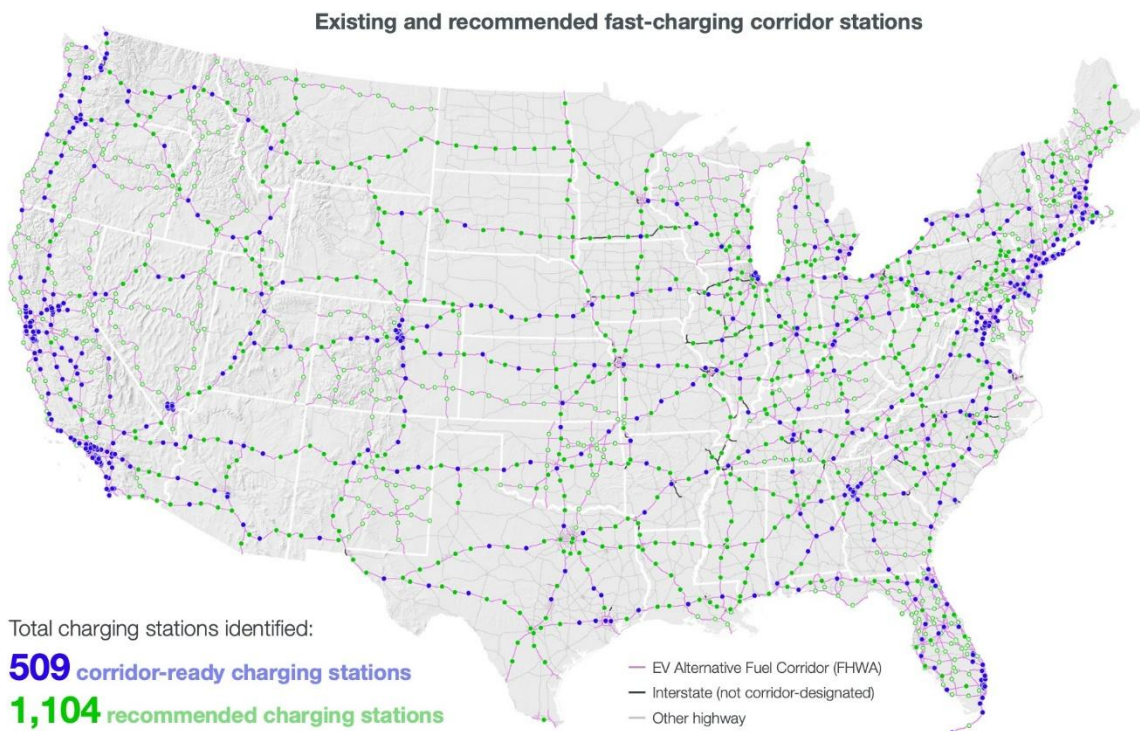
(二) 充電站所面臨的挑戰

國際上對於電能補充設施的發展推動，除了早期著重於充電設施的硬體補助

外，後期各國開始朝向提供營運面提供補貼或稅賦抵免，甚至有些國家已逐漸取消補助轉而改善充電環境，由政府機關針對使用環境之困境進行跨部會協調並修訂相關法令，改善不足之法規限制，減少後續持續營運的阻礙因素，將充電行為回歸於自由市場機制。

以美國為例，從 2022 年開始，美國聯邦政府將在五年內向各州撥款 50 億美元，以建立一個全國性的快速充電網路，指示各州在每 50 英里建造一個充電站，且充電站必須能夠以 150 kW 的功率同時為至少四輛電動車充電。然而美國的廣大地理範圍使得充電網路的建設面臨顯著挑戰。

美國幅員遼闊，城市和鄉村地區的充電需求差異巨大，這對充電站的佈局、設置、資金募集、人事成本或是後續維護上，都存在著相當的難度。在城市地區，儘管充電基礎設施的需求和經濟效益較高，但密集的建築和空間限制可能會增加建設難度；而在偏遠地區，雖然建設成本較低，但人口稀少和需求不足使得回收投資的難度加大，且後續維護不易，妥善率低，就直接影響車主持續使用電車之意願。也因此，這些情形造成了美國充電站的分布主要集中在各大城市及周邊，而至於郊區的充電站點則相當稀少，州與州之間的充電站點，僅靠政策最初的充電網路在支撐，如圖 4.1.17 全美充電站點分布概況所示。



資料來源：Green Car Report (2021)

圖 4.1.17、全美充電站點分布概況

此外，因為幅員廣大，也增加了基礎設施升級和施工的建置成本。在一些地區，現有的電力網路可能無法支持高功率充電需求，需要進行升級或擴建。而施工過程中的技術要求和地面改造也會影響建設的成本和進度。

總結來說，美國在充電站建置方面的挑戰涉及政策支持、資金補助的實施，以及廣大地理範圍所帶來的建設困難。這些挑戰需要通過有效的政策制定、資源合理分配及技術創新來加以應對，以推動充電基礎設施的全面發展。

彙整美國充電站於建置充電站時常見之問題，針對不同充電場域，歸納出以下常見重點議題：

A. 基礎設施建設不足

- 幅員廣大，建站密度不足且妥善率偏低
- 充電站分布不均，郊區及偏遠地區相對匱乏…等

B. 標準化問題

- 充電規格不同導致美國車廠朝向 NACS
- 支付系統不兼容，降低使用便利性…等

C. 各州政策不同調

- 不同州之政策方向不同，缺乏明確獎勵措施
- 建置設施之相關法規嚴格，延遲項目推展…等

D. 電網負荷壓力遽增

- 電力需求增加，導致電網負荷過載
- 部分電網老舊升級，增加地方基礎建設成本…等

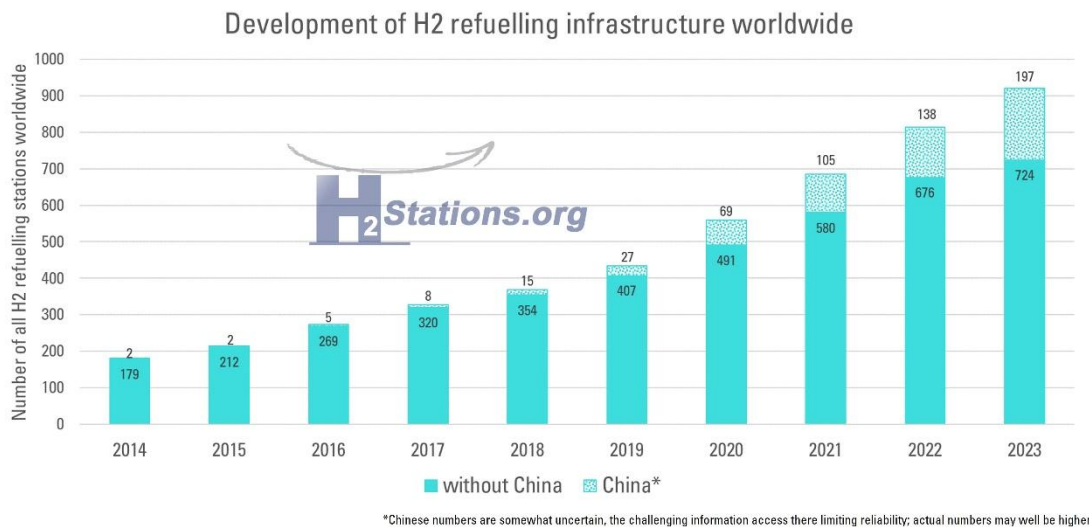
第二節 加氫站

一、主要國家加氫站及國際標準建置現況

針對新能源的需求和減少溫室氣體排放的議題，世界各國探討使用各種可再生能源為替代燃料，以降低溫室氣體的排放量，包括使用壓縮天然氣(CNG)、液化丙烷氣(LPG)和氫氣，也包括電動汽車的推展。其中，氫能因為供應燃料電池作為燃料之使用過程中為零排放，唯一的排放物質為不會污染環境的水，且其使用方式與目前的燃油車輛相當，不需改變消費習慣，已成為最受矚目的能源載體。同時全球交通運輸的二氧化碳排放量約佔整體排放量的四分之一，2021 年交通運輸業佔臺灣二氧化碳排放量的 12%，排放量主要來自公路運輸，交通運輸已被確定為氫能的關鍵用途之一。

國際間加氫站的建設現況，主要分佈在美國、日本、韓國、中國大陸及歐洲等國家或地區。根據 LBST(Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH)所營運的資料庫 H2stations.org 於 2024 年 2 月 1 日發布的第 16 次年度評估統計報告，已有 921 座加氫站在世界各地投入運行，其中包含中國大陸所揭露 197 座，加氫站實際數字可能更高，但相應的資訊來源具有很大程度的不確定性。整體趨勢如圖 4.2.1，說明了從 2014 年起均呈現一路增加的趨勢。全球加氫站建置規模持續成長，2028 年預計累計裝置量約為 2020 年的 5.6 倍(約 3136 座)。

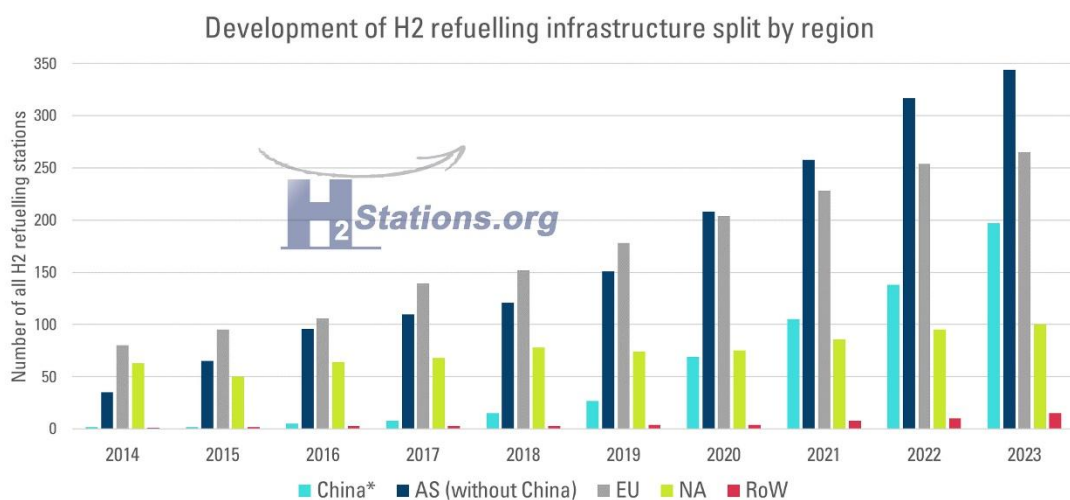
2023 年歐洲新增 37 座加氫站，在亞洲日本新增 12 座，韓國新增 29 座，北美新增 7 座，其中歐洲新增加氫站中 92% 可以為重型車輛加氫，這也說明了歐盟卡車和巴士業者於 2024 年 4 月簽署雄心勃勃的零排放車輛宣言後的可行之道。



資料來源：H2stations.org (2024)

圖 4.2.1、全球加氫站建置數量趨勢圖

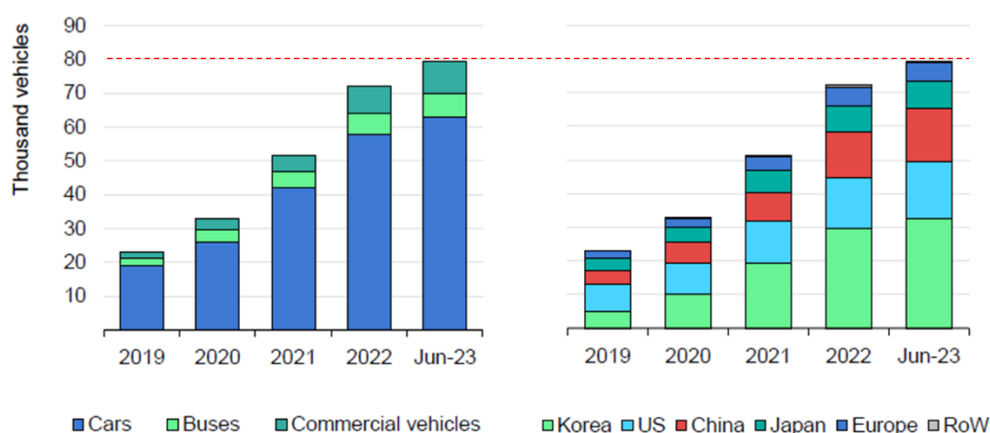
圖 4.2.2 為全球加氫站建置地區分佈趨勢圖，其中歐洲在 2023 年底已擁有 265 座加氫站，105 座位於德國為最多，法國擁有 51 座居次，緊接著分別是荷蘭 22 座與瑞士 17 座。歐洲於 2019 年時，約 70% 新建加氫站僅供乘用車加氫，但到 2023 年，約 92% 的新建加氫站已準備好同時為乘用車和重型車輛(如巴士和卡車)加氫。2023 年德國僅增設了 8 個全新加氫站，但對現有的 28 個加氫站進行了提供重型車輛加氫的升級服務，同時歐洲近 40% 的加氫站可同時為乘用車和重型車輛加氫。相較之下，2019 年時此比例僅為 27%。



資料來源：H2stations.org (2024)

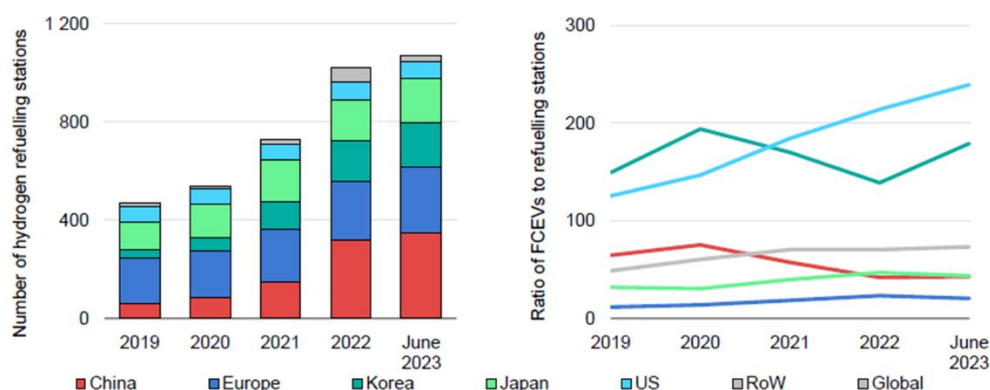
圖 4.2.2、全球加氫站建置地區分佈趨勢圖

根據國際能源署 (IEA) 2023 年針對全球氫燃料電池車數量與氫燃料電池車及加氫站數量比統計分析，分別如圖 4.2.3 與圖 4.2.4 所示。根據 IEA 分析，全球加氫站數量於 2023 年 6 月有 1,100 站，其中數百個加氫站規劃中，另外就氫燃料電池車與加氫站比率分析上，將分成美國與韓國及日本、中國大陸、歐盟兩個集團，美韓其占比數量為 200~240，而日中歐則為 25~50，顯示出各國戰略目標與實際設置數量的不同，說明美韓兩國其氫燃料電池車數量是大於日中歐。



資料來源：IEA Global Hydrogen Review (2023)

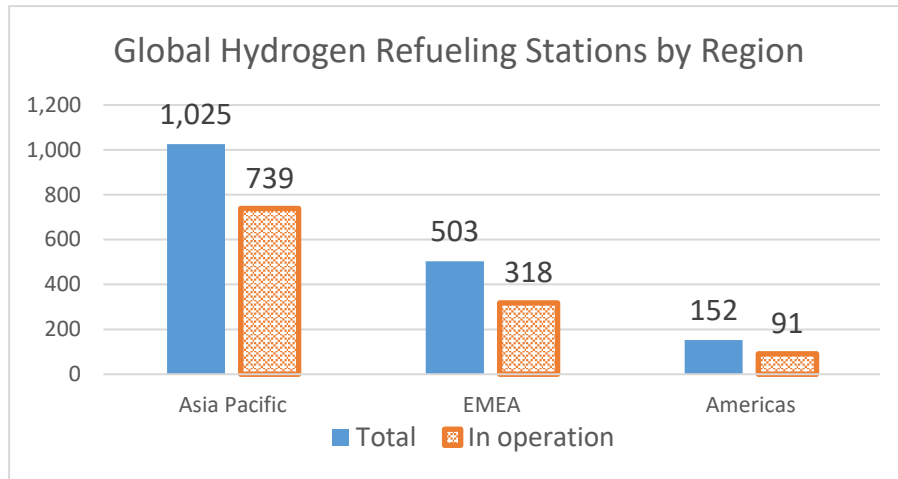
圖 4.2.3、全球燃料電池汽車統計趨勢圖



資料來源：IEA Global Hydrogen Review (2023)

圖 4.2.4、加氫站數量與氫燃料電池車/加氫站比

而相較於上述加氫站統計數據，Interact Analysis 追蹤了全球加氫站的部署，根據其統計資料在 2024 年上半年時全球在建和規劃數量達到 1,680 座，而 1,680 個加氫站中已有 1,148 個加氫站投入運作，其數量均比 LBST 及 IEA 統計多。



資料來源：Interact Analysis (2024)

圖 4.2.5、全球加氫站建置數量地區分析

Interact Analysis 統計圖中，亞太地區營運中的加氫站數量最多，佔全球總數的 64%，而 97% 位於中國、韓國和日本。值得一提的是，韓國和日本的加氫站數量之間的差距正在擴大，儘管最初在部署方面並駕齊驅。韓國在 2024 年上半年開設了 14 個加氫站(主要提供燃料電池公車加氫服務)，而日本從 2023 年至今關閉了 10 多個加氫站(主要是移動站加氫站)。此外，澳洲和紐西蘭已經啟用了 11 座加氫站。

歐洲已有 20 多個國家部署了加氫站，德國擁有最廣泛的加氫網路，佔 EMEA 地區(為歐洲，中東及非洲三個地區)總數的 35%，其次是法國。以色列、阿拉伯聯合大公國和沙烏地阿拉伯也有正在運作的加氫站。歐洲、中東和非洲地區在全球營運的加氫站中佔 28%，而在全球興建中的加氫站比例更高達 35%，這可歸功於歐盟 TEN-T 法規(跨歐洲運輸網路 Trans-European Transport Network)的推出激勵了歐洲國家部署加氫站。

美國 79 個加氫站則高度集中在加州，值得注意的是，美國國家零排放貨運走廊策略的啟動促使德州等州開始規劃加氫站建設，特別是中型和重型車輛的加氫設施。此外，加拿大目前營運的加氫站共有 9 座。

國際加氫站與氫能載具相關政策與目標及數量統計如圖 4.2.6，日本以 NEDO(新能源產業技術綜合開發機構)為主要研究開發單位，訂定了加氫站設置目標，同時 2023 年日本內閣批准新「氫基本戰略」，指出為了通過實現氫能社會與碳中和目標，需要降低氫供應成本並創造各種需求。目前日本的氫燃料電池車數量呈現溫和成長趨勢，其氫燃料電池車數量與加氫站數量比(<50)則處於停滯狀態，加氫站的數量估計約為 182 座，但政府的目標是到 2030 年將數量增加到 1,000 座。並以 2030 年為目標，將氫能的用量設定為 30 萬噸，同時將氫能成本降為 30 日元/Nm³(以往價格為 100 日元/Nm³)。

美國加州能源委員會正在透過擴大全加州加氫站網路來支持採用零排放氫

燃料電池電動車，其氫燃料電池車數量與加氫站數量比約為 240，加氫站的數量約為 105 座，但目標是到 2025 年將數量增加到 1,000 座加氫站，以支持目前上路的燃料電池電動車，並鼓勵更多消費者考慮這些零排放汽車。同時於 2024 年核准一項加速擴建加州電動車充電網及加氫站等設施之計畫，以改善其空氣品質。

德國 H2 MOBILITY 在 2021 年實現其首個擴建 100 個加氫站的目標，遍佈在德國七個大都市地區(漢堡、柏林、萊茵魯爾、法蘭克福、紐倫堡、斯圖加特和慕尼黑)以及連接的高速公路和高速公路沿線運營這些地點，目標是到 2030 年將數量增加到 1,000 座加氫站，其長途運輸網每 200 公里將有一個加氫站。

中國 2016 年起已開始推動氫燃料電池汽車的相關政策，2018 年科學技術部宣佈其「十四五」期間將聚焦車用氫燃料電池關鍵核心技術，2022 年國家發展改革委與國家能源局公佈「工業發展中長期規劃」，目前已建成加氫站 250 座，氫燃料電池車輛推廣以商用車為主，保有量接近 1 萬輛，設定到 2025 年每年生產 5 萬輛燃料電池汽車及生產 10 萬至 20 萬噸綠氫等目標，中國氫能聯盟發布的白皮書預測在 2025 與 2035 年中國加氫站將分別建置 300 與 1000 座。

韓國 2021 年 10 月公佈「氫能領先國家願景」，目標是到 2030 年生產 100 萬噸清潔氫(25 萬噸綠氫、75 萬噸藍氫)，到 2050 年生產 500 萬噸清潔氫(300 萬噸綠氫、200 萬噸藍氫)。同時韓國加氫站規劃於 2022 年完成 310 座，2025 年 450 座，2030 年 660 座，2040 年 1,200 座，在 2050 年前達成 2,000 座加氫站的目標。

依據韓國氫能產業網站(<https://www.h2news.kr/>)2024 年 8 月 31 日統計，目前最新加氫站建置數量 332 座，氫動力汽車註冊數量 36,787 輛，雖然與上述 H2stations.org 統計至 2023 年數據有些落差，因資料來源的不同仍具參考價值，也凸顯韓國對於推廣氫燃料電池車而建置加氫站的力道強大。

國家	日本	美國加州	德國	韓國	中國
研究計畫	NEDO	Hydrogen and Fuel cell Program	NOW Clean Energy Partnership	Clean Hydrogen Portfolio Standard	科學技術部
加氫站設置目標	320(2025年) 1,000(2030年)	1,000(2025年) 4,300(2030年)	400(2025年) 1,000(2030年)	1,200(2024年)	300(2025年) 1,000(2035年)
已設置加氫站數量(2023年度)	182	86	86	178	250

資料來源：NEDO (2023)

圖 4.2.6、國際加氫站與氫能載具相關政策與目標及數量統計

國際標準是為了全球市場活動與需求所建立的規範與準則，使產品具有適用性並獲得最佳秩序安排，進而促進貿易和技術合作，是產業升級與民生發展重要基礎，其中制定機構中最具權威性與代表性的是國際標準組織(ISO)。加氫站標準

的製定需要整個氫價值鏈、供應鏈、政府和監管機構的共同努力，標準化有助於最大限度地提高品質、安全性、可重複性和互通性，這些特徵都是氫產業快速成長的關鍵。加氫站相關設備標準化是促進加氫站快速推廣的關鍵，標準化不僅能夠簡化和引導產業和政府有效利用資源，還能確保產業安全，因此標準化在加速氫基礎設施的推廣方面發揮著特別重要的作用。目前國際間加氫站相關標準之發展，主要以國際標準組織(ISO)、加拿大標準協會(CSA)、美國自動車工程師協會(SAE)及日本石油能源技術中心(JPEC)，茲將發展現況說明如下：

目前燃料電池汽車之加氫設施的國際標準制定作業，由國際標準組織(ISO) TC197 統籌，負責氣態氫、液態氫在基礎術語、品質、安全、製備、儲運與加注和相關檢測，且對氫儲運與加注和氫相關測試技術類別有較多著墨，制定加氫站相關標準與台灣相應 CNS 標準如表 4.2.1

表 4.2.1、加氫站相關國際 ISO 標準與相應 CNS 標準列表

ISO 標準	標準內容	相應 CNS 標準
ISO 19880-1	氣態氫加氫站—第 1 部：一般要求	CNS 19880-1：2023
ISO 19880-2	氣態氫加氫站—第 2 部：加氫機	
ISO 19880-3	氣態氫加氫站—第 3 部：閥	CNS 19880-3：2022
ISO 19880-4	氣態氫加氫站—第 4 部：壓縮機	
ISO 19880-5	氣態氫加氫站—第 5 部：軟管	CNS 19880-5：2023
ISO 19880-6	氣態氫加氫站—第 6 部：配件	
ISO 19880-7	氣態氫加氫站—第 7 部：橡膠 O 型圈	
ISO 19880-8	氣態氫加氫站—第 8 部：氫氣品質管制	CNS 19880-8：2023
ISO 17268	氣態氫路上車輛加氫連接裝置	CNS 17268：2023
ISO 19881	路用車輛之氣態氫燃料容器	CNS 19881：2022
ISO 19882	壓縮氫車輛燃料容器之熱致動洩壓裝置	CNS 19882：2023
ISO 19885-1	Gaseous hydrogen-Fuelling protocols for hydrogen-fuelled vehicles Part 1: Design and development process for fuelling protocols	
ISO 19885-2	Gaseous hydrogen-Fuelling protocols for hydrogen-fuelled vehicles Part 2: Definition of communications between the vehicle and dispenser control systems	
ISO 19885-3	Gaseous hydrogen-Fuelling protocols for hydrogen-fuelled vehicles Part 3: High flow hydrogen fuelling protocols for heavy duty road vehicles	

資料來源：中油綠能所彙整

2002 年 CSA 與美國能源部再生能源組的會議中，討論發展氫能技術領域之標準的可行性，責成 CSA 提出氫能技術標準與法規相關規劃之建議書，產業也認可此為重要考量，一旦將氫氣商業化作為車輛燃料後，即可作為關於加氫站與車輛燃料系統元件所需之標準與法規。因此，CSA 制定氫能相關標準並通過美國國

家標準研究所(American National Standards Institute, ANSI)審議而成為美國國家標準，如表 4.2.2

表 4.2.2、加氫站相關 CSA 標準列表

CSA 標準	標準內容
CSA HGV4.1-2020	Hydrogen-Dispensing Systems
CSA HGV4.2-2022	Hoses for dispensing compressed gaseous hydrogen
CSA HGV4.3-2022	Test methods for hydrogen fueling parameter evaluation
CSA HGV4.4-2021	Fuelling Stations - Valves
CSA HGV4.5-2023	Priority and sequencing equipment for hydrogen vehicle fueling stations
CSA HGV4.6-2018	Manually operated valves for use in gaseous hydrogen vehicle fueling stations
CSA HGV4.7-2018	Automatic valves for use in gaseous hydrogen vehicle fueling stations
CSA HGV4.8-2023	Hydrogen gas vehicle fueling station compressor guidelines
CSA HGV4.9-2020	Hydrogen fueling stations
CSA HGV4.10-2021	Standard for fittings for use in compressed gaseous hydrogen fueling stations

資料來源：中油綠能所彙整

氫能小客車僅需 3~5 分鐘即達到高充填狀態(state of charge, SOC)，平約每公斤氫氣約可行駛 100 公里，充滿車載儲氫容器之行駛距離超過 500 公里，相當於內燃機引擎車輛之水準。目前 SAE 已公告氫燃料電池車相關標準，包括加氫管嘴與加氫接口介面、氫氣品質、通訊協定等，同時，藉助鋰電池車之交流與直流充電的標準制定經驗，與 ISO 之標準化活動進行調和。目前 SAE J2600 與 ISO 之車輛加氫管嘴與加氫接口要求完全一致，並針對 35 MPa 與 70 MPa 充填壓力進行調和。SAE 公告之 FCV 相關標準彙整如下表 4.2.3：

表 4.2.3、加氫站相關 SAE 標準列表

SAE 標準	標準內容
SAE J2600 : 2015	Compressed Hydrogen Surface Vehicle Fueling Connection Devices
SAE J2601/1 : 2020	Fueling Protocol for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles
SAE J2601/2 : 2014	Fueling Protocol for Heavy Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles
SAE J2601/3 : 2013	Fueling Protocol for Gaseous Hydrogen Powered Industrial Trucks
SAE J2601/4	Ambient Temperature Fixed Orifice Fueling
SAE J2601/5 : 2024	High-Flow Prescriptive Fueling Protocols for Gaseous Hydrogen Powered Medium and Heavy-Duty Vehicles
SAE J2799 : 2019	Hydrogen Surface Vehicle to Station Communications Hardware and Software

資料來源：中油綠能所彙整

加氫站技術基準，由獨立行政法人新能源產業總合開發機構(NEDO)委託一般財團法人石油能源技術中心(JPEC，2024 年改名為日本石油與碳中和燃料技術

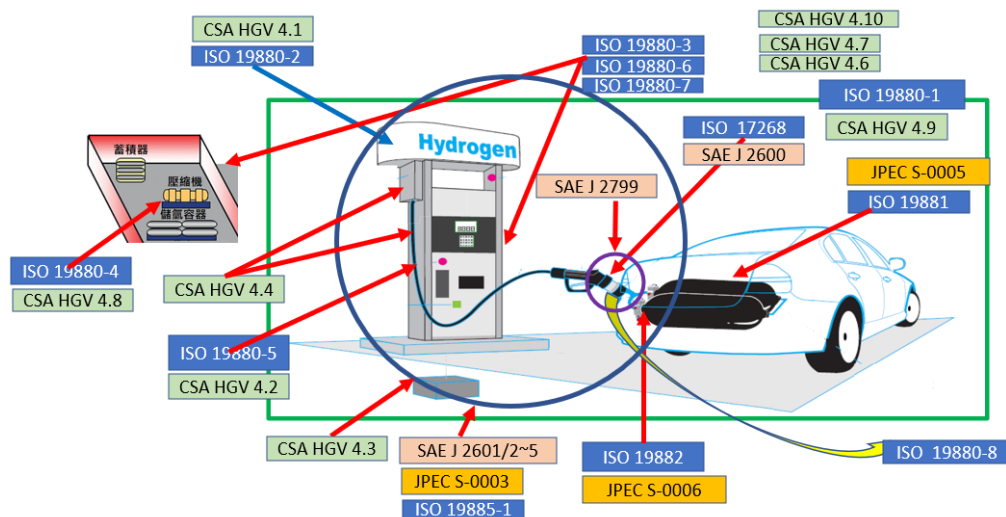
中心)制定,涵蓋執行氫氣製造、運輸、儲存系統等技術開發;氫氣輸送用複合容器相關基準準備之研究與基準內容檢討,參考壓縮氫氣運送自動車用之容器的技術基準(JIGA-T-S/12/04),適用之最高充填壓力為 45 MPa。由 JPEC 制定之相關基準如表 4.2.4:

表 4.2.4、加氫站相關 JPEC 標準列表

JPEC 標準	標準內容
JPEC-S 0001:2016	安全檢查基準
JPEC-S 0002:2016	定期自主檢查指南
JPEC-S 0003:2023	壓縮水素充填技術基準
JPEC-S 0004:2014	加氫機周邊之防爆基準
JPEC-S 0005:2013	壓縮水素運送自動車用容器之技術基準
JPEC-S 0006:2016	壓縮水素運送自動車用附屬品之技術基準
JPEC-S 0007:2017	通用基礎壓縮加氫站安全技術標準
JPEC-S 0008:2017	壓縮氫站和移動壓縮氫站距離規定替代措施相關的技術標準
JPEC-S 0009:2018	壓縮氫運輸車輛固定容器技術標準
JPEC-S 0010:2020	有機氫化物加氫站技術標準

資料來源：中油綠能所彙整

圖 4.2.7 整理了加氫站相關之 ISO、CSA、SAE、JPEC 標準，依各個位置與領域分別描述，可讓讀者按圖索驥並獲得更佳的了解。



資料來源：中油綠能所彙整

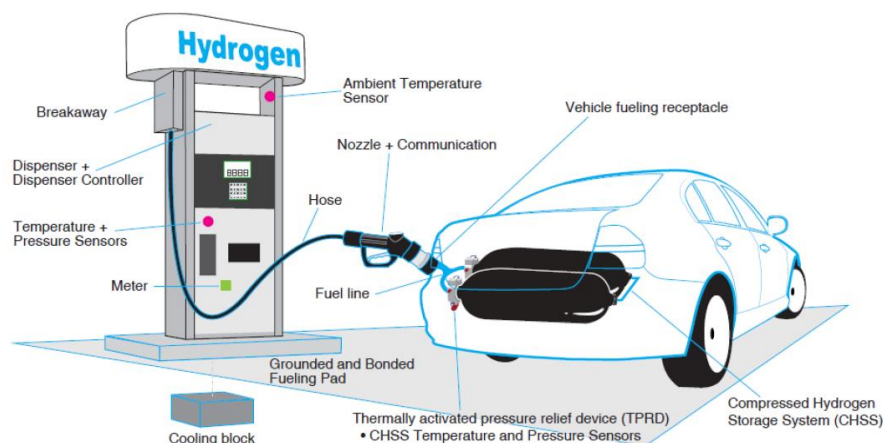
圖 4.2.7、加氫站相關之 ISO、CSA、SAE、JPEC 標準

二、氫燃料電池車加氫協定發展現況與技術趨勢

圖 4.2.8 描述了氫氣加氫站主要組件，它包括氫燃料電池車的壓縮高壓氫氣存儲系統(CHSS)、自動加氫機系統、氫氣計量設備、軟管、加氫槍、緊急關斷閥、溫度和壓力傳訊器等。加氫協定是一套規定車輛如何加氫的指南，在加氫站運作中，這些協定旨在確保加氫過程安全、高效和快速，因此操作和可行的加氫協定

至關重要。

發展應用於輕型車輛 SAE J2601/1 加氫協定最先被提出，其規範了中氫氣加氫流程與方法，協定內有兩種加氫方法，第一種是基於使用平均壓力上升速率 (APRR：MPa/min) 與加氫終止壓力的查表方法(lookup table)，第二種是使用在整個加氫過程中連續計算的動態壓力 MC Formula 方法(質量與熱容量法)，其中查表方式為靜態加氫方式，MC Formula 方法則屬於動態控制壓力上升速率值之加氫方式。



資料來源：ISO 19880-1

圖 4.2.8、加氫站組成部件示意圖

表 4.2.5、SAE J2601/1 H70 輕型氣態氫地面車輛加氫協定範圍

壓力等級	H70			
CHSS (L)	49.7-99.4	99.4-174.0	174.0-248.6	>248.6
CHSS (KG)	2-4	4-7	7-10	>10
CHSS 等級	A	B	C	D
最大流量(G/S)	<60	<60	<60	<60
氫氣溫度	T20,T30,T40	T20,T30,T40	T20,T30,T40	T20,T30,T40

資料來源：SAE J2601/1

目前氫燃料電池車氫氣加注壓力統一分成 35 MPa (H35) 與 70 MPa (H70) 兩種等級，其中 35 MPa 大部分用在氫能巴士、卡車與氫能堆高機上，70 MPa 則應用在乘用車上。在有限的時間內安全地將所需要的氫氣量加注到燃料電池汽車的高壓儲氫瓶系統(Compressed Hydrogen Storage System, CHSS)關鍵是將操作時期相應之氫氣狀態保持在規定的壓力、溫度和密度限制條件內。同時加氫期間不得違反兩個主要操作限制，即儲氫瓶 85°C 的溫度上限(由碳纖維包覆內膽材料的完整性決定)及源自容器的壓力上限(由複合材料外包裝的結構強度)，即 35 MPa 等級下不得超過 43.8 MPa，在 70 MPa 等級下則不得超過 87.5 MPa。

儲氫瓶 85°C 的溫度上限源自於車載儲氫瓶在加氫過程中的熱效應考量，主要包含氫氣的焦耳-湯姆遜加熱現象(Joule-Thomson heating effect)、氫氣動能轉化為內能與氫瓶內氫氣被壓縮現象，其中焦耳-湯姆遜效應是氫氣較其他氣體溫升更為

劇烈的原因。為了安全起見，儲氫罐溫度需控制在 85°C 內，以避免儲氫罐氫氣溫度過熱而發生罐體破裂現象。因此在進行氫氣加注過程中都使用氫氣預冷設備，來抑制車載儲氫罐溫度上升現象。其中在協定中氫氣預冷溫度有 T40、T30 與 T20 三種級別，T40 級別其冷卻溫度範圍為 $-40\sim-33^{\circ}\text{C}$ 間，T30 級別其冷卻溫度範圍為 $-33\sim-26^{\circ}\text{C}$ 間，T20 級別其冷卻溫度範圍為 $-26\sim-17.5^{\circ}\text{C}$ 間，當選擇 T40 氫氣冷卻溫度設備可大幅減少加氫時間，但也因為其冷卻能力大耗用功率也大。相關加氫協定範圍如表 4.2.5 所示。

MC Formula 方法為發展主流，其分成壓力上升速率控制法與結束壓力控制法，以下就這兩種方法進行簡要說明。

壓力上升速率控制即利用瞬時壓力上升率(PRR)來控制加氫動作，如同查表法中的 APRR，壓力上升率控制決定瞬時壓力上升率，並基於熱情況假設，是基於一個計算方程式且定義了從最小壓力($P_{\min}$)填充到最終壓力(P_{final})所需的時間量(t_{final})，同時是在熱浸假設條件(hot soak)下而不超過車載儲氫瓶內 85°C 的氣體溫度限制。其中 t_{final} 的回歸方程是基於燃料輸送溫度(T_{fuel})與輸送質量平均溫度值(Mass Average Temperature, MAT)的三次多項式。MC 公式法主動測量並利用加氫機處的預冷溫度來計算出加氫機處氫氣的質量平均溫度(MAT)，求得最小壓力到最大壓力填充車輛氫氣瓶所需的總時間(t_{final})，最後得到壓力上升速率。

結束壓力控制與壓力上升速率控制分開計算，並指示加氫結束時的壓力。結束壓力控制法可使用 MC 方法或查結束壓力表方式，是在冷浸假設條件下而不過充。MC 方法其基於熱容量模型分析方法與利用壓縮儲氫容器的熱力學特性，為熱力學中流體流功所造成系統內內能增加，導致溫度上升之效應。MC 代表物體質量乘上比熱容值，代表儲氫瓶吸熱能力，可使用方程式來計算儲氫瓶實際最終溫度(T_{final})，估計的最終溫度將用於計算目標壓力。通過計算 MC 數值及初始儲氫瓶壓力和溫度，以及測量在整個加氫過程中加氫槍出口處的焓和質量流量而得到最終溫度(T_{final})。

MC 方法將使用不同的目標密度進行通訊和非通訊加氫，而查結束壓力表方式與查表法中的加氫終止標準類似，當達到加氫機的目標壓力或超過任何加氫參數安全限制時，將啟動終止加氫程序。參數安全限值包括車輛儲氫瓶壓力、溫度及加氫機目標壓力。

自 2014 年以來，多家製造商已開始量產輕型燃料電池汽車，近期因應運輸行業減碳目標，卡車製造商也陸續發布了量產的重型燃料電池卡車。這一趨勢正在不斷增長，卡車的生產數量預計在未來幾年將呈指數級增長。SAE J2601/1 中的加氫協定是為輕型車輛設計的，最大質量流量限制為 60 g/s (3.6 kg/min)。對於大型車輛而言，此最大質量流量不足以實現快速加氫時間(少於 10 分鐘)，應用於中型與重型車輛 SAE J2601/5 加氫協定的發布則解決了這不足，其規定了車輛加氫的通用高流量加注協定和過程限制，是另一套應用較廣的協定。

SAE TIR J2601/5 包括兩組加氫協定，即 SAE J2601/5 中描述的 D 類協定的高流量版本與基於 MC 式的加氫協定，如上文所述，採用在整個填充過程中連續計算的動態壓力斜坡率。基於 MC 公式的加氫協定命名為 MCF-HF-G。該協定允許通過通信或不通過通信進行加氫，並提供加氫結束壓力目標。對於通過通信進行加氫，加氫協定將與 SAE J2799 氫地面車輛結合使用通信硬體和軟體。H35 FM120 (FM, Flow Rate Maximum)加氫協定能夠在不到 10 分鐘的時間內為車載儲存容量高達 50 公斤的車輛加注，H70 FM300 協定能夠在不到 10 分鐘的時間內為車載儲存容量高達 120 公斤的車輛加注。

表 4.2.6、SAE J2601/5 範圍說明

壓力等級	H35	H70		
協定名稱	MCF-HF-G	D HF	MCF-HF-G	
協定型式	MC 方法	查表法	MC 方法	
CHSS (L)	248.6-7500	248-5000		
CHSS (kg)	5.97-180	10-201		
單一氫罐(L)	50-1000	50-800		
最大流量(g/s)	FM120	FM90	FM90	FM300
氫氣溫度	Ta,T0,T10, T20,T30,T40	T20,T30,T40	T0,T10,T20 ,T30,T40	
加氫管嘴型式	H35HF	H70(4mm)	H70(4mm)	H70HF

資料來源：SAE J2601/5

SAE TIR J2601/5 中的加氫協定是「通用」協議，這意味著它們設計為適用於使用容量為 248.6 L 至 5000 L(或 10 kg 至 10 kg)的壓縮氫儲存系統的所有型車輛。這些壓縮氫儲存系統可能包含單獨的氫氣儲罐，H70 壓力等級的容量高達 800 L(或 32 kg)，H35 壓力等級的容量高達 1000 L(或 24 kg)。詳細說明分類如表 4.2.6 所示

三、加氫站成本與挑戰

加氫站設施基本架構如圖 4.2.9 所示，基本設施可包括氫氣供應來源、壓縮機、暫存容器、氫氣預冷裝置、加氫機等。其供氫方式，則可採用現地產氫(包括水電解產氫及碳氫化合物重組產氫等方式)、氫氣槽車運輸或以氫氣管路輸送等。

依日本經產省資源能源廳於 2021 年加氫站建置費用補助金的說明簡報中提到依實績之建置總費用，2013 年根據對行業團體的訪談估算，再扣除政府補助金額 0.5 億日圓後為 4.6 億日圓(約 0.97 億新台幣，1 日元為 0.21 元台幣估算)，2019 年扣除政府補助金額 1.2 億日圓後降至 3.3 億日圓(0.69 億新台幣)，正式商業化後扣除政府補助金額 1 億日圓後為 3.1 億日圓(0.65 億新台幣)，2025 年不需政府補助的目標為 2 億日圓(0.42 億新台幣)。日本經產省資源能源廳公告之加氫站建置成本趨勢如圖 4.2.10 所示。

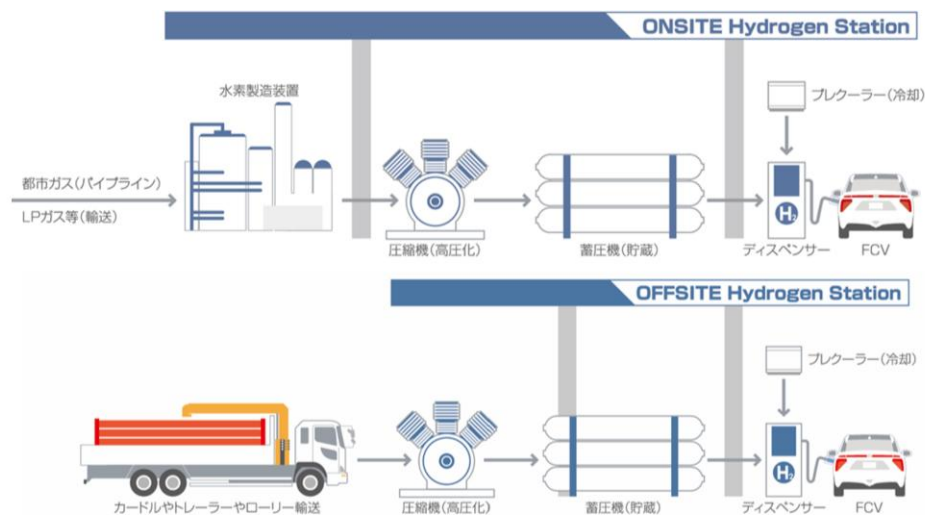
儘管 2019 年部分設備(壓縮機、加氫機)的成本較 2013 年業績下降，但實際

建造成本從一開始就居高不下。此外，即使考慮到目前因監理改革等而預期的成本降低效果，也與目標值有偏差。2019 年之各項費用金額分布如圖 4.2.11 所示，包括壓縮機 18%、暫存容器 18%、預冷設備 6%、加氫機 6%、施工費 43%及其他配管 9%。

依日本經產省資料其實際之加氫站營運費用變化如圖 4.2.12 所示，2015 年根據對行業團體的訪談估算及每年 1038 公斤加氫量，再扣除政府補助金額 0.12 億日圓後為 0.47 億日圓(987 萬新台幣)，2019 年扣除政府補助金額 0.12 億日圓後降至 0.31 億日圓(651 萬新台幣)，正式商業化後扣除政府補助金額 700 萬日圓後為 0.42 億日圓(882 萬新台幣)，2025 年不需政府補助的目標為 0.15 億日圓(315 萬新台幣)。

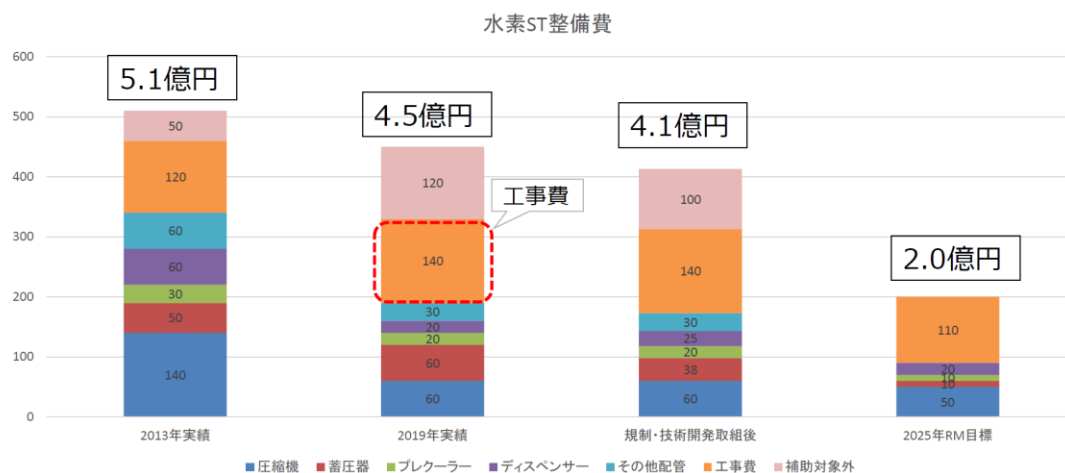
2019 年之營運成本約為加氫站設置成本之 9.4%，其包括人事費、修繕費等，預估 2025 年之後營運成本約降至加氫站設置成本之 7.5%，主要原因包括設備尚未到預定之定期檢查時間、設備之可靠度提高、設備封裝及點檢頻率減少而降低修繕及人事成本。

圖 4.2.13 說明 2019 年日本加氫站營運成本分布圖，包括設備維護 52%、人力成本 32%、水電 10%、其他費用 6%。未來預計由於遠端監控並兼任安全監管員，成本將進一步降低，但隨著加氫量的增加，氫氣運輸成本、電力成本等預計將增加。



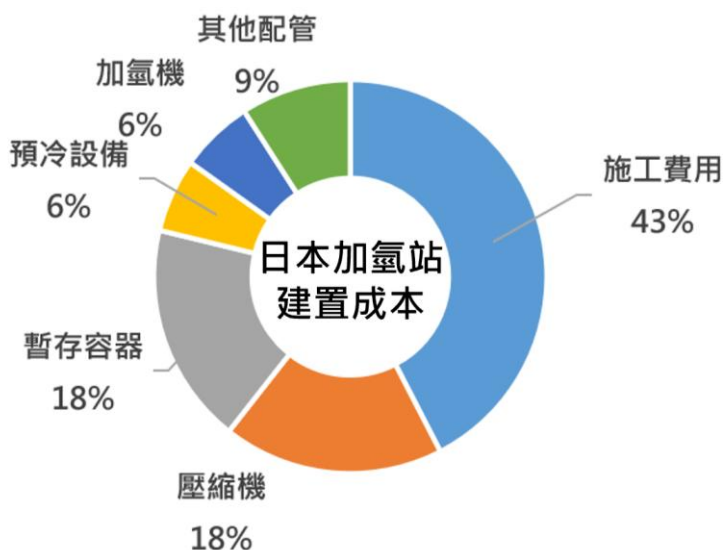
資料來源： Japan H₂ Mobility(2019) <https://www.jhym.co.jp/station/>

圖 4.2.9、加氫站設施基本架構



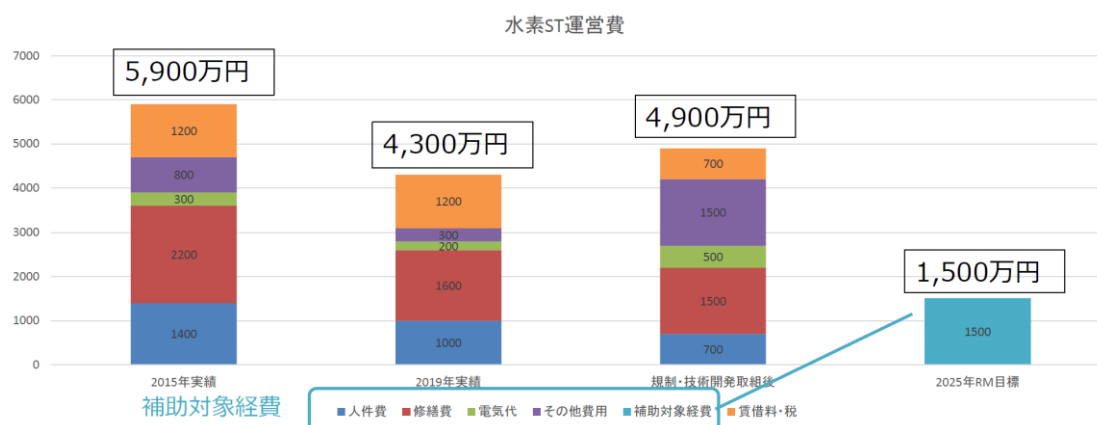
資料來源：日本經產省資源能源廳

圖 4.2.10、日本加氫站之主要設備成本變化



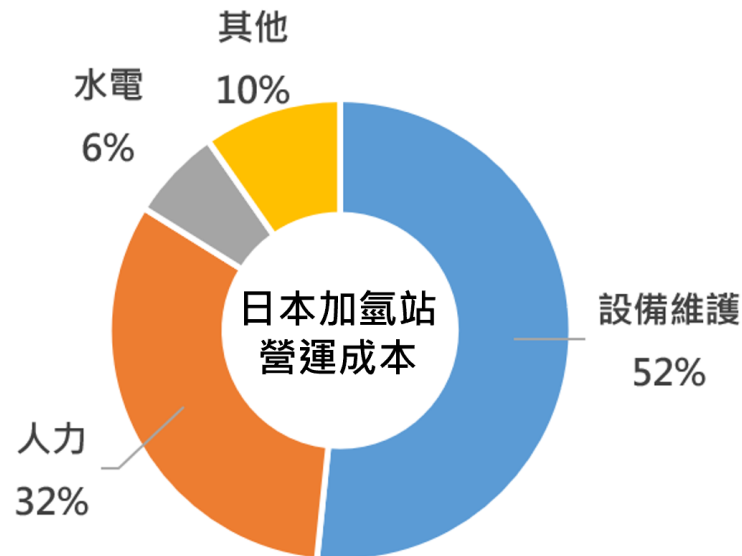
資料來源：日本經產省資源能源廳

圖 4.2.11、2019 年日本加氫站建置成本分布圖



資料來源：日本經產省資源能源廳

圖 4.2.12、日本加氫站營運成本變化



資料來源：日本經產省資源能源廳

圖 4.2.13、2019 年日本加氫站營運成本分布圖

對於天然氣重組製氫方面，依據韓國檀國大學 Bongjin Gim 等人發表蒸氣重組(steam methane reforming, SMR)之能力進行相關的分析研究。隨著設施規模的增加，亦促成大多數設施之供應商擴大容量規模。該研究報告採用 H2Gen Innovation 公司的研究成果來估算。初期加氫站投資成本以製氫規模為 100 kg/day 之 SMR 100 做基礎，然後擴展到 200 kg/day (SMR 200)及 500 kg/day (SMR 500) 並進行估算，代表設施投資成本相對增長率的比例因子(SF)設為 0.448。SMR 100、SMR 200、SMR 500 等初期投資成本分別以 P 100、P 200 及 P 500 表示，其中 P 100 與 P 200 及 P 500 之關係如下：

$$P\ 200 = P\ 100 \times 2SF$$

$$P\ 500 = P\ 100 \times 5SF$$

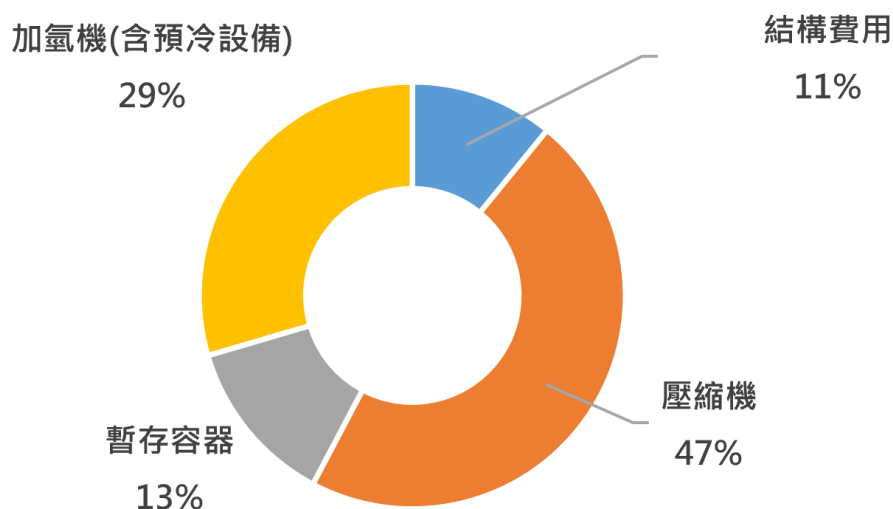
依初期投資成本推估之 SMR 100、SMR 200 與 SMR 500 的成本如表 4.2.7，其中以 1 韓元為 0.023 元台幣估算，SMR 100 每產出 1 kg 氫氣需使用 53.11 kWh 天然氣及電能 5.24 kWh，故其效率為 57.1%，而 SMR 200 及 SMR 500 則分別為 62.2%及 65.6%。SMR 100、SMR 200 及 SMR 500 之暫存容器分別為可儲存 50、100 及 250 kg 高壓氫氣，SMR 100、SMR 200 及 SMR 500 之加氫機分別為 1、1 及 2 台。

表 4.2.7、現地重組製氫式加氫站組成成本

單位：百萬新台幣

設施	說明	SMR 100	SMR 200	SMR 500
重組器設備		28.6	38.8	58.0
• 反應器	SMR、WGS	7.5	10.2	15.3
• PSA	PSA 純化器	7.6	10.3	15.4
• 給水	水泵	0.5	0.7	1.0
• 天然氣壓縮機	天然氣升壓泵	1.8	2.4	3.6
• 空氣系統	燃燒器	1.2	1.6	2.4
• 控制台/配線	PLC	3.8	5.1	7.7
• 其他	觸媒、槽	1.4	2.0	2.9
• 整合		4.8	6.5	9.7
壓縮機	87.5 MPa	10.2	13.8	20.6
暫存容器		2.8	3.8	5.6
加氫機	82.5 MPa	6.5	6.5	13.0
結構		2.9	3.8	4.8
合計		50.9	66.7	102.1

資料來源：Trans. of Korean Hydrogen and New Energy Society (2019)



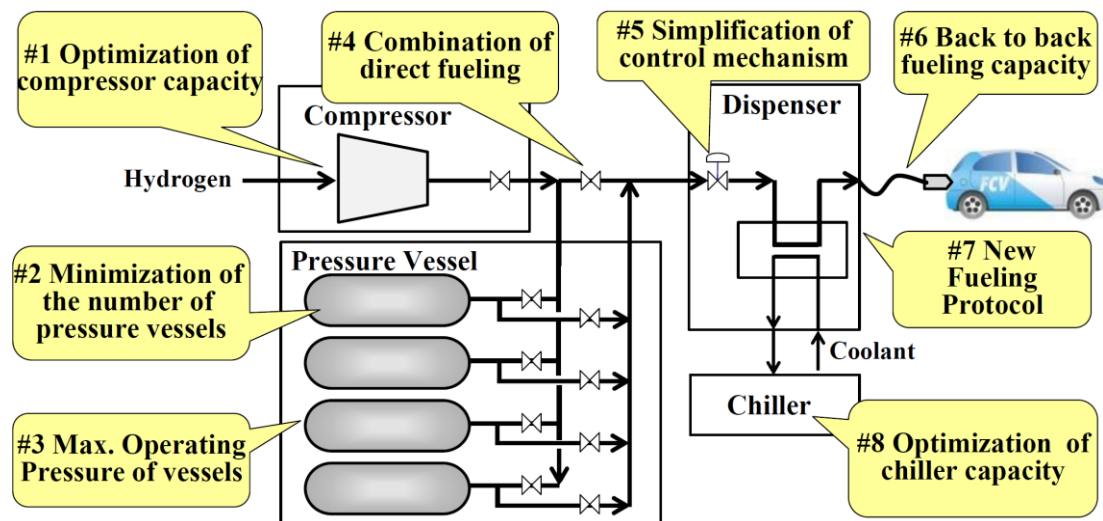
資料來源：Trans. of Korean Hydrogen and New Energy Society (2019)

圖 4.2.14、2019 年韓國加氫站建置成本分布圖

日本 2019 年加氫站的建置費用，以 300 Nm³/h 供氫量估算，每日約 641 kg。韓國之定置式製氫加氫站費用依表 4.2.7 所示，為了比較日韓加氫站建置成本，將韓國以每日供氫 500 kg 並將 SMR 重組設備費用扣除，以加氫站之必要設備僅有壓縮機、暫存器及加氫系統等與日本加氫站設備費用比較。另外，其 4.8 百萬新台幣的結構費用係為建築成本用，其他配管等費用似乎未包含在內，而加氫系統項目可能包含氫氣預冷設備費用。因此，韓國建置成本應高於 44 百萬新台幣，2019 年韓國加氫站各項費用金額分布如圖 4.2.14 所示。而韓國方面之營運成本，

包括操作成本(含人事、維護及其他等)，約 8.3 百萬新台幣，約為加氫站成本的 18.8 %。

為了降低加氫站設置成本，日本財團法人石油能源技術中心氫能源事業部於 2022 年提出提高高壓暫存容器壓力上限的研究，主要因為日本國內加氫站所使用的許多高壓設備如壓縮機與高壓暫存容器等的設計壓力多為 99 MPa，但日本法規規定正常工作壓力為 82 MPa，設備能力難以充分利用。在歐洲國家的加氫站設計，壓縮機和高壓暫存容器通常在比日本更高的壓力下運作，透過提高壓縮機壓縮壓力，每個高壓暫存容器的氫氣保持量增加，從而可以減少高壓暫存容器的數量並降低建造成本。日本初期要求將規定的標準工作壓力從 82 MPa 提高到 87.5 MPa，這是當前設備設計壓力(99 MPa)可以支援的範圍，但同時須將安全距離設定在適當的範圍內。



資料來源：日本一般財團法人水素供給利用技術協會 (2018)

圖 4.2.15、加氫站設備成本下降的可能途徑

除了提高高壓暫存容器壓力上限外，2018 年 HySUT(日本一般財團法人水素供給利用技術協會)提出 8 種未來可降低加氫站建置成本的可能方法(如圖 4.2.14)，分別為(1)是壓縮機規格最適化、(2)減少高壓暫存容器數量、(3)提高高壓暫存容器最大操作壓力、(4)允許壓縮機直接加氫功能、(5)簡化加氫機控制程序、(6)允許車輛連續加氫、(7)採用新的加氫協定及(8)氫氣預冷設備最佳化。其中提高高壓暫存容器最大操作壓力即可減少高壓暫存容器數量，為日本正在執行的項目。允許直接加氫功能可提供慢速加氫服務，將不必受限於現有加氫協定最小質量流率限制，進一步降低高壓暫存容器數量，但必須考量使用壓縮機進行直接加氫時，通過直接增加儲存到車輛的壓力來提供穩定的氫氣源，雖然設計相對簡單，可減少高壓暫存容器和閥門的數量，但可能會導致流量波動與能源消耗增加。

允許車輛連續加氫則與氫氣預冷設備最佳化有關，當加氫站設置提供足夠氫氣預冷裝置容量時，就有機會執行連續加氫動作，同時 SAE 提供 CD (Cold

Dispenser)加氫協定，其允許以更大的加氫速度進行加氫，可進一步減少加氫所需時間，增加氫燃料電池車服務數量。未來採用新的加氫協定是降低加氫佔成本可能路徑之一，現行採用的加氫協定是基於計算模擬與實測驗證而得到，其相關假設與極端安全邊界條件較為保守，且加氫站與氫燃料電池車加氫時加氫數據如氫氣壓力、溫度等只做數據傳輸，不做加氫安全上的考量設計，從長遠來看，加氫協定應提升至實用版本，使其從現階段保守、低速、低充滿率提升至安全、快速、高效節能的水準。

氫氣預冷設備最佳化，商業化加氫站為提高氫氣加注效率，普遍對氫氣進行預冷，使整個加氫程序控制在 3~10 分鐘，這對於地處亞熱帶國家的加氫站其環境溫度相對較高，造成加氫程序能量效率低落，甚至當加氫站環境溫度超過 40 度時須停止加氫站服務，因此需針對加氫站設計初期，以未來加氫需求進行預冷設備最佳化，未來也須探索室溫加氫的可行性。現行加氫機控制程序，氫氣壓力上升速率主要由壓力調節閥來控制，並透過 PID 控制器進行壓力速率控制，達到符合加氫協定設計值，未來也須考量更簡易的壓力控制方式，以減少其控制程序上的設計。

表 4.2.8、加氫站設備供應商

設備名稱	主要功能	供應廠商
產氫機	天然氣現地產氫的裝置	三菱化工機、Daigas、Xebec
壓縮機	將氣態氫壓縮至 700-900 bar 高壓裝置	神戶製鋼所、日本 kajitechnology、德國 Linde、Haskel、PDC、Howden、HYDRO-PAC、Hofer
高壓暫存容器	暫時儲存經壓縮機壓縮的氫氣容器	日本製鋼所、FIBA Tech、JFE、SAMTECH、Hexagon、NPROXX、Luxfer、Quantum
氫氣預冷器	為抑制燃料電池汽車充氫時氫罐內溫度上升而預先冷卻氫氣的裝置	前川製造所、ORION、LAUDA、Alfa Laval
加氫機	為氫燃料電池汽車加注高壓氫氣的裝置	TATSUNO、TOKICO、Gilbarco、Powertech
加氫管嘴與接口	連接加氫機與氫燃料電池車的裝置	WEH、Walther、Staubli、TATSUNO、NITTO KOHKI

資料來源：中油綠能所彙整

加氫站設備廠商整理如表 4.2.8，加氫站主要採用的設計是基於高壓氣態氫的儲運方式，主要以氫氣槽車供氫及現地產氫為主，其中天然氣現地產氫設備為主要產氫方式，主要供應商有三菱化工機、Daigas、Xebec，產氫量為 50~300Nm³/hr。產氫系統包括脫硫裝置、水純化裝置、天然氣燃燒器、觸媒反應器、變壓吸附 PSA

氫氣純化裝置。

氫氣壓縮機是加氫站的核心關鍵設備，關係著加氫站建設的核心技術。目前壓縮機類型有往復活塞式壓縮機、膜片式壓縮機、離子液體壓縮機三種技術，三種技術路線中膜片式壓縮機和活塞式壓縮機應用最多。主要供應商為日本神戶製鋼所、日本 kajitechnology、德國林德、Haskel、PDC、Howden、HYDRO-PAC、Hofer 等公司。

其中活塞式壓縮機利用活塞進行往復運動並直接作用於氫氣，實現氫氣的壓縮，優點為結構簡單、可頻繁啟動，但是密封难度大、氫氣純度低。膜片式壓縮機則利用膜片在氣缸中進行往復運動來壓縮氫氣的往復壓縮機，優點為密封難度小、氫氣純度高，但結構複雜、維護成本高、單機排氣量較小、不宜頻繁啟動因頻繁啟停會大大縮短使用壽命。離子液體式壓縮機工作原理與活塞式壓縮機類似，特殊之處在於使用了一種具有特殊物理化學性質的離子液體並充注到氣缸中，並在液壓活塞驅動下進行氣體的壓縮，優勢為佔地面積小、氫氣純度高、能耗低，缺點是價格高昂，目前技術僅德國林德公司製造，由於製造成本較高，國際應用較少。

高壓氣態儲氫容器有鋼制金屬瓶(I 型)、鋼制內膽纖維纏繞瓶(II 型)、鋁內膽纖維纏繞瓶(III 型)、塑膠內膽纖維纏繞瓶(IV 型)及無內膽全纏繞瓶(V 型)，目前除了 V 型瓶外均已商用化，I 型和 II 型主要用在加氫站等固定儲氫上面，其中運輸用長管拖車因成本考量與儲存壓力，均需使用高壓 I 型瓶，其重量效率(定義為氫氣/瓶身重量比)約 1%，而加氫站內因無重量效益的考慮，大部分採 I 型和 II 型設計，III 型和 IV 型主要用在氫燃料電池汽車上，其重量效率約>5%，壓力常用規格為 350 bar、700 bar 兩種。主要供應商為日本製鋼所、FIBA Tech、JFE、SAMTECH、Hexagon、NPROXX、Quantum 等公司。

氫氣預冷器主要供應商為日本前川製造所、ORION、LAUDA、Alfa Laval 等公司，由於氫氣壓縮和節流膨脹效應將使溫度明顯升高，過高溫度對車載氫氣瓶安全造成威脅，因此設計傳熱良好、結構緊湊且高壓環境內安全可控及具高效率與經濟性的氫氣預冷裝置極其重要，可確保加氫站加氫溫度滿足標準要求。

加氫機製造商有 TATSUNO、TOKICO、Gilbarco、Powertech，加氫機整合火焰偵測器、氫氣偵測器和過壓保護機制，同時設有防止過度加氫功能，達到目標壓力後自動停止加氫動作，並設有緊急脫離裝置以防止誤啟動時漏氣，並透過監控各種感測器來提醒加氫機異常，在緊急情況下可停止加氫。而加氫管嘴(nozzle)、加氫接口(receptacle)與防拉斷裝置(break away)有製造商有 WEH、Walther、Staubli、TATSUNO、NITTO KOHKI 等公司，提供可高效的加氫功能，並確保超長的運行時間而不會洩漏。防拉斷裝置當超出預定的分離力時，將緊急斷開且閥門立即自動關閉，可靠地防止流體從分離的管路中逸散。氫燃料管嘴是支援氫燃料電池車的基礎設施的關鍵組成部分，需注重安全性、相容性和效率。

第三節 小結

國際對於電能補充設施的初期政策，皆主要以補助措施為主，旨在創造一個友善的充電環境，幫助降低充電站建設的初期成本，藉此吸引更多企業和個人投資參與，希望藉此促進電動車的普及。然而，隨電動車數量逐漸增加，相關充電基礎設施之補助措施逐漸退場，焦點進而轉向創造更完善之自由充電市場機制。

為保障駕駛人使用電動車充電設備的安全性，相關充電設施已根據 IEC、ISO、SAE 等國際標準，規範電動車電能補充設施，旨在確保其使用的安全性和相容性。這些標準涵蓋了充電系統的各個層面，從技術規範到安全要求，為全球電動車電能補充基礎設施的發展提供了一致且可遵循的框架。

目前，國際上電動車充電設施的相關法規正朝向持續精進、逐步完善的方向努力。根據國際能源署(IEA)的報告顯示，各國亦已經開始制定更嚴格的法規以規範充電設施的建設和營運，包括設置最低安全標準、充電最低輸出功率、要求充電設備具備智慧聯網功能、以及規範充電費率結構等。此外，歐盟的「能源政策」亦強調了在電動車充電基礎設施方面的法規統一性和透明性，希望為歐洲公民和企業提供安全、永續和負擔得起的能源。

表 4.3.1、國際電能補充設施發展趨勢概況

政策目的	<ul style="list-style-type: none">• 初期針對設備補助，希望創造友善的充電環境、增進電車普及。• 建置充電網絡，以高速公路沿線周邊每50英哩建置一充電站。• 政策制定會因國情與環境不同而有推動主軸之差異。
市場機制	<ul style="list-style-type: none">• 電動車數量增加，補助措施逐漸退場，轉向自由市場發展機制。• 最終充電介面選擇亦將會由市場走向決定。
安全標準	<ul style="list-style-type: none">• 電能補充設備標準皆需符合 ISO 15118、IEC 61851、IEC 62196 規範。• 規範安全性、電磁相容、通訊協定與槍纜線組等標準。
法規進展	<ul style="list-style-type: none">• 充電設施相關法規持續精進，各國將制定更嚴格法規，涵蓋各領域。• 歐盟「能源政策」強調法規統一性和透明性。
技術趨勢	<ul style="list-style-type: none">• 不同充電技術皆有對應之充電情境。• 重型車輛、船舶、飛機等載具之充電趨勢可能朝 MCS 之技術發展。

資料來源：大電力彙整

展望未來，我國應持續制定更具時宜的電能補充設施相關法源，建立更完善的市場交易機制，根據各種充電情境衍生對應之商業模式，促進電能補充產業的自由化發展。這將有助於建立一個更健全、透明且可持續發展的電動車充電市場，而未來才更有可能會推向充電設備共享經濟模式，提高充電設施的利用率。因此，

從國際政策目的、市場機制、安全標準、法規進展及技術趨勢，彙整出第四章第一節之電能補充設備發展趨勢，如表 4.3.1，希望可供日後國內相關推動之參考。

氫燃料電池車與鋰電池電動車的主要區別之一是加氫和充電所需的時間，雖然鋰電池電動車的充電時間隨著材料技術創新而不斷減少，但它們仍然比氫燃料電池車加氫所需時間要長得多，尤其是重型載具而言。因此未來氫燃料電池車與鋰電池電動車的應用場域將是互補而非競爭，輕型載具以鋰電池電動車為主要應用，重型載具將是氫燃料電池車的天下。

在歐盟的道路運輸中，重型車輛所產生的溫室氣體超過四分之一，因此歐盟於 2024 年規定 2030 年重型車輛的溫室氣體排放量要比 2019 年減少 45%，將更要依賴氫燃料電池車技術才能達成，而佈建更多的加氫站更是當務之急。同時促進氫燃料汽車與加氫站快速推廣的關鍵機制是相關技術標準化，透過國際組織逐步制定行業標準，有助於氫燃料電池車與加氫站生態系的形成。

加氫協定方面，輕型載具其加氫協定早已完備，但重型載具加氫協定技術仍在發展中，透過加氫過程數值模擬與場域實證可獲得足夠安全的協定，為了因應未來重型載具大量需求，同時確保加氫過程能夠安全與快速，SAE 將發布容量在 750 至 2,500 公升之間的車輛加氫協定，制定規範性通用的高流量加氫程序與氫燃料電池車與加氫站安全通訊方式，確保重型載具加油與加氫時間一樣。

加氫站推廣初期面臨設備成本及營運成本過高，業者投資後短期難以回收等問題，需仰賴政府補助才得以鼓勵業者投入。建議臺灣政府吸收日本、韓國等氢能大國之經驗，對加氫站建置費用、營運費用、零售氫氣費用進行補助。如對加氫站建置費用最高補助設備 50%、營運費用最高補助 2/3、零售氫氣費用則比照等效 95 汽油價格制定後補貼差額，這樣才能早日達到氫燃料電池車與加氫站商業運轉規模。

參考文獻

第一節

- AFID & AFIR (2024) Alternative Fuels Infrastructure - European Commission (europa.eu) from https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport/alternative-fuels-sustainable-mobility-europe/alternative-fuels-infrastructure_en
- BIL (2021) Bipartisan Infrastructure Law from <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/11/06/fact-sheet-the-bipartisan-infrastructure-deal/>
- Green Car Report (2023). Study: 1,104 new EV fast-charging stations will meet 50-mile interval from https://www.greencarreports.com/news/1138639_study-ev-fast-charging-stations-will-meet-50-mile-interval
- Green Plan (2024)。新加坡綠色計畫 2030。檢自 Singapore Green Plan 2030
- IEA (2024) Global EV Outlook from <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a9e3544b-0b12-4e15-b407-65f5c8ce1b5f/GlobalEVOutlook2024.pdf>
- IRA (2021) The Inflation Reduction Act from <https://nwccog.org/wp-content/uploads/2021/08/BID-Fact-Sheet-080221-FINAL.pdf>
- SAE (2017)。SAE J1772 分類。檢自 https://saemobilus.sae.org/standards/j1772_201710-sae-electric-vehicle-plug-hybrid-electric-vehicle-conductive-charge-coupler
- ZEVIP (2024)。加拿大零排放車輛基礎設施計畫。檢自 <https://natural-resources.canada.ca/energy-efficiency/transportation-alternative-fuels/zero-emission-vehicle-infrastructure-program/21876>
- 中國發改委 (2015)。電動汽車充電基礎設施發展指南(2015-2020 年)。檢自 http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/2015-10/09/content_5076250.htm
- 英國法規 (2022)。英國電動車充電樁補助計畫與智慧充電樁規則。檢自 <https://www.gov.uk/guidance/regulations-electric-vehicle-smart-charge-points>
- 香港環境局 (2021)。香港電動車普及化路線圖。檢自 https://www.eeb.gov.hk/sites/default/files/pdf/EV_roadmap_chi.pdf

第二節

- Statistics: Hydrogen Infrastructure (2024), <https://www.h2stations.org/>
- IEA (2023) Global Hydrogen Review ,<https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>
- Interact Analysis (2024), Where are the world's 1,100 hydrogen refueling stations

located? Retrieved from <https://interactanalysis.com/insight/where-are-the-worlds-1100-hydrogen-refueling-stations-located/>

NEDO (2023). 「超高压水素インフラ本格普及技術開発事業」(終了時評価)(2023), <https://www.nedo.go.jp/content/100977451.pdf>

International Standard (2020), Gaseous Hydrogen-Fueling Stations Part1: General requirements, ISO 19880-1.

Japan H₂ Mobility (2019). 水素ステーションの概要. Retrieved from <https://www.jhym.co.jp/station/>

SAE International (2020), Fueling Protocols for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles, SAE J2601 Standard

SAE International (2024), High-Flow Prescriptive Fueling Protocols for Gaseous Hydrogen Powered Medium and Heavy-Duty Vehicles, J2601/5

日本経済産業省(2021), FCV・水素ステーション事業の現状について, https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2022/05/JPECForum_2022_program_023.pdf

Analysis of the Economy of Scale for Domestic Steam Methane Reforming Hydrogen Refueling Stations Utilizing the Scale Factor, Trans. of Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 30, No. 3, 2019, pp. 251~259

JPEC (2022)蓄圧器等の常用圧力上限値の見直しのための研究開発, https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2022/05/JPECForum_2022_program_023.pdf

Status of Hydrogen Fueling Station Technologies in Japan (2018), Tetsufumi Ikeda, The Association of Hydrogen Supply and Utilization Technology (HySUT)

第五章 臺灣發展電動車及氫能車之機會與挑戰

第一節 國際政策總結

國際主要國家藉由購車補助與稅賦政策導引民眾購買低污染車輛，提供補助並減免電動車稅費、對汽缸容量較大車輛或對高污染車輛加重課稅、增加燃油稅等策略，彈性調整電動車與燃油車相關優惠，以達政策之效。隨著電動車滲透率的提高，各國開始調整稅費優惠政策，讓電動車產業回歸市場正常機制，確保政府財源健全穩定。

一、臺灣電動車稅費

整體來說，臺灣車輛稅制相對國際穩定，政府對於低污染車(如電動車、油電混合動力車)提供一定的稅收優惠。臺灣車輛稅制可參考國際多元作法，透過改變稅基(如依照車輛污染物排放量徵收)及彈性調整購置階段稅率等手法，以更有效地引導車市發展，促進低污染車輛的普及，提升環保效益。

以下將針對我國車輛各階段所需負擔稅項包括：購置(貨物稅、營業稅、行照費及號牌費)、年度徵收(汽燃費、牌照稅)，以及使用階段的燃油貨物稅等，說明各稅目徵收規定。

表 5.1.1、各稅目徵收規定

階段	項目	課徵對象及條件	稅率/費用	備註
購置階段	汽車貨物稅	國內生產製造或進口的各種機動車、底盤、車身、牽引車及拖車等；依據車輛類型、汽缸排氣量分級，汽車銷售時繳交	燃油小客車(9人座以下)：汽缸排氣量 $\leq 2,000\text{c.c.}$ 從價徵收 25%； $2,000\text{c.c.}$ 以上從價徵收 30%	1. 電動小客車車優惠：2010-2016 年免徵；2017 年起車價 140 萬內免徵、超過部分稅率減半徵收 2. 油電混合車須符合條件，才享有稅率減半徵收
	營業稅	臺灣境內銷售/進口之貨物或勞務(含燃油車與電動車)，銷售時繳交	營業額(實際車輛售價)5%	長年無調整
	行照費 號牌費	以原動機行駛之車輛，新車領牌時繳交	1. 行照費：200 元 2. 號牌費依車輛類型徵收：汽車 600 元	長年無調整
持有階段	汽車燃料使用費	依燃料種類、車種與汽缸總排氣量分級收費，每年定期(自用汽車 7 月)繳交	自用小客車分 14 級 2,160-15,720 元	長年無調整 目前電動車無須繳納

階段	項目	課徵對象及條件	稅率/費用	備註
	使用牌照稅	依燃料種類、車輛種類及汽缸總排氣量、電動車馬達動力大小分級徵收，每年定期(自用汽車 4 月)繳交	自用小客車分 11 級 1,620-151,200 元	長年無調整 2012 年起電動車免徵牌照稅，優惠至 2025 年 12 月 31 日
使用階段	油氣類貨物稅	依燃料類型、內含於零售參考牌價，加油時繳交	從量徵收，汽油每公升 6.83 元	2021/12/1-2024/12/31 期間以機動式調整，價格最低至每公升 4.83 元

資料來源：中經院彙整。中華民國財政部、交通部公路局。

二、純電池電動車政策建議方向

各國政府為推動電動車的普及，以減少碳排放和促進永續發展，推出相關補助與稅費優惠，近年已獲得一定成效，以挪威為例，2022 年 BEV 及 PHEV 約佔新車銷售的八成。隨著電動車滲透率的提高，各國開始調整補助政策，讓電動車產業回歸市場正常機制，確保政府財源健全穩定。主要政策調整趨勢如下：

- **電動車補助政策相繼退場：**歐洲國家如挪威、德國、英國針對私人購入純電池電動車的補助已經相繼退場，英國僅對商用車與充電設施進行補助；德國則持續減免續航里程符合標準的車輛稅，支持商用車及充電設施建置。
- **根據車輛性能與電動車普及貢獻度分級補助：**日本和韓國調整補助政策，除了調降高價車款補助金，另一方面也納入新補助條件，根據車輛性能如電池性能和續航里程，以及對電動車普及的貢獻度如充電基礎設施建置和維修人才育成，分級補助，間接抑制進口電動車所享有的購車補助。美國的聯邦補貼政策則是限制車輛需在北美組裝，且針對關鍵礦物及電池零組件產地皆有嚴格要求。補助政策不再一視同仁，而是基於各國產業政策調整。
- **高污染車輛加重課稅並調升燃油稅：**主要國家為引導民眾購買電動車，會採取調升燃油車稅率，降低電動車稅的兩手策略。針對高污染車輛加重課稅，同時提高低碳排車減免金額，並且調升燃油車稅。

我國為推動電池電動車普及的優惠政策，為 2017 年起採貨物稅減半徵收並規定車價新臺幣 140 萬內免徵，超過 140 萬的部分按小客車貨物稅稅率減半徵收。牌照稅自 2012 年起給予完全以電能為動力之汽機車免徵牌照稅優惠，免徵期限共延長兩次至 2025 年 12 月 31 日止。

與國際政策趨勢相較，建議政府應參考國際多元作法，透過改變補助條件，或對高污染車輛加重課稅等彈性調整，引導產業發展，促進電動車普及，以實現淨零碳排目標。

三、 氫燃料電池電動車政策

為了促進能源多元發展、推動淨零排放，氫能與氫燃料電池電動車的布局與推動策略，也成為近期主要國家的政策元素之一。儘管全球氫燃料電池電動車銷售數量仍然不多，但可明確觀察到日、韓、中國大陸車廠積極切入氫燃料電池電動車領域的企圖。後續若在特定應用(商用)市場，如能發展出對應的應用生態環境(基礎設施、車輛產銷與維修)與服務模式，或有利基產品服務之發展潛力。觀察國際氫燃料電池電動車相關趨勢，有以下幾項重點：

- **結合國家能源政策下推動氫燃料電池電動車輛：**要推動氫燃料電池電動車輛，必需從建立氫能生態系的角度出發。以英國與美國為例，透過氫谷計畫測試氫能運輸並設置加氫站，除了可以減少加氫站閒置問題，也可以降低營運成本。
- **聚焦商用車發展：**相比於純電電池驅動技術，採用氫燃料能使車輛具有較長的續航距離、較短的能源補充時間，及車體重量輕等優點；非常適合運用在商用車隊。日本、德國和挪威都將氫燃料電池電動車聚焦在商用車領域的應用，透過加氫站建置與補助政策，推動發展。
- **示範運行計畫加速氫能車落地：**推動氫燃料電池電動車示範運行計畫，如日本、英國、美國，並在沿線布建加氫設施，等到計畫結束即可營運。

我國交通部也已經宣示將啟動氫燃料電池大客車試辦計畫，結合中油加氫站建置，作為「氫能關鍵戰略行動」的重點措施之一。顯示我國也擬探索氫能與氫能源車的運輸應用，儘管當前的國內氫能源車輛產業生態系仍然相當薄弱。建議政府在推動初期應該以極少數場域，配合地方產業需求與加氫站位置，作為測試運行地點。待國家氫能生態圈更完整之後，再推廣至其他場域及應用。

四、 Trump 的關稅政策將牽動供應鏈調整，加速製造業回流美國趨勢

川普可能調整對墨西哥與加拿大關稅，對已經在兩國設廠的相關車輛業者，勢必得重新思考全球策略，進一步推動製造業回流美國，而東南亞(越南、泰國、印度)布局將更形重要。但是，近年東南亞對美國貿易順差大幅增加，川普是否會對「印太經濟架構」採取行動仍需持續觀察。此外，美國降低通貨膨脹法案是否持續也是關注焦點，在 IRA 法案通過後，美國清潔能源的投資大幅攀升，其中大部分的資金都流向共和黨選區，川普支持者是實質受益者。IRA 法案所提供的稅務減免可能會持續，但政策力道會調節。

									
		臺灣	美國	中國	日本	韓國	德國	英國	挪威
購車補貼	BEV	● 電巴	○	○	○	○	○	○ 貨車	○
	FCEV		○	●	●	●	○	○	○
基礎設施 充電及加氫站	BEV	●	●	●	●	●	●	●	●
	FCEV	△	●	●	●	●	●	●	●
示範計畫 商用車	BEV	● 物流			● 商用車		● 大貨車	● 大貨車	
	FCEV	●	●	●	●	●	●	●	●

●具體推動政策 ○趨緩/退場 △配合示範計畫建置

資料來源：中經院、車輛中心彙整。

圖 5.1.1、國際新能源車政策趨勢

第二節 國內外低碳車輛產業及技術發展比較

由本書第一章所提及，電動車由於其行駛性能、充電等可提供較小型乘用車更佳的使用便利性，因此逐步受到消費者所喜愛，目前國際電動車發展趨勢亦逐步從乘用車轉向以中重型商用/客用車輛。因此，本節即針對其中關鍵組件：動力系統及電池規格等進行比較，作為未來技術推動方向參考。

依據 MarketsandMarkets 所公布資訊，目前國際上投入運行的電動公車長度約落於 9 至 14 米、乘客數量約為 40 至 70 人，一次充電約可行駛 350 公里，非常適合城市交通需求。預計到 2030 年，可行駛超過 320 公里的車型預計將成為成長最快的市場，其中包含了有類似增程式架構的氫燃料電池公車(例如：NFI Group Inc.推出，續航里程超過 370 英里(約 595 公里))，或是具備高蓄電量之電動巴士(例如：Solaris Urbino 12，續航里程達 600 公里) (MarketsandMarkets, 2024)。

目前電動貨車市場主要由一些全球知名的車廠品牌所主導，於歐洲與美國市場主要包括 Daimler 的 Mercedes、Volvo 及旗下的 Renault、Mack，以及 VW 集團旗下的 SCANIA、MAN、Navistar 等。此外，PACCAR 集團的 DAF、Peterbilt 和 Kenworth，以及 IVECO 和 FORD 也在這些市場中占有一席之地；而中國大陸市場主要由其本地品牌佔據，例如中國重汽、東風、陝西重汽和北汽福田等中國大陸的商用車十大品牌，還包括江淮汽車、一汽解放、重汽王牌、五菱、江鈴汽車、長安汽車、金杯汽車、長安汽車等。其發展包含在 6~15 噸的中型卡車及大於 15 噸的重型卡車。

一、臺灣電動車技術與供應鏈

臺灣在電動車研發與生產上已持續投入十餘多年，其技術成果於整合後陸續納智捷推出 n⁷ 車型，並獲得國內消費市場青睞。另外，中華汽車也推出菱利電動車 E300 輕型電動商用車，成運、華德等車廠在政策扶植下也推出 12 米電動巴士產品。因此，臺灣電動車供應鏈可見由上游材料端至下游服務端均有廠商投入，並創造產品佳績，同時已進入國際車廠(如 Tesla)供應鏈。

馬達材料方面，可見中鋼、大亞、台達電等業者投入，並可見中鋼於 2024 年 2 月，發表馬達用超能效自黏塗膜電磁鋼新品(型號 25CS1250FY)。

馬達系統方面，可見台達電、富田、東元、士電、大同等業者投入，並可見鴻海科技與英飛凌合作研製車用電驅逆變器碳化矽模組，突破國內既有多仍採用 IGBT 功率模組之方式。新型態馬達方面，則可見 2024 年富田展出適用 800V 的 6 層及 8 層 Hairpin 高功率扁線定子，未來將朝 10 層以上設計，亦可窺見相關設備及技術搭配之需求。

電動車輛動力系統目前朝向高度整合化的電驅動系統發展，即是將電動馬達、驅動器、直流轉換裝置、單級減速齒輪、差速器和驅動軸整合為一個模組，例如現代汽車的 E-GMP 和 IMA 底盤。於大型車輛上動力系統也逐漸出現類似架構，即 e-Axle(電動後橋)，可直接驅動後輪，且使結構更加簡潔、提升整體驅動效率以及提升了空間利用率，讓製造商有更多空間配置電池或貨物。

於國際主要 Tier 1 或 Tier 2 供應商，如 Bosch、ZF、Magna、Rotontek、FPT、Brogen EV Solution、BPW、GKN 等，均已陸續推出不同程度的整合型電驅動產品，其馬達標準功率範圍約落於 50 kW 至 300 kW 之間，被廣泛使用的規格範圍是 130 kW 至 150 kW，通常適用於載重約 5 噸的車輛。

在國內部分，致茂電子(Chroma)、捷能動力(ZEPT)和富田電機(Fukuta)等廠商也推出了相關的整合動力模組產品，包含有三合一甚至到七合一之整合設計方案，例如 Chroma 的 125 kW 產品、ZEPT 的 270 kW 產品，以及富田電機也推出 125 kW 和 150 kW 的產品。由此可見，國內廠商所生產的動力模組無論在功率規格或整合度方面，均已達到國際水準，不僅可以減少車輛製造商的設計與生產成本，有利於構建本土化的電動車供應鏈體系，推動國內電動車產業的成長。

廠商	致茂電子(Chroma)	捷能動力(ZEPT)	富田電機(Fukuta)
產品型號	CX125-G1	EDM-TX / EDM-TC	3-in-1 / 7-in-1
產品形式	三合一模組(馬達、驅動器、減速機)	四合一(馬達、驅動器、減速機、差速器) 雙軸輸出	三合一(馬達、驅動器、減速機) 七合一(馬達、驅動器、減速機、DC/DC、DC/AC、齒輪箱、接線盒)
輸出功率	125 kW	190~270 kW / >270 kW	125 kW / 150 kW
重量	75 kg	< 200 kg	--



圖 5.2.2、Fukuta 125kW 及 150kW 多合一產品

車輛整體線控技術方面，則可見自工研院獨立之新創科飛數位，線控系統為公司產品應用範圍之一，已通過 ASPICE CL2 國際標準評測，並具備與國內多家電巴業者合作之實績，旗下產品 KCU GEN1 在臺灣多家電巴上應用。

二、臺灣氫能車輛技術與供應鏈

綜觀我國氫能發展歷史，燃料電池相關技術之研發已投入超過二十餘年，人才與經驗皆有發展基礎，部分技術也具有一定之國際競爭力，如國內現有四家燃料電池元件廠為美國燃料電池大廠 Bloom Energy 之供應商，提供百萬瓦(MW)級燃料電池發電應用，年產值達 30 億元。

面對 2050 淨零碳排的挑戰與政策目標，國發會於 2022 年發布訂定《氫能管理專法》；經濟部亦於 2023 年將氫燃料列入能源管理法並制定加氫站設置管理規範，規範氫能運送、產銷的經營許可，以及設施的安全要求、無碳認證等；能源署也表示，將配合現階段氫能應用與技術具體發展，持續精進相關政策制定。同時，交通部亦於今(2024)年公告「氫燃料電池大客車試辦運行計畫」，透過計畫召集業者、地方政府引進氫能載具並設置基礎建設，以利氫能車輛運行與推廣，國內數家企業計畫打造臺灣國產氫能巴士、和泰汽車專案引進氫燃料電池乘用車 TOYOTA Mirai、氫能巴士 CAETANO H2 City Gold，並規劃展開試運行計畫。

相較於國際上已有氫能巴士產品落地示範營運，國內雖已有定置型燃料電池供應鏈，然而在中大型動力型燃料電池開發起步較晚，但目前已有部分廠商持續關注燃料電池技術在商用車輛的應用。2022 年 4 月，國內業者彩碇與工研院合作開發燃料電池電動巴士，由研華科技提供智慧巴士管理雲平台、車載電腦方案、AI 車輛安全管理、車輛診斷與車上影音互動服務等軟硬整合方案，結合購入國際大廠 Ballard Power 70kW 燃料電池系統，Luxfer 高壓氣瓶與 Swagelok 供氫模組，結合 60 kWh 鋰電池，後續國內業者氫谷打造 12 米長燃料電池電動巴士，滿足市

區行駛之應用情境。此研發案啟發後續相關氫能零組件、系統整合廠商的投入氫能車用技術開發，例如氫豐將定置型燃料電池轉往車用開發。

同時，為迎接氫能車，基礎設施(加氫站)也逐步規劃設立，中油公司預計於 2024 年底完成臺灣首座加氫站設置，氣體大廠聯華林德亦規劃於臺南樹谷園區完成示範加氫站建置，雖原規劃 2025 年初完成建置投入運營，但 2024 年 11 月時表示由於天候因素影響施工進度，加上還有相關使用執照及營運許可等申請程序需進行，配合地方與中央主管機關審查作業核定時程，預估實際營運時間將往後順延。

三、臺灣電池技術與供應鏈

臺灣推動 2050 淨零排放路徑規劃，預估至 2025 年，我國將有 2 萬輛電動汽車、525 輛電動巴士、24 萬輛電動機車，推算臺灣車用鋰電池年需求超過 2.4 GWh。在國內廠商供給能力上，目前臺灣可用於動力電池生產產能約 7.43GWh，包括能元科技、鴻海集團、格斯科技、輝能科技等業者投入。然目前業者產品規格與市場期待有一定之技術與價格差距，廠商多朝利基市場發展。由於電池芯為資本密集產業，若無雄厚財務實力的母公司或投資支持難以在業界長期生存，目前台泥、鴻海、台塑等指標集團企業已宣布將投入電池芯產業發展。

在臺灣廠商現有的電池產品技術部分，目前臺灣已有 230Ah 磷酸鋰鐵方型電池可應用於電動巴士和商用車。能量密度可達到 175Wh/kg。可支援充放電速度為 1C(1 小時由 20%充電至 80%或放電)，循環壽命超過 3500 次，與國際間同業以及中國大陸磷酸鋰鐵同型電池相比較，差距主要在充放電速度(第二章介紹目前國際產業已有 4C/15 分鐘內 20%~80%充放電)，其次為能量密度部分。因此國內業者也特別投入 2C 充放電速度(30 分鐘內 20%~80%充放電)之新產品開發。三元正極材料電池部分，臺灣廠商則聚焦於快速放電性能，因此被應用於電動超跑等利基市場領域，目前已可提供 270 Wh/kg 能量密度且同時支援>10C 充放電之圓柱型產品，並成功導入國際高單價電動超跑品牌車型。另外對於下世代固態電池領域，國內也有業者成功小量量產 321 Wh/kg 能量密度之固態電池，送樣電動二輪車與電動汽車品牌廠商測試中。

四、建議產業方向

乘全球電動車發展趨勢，以前述臺灣電動車供應鏈之優良基礎，我國可扮演重要零組件/次系統供應商或整車研發製造角色。國發會現已設定 2030 年市區公車及公務車全面電動化，以及 2040 年電動車市售比 100%目標，有利於鼓勵業者投入車型及零組件研製。

針對核心三電系統(電機/電池/電控)當中的電機部分，可發展低稀土高轉速高效率動力馬達，突破稀土資源掌握於特定國家之狀態，以及可投入扁線馬達製程與設備，研製小體積高效率之特色馬達，國內大廠台達電 2021 年亦投入電動車

動力部分，已成為全球主要車廠的電動車動力系統供應商，市占率可達 10%，包含電機驅動器(traction inverter)、驅動馬達(traction motor)，甚至是兩者組合稱電控馬達(integrated motor drive)；另外還組合驅動器、車載充電器(On-Board Charger, OBC)和直流電源(DC/DC)等電力電子設備，預期可帶動國內相關產業的國際市場拓展；電控部分，則可對應未來電動車及自駕車發展精準控制策略所需，研製高可靠高精度整車線控技術，例如國內科飛數位投入國內電動大客車的車輛控制VCU 的客製化產品。此外，亦可思考延伸現有研發成果，應用於特色車款(如氫能動力車、電動物流車或電動車改裝模組)，並建立相關零組件與次系統驗證平台。

臺灣電池芯產業尚處於發展初期階段，且因不具規模經濟，相較於日本、韓國及中國大陸等國際大廠，在產品性能與成本價格方面，存在一定程度的落差。國內電池芯業者普遍希望我國政府可投入相對應資源協助國內業者發展，同時希望由政府單位協助增加與終端業者合作機會以提升產品導入經驗並建立市場應用實績。另外國內業者發展在台生產電池芯的過程中，也強調導入國產化高能量密度 LFP 正極材料、高安全性電解液、設計符合自有需求之疊片(stack)製程，用以強化電池產品安全性和壽命，此種藉由自主研發的新材料用以提升電芯產品性能的技術策略也值得進一步投入。另外衡諸國際市場，目前 CATL、LGES、Panasonic、BYD 及 Samsung SDI 等國際前五大廠在乘用車及輕型電動車領域的全球市占率已達約 8 成，且彼此之間價格競爭激烈，臺灣電池產業廠商要逕行投入將面臨龐大投資與發展競爭風險，若能朝向加強拓展利基市場商機，如建議朝電動巴士、超跑、商用車及特殊用途車輛等小量多樣的市場，或是聚焦於下世代固態電池技術商品化發展，較有機會生存並求突破機會。

建議開發動力型燃料電池電堆及系統技術，透過自主動力型電堆與系統之整合技術開發，國內定置型燃料電池開發廠商有氫豐、中興電工...等，亦可建議轉型提供車載氫能動力供應方案，加速國內氫能載具整合技術能量建構，逐步延伸產業外溢效果。透過結構參數模擬以及國際競品之檢測解析，以國際領先業者成果為借鏡，加速研發動力型燃料電池電堆自主技術能量。先以商規燃料電池電堆模組進行系統整合技術開發，進行其燃料電池電堆模組與系統關鍵技術建構及專利佈局，透過車載燃料電池系統整合技術開發，推動國內燃料電池周邊輔助機械模組(Balance of Plant, BOP)廠商技術能量升級，投入車載燃料電池應用市場。

此外，隨電動車普及，充電需求及電網管理均為周邊營運模式重點，可思考結合充電設施與電能調度，降低尖峰用電時段成本並優化電網負荷管理，確保充電樁安全性與電網穩定運行。運用前述佈局，強化我國在電動車領域國際競爭力。

第三節 國內外安全法規比較

一、我國電動車輛及氫能車輛之車輛安全法規推動情形及驗證能量

我國係參考聯合國歐洲經濟委員會(UNECE)之車輛安全法規，並調和導入制

訂車輛安全檢測基準，現行交通部公告車輛安全檢測基準項目共計 98 項，適用對象包含機車、客車、貨車及拖車；另因應國際間新能源車輛發展，我國針對電動車輛、氫能車輛之安全法規部分，亦參考聯合國 UNECE 車輛安全法規訂定相關車輛安全檢測基準項目，包含「四十五、側方碰撞乘員保護」、「四十六、前方碰撞乘員保護」、「五十六、電磁相容性」、「六十四、電動汽車之電氣安全」、「八十、車輛低速警示音」、「八十一、氫燃料車輛整車安全防護」、「八十二、氫儲存系統」、「八十三、氫儲存系統組件」。

針對上述檢測基準項目，經盤點國內檢測機構及相關檢測能量彙整如下：

車輛安全檢測基準項目	國內檢測機構
四十五、側方碰撞乘員保護	財團法人車輛研究測試中心
四十六、前方碰撞乘員保護	財團法人車輛研究測試中心
五十六、電磁相容性	財團法人車輛研究測試中心 財團法人臺灣商品檢測驗證中心 德凱認證股份有限公司 宇海科技股份有限公司 耕興股份有限公司 財團法人精密機械研究發展中心 程智科技股份有限公司 翔智科技股份有限公司 優力國際安全認證有限公司
六十四、電動汽車之電氣安全	財團法人車輛研究測試中心 財團法人工業技術研究院 環球車輛檢測股份有限公司 承漢認證股份有限公司
八十、車輛低速警示音	財團法人車輛研究測試中心 冠昇驗證股份有限公司 環球車輛檢測股份有限公司 天城汽車股份有限公司
八十一、氫燃料車輛整車安全防護	國內尚未有檢測機構及相關檢測能量
八十二、氫儲存系統	國內尚未有檢測機構及相關檢測能量
八十三、氫儲存系統組件	國內尚未有檢測機構及相關檢測能量

二、我國與國際間主要國家之相關差異及後續因應作法

車輛為屬全球性商品，因應車輛製造之國際分工趨勢及為降低國際貿易障礙，國際間已有車輛法規調和需求，藉由法規調和降低各國於車輛型式安全審驗法規之差異。我國車輛型式安全審驗制度部分係參考先進國家車輛型式安全審驗

制度予以建置，另車輛安全法規亦參考調和聯合國 UNECE 車輛安全法規導入訂定，並與先進國家一致；我國現行針對新能源車輛包含電動車及氫能車之相關安全法規已予以調和導入實施，因車輛安全法規係隨著車輛科技發展與時俱進，我國亦持續關注國際法規動態適時調合導入國內。

目前車輛安全法規之推動持續進行，驗證能量而言，電動車輛之驗證能量於國內已有檢測機構對應相關法規之建置及執行能力；氫能車輛之驗證能量後續有待檢測機構將依政策推動及產業發展之需進而建置相關驗證能量。

三、小結

我國車輛安全法規係參考調和聯合國 UNECE 車輛安全法規導入訂定車輛安全檢測基準相關規定，並與先進國家一致，未來仍持續關注國際法規之動態，並適時導入國內進行推動作業。

有關國內電動車輛及氫能車輛之法規推動，除須符合一般車輛安全法規外，針對電動車輛之安全法規須符合車輛安全檢測基準項目，包含「四十五、側方碰撞乘員保護」、「四十六、前方碰撞乘員保護」、「五十六、電磁相容性」、「六十四、電動汽車之電氣安全」、「八十、車輛低速警示音」；氫能車輛應符合上述所要求之項目外，亦須符合「八十一、氫燃料車輛整車安全防護」、「八十二、氫儲存系統」、「八十三、氫儲存系統組件」之車輛安全檢測基準項目。

驗證能量部分，國內針對電動車之檢測項目各別已有建置可對應及執行檢測之檢測機構，惟氫燃料車輛於國內尚無可完整對應之檢測機構，後續檢測機構將依政策推動及產業發展之需進而建置相關驗證能量，以期提供相關驗證服務予車輛相關產業。

第四節 國內外能源補充設施發展比較

一、我國充電站現況及政策法規

為因應全球減碳與環境保護趨勢，我國積極推動電動車充電基礎設施建設，支援電動車市場發展並達成碳中和目標。充電站建置與管理對提升使用便利性及推廣成效具有重要影響。本節將探討我國充電站建設現況及相關政策法規。

(一) 我國電能補充設施發展現況及政策重點方向

行政院於 2022 年發布《2050 淨零排放路徑及策略》，由交通部主導「運具電動化及無碳化」戰略，推動 57 項計畫，目標於 2040 年達成電動小客車市售比 100%，2050 實現淨零排放。充電設施相關計畫包含 19 項行動措施，旨在增加設施數量、優化使用環境，提升電動車接受度。



資料來源：交通部、大電力彙整

圖 5.4.1、國內 57 項相關推動計畫

交通部規劃至 2025 年在公共停車場、交通運輸場域等地新增 6,500 支充電槍 (6,000 支慢充、500 支快充)，以完善充電環境並推動在地製造。截至 2024 年 6 月，全台充電槍已達 9,564 支 (7,328 支慢充、2,236 支快充)，超越原定目標。

此外，交通部結合環境部預算共 15 億元，於 2023 至 2024 年間補助地方政府與所屬機關，新增 4,400 支公共充電槍 (4,000 支慢充、400 支快充)，優先設於公共停車場及交通運輸節點，加速完善電動車充電網絡。

台灣充電設施推動政策



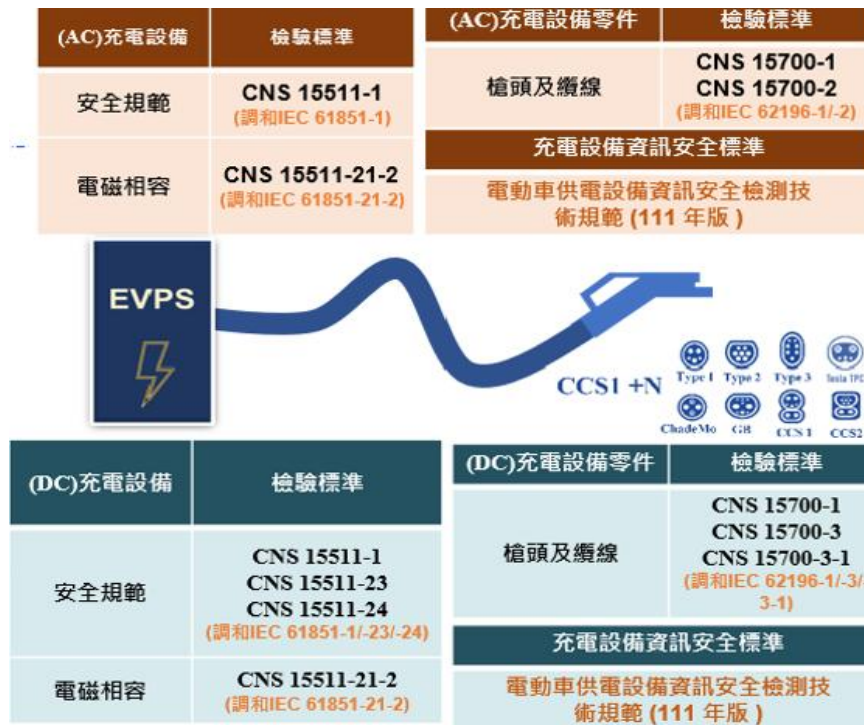
資料來源：交通部、大電力彙整

圖 5.4.2、國內充電設施推動政策

(二) 我國電能補充設施相關法規

國際電動車充電設施標準主要為 IEC 61851 與 IEC 62196 系列。我國經濟部標檢局已公布 7 項 CNS 充電設備標準 (包括 3 項交流與 4 項直流)，並新增特斯拉 TPC 為第 8 種規格。為確保設備安全，標檢局自 111 年起實施自願性產品驗證 (VPC)，涵蓋安全規範、電磁相容與通訊協定，並於 112 年加入資訊安全檢測技術規範，應對具連網功能設備的資安風險。VPC 認證依 CNS 15511、CNS 15700

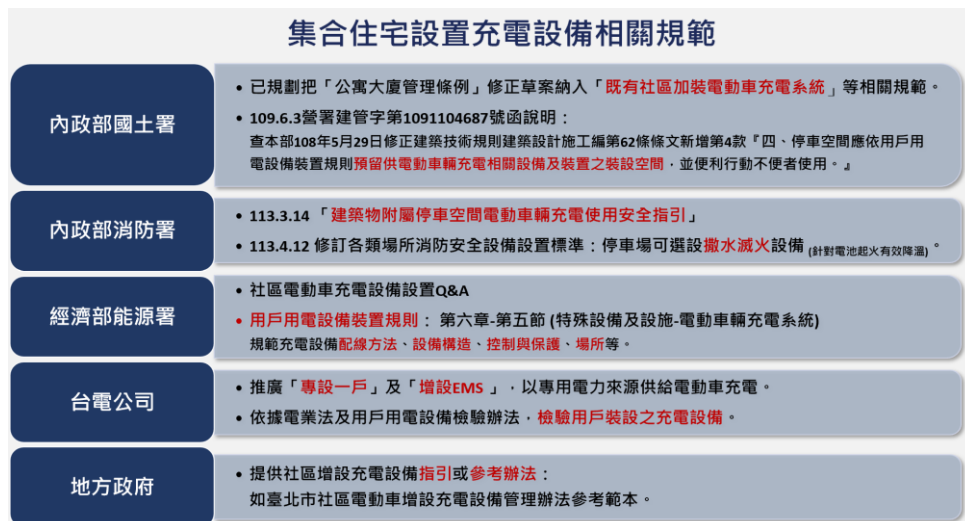
及 IEC 標準進行。相關 CNS 標準則如圖 5.4.3 所示。



資料來源：標檢局、大電力彙整

圖 5.4.3、國內電能補充設備相關規範

建物或集合住宅內的電動車充電設備須遵循內政部、經濟部、台電及地方政府相關規範，涵蓋設備空間、安全、設置及專用電力申請等事項(如圖 5.4.4)。由於相關規範多為近年新增，仍需跨部會協調與持續改進。



資料來源：大電力彙整

圖 5.4.4、集合住宅設置充電設備相關規範

二、我國電動車充電標準現況與技術趨勢

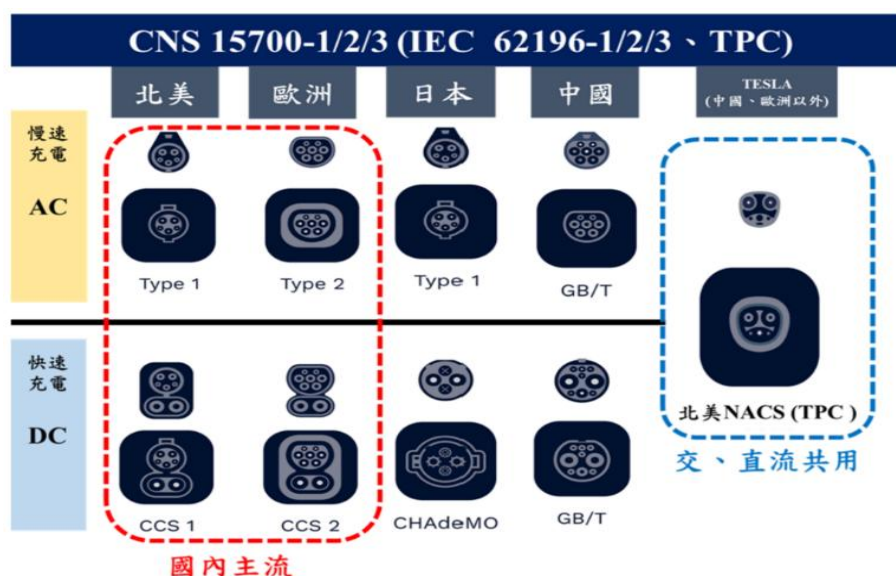
各地區主流充電介面各異，例如歐洲採用 IEC 標準，包含北美 SAE J1772、日本 CHAdeMO、大陸 GB/T 及複合式交直流介面。特斯拉專屬接頭(TPC)已成為

北美充電標準(NACS)，並被 SAE 納入審核為 SAE J3400 標準。

(一)我國充電標準發展現況

國內已將 IEC 62196 系列納入 CNS 15700，並於 2021 年納入特斯拉 TPC 介面，成為國際首例。但特斯拉自 2021 年 Q3 起改採歐規 CCS 2 車種，國內充電介面現以 CCS 1 與 CCS 2 為主。如圖 5.4.5 所示。

北美因特斯拉車輛與充電站占比高，NACS 成為 CCS 1 外的另一主流規格，許多車廠及充電營運商宣告加入 NACS 陣營以提升充電服務便利性。而國內則因特斯拉導入 CCS 2 車種，充電設施建置逐步以 CCS 2 為主，但多數早期 AC 慢充因國內電力系統多為單相電力，故至今多數 AC 慢充仍採用 Type 1 規格為主。



資料來源：標檢局、大電力彙整

圖 5.4.5、我國電能補充設備之充電介面概況

(二)我國充電系統供應鏈概況

盤點國內電能補充產業由上游的關鍵零組件供應商、中游的設備製造商，以及下游的營運商組成，負責提供電動車電能服務。相關國內廠商名單如圖 5.4.6 所示。



資料來源：大電力彙整

圖 5.4.6、我國電能補充產業上中下游組成架構

國內電能補充營運商分為三種主要類型：社區慢充、充+儲、以及超充站，分別針對長時間停放需求、用電大戶減少契約容量，以及家中無充電設備或臨時快速補電需求提供解決方案。

目前國內知名充電營運商超過十家，整合 AC 慢充、DC 快充、機電工程、後端大數據管理、多元支付及雲端漫遊等服務，涵蓋社區 AC 慢充、光充儲一體化充電站及超級 DC 快充站建置。主要業者包括：拓廣(Noodoe)、裕電俾電 (Yes! Charging)、特斯拉 (Tesla)、華城電機 (EVALUE)、台泥儲能 (NHOA)、旭電馳 (U-Power)、源點科技 (EVOASIS)、特爾電力 (TAIL)、中興電工 (iCharging)、遠傳電信 (FET)、台灣大 (MyCharge)、星舟快充 (Star Charging)、充壩 (gochabar)、連展科技 (Acon)、和潤電能 (EVRun)、台灣碳資產 (Taiwan Carbon Asset)等。



資料來源：大電力彙整

圖 5.4.7、我國電能補充營運服務產業概況

三、我國充電站成本與挑戰

國內充電設備以 220V 隨車旅充為例，充電電流支援 12A 至 32A，價格約新臺幣 5,000 元至 2 萬元；三相 440V 設備則支援 32A 至 63A。

AC 充電設備適用透天住宅、社區及公有停車場，常見規格為 220V 單相 16A、32A、48A(3.5kW、7kW、10.5kW)，價格 1 萬至 4 萬元，高階型 80A(17.6kW)約 5 萬至 6 萬元。一般中階電動車 OBC 功率為 11kW，選購設備時需考量車輛 OBC 上限。

(一) 充電站建設成本分析

場勘及規劃費

安裝充電設備前需由合格機電技師場勘，評估用電環境是否充足。透天建築場勘與規劃費約 5,000 至 1 萬元；社區大樓則需評估社區電力及新增電力申請，並協助管委會規劃提案，相關費用約 2 萬至 4 萬元。

AC 慢充安裝成本

透天住宅安裝充電設施的主要費用為線材與施工，約 1 萬至 6 萬元，距離越遠成本越高。社區大樓因車位多且距離不一，成本較高，並需考慮契約容量餘裕。根據台電估算，60 車位以下社區每戶分攤約 3 萬至 5 萬元，60 戶以上降至 2 萬至 4 萬元，整體建置成本(含 EMS)約 200 萬至 400 萬元，對住戶來說是一筆不小

的負擔。

DC 充電設備成本

DC 直流快充設備功率範圍從 25kW 至 350kW 不等，國內有 480kW 雙槍輸出機型。25kW 至 30kW 設備價格約 40 萬至 50 萬元，100kW 至 120kW 設備約 120 萬至 130 萬元，480kW 設備則約 450 萬至 500 萬元。

DC 快充安裝成本

國內 DC 快充站建置成本中，主變壓器與配電盤約 500 萬至 750 萬元，電能管理系統 EMS 約 50 萬至 100 萬元。以兩套 100kW 快充站為例，充電停車格建置費用約 100 萬至 150 萬元，整體建設成本至少 1,000 萬元起，未含土地與整地費用。相比美國，儘管設備成本相近，美國的工程材料與人事費用較高，主要受薪資與建設環境影響。國內外建置成本差異可參見圖 5.4.8 的估算。

美國	獨棟住宅Townhouse	停車塔大樓	DC 快充站
	<ul style="list-style-type: none">設備費：AC慢充約美金500~700元場勘&規劃費：約美金800~1,500元左右 (屬清用電環境、管線路徑、設備安裝規劃等)工程費(含材料)：約美金800~4,500元左右 <p>整體建置費約美金 2,100~6,700元左右 (約新臺幣6.5~21.5萬左右) (美國工本費用約國內2.5倍)</p>	<ul style="list-style-type: none">設備費：AC慢充約美金500~700元場勘&規劃費：約美金2,500~4,000元左右 (社區電力評估、新增設電力、施工規劃等)工程費(含材料)：視現場規模而定電能管理系統EMS：約美金1~1.5萬元左右 <p>整體建置費約美金15~20萬元左右 (約新臺幣480~640萬左右)</p>	<ul style="list-style-type: none">設備費：DC快充約美金4.5~15萬元之間 (對應約150kW~480kW)工程費(含材料)：每充電車位估算約5~20萬 (美國DC充電站平均有10~20個充電車位，Tesla的超充站平均有9~12個充電車位)電能管理系統EMS：1.5~2萬 <p>整體建置費約美金100萬元起跳 (約新臺幣3,200萬起跳)</p>
國內	透天住宅	社區大樓	DC 快充站
	<ul style="list-style-type: none">設備費：家用AC慢充約1萬~4萬元場勘&規劃費：約5,000~1萬元左右 (屬清用電環境、管線路徑、設備安裝規劃等)工程費(含材料)：約1萬~6萬左右 <p>整體建置費約3~10萬元左右 (ex. 特斯拉套裝方案2萬2500元起)</p>	<p>(專設一戶)(低/高壓電動車專用電價)</p> <ul style="list-style-type: none">設備費：AC慢充設備約1萬~4萬元場勘&規劃&出圖費：約2萬~4萬元左右 (含電力評估、施工規劃、提案報價、出席社區會議等)安裝&設定費：8,500~1萬工程費(含材料)：(60格位以下)每戶分攤約3~5萬元 (60格位以上)每戶分攤約2~4萬元電能管理系統EMS：20~40萬元 <p>整體建置費約200~400萬元左右 (拉線距離越遠佈線費越高)</p>	<p>(高壓電動車專用電價)</p> <ul style="list-style-type: none">一次側主變壓器+配電盤：約500~750萬DC充電設備成本(100 kW)：約100萬 (粗估多少kW成本即多少萬)工程費(含材料)：每車位約100~150萬電能管理系統EMS：50~100萬 <p>整體建置費約1,000萬元起跳 (視充電功率、充電車位數量而定)</p>

資料來源：大電力彙整

圖 5.4.8、各式充電情境之建置成本比較

充電型態比較

台電的電動車專用時間電價(圖 5.4.9)顯示，充電需求主要集中在晚上 22:00 至隔日下午 16:00 的離峰時段(自 112 年 4 月 1 日起實施)。對於長時間停車的場所，如住家或辦公大樓，常使用 7 kW 至 11 kW 的 AC 充電設備，可滿足長達 8 小時的充電需求並支援多台車使用。相較之下，商場等停留時間較短的場所，則選用 17.6 kW 至 19.2 kW 的 AC 充電設備，或 30 kW 至 50 kW 的 DC 快充設備。

3. 電動車充換電設施電價

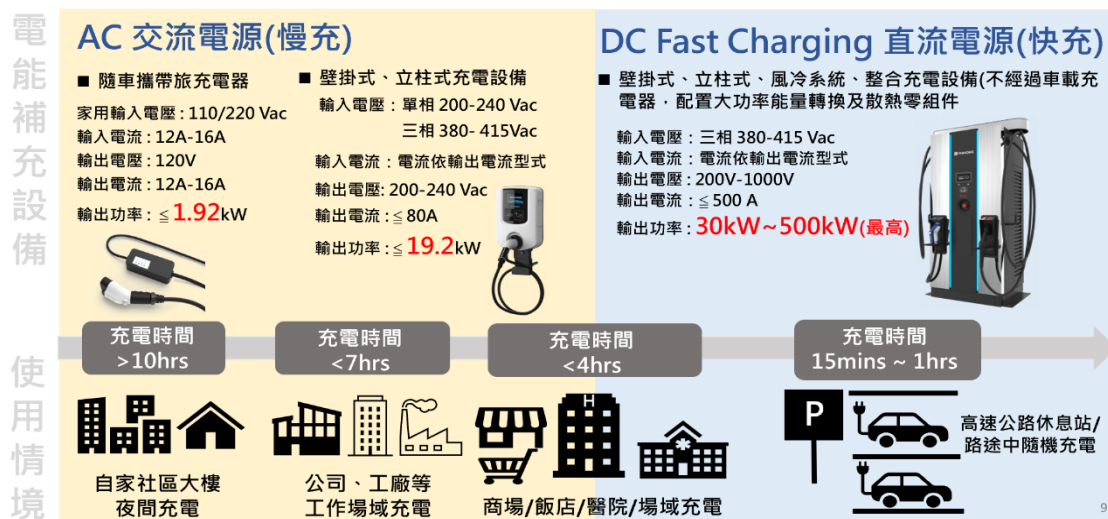
單位：元

分 類					夏 月 (6月1日至9月30日)	非夏月 (夏月以外時間)	
基 本 電 費	按 戶 計 收			每 戶 每 月	262.50		
	經 常 契 約			每 瓦 每 月	47.20	34.60	
流 動 電 費	週 一 至 週 五	尖 峰 時 間	夏 月	16:00~22:00	每 度	9.34	—
			非 夏 月	15:00~21:00		—	9.10
		離 峰 時 間	夏 月	00:00~16:00 22:00~24:00		2.29	—
			非 夏 月	00:00~15:00 21:00~24:00		—	2.18
	週六、 週日及 離峰日	離 峰 時 間	全 日	2.29		2.18	

資料來源：臺灣電力公司 (2024)

圖 5.4.9、台電電動車充換電時間電價時段

高速公路休息站或超充站需快速補電，通常選用 100 kW 以上的 DC 快充設備，如 120 kW、180 kW 或 350 kW 機型。便利商店、賣場等停留約 30 分鐘至 1 小時的場所，則選用 30~50 kW 的 DC 快充設備，提供比 AC 慢充更快速的選擇，且成本較低。圖 5.4.10 整理了充電設備與情境對應表，供建置參考。



資料來源：大電力彙整

圖 5.4.10、電動車各種充電情境

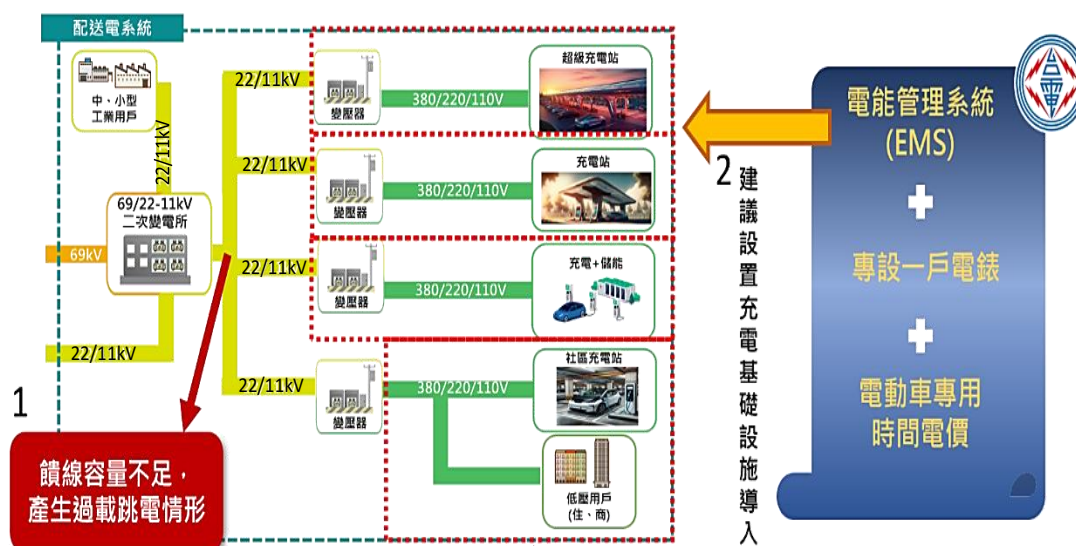
電動車充電模式受停車時間及地區特性影響，全球 AC 慢充約占 70%-80%，DC 快充占 20%-30%。歐美國家多為獨棟住宅，易安裝慢充設備並在高速公路設快充；國內多為公寓大樓，限制自裝充電設備，需依賴快充站或公共停車場。為推動普及，交通部於 2023 年 9 月公告《電動汽車充電專用停車位及設施設置管理辦法》，規定公有路外停車場電動車位達 2% 以上，民營路外停車場 1% 以上，並提供 2 年緩衝期。觀光飯店及民宿也提供慢充服務吸引車主。國內快充設施多設於高速公路休息站及商場，功率範圍 20kW 到 120kW。社區大樓內充電設施建置仍需跨部會協調，將是推動電動化的關鍵挑戰。

(二) 充電站所面臨的挑戰

儘管我國在電動車充電基礎設施建置上已努力多年，但仍面臨多重挑戰。社區慢充建置上，因用戶比例低且建設費用需共同分攤，住戶意見分歧，燃油車主不願負擔，增加設置困難。商用快充方面，土地取得困難及高建設成本是主要障礙，缺乏稅賦減抵等誘因也限制擴展。地方規劃方面，缺乏整體配電與充電需求的考量，且隨著電動車數量增長，饋線容量不足，改善需要時間。

針對電動汽車充電設備的用電申請，台電提供「電動汽車充電設備(申請用電)用戶自主檢核表」，並根據申請者提供的資料進行審核。其中，建築物新設用電需檢附使用執照，既有戶若增設充電設備則可免附此文件；若是無建築物場所的用電，則需檢附土地登記謄本、事業主管機關核准文件等相關資料進行審查。然而，對於非都市土地，如農業用地、森林地或水土保持地，因其用途限制，通常無法符合充電設施建置需求，進一步增加了設置的困難度。

展望未來，為因應電動車普及，建議在新興都市計畫或大型開發案中，應預留都市計畫區域內的二次變電站用地，以確保未來充電站的電力需求。而對於舊市區，為避免新增充電設備導致饋線容量不足並引發跳電，台電建議業者和社區住戶在設置充電基礎設施時搭配電能管理系統(EMS)，並採用電動車專用時間電價機制，透過尖離峰電價差的誘因進行用電優化。此外，台電亦建議設置專用電錶，以在有限饋線條件下最大化充電效益，確保電動車充電需求能與現有電網容量相匹配，如圖 5.4.11 所示。

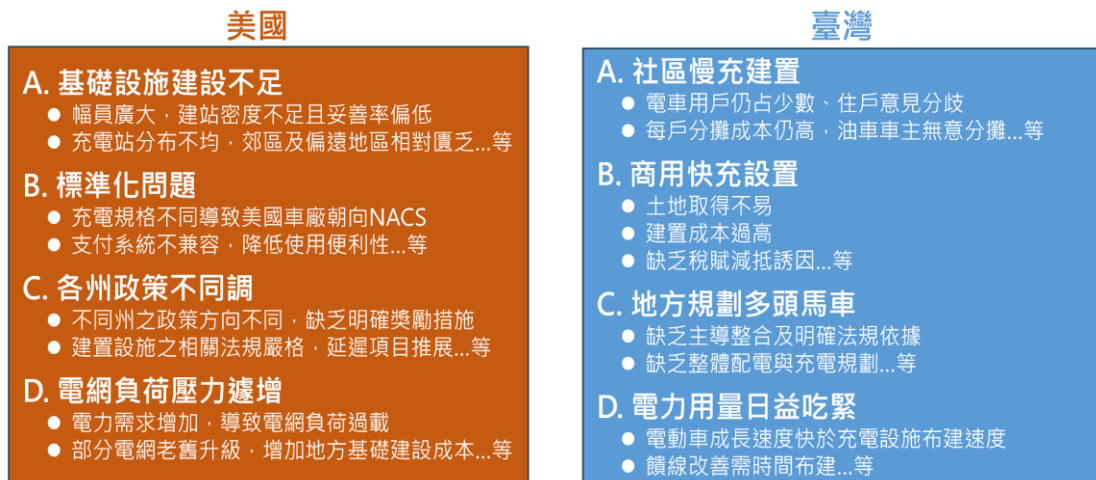


資料來源：臺灣電力公司、大電力彙整

圖 5.4.11、國內電動車充電設施建置建議事項

美國與台灣在電動車充電站建置上面臨不同挑戰，如圖 5.4.12。美國因地廣人稀，主要問題在於電網升級及土地許可；台灣則因土地資源有限和電網負荷集中，都市建站困難尤為突出。此外，美國政策推動與資金投入存在分歧，台灣則

因市場規模小而發展較慢，加上大樓住家多數無法裝設充電設備，影響民眾接受度及需求成長。兩地均需透過政策協調、資金補助支持、電力改善及提升公共認知來推動充電設施發展。



資料來源：大電力彙整

圖 5.4.12、美國與國內所面臨之挑戰比較

四、國際氫能法規與國內氫能法規比較

中油公司為國營企業，積極配合政府所提出之 2050 淨零政策與目標，尤其在十二項關鍵戰略中運具電動化及無碳化項目，建置台灣首座對公眾開放之營業加氫站。基於未雨綢繆的考量，中油公司早在經濟部公告《加氫站銷售氫燃料經營許可管理辦法》之前，已先就 LPG 加氣站既有環境及設備進行改設置為加氫站之可行性進行評估。因為現有加氣站採用之壓力等級為 1.8 MPa，遠低於目前加氫站泛用之車載容器 35 或 70 MPa 壓力，故既有設備無法沿用。但是，若使用天然氣現場重組製氫，壓縮機則還有使用的價值，惟須確認其堪用性。所以，既有 LPG 加氣站改建為加氫站，所有的現有設備必須捨棄。對於現有站體建築，則有機會保留，待實際使用場地時，依據規劃設計做調整或強化，應可繼續使用。

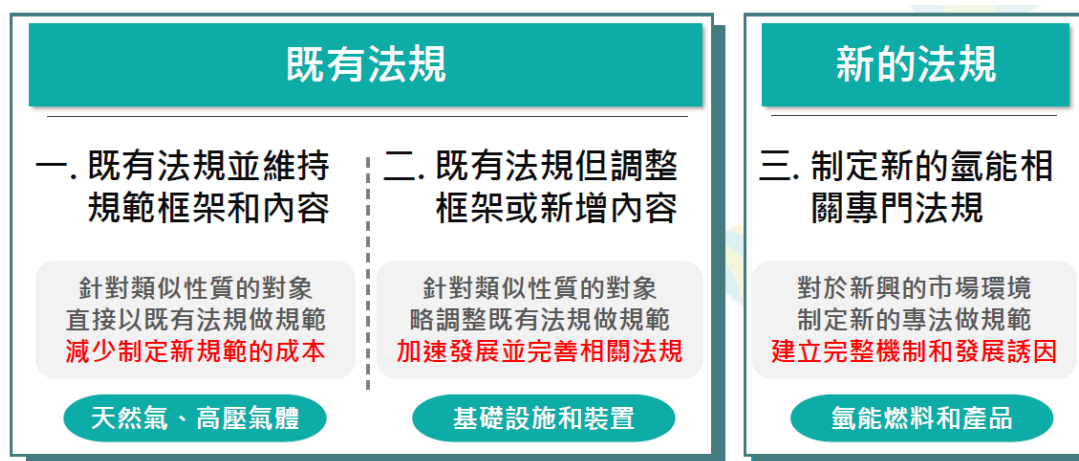
經濟部 2023 年 11 月公告《加氫站銷售氫燃料經營許可管理辦法》、《指定供氫燃料電池車輛最終使用之氫燃料為能源管理法第六條第二項非經許可不得經營銷售業務之能源產品》，前者規範加氫站設置用地、設備、申請程序、經營管理等規定，後者規範氫氣燃料銷售的業者資格。同時經能源署認定加氫站為公共服務設施，依「都市計畫法臺灣省施行細則」第 18 條第 1 項但書及同條第 2 項第 3 款(桃園市、臺中市、臺南市、高雄市之施行細則或自治條例亦同)，乙種工業區容許作其他經縣(市)政府審查核准之必要公共服務設施(加氫站)使用，這也呼應了加氫站之設置用地應符合國土計畫法、區域計畫法、都市計畫法及其他有關法令規定。

交通部 2024 年 1 月 29 日公告《氫燃料電池大客車試辦運行計畫》，補助地方政府結合客運業者試辦氫燃料電池大客車，累積營運經驗。同時 2024 年 3 月

25 日訂定《氫燃料電池大客車試辦運行計畫申請者資格及補助審查作業要點》，提供氫能大客車補助金額，以上說明加氫站推廣與其適用法規及相關運行計畫息息相關，無相關配套措施將使得加氫站建置舉步維艱。以下將就國際氫能法規與國內氫能法規進行說明與比較。

依據各國氫能發展重點與需求不同，其針對氫能的法規制定方式也不盡相同，主要可分成三大方向(如圖 5.4.13)；(1)在既有法規下維持規範框架和內容、(2)在既有法規下但調整框架或新增內容、(3)制定新的氫能相關專門法規。其中第一種是針對類似性質的對象，直接以既有法規做規範，可減少制定新規範的成本。第二種則針對類似性質的對象，略調整既有法規做規範，可加速發展並完善相關法規。第三種是對於新興的市場環境，制定新的專法做規範，以建立完整機制和發展誘因。

多數國家如英國、澳洲和日本等皆以既有天然氣和高壓氣體相關法規對氫氣的運輸、儲存和處理作規範，以安全管理為主，是在既有的法規框架下規範。另外如德國、日本和法國則調整既有能源和氣體相關法規之內容對氫能基礎設施進行規範或提供發展援助，以設施布建為主，如加氫站設置及氫能核心網路，採微調既有的法規框架內容。而韓國、日本、歐盟和美國則制定新的氫法規，對氫能產業或低碳氫建立明確定義及進行管制，並提供發展誘因，以市場管制和優惠補助為主，採制定氫能專法的路徑。



資料來源：我國氫能法制基盤建構及展望，王自雄

圖 5.4.13、國際氫能法制規範途徑

韓國政府為了布局氫能產業，2020 年制定了《促進氫能經濟與氫能安全管理法》以推動氫能經濟發展和建立氫能安全規範，並於於 2021 年 2 月開始實施，是全世界首創以專法作為推廣氫經濟及安全管理的政策工具。韓國氫能專法建立在貿易工業及能源經濟基礎上，可有系統的促進氫工業發展。明訂國家、地方和企業的相關責任及本法與高壓氣體和天然氣等相關法規的競合關係，同時建立氫能發展的基礎架構並提供氫能專門企業發展的補助優惠和稅賦、保證金減免等措施。

日本與臺灣情形類似，以日本而言，將氫氣納入《高壓氣體保安法》、《天然氣商業法》和既有相關法規做規範，同時於《一般高壓高壓氣體保安規則》增訂第 7-3、7-4、8-2 條與加氫站相關規範，明定高壓固定式與移動式加氫站設置規範，規範了加氫站的安全設施要求以及內部各設施間、加氫站本身與附近建物的安全距離。臺灣加氫站涉及法規層面如表 5.4.1，經濟部將氫燃料電池車最終使用之「氫燃料」指定為《能源管理法》業管能源，賦予氫燃料能源之角色功能，同時從安全相關規範中公共安全及勞工安全的角度，對於一定溫度和壓力條件下氫氣(或其相關設施和場所)的生產、運輸、處理和儲存進行規範，如《公共危險物品及可燃性高壓氣體製造儲存處理場所設置標準暨安全管理辦法》以及各類場所消防安全設備設置標準。在 112 年 11 月經濟部公告之《加氫站銷售氫燃料經營許可管理辦法》係針對加氫站之用地、申請、基礎設施及安全距離、營業、定期自動檢查等進行規範。

表 5.4.1、我國氫能相關法規盤點

	法規名稱	主管機關	氫能相關內容
安全管理	<ul style="list-style-type: none"> • 消防法子法：公共危險物品及可燃性高壓氣體製造儲存處理場所設置標準安全管理辦法、各類場所消防安全設備設置標準等 • 職業安全衛生法子法：職業安全衛生設施規則、危險性機械及設備安全檢查規則、高壓氣體勞工安全規則等 • 道路交通管理處罰條例子法：危險物品運送管制事項 • 車輛型式安全審驗管理辦法：氫燃料車輛整車安全防護、氫儲存系統、氫儲存系統之組件 	內政部 勞動部 交通部	<ul style="list-style-type: none"> • 分別從公共安全和勞工安全的角度，對於一定溫度和壓力條件下氫氣(或其相關設施和場所)的生產、運輸、處理和儲存，訂定安全標準規範 • 載運氫氣之車輛的安全要求 • 氫燃料車的安全審驗規範
設施布建	• 加氫站銷售氫燃料經營許可管理辦法	經濟部	• 制定加氫站之申請、經營和安全相關規範
市場管制	• 能源管理法	經濟部	• 將氫燃料指定為能源類型之一，管理其輸出入、產輸儲、銷售等業務

資料來源：我國氫能法制基盤建構及展望，王自雄

相較於美日韓氫能大國，臺灣在加氫站的相關法規及驗證規範尚未完整，需加速建立法規及驗證制度，建立臺灣自主驗證能量，同時透過民眾教育與溝通，消除社會對於加氫站安全疑慮，放寬加氫站設置地目與安全距離等限制，臺灣氫

燃料電池車與加氫站產業鏈才能逐漸形成與擴大，成為 2050 淨零碳排重要途徑。

目前全球氫能產業正處於發展初期，加氫站業務成長也出現了停滯階段，更有國外加氫站傳出關閉的消息。因此臺灣在發展加氫站產業時需有通盤考量，因應全球發展做出規劃與調整，這邊提出五點建議供政府當局參考，期望能為臺灣氫能交通運輸產業健全化做出貢獻。

- (1) **定義氫燃料電池車應用領域。**相較於乘用車而言，氫燃料電池車應用於商用範疇具有利基與優勢，尤其在遠途行駛與商用物流應用場景。未來適用於重卡等更大功率的電池堆與系統研發需早日投入研發，同時更高儲氫密度的液氫技術也需提早佈局，以因應未來產業需求。
- (2) **整合全國加氫站網路建設。**加氫站目前面臨建設成本高與低使用率的困境，設置成本與營運成本皆是痛點，需採用最有效率之規劃，相較於乘用車而言，服務商用車可將加氫站地點做最有效定點之規劃，如高速公路休息站、工業區內、港口碼頭等地，省去遍地開花之網路設置。
- (3) **提早規劃氫氣來源。**充足且便宜之氫氣來源需事先規劃，避免重蹈 2024 年美國加州因氫源不足導致加氫站關閉的事件。同期南韓也傳出由於產氫設備故障且煉鋼用氫增加的緣故，導致南韓用於交通領域的氫氣減少。
- (4) **氫能教育宣導。**社會大眾提到氫氣，仍會聯想到 1937 年興登堡號氫氣飛船燒毀、2019 年挪威加氫站爆炸以及各類瓦斯氣爆災難，以致對於加氫站安全性充滿疑慮與恐懼，因此中油公司已規劃在高雄科工館設置氫能教育展示館，透過現場展示與實際操作，希望有助消除民眾心中疑慮。
- (5) **政府政策目標明確制定。**我國交通部雖已宣示將啟動氫燃料電池大客車試辦計畫，結合中油加氫站建置，作為「氫能關鍵戰略行動」的重點措施之一，仍期盼政府對加氫站與氫燃料電池車輛訂出明確政策推動目標，引領相關業者投入產業，加速形成產業循環生態鏈，以帶動產業在地化及成本低減效益。

第五節 臺灣發展電動車及氫能車機會

一、我國電動車及氫能車產業概況

(一) 臺灣汽車市場銷售概況：

自 2013 年迄 2023 年我國小客車年平均新掛牌數量約 38.4 萬輛，以動力來源分類，銷售仍為燃油車輛(ICE)為主，然因為車輛能源使用效率及國際減碳趨勢等要求，燃油小客車自 2013 年占比由 94.93%降至 2023 年 70.24%，10 年降幅 24.69%，國際整體市場銷售情況亦有類似情況，10 年下降達 27.2%，國內外銷量比較詳下表：

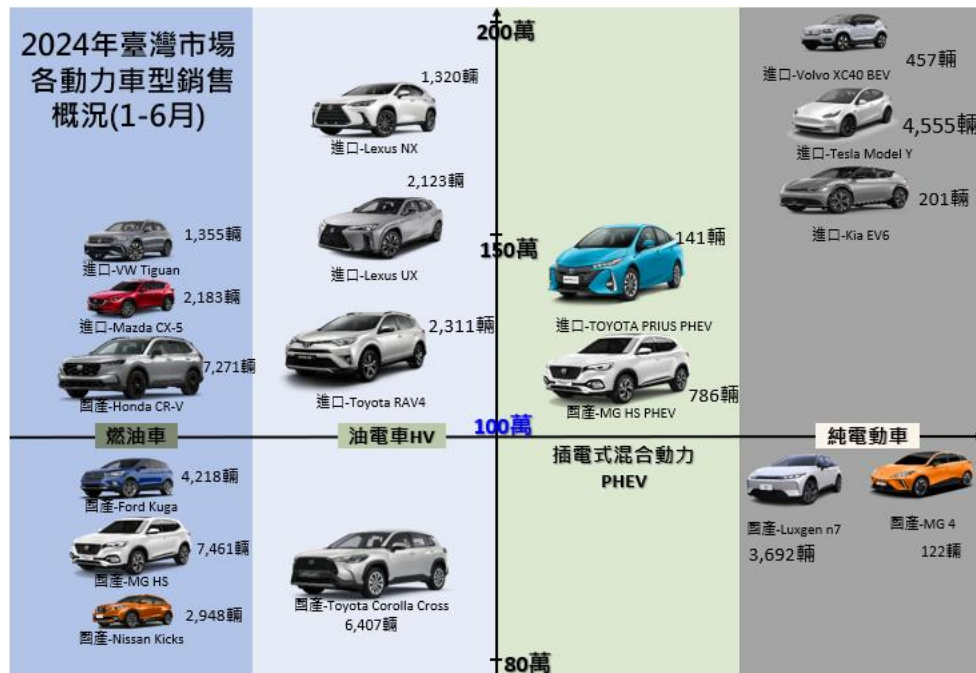
表 5.5.1、全球與臺灣 2013 年與 2023 年小客車車種(動力來源)銷量比較表

車種	全球			臺灣		
	2013 年	2023 年	差異	2013 年	2023 年	差異
ICE(燃油)  ↓	97.8%	70.60%	-27.2%	94.93%	70.24%	-24.69%
HEV(油電)  ↑	2%	12.60%	10.6%	4.50%	22.36%	17.4%
BEV/PHEV  ↑	0.20%	16.80%	16.6%	0.03%	7.02%	6.99%

註：臺灣其他動力來源(如液化石油等)未計入，故總和<100%

資料來源：Marklines、EV-Volumes (2024)，交通部統計查詢網(2024)，車輛中心整理

2024 年我國上半年度小客車銷售，ICE (燃油)已降到 7 成以下(62.5%)，HEV(油電)及 BEV/PHEV(含 EREV)持續提升，分別為 27.15% (55,979 輛)及 9.52% (19,634 輛)，各動力車型銷售概況整理如下圖。



資料來源：交通部統計查詢網、中華電信數據通信分公司、U-CAR (2024)

圖 5.5.1、2024 年 1-6 月臺灣市場各動力車型銷售概況

1. 我國電動小客車銷售概況

依據 112 年行政院核定「運具電動化及無碳化」關鍵戰略，明訂我國 2040 年新售小客車全面電動化及階段性目標(2025 年 10%、2030 年 30%)，在政策支持及車型產品選擇增加情況下，BEV 近 5 年年均成長率逾 132%。2023 年臺灣 BEV/PHEV(含 EREV)銷售 29,235 輛，排行榜第一為 Tesla Model Y(9,696 輛)，PHEV 則為中華汽車生產之 MG HS PHEV(2,312 輛)，BEV 銷售品牌均為國際品牌，前 3 大品牌為 Tesla、BMW 及 Volvo。

2024 年上半年電動小客車中 BEV 占比 92.18%(18,082 輛)，PHEV 為 7.77%(1,524 輛)，其中純電動車款市售前三大品牌分別為 Tesla、LUXGEN 及 BMW，PHEV 則以 MG、Volvo 及 Toyota 為主。我國自主品牌 LUXGEN 電動車款 n⁷，自 2023 年 10 月正式發表後，由於車型為國內外市場最受歡迎的休旅車型，加上百萬入門定價，隨即帶起話題與熱潮。2024 年 3 月下旬開始大量交車後，自 4 月起每月皆穩定交車 1 千多輛，並一度成為我國內單月交車數冠軍的電動車款，上半年累積交車數達 3,692 輛，BEV/PHEV(含 EREV)市占為 18.8%。下圖為我國 BEV 與 PHEV 銷售主要車型。



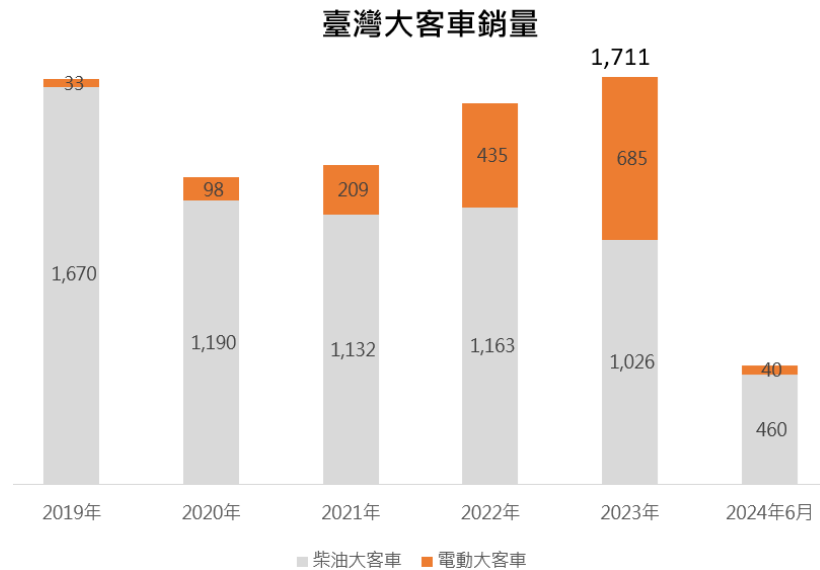
資料來源：交通部公路局統計查詢網、中華電信數據通信分公司、U-CAR (2024)

圖 5.5.2、我國 BEV 與 PHEV 小客車銷售主要車型

2. 電動商用車銷售概況

(1) 電動大客車銷售為主力

電動商用車方面，因我國「運具電動化及無碳化」關鍵戰略明訂目標「2030 年市區公車全面電動化」，且符合交通部規範車廠產品可獲得購車補助，因此銷售以電動大客車為主，2019 年起占比逐漸提高，2023 年銷售 685 輛已達 40%(685/1,711 輛)，銷售概況詳參下圖。

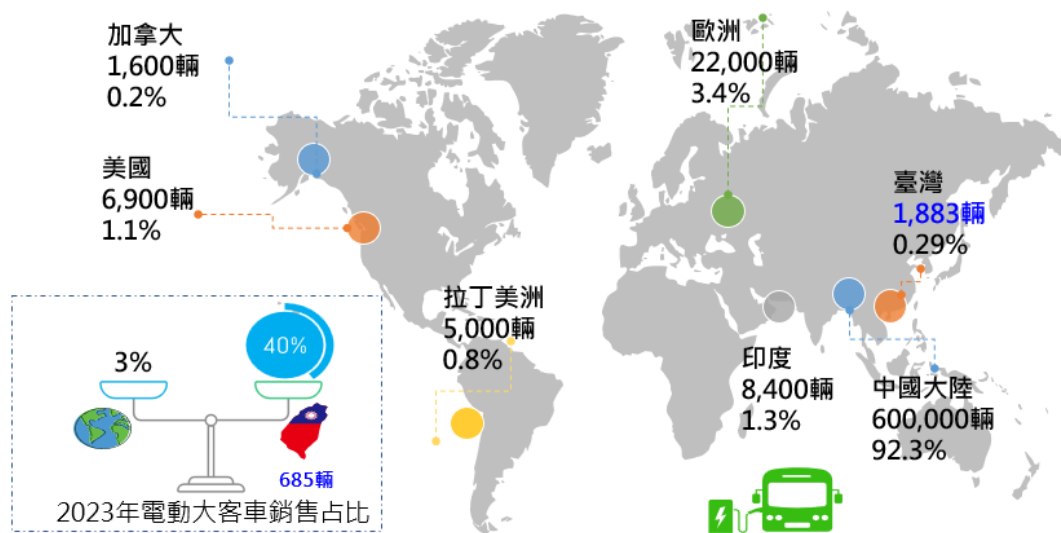


資料來源：交通部公路局統計查詢網(2024)

圖 5.5.3、我國電動大客車銷售概況

截至 2023 年底全球電動大客車保有量約 65 萬輛，我國則為 1,883 輛。2023 年全球電動大客車占大客車總銷售量約 3%，我國則達 40%。除購車補助外，政府亦推出研發補助計畫，鼓勵國內廠商參與電動大客車研發及國產化，目前我國已可提供整車(華德動能、成運汽車)、動力系統(東元電機)和電池技術(車王電)等關鍵零組件，且已逐步拓銷國際市場，如華德動能整車已外銷日本，顯見在公共運輸及產業政策帶動下，我國電動大客車發展已步上軌道。

2023年全球電動巴士總保有量約65萬輛，中國大陸占 92.3%



資料來源：IEA、E-BusRadar (2024)、交通部公路局統計查詢網 (2024)

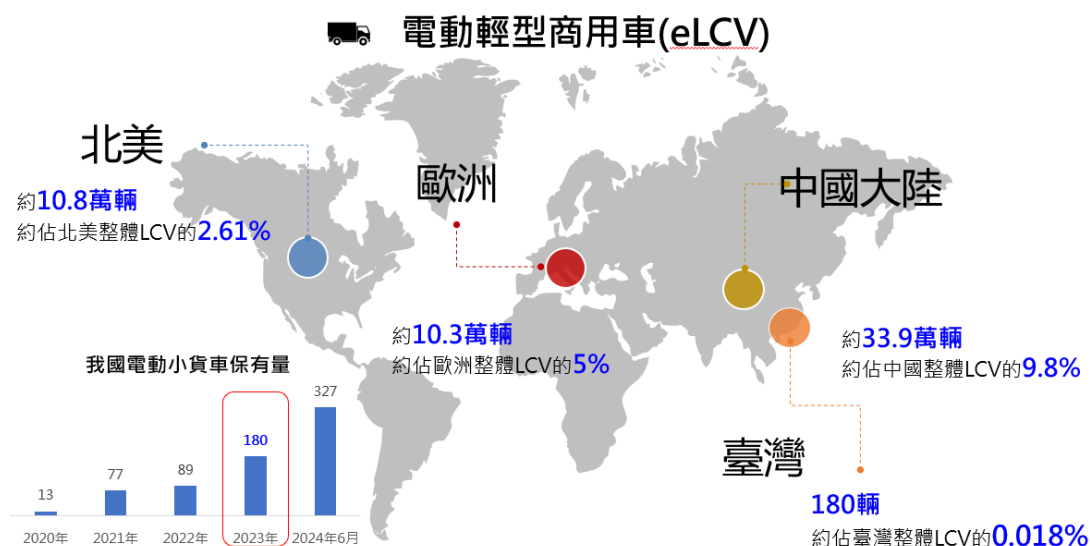
圖 5.5.4、2023 年國內外電動大客車概況

(2) 我國電動大小貨車可持續投入

電動小貨車(輕型商用車)方面，我國小貨車具備國產自製能量及銷售實績，

目前主要銷售產品為中華汽車 CMC E300，以 2023 年為例，共銷售 94 輛，整年度占比為 0.2% (94/47,001 輛)。2024 上半年度新增 146 輛，有所提升，整體占比提升至 0.69% (146/21,247 輛)。

與國際市場現況比較，截至 2023 年底我國電動小貨車保有量占比為 0.018%(180/976,720 輛)，國際市場發展步調較為快速。



資料來源：Frost & Sullivan (2024)、交通部公路局統計查詢網(2024)

圖 5.5.5、2023 年國/內外電動小貨車(電動輕型商用車)概況

電動大貨車方面，截至 2024 年 6 月，我國目前保有量僅 4 輛。2022 年 12 月方由台泥集團旗下臺灣通運倉儲股份有限公司引進瑞典 Scania 26 噸純電動大貨車，成為首部掛牌營運電動大貨車，目的為推廣綠色物流，主要原因為企業用戶減碳需求，與一般柴油大貨車相比，一年減碳量可達 52 噸。(陳映璇，2022)

相較國際電動商用車現況，美國主要銷售係以中型卡車市場(如皮卡)為主，中國大陸整車廠純電動重型商用車車款則多達約 430 款，我國在此市場區間發展具備提升空間，截至 2023 年底我國電動大貨車保有量占比為 0.0017%(3/175,537 輛)。

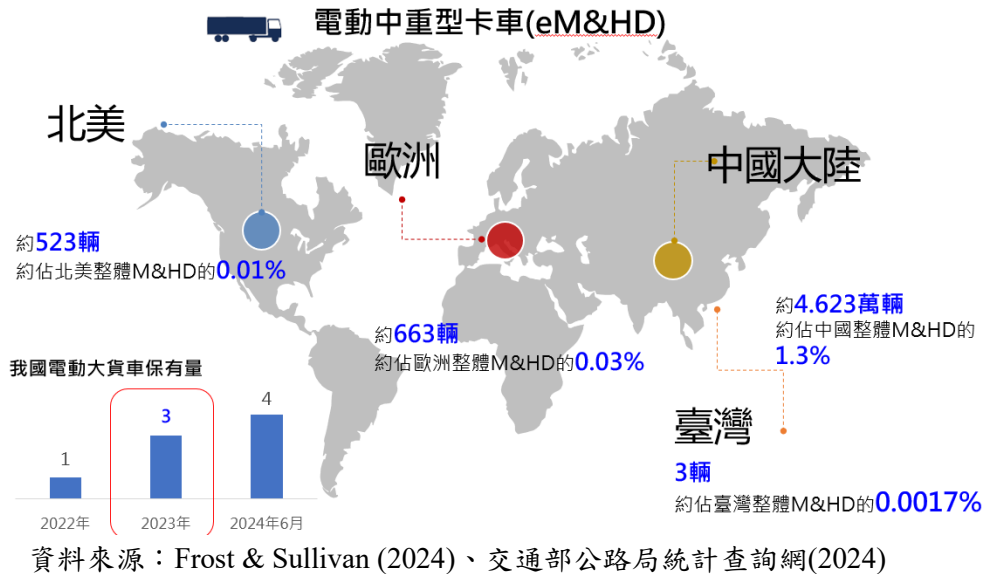


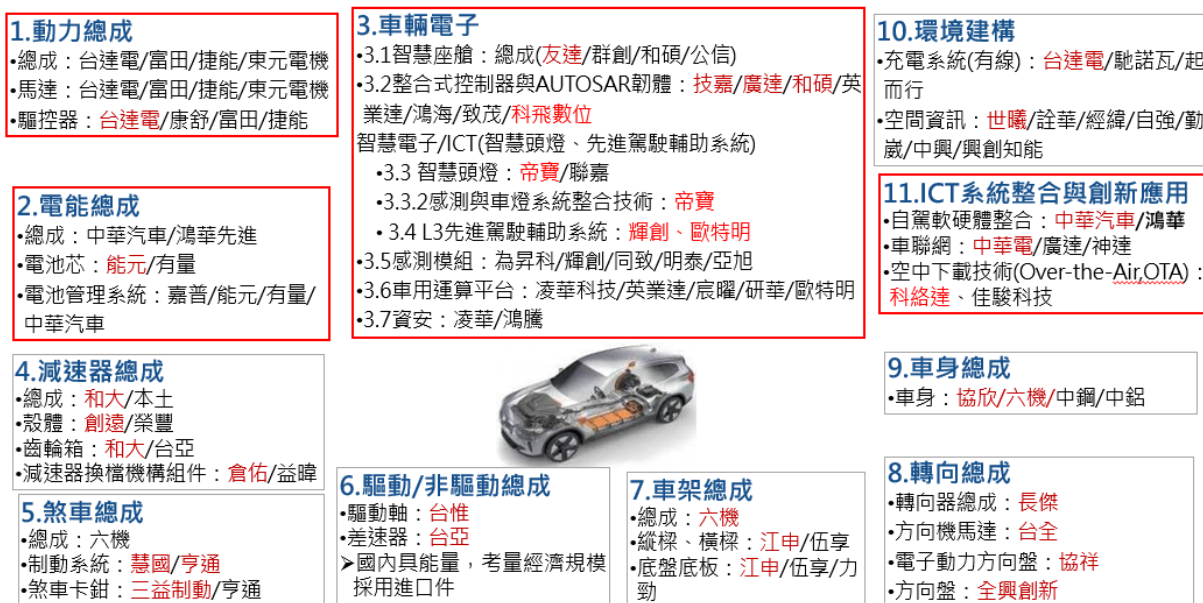
圖 5.5.6、2023 年國/內外電動大貨車(電動中重型卡車)占比

我國電動商用車因政策引導公共運輸發展優先，以電動大客車為主，電動大小貨車不論車型及銷售均具備提升空間，目前已有中華汽車 CMC E300(2.5 噸)，依據該司 2024 年 11 月 21 日法說會，預計 2025 年推出 3.5 噸純電貨卡，搭載 Level2 駕駛輔助系統，且零件供應優先選用國內供應商，包含整車控制、底盤、上下車身、智慧座艙、ADAS、電池、馬達、傳動系統和車聯網 APP 等，由士電、朋程、輝創、江申及中華台亞等台廠供應，並擁有電池、三電系統專用產線。

(二) 我國電動車產業供應鏈概況：

依據工研院產科所、車輛研究測試中心等智庫盤點我國電動車產業供應現況資料，我國電動車零組件供應鏈主要集中於車輛電子，並具備動力總成、電能總成等供應能量，因應未來 CASE(聯網化、自駕化、共享化與電動化)及 SDV(Software Defined Vehicle，軟體定義車輛)趨勢，臺灣車輛電子產值逐年攀升，2023 年達新台幣 4,095 億元，預估 2028 年突破 9,000 億(曹松清，2024)。臺灣具備電力電子元件及模組、先進駕駛安全輔助系統、車載資通訊系統等產業能量，包含技術研發、產品生產製造能力，未來可持續強化軟硬體系統整合能力。

臺灣電動車供應鏈盤點：車輛電子供應廠商占比最高



資料來源:工研院產科國際所、行政院公報、技術司網站、車輛中心整理(2024/11)

圖 5.5.7、我國電動車供應鏈盤點

(三)我國氫能車市場與供應鏈概況

1. 我國已引進少量氫能車

2023 年我國工業氣體領導廠聯華林德與和泰汽車合作引進 Toyota 氫能小客車 MIRAI，並導入 TOYOTA CAETANO 氫燃料電池巴士 H2 City Gold。然截至 2024 年 10 月，依據交通部統計查詢網，我國目前尚無氫能車輛正式掛牌車輛。

國際方面在各國政策扶持下，車廠陸續推出燃料電池大客車和中重型商用車車型。大客車方面，中國大陸北汽福田最早推出產品、日本 Toyota 推出 Sora 燃料電巴，並與葡萄牙 CAETANO 合作進軍歐洲；戴姆勒 2023 年推出 eCitaro 氫能巴士。韓國 Hyundai 推出 ElecCity 應對國內淨零政策。歐洲市場以 Solaris、Van Hool 及 Wrightbus 等推出燃料電池大客車。中重型商用車方面，韓國現代 Xcient(>15 噸)進入國內外市場，包括瑞士、英國、挪威等地。美國新創公司 Nikola 推出 TRE (>15 噸)產品。

2. 氫能車輛供應鏈概況：

臺灣氫燃料電池車推動處於發展初期，產業現況主要集中在引進國外車輛測試及開發關鍵零組件，並希冀政府加速引進及提升車輛驗證能量。目前依據 2024 年 11 月 21 日台灣氫能與燃料電池夥伴聯盟舉辦之「氫能與燃料電池夥伴聯盟第 49 次大會」簡報資料，我國氫能載具相關供應鏈已初步成形，擬持續配合技術發展情形與政策方向推動，綜整供應鏈概況如下：

國內氫燃料電池載具供應鏈發展概況



資料來源：台灣氫能與燃料電池夥伴聯盟「氫能與燃料電池夥伴聯盟第 49 次大會」簡報(2024)

圖 5.5.8、我國氫燃料電池載具供應鏈概況

二、電動車及氫能車發展趨勢與我國機會

(一) 電動車發展趨勢與我國機會

綜整前述國內外電動車市場、政策、技術、安全法規、驗證能量及基礎設施方面進行趨勢比較，並提出我國發展潛在機會：

1. 市場：

- (1) 趨勢：國內電動車市場預期將持續成長，我國電動大客車已成主流，2023 年於大客車銷售市占 40%(685 輛)；2024 年上半年度，電動小客車納智捷 n⁷，於 BEV/PHEV(含 EREV)市占達 18.8%(3,692 輛)，排名僅次 Tesla Model Y(4,555 輛)。國內外市場比較詳參下表：

表 5.5.2、國內外電動車發展趨勢-市場

	國際	國內
市場	1. 2023 年電動小客車市銷售占比逾 16% (1,418 萬輛)；2024 年上半年，全球電動車銷量達 736 萬輛，年增率 21.9%，預期再創新高 2. 商用車：2023 年大客車	1. 電動小客車銷量逐年提升，2023 年市占 7.02%(29,235 輛)；2024 年上半年市占 9.52%(19,634 輛)，且有自主品牌納智捷推出 n ⁷ 電動休旅車(3,692 輛) 2. 商用車：2023 年電動大客車

	國際	國內
	<p>全球新售市占 3%(約 5 萬輛);輕型商用車(LCV)保有量已達 2.61%(北美)、9.8%(中國大陸);中重型商用車新售約 4.8 萬輛</p> <p>3. 淨零減碳與 CASE 趨勢下，電動大小客車數量預計持續增長，中國大陸及美國及歐洲加大電動商用車發展力道</p>	<p>占大客車整體銷售 40%已成主流</p> <p>3. 電動大小客車因政策支持預期將持續成長，因應綠色物流，預期電動商用車需求將增加</p>

(2) 我國機會：

小客車已有自製品牌產品(納智捷 n⁷)，且 2024 年上半年度 BEV 市占僅次於特斯拉，未來 2030 年公務車電動化可視為短期發展機會；商用車電動大客車可自製且已形成自主產業鏈，整車(華德動能、成運汽車等)及關鍵組件，如東元電機(馬達)、電池組(車王電)、和碩(智慧座艙)等具自主能量；大小貨車具備提升空間，電動小貨車已有自主產品，因應淨零碳排需求及國際客戶要求，加上碳稅實施，預期可成為我國整車及關鍵零組件投入機會。另依據交通部資料，截至 2024 年 6 月我國大貨車保有量約 17.6 萬，小貨車約 97.9 萬輛，且其中車齡 10 年以上小貨車占比 59.7%，大貨車則為 54.5%；車齡 25 年以上小貨車占比 17.6%，大貨車則為 22.6%(交通部公路局統計查詢網，2024，如下圖)，因應碳稅及淨零碳排，推估汰換率將因應綠色運輸需求將持續增加。

臺灣大小貨車超過一半車齡≥10年

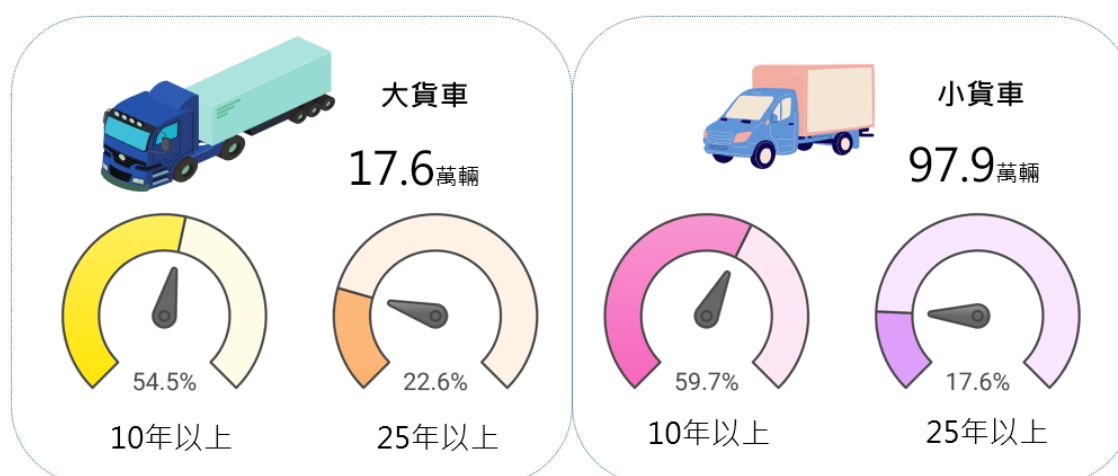


圖 5.5.9、臺灣貨車車齡概況(至 2024/6)

2. 政策(含稅賦)：

- (1) 趨勢：政策上，我國已明定 2030 年市區公車及公務車、2040 年新售小客車全面電動化目標。補助上，多國朝調整或分級補助，我國無直接提供電動車補助，主要提供稅賦減免。稅賦上，國際主要國家車輛總稅費皆呈現逐年上漲趨勢，我國 BEV 總稅費與其他國家比較偏低且長期維持穩定。詳參下表：

表 5.5.3、國內外電動車(BEV)發展趨勢-政策(含稅賦)

	國際	國內
政策(含稅賦)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 政策目標：訂立電動化時間表，如中國大陸 2035 年新售 1/2 以上、歐盟 2035 年禁售燃油車等 2. 補助：小客車私人購車補助調整，如德國、英國及美國等；增設補助條款，依據性能、普及貢獻(充電基礎設施、維修)，如日韓。 3. 稅賦：減少 BEV 稅賦優惠且同步調升燃油車稅賦 <ol style="list-style-type: none"> (1) 購置：稅費優惠相繼取消(挪威、英國 2025)、增稅(美國加州) (2) 持有：BEV 重量稅(挪威、泰國)、運輸改善費(美國加州)等。高污染車輛加重課稅，以排放物質(如 CO₂、CO、NOX)與排放量為稅基徵稅(美國、挪威、日本及泰國) (3) 使用：擁擠稅(英國、挪威) (4) 車輛總稅費：ICE 逐年上漲(英、美、日、挪威及新加坡)。BEV 逐年上漲(中、英、日、挪威及新加坡) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 政策目標：小客車 2025 年新售 10%，2030 年 30%，2040 全面電動化；大客車及公務車 2030 年全電化 2. 補助：大客車公共運輸購車，整車/關鍵零組件研發 3. 稅賦：長期減免降購車負擔 <ol style="list-style-type: none"> (1) 購置：小客車貨物稅部份減免(2011 年至 2025 年底) (2) 持有：牌照稅減免(2012 年至 2025 年底) (3) 使用：無 (4) 車輛總稅費：ICE 穩定、BEV 相較國際偏低

(2) 我國機會：

我國電動車政策目標明確，小客車我國 2025 年新售占比 10%，2030 年目標 30%，2024 年上半年度 BEV 新售占比為 9.52%，尚具備提升空間。此外我國政策力道有望持續延續，透過貨物稅及牌照稅減免拉近與燃油車輛車價差距，短期可結合公務車電動化目標，以政策驅動市場及產業發展以具自主能量之電動小客車、小貨車，如以電動大客車推動為例，我國藉由公共運輸購車有條件補助，引領廠商自主在地研發整車及十項關鍵零組件，包含馬達、電池組及智慧化系統等必須在地自主開發生產，並提供研發補助資源協助廠商投入，現已形成完善供應鏈且具廠商整車三電系統出口國際之實績，如華德動能預計 2024 年底在日本上路營運數量可望超過 60 輛。

3. 技術：

(1) 趨勢：

表 5.5.4、國內外電動車發展趨勢-技術

	國際	國內
技術	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主要結構包含馬達動力、電池、車輛電力控制、充電、車身 5 大系統，朝發展高電壓 800V 車輛 (Porsche)，以及平台動力底盤模組化(VW MEB) 2. 動力系統：永磁馬達 (PM) 為主流，朝發展減少或無稀土磁石馬達，及發展多系統整合(馬達、驅控及減速器等)動力 3. 能效：美國能源部測試約 0.17~0.25 kWh/km。BEV 能源轉換效率約 70% 4. 電池：LFP 與 NMC 為主，趨勢朝應用新材料提升能量密度與補充速度 (4C~6C)，且朝固態電池發展 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 整車：已具備整車開發能量，包含電動大小客車、小貨車。 2. 動力系統：已具備馬達供應能量，包含致茂、東元、捷能動力，及富田電機等。 關鍵組件方面：中鋼 2024 年發表自黏塗膜電磁鋼新品(馬達材料)；鴻海與英飛凌合作研製電驅逆變器碳化矽模組；富田展出 800V 高壓 6 層及 8 層 Hairpin 高功率扁線定子 3. 能效：臺灣上市車輛能耗測試約 0.14~0.18 kWh/km 4. 電池：臺灣動力電池生產年產能約 7.43 GWh，包括能元科技、鴻海集團、格斯科技、輝能科技及台塑集團等業者投入

(2) 機會：

北科大車輛系所陳志鏗系主任認為長期來說電池技術提升，如固態電池，安全及能量密度提高會改變 BEV 的生態。我國具備整車及關鍵零組件能力，且已有車身線控(科飛數位)、動力系統(東元電機、富田電機)、ADAS 產品(為昇科、歐特明等)供應實績，且 ICT 廠商包含廣達、英業達、友達及鴻海等積極投入發展，相信在車輛 CASE 趨勢下，我國可占有一席之地。

此外，UNECE(聯合國歐洲經濟委員會)已發布 L3 自駕車國際規範，包含 UN R155(網路安全及網路安全管理系統)、UN R156(軟體更新及軟體更新管理系統)、UN R157(自動車道維持系統)，適用簽署成員國包含歐盟成員國、英國、日本等 54 國。因應地緣政治衝突日益嚴重，美國已提案禁止中國大陸聯網車輛，在去紅供應鏈浪潮下，我國業者注重智慧財產權與資安議題，有助切入國內外市場。

4. 安全法規與驗證能量：

(1) 趨勢

車輛法規為汽車產品安全上路保證，驗證能量則為實現汽車測試與證明符合法規實驗平台，兩者為協助車輛安全上路不可或缺基礎。我國電動車法規已參考 UNECE 法規調和制定車輛安全檢測基準，並建置相對應檢測能量，未來國內外車輛法規與驗證能量將持續依據自駕化、智慧化及聯網化趨勢，也是車輛 CASE 趨勢持續精進發展，趨勢比較如下表：

表 5.5.5、國內外電動車發展趨勢-安全法規與驗證能量

	國際	國內
安全法規	<ol style="list-style-type: none"> 1. 車輛安全認證分為聯合國 UNECE「型式認證」及美國 FMVSS「自我認證」，國際多數國家主要採用 ECE 認證制度 2. 聯合國歐洲經濟委員會 (UNECE) 已制定安全性能法規，包含 UN R100 電動汽車之電氣安全、R10 電磁相容性等 3. 持續修訂駕駛輔助功能、資訊安全及自駕功能法規 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 我國參考 UNECE 法規調和制定車輛安全檢測基準 2. 電動汽車除符合一般車輛安全法規外，尚需符合「五十六、電磁相容性」、「六十四、電動汽車之電氣安全」等 3. UN R155/R156 網路安全、軟體更新預計 2028 年實施 4. 車輛安全法規隨著車輛科技發展與時俱進，我國亦持續關注國際法規動態適時調合導入

	國際	國內
驗證能量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 對應法規要求，國際知名檢測機構如 SGS、德國萊因 TÜV，可檢測 <ol style="list-style-type: none"> (1) R100 電動汽車電氣安全 (2) R10 電磁相容性等 2. 各國驗證單位依據產業及法規演進持續強化 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 我國檢測機構因應法規已可提供相關驗證服務，如 ARTC、冠昇驗證等可檢測(列舉)： <ol style="list-style-type: none"> (1) 「五十六、電磁相容性」：電磁干擾、電磁耐受測試等 (2) 「六十四、電動汽車之電氣安全」：概分為觸電保護、功能安全及可充式能量儲存系統(REESS，須符合熱衝擊及循環防護、耐火性、過度充電保護等 9 項測試以確保電池安全性) 2. 近年電池安全備受矚目，我國暉誠國際驗證股份有限公司具備可執行 REESS 測試能量，另我國已於苗栗銅鑼科學園區建置驗證能量可執行 ECE R100.02 檢測 3. 檢測機構依政策推動及產業發展需求進而建置相關驗證能量

(2) 機會：

我國具備電動車整車及關鍵零組件能量，擁有充足驗證能量之驗證機構可協助我國廠商進入國內外電動車供應鏈。例如因應全球電動車技術發展高壓 800V 整車平台趨勢，高壓電力系統安全成為重要課題，我國驗證單位車輛研究測試中心已取得美國 GM 與 Ford 高壓 EV 領域雙認可實驗室，可協助臺灣廠商更直接迅速且高效取得國際車廠認證管道，並因應政策與產業需求持續發展電動車、車輛電子、自駕車以及 ADAS 系統相關驗證能量。未來我國法規政策主導機關，可持續關注國際車輛法規發展與產業需求，持續強化與落實相關驗證能量，俾利協助國內廠商有效掌握車輛淨零轉型商機。

5. 基礎設施

(1) 趨勢：

國內外均設定車樁比目標，我國 2030 年公共車樁比朝慢充 15:1、快充 130:1 規劃，現行公共車樁比為 34:1，近年國際充電樁補助措施退場，我國無單獨針對小客車提供充電樁補助，技術上我國充電設備商台達電及馳諾瓦已供應歐美 DC 直流充電樁，且已開發 MCS 百萬瓦等級(Megawatt Charging System)高功率產品，國內外充電基礎設施趨勢比較請參考下表：

表 5.5.6、國內外電動車發展趨勢-市場

	國際	國內
基礎設施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 政策：多國訂定具體目標，美國 2030 年超過 50 萬座、歐洲每 60 公里須安裝≥ 150 kW 快充站等，多國政府朝使用環境困境進行跨部會協調並修訂相關法令 2. 發展概況：截至 2023 年底 260 萬 AC 槍、140 萬 DC 槍，國際車與公共充電槍比 10:1，韓國車槍比為 2:1，充電便利性領先全球 3. 法規：國際電工委員會(IEC)已制定 IEC 61851(充電系統)、IEC 62196(插頭與插座) 等多項標準 4. 技術：發展 MCS 充電系統，以因應未來大型運輸載具快速充電 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 政策：2025 年目標 6,000 槍慢充和 500 槍快充設施，持續優化使用環境，優先於公共停車場及運輸節點設置，2030 年公共車樁比朝慢充 15:1、快充 130:1 規劃 2. 發展概況：截至 2024 年 6 月累計達 9,564 槍(7,328 AC 槍慢充、2,236 DC 槍)，車與公共充電槍比為 34:1 3. 法規：標檢局依 IEC 調和為 CNS 國家標準，2022 年實施充電設備自願性產品驗證，並於 2023 年納入資安要求 4. 技術：台達電與馳諾瓦已開發 DC 快充及 MCS 高功率產品，其中台達電北美提供 350kW、歐洲 400kW 等級產品，刻正開發下一代 MCS 500kW，目標商用電動車高功率快充

(2) 機會：

充壩技術服務公司王建文總經理表示臺灣市場規模較小，國際市場中國大陸

產品低價競爭，如果能促進整車廠商合作，將車輛、充電樁產品和充電站營運管理整體方案，凝聚我國業者強項將更具國際競爭力。

我國已具備充電設備供應鏈，如台達電、馳諾瓦於 AC、DC 樁已有外銷歐美實績，且充電樁需聯網符合資訊安全要求，預期在國際去紅供應鏈浪潮下，將具備突圍機會。

(二) 氫能車發展趨勢與我國機會：

綜整前述國內外氫能車市場、政策、技術、安全法規、驗證能量及基礎設施方面進行趨勢比較，並提出我國發展潛在機會：

1. 市場：

(1) 趨勢：

相較國際我國目前氫能車尚未正式上路營運，且 2024 年上半年國際氫能車市場衰退。

表 5.5.7、國內外氫能車發展趨勢-市場

	國際	國內
市場	<p>1. 銷售：2023 年銷量為 16,413 輛，較 2022 年減少 20.7%。2024 年上半年全球銷量 5,621 輛，較 2023 年同期衰退 34.1%</p> <p>2. 產業：燃料電池小客車以日本 Toyota 及韓國 Hyundai 產品為主；大客車和中重型商用車逐漸成長，Hyundai 推出大客車與重型商車、中國大陸宇通及超過 30 家新創企業積極投入</p>	<p>1. 銷售已有廠商引進氫燃料電池大小客車試運行，惟尚未正式掛牌，市場尚待發展</p> <p>2. 產業：目前主要為定置型燃料電池，如氫豐、中興電工等，且已有國內車廠投入 12 米燃料電池電動巴士打造作業，逐步形成載具供應鏈</p>

(2) 機會：

目前國際氫能車市場趨緩，2023 年減 20.7%及 2024 年上半年減少 34.1%。和泰汽車商用車彭部長表示從使用者角度來看，企業物流業者(巴士和貨車)、科學園區廠商對零碳排車輛有迫切需求，例如台積電晶圓運送需要使用電動車，然而電動小型貨車(8 噸)載重小於 1 噸半，且可行駛距離僅有 100 至 150 公里。我國目前預計運用氫燃料電池大客車試運行計畫引領產業投入發展，累積營運經驗，包含氫氣運儲、基礎設施(加氫站)使用等，逐步構築使用環境，探詢商轉機會與可能性。另外如同前述我國電動車機會，我國現有大貨車車齡 10 年以上超

過 50%，氫能車較電動車更適合商用車載重服務，亦是氫燃料電池車未來發展機會之一。

2. 政策：

(1) 趨勢：

國際推動係以能源政策建立生態系方式推動，概分為氫氣生產、製造、儲存與應用，載具屬應用中一環，可分為車用產品面(研發技術支持)、環境面建立(運送、加氫) 與使用運行支持(商用車、車隊)(減稅或補助)。

表 5.5.8、國內外氫能車發展趨勢-政策

	國際	國內
政策	<p>配合國家能源政策(日、韓、德、英、美、中)、聚焦商用車發展(日、德、英、法、中)、加氫站建置(日、韓、德、英、中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 中國大陸：目標 2025 年氫燃料電池車保有量約 5 萬輛，重型貨車(>31 噸)補助較高 (2023 年人民幣 37.8 萬人民幣)，並設定補助技術指標 2. 日本：補助購置新車，同電動車分級補助方式，評比使用環境貢獻(充電設施、維修體系與人才)等，並推出貨車示範計畫。 3. 韓國：發展乘用車為主，推動氫燃料電池車零件 100%國產化，期使氫燃料電池車價格於 2025 年可降至約 4,000 萬韓圓，以及推動加氫站建置為主 	<p>依據臺灣 2050 淨零轉型「氫能」關鍵戰略行動計畫(核定本)，發展策略分為布局氫氣來源、基礎設施與氫氣應用等三大面向，載具為應用其中一環，我國交通部規劃「氫燃料電池大客車試辦運行計畫」，補助地方政府及客運業者，引領我國產業投入相關領域發展，並累積營運經驗，包含氫氣運儲、基礎設施(加氫站)使用等，目標逐步構築使用環境</p>

(2) 機會：

載具方面目前我國交通部已規劃「氫燃料電池大客車示範運行計畫」，試辦運行路線以市區公車為優先，得擴大為國道客運，預計 3 案計 15 輛氫燃料電池大客車，補助最高甲類大客車 1,310 萬元，並規劃政策適時扶持國產化產業鏈，研發國產氫燃料電池大客車，協助我國有志投入氫燃料電池車廠商投入，補助規劃如下圖：

表 5.5.9、氫燃料電池大客車示範運行補助規劃

類別	甲類 (軸距>4米)	乙類 (軸距<4米)	說明
購車補助上限	1,000	800	車價49%
營運補助	160	160	分四年
自駕化加碼補助 (符合分年項目)	150	150	2023年：修正轉向功能(CSF) 2024年：+自動轉向控制B1(ACSF B1) 2025年：+緊急轉向功能(ESF) 2026年：+自動轉向控制 C類(ACSF C) 2027年：+自動車道維持輔助功能(ALKS)
總計	1,310	1,100	單位:萬元(NTD)
備註	1. CSF修正轉向功能 (Corrective Steering Function, CSF) 2. ACSF自動控制轉向功能 (Automatically commanded steering function, ACSF) B1類：藉由影響車輛之側向移動，輔助駕駛者維持車輛行駛於其所選定車道之功能。 C類：駕駛者啟始/致動後，於駕駛者指令下執行單一側向操控（如：變換車道）之輔助功能。 3. ESF緊急轉向功能 (Emergency Steering Function, ESF) 4. ALKS自動車道維持輔助功能(Automated Lane Keeping System, ALKS)		

此外，訪談北科大陳志鏗系主任，認為 2025 年碳稅機制上路，考量稅制及成本，氫能車將有機會進入市場。

3. 技術

(1) 趨勢：

表 5.5.10、國內外氫能車發展趨勢-技術

	國際	國內
技術	1. 關鍵系統：氫氣供應系統、氫能燃料電池系統、DC/DC 轉換器、驅動模組、輔助電力系統、車輛電力控制系統與車身，質子交換膜型燃料電池 (PEMFC)，廣泛應用於車輛載具 2. 能源效率：FCEV 轉換效率約 50%；另引用美國能源部數據。TOYOTA Mirai 與 Hyundai Nexo 分別換算約 0.28~0.32 kWh/km 與 0.37 kWh/km 3. 車用燃料電池系統包含電堆、氫氣、空氣及冷卻次系統。趨勢在提升燃料電池功率密度，如 Mirai 2 代燃料電池功率密度由 1.4kW/L 提升	1. 我國已有定置型燃料電池供應鏈，，如氫豐、中興電工等，且已有氫谷動能打造 12 米長燃料電池電動巴士 2. 我國氫能載具供應鏈已初步形成(圖 5.5.8、我國氫燃料電池載具供應鏈概況)

	至 3.1kW/L。 4. 儲氫系統以材料選用朝低成本、輕量化發展，如日本製鐵發展出 2 種不銹鋼材料來取代 316 L；內膽材料開發目標降低 Type IV 內膽材料氫滲透率，藉此降低內膽的厚度，甚至是往 Type V 無內膽氣瓶技術發展	
--	---	--

(2) 機會：

因應國際氫能商用車需求機會，國內定置型燃料電池開發廠商包括氫豐和中興電工等，廠商可轉型提供車載氫能動力供應方案。氫豐已與華德動能合作，規劃以燃料電池提升電動大客車續航里程。此外，發展氫燃料電池與鋰電池相比，燃料電池供應鏈較不易受到國際地緣政治干擾，有助確保國家能源安全。

4. 安全法規與驗證能量

(1) 趨勢：

國內外氫能車均已訂定相關安全法規，針對氫燃料車輛驗證能量，我國尚待產業需求結合政策合作完善，詳參下表。

表 5.5.11、國內外氫能車發展趨勢-安全法規與驗證能量

	國際	國內
安全法規	須符合電動車相關法規，如 ECE R100 之外，另外需符合 UNECE R134 氫燃料車輛整車安全防護、氫儲存系統、氫儲存系統組件	2017 年公告氫能車輛安全法規，依據國際法規調和制定「八十一、氫燃料車輛整車安全防護」、「八十二、氫儲存系統」、「八十三、氫儲存系統組件」
驗證能量	以聯合國 WP.29 1958 協定指定 UNECE 技術服務機構，歐洲如 SGS-TÜV Saar GmbH、TÜV SÜD Auto Service GmbH 等、日本則為 Automobile Type Approval Test Division National Traffic Safety and Environment Laboratory	氫燃料車輛於國內尚無完整對應「八十一、氫燃料車輛整車安全防護」、「八十二、氫儲存系統」、「八十三、氫儲存系統組件」之檢測機構，依政策推動及產業發展需求進而建置相關驗證能量

(2) 機會：

目前我國尚未有氫燃料電池車產品，然而國際方面，車廠如 Toyota 及 Hyundai

已發展氫燃料電池大小客車及商用車產品；政策上，我國、德國、日本及中國大陸均有政策支持，優先瞄準國內外市場商用車潛在機會。電動車與氫能車最主要差異在於動力來源，亦需要電控、馬達、鋰電池及智慧化系統，我國擁有完整的 ICT 製造業技術、車用電子、智慧化聯網、ADAS 產品經驗，以及發展中之氫能與燃料電池供應鏈，我國安全法規與驗證單位可持續觀察國際發展情況，並與政府、產業持續交流，持續探詢氫能載具產業機會。

5. 基礎設施

(1) 趨勢

表 5.5.12、國內外氫能車發展趨勢-基礎設施

	國際	國內
基礎設施	<ol style="list-style-type: none">1. 加氫站標準以國際標準組織(ISO)、美國自動車工程師協會(SAE)等為主2. 2023 年共 921 座加氫站，2023 年歐洲新增加氫站 92%可為重型車輛加氫	<ol style="list-style-type: none">1. 2023 年 11 月經濟部能源署公告《加氫站銷售氫燃料經營許可管理辦法》2. 我國近期正努力建置首座加氫站

(2) 機會

目前首座正式商轉營運加氫站努力推動中，經濟部能源署去年(2023)11 月公告《加氫站銷售氫燃料經營許可管理辦法》，產業方面聯華林德已有國際設置經驗，依據座談會聯華林德許總監說明，德國林德已有 230 座加氫站設置經驗，約占全球 25%，在管理與建置經驗均齊備情況下，須先進行良好社會溝通，減少民眾疑慮，方具備後續推動機會。

三、小結：

(一) 國內外電動車及氫能車趨勢概況：

1. **政策：**國際電動車政策補助增設條件，依據性能、減碳貢獻度等(日韓)，我國則提供貨物稅及牌照稅減免；氫能車國際優先發展商用及重型車輛，我國推動氫燃料電池大客車試運行計畫。
2. **市場：**國內外電動車銷售均已步上軌道，2023 年國際新售比逾 16%，臺灣 7.02%，預期 2024 年市售比將持續增加；氫能車國際發展中，2023 年銷售約 1.64 萬輛，相較電動車仍處發展初期，我國則已引進氫燃料電池大小客車，刻正進行掛牌上路程序，測試臺灣市場接受程度。

3. **技術**：國際車廠如 Toyota 及 Hyundai 推出 BEV 與 FCEV 產品，我國具完整電動車供應鏈及整車實績(電動大小客車、小貨車)，加上 ICT 資通訊產業優勢可因應車輛產業聯網化、自駕化、共享化與電動化趨勢。
4. **法規**：國際多採用聯合國 UNECE「型式認證」，我國電動車與氫能車已與國際法規調和制定，電動車需符合「五十六、電磁相容性」及「六十四、電動汽車之電氣安全」等車輛安全法規；2017 年我國公告氫能車輛安規，依據國際法規調和制定「八十一、氫燃料車輛整車安全防護」、「八十二、氫儲存系統」、「八十三、氫儲存系統組件」等。
5. **驗證能量**：我國電動車車輛法規驗證能量已有檢測機構對應相關法規之建置及執行能力，包含電磁相容性及電氣安全等；氫能車輛驗證能量國際機構如歐洲 SGS-TÜV Saar GmbH 等已具備相關能量，我國檢測機構將依政策推動及產業發展之需進而建置相關驗證能量。
6. **基礎設施**：充電站方面，截至 2023 年底國際共 260 萬 AC 槍、140 萬 DC 槍，國際車與公共充電槍比 10:1。依據我國交通部資料，2024 年 6 月累計達 9,564 槍(7,328 AC 槍慢充、2,236 DC 槍)，車與公共充電槍比為 34:1，在政策推動與電動車增長情況下預期將持續成長。加氫站方面，2023 年底國際共 921 座，我國預計最快 2024 年底建置首座加氫站。

(二) 我國電動車發展機會與氫能車機會：

1. **電動車**：整車方面，電動小客車我國已有自有產品，短期可先配合公務車全面電動化，持續提升整車及關鍵零組件整合能量及產品競爭力，長期運用我國 ICT 資通訊產業能量創造功能性差異化。商用車方面，國際電動化趨勢逐漸明朗，我國電動大客車市場因公共運輸市場、明確目標與推動政策已步入軌道，可維持力道投入加速整車「以大帶小」步入國際市場。我國已有電動小貨車產品，政府可順應趨勢加大研發資源挹注，協助產業發展相關產品。
2. **氫能車**：因具備載重優勢，各國優先朝商用車發展，我國示範運行亦規劃從氫燃料電池大客車著手，目標探詢可行商業模式及我國可切入之相關零組件。技術方面，可朝氫豐林副總建議先以燃料電池做為增程使用，類似油電混合方式，作為未來研發方向之一。另外也可透過車載燃料電池系統整合技術開發，推動國內 BOP (Balance of Plant) 周邊輔助機械模組廠商技術能量升級。

此外，中經院戴志言副研究員表示因為氫氣相較電力與燃油成本較高，建議我國推動氫能車輛應與國際方向一致，鏈結能源政策並以整體氫能服務系統來看，且應通盤考量我國推動氫能車的目的，是要推動關鍵零組件還是形成完整運輸服務鏈，才能找出對我國產業發展最有利方向。依據前述章節資料分析，

近期氫能車(FCEV)國際銷售放緩且我國基礎設施建置未如預期規劃，建議我國可先由法人機構針對國際政策方向、市場及法規情況持續盤點與研究，並同時關注我國氫燃料電動大客車試運性計畫推動情況，且與國內氫能供應鏈廠持續交流，俾利適時滿足廠商需求，如強化整車或零組件驗證能量，掌握長期氫能商用車商機。

3. **零組件機會：**不論車輛動力來源為何，在車輛產業電動化、智慧化、聯網化及自駕化趨勢下，預期車輛電子化及整合程度將不斷提高。我國具備優異 ICT 資通訊產業能量，並擁有世界級電子供應鏈及豐富車電產品供貨經驗，可提供馬達、電控、ADAS 產品及 OTA 等(參考圖 5.5.7、我國電動車供應鏈盤點)；加上我國廠商配合度佳，政府可以優先發展車用電子產業，並以國內整車市場累積外銷實力。2023 年我國汽車電子外銷年產值已達 4 千億臺幣，預估 3 年後可達 9 千億(劉千綾，2024)，有望成為我國下一個兆元產業。

此外，車輛聯網自駕化帶動資安需求，UNR157(自動車道維持系統)為國際間第 1 個自駕相關法規，前提須滿足 UNR155、UNR156，在國際地緣政治加強避免紅色供應鏈滲透要求下，汽車因為發展具備聯網、通訊及影像感測等功能，成為關注焦點。我國業者注重智慧財產權與資安議題，有助我國由整車及關鍵零組件切入國際市場，建議我國政府可持續挹注資源協助法人機構盤點國內產業發展需求，並因應自駕化持續挹注研發資源，並強化法規與驗證能量，協助廠商加速邁向國際市場。

參考文獻

- EV-Volumes. (2023). BEV-PHEV-FCEV-Sales-2023. Retrieved from <https://ev-volumes.com/>
- IDTechEx (2023). Zero Emission Truck Tech: Future of Hauling. Originally Broadcast December 2023 by Shazan Siddiqi/Senior Technology Analyst, IDTechEx Research
- Marklines. (2024). Retrieved from https://www.marklines.com/portal_top_en.html
- MarketsandMarkets. (2024). Retrieved from <https://www.gii.tw/report/mama1524084-electric-bus-market-by-propulsion-bev-fcev-battery.html>
- U.S. Department of Energy. (2023). FOTW #1320, December 11, 2023: Number of U.S. Electric School Buses More than Doubled from March 2022 to June 2023. Retrieved from https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1320-december-11-2023-number-us-electric-school-buses-more-doubled?glarity_translate=1
- U-CAR. (2024). 2024 年 6 月份臺灣汽車市場銷售報告。檢自 <https://news.u-car.com.tw/news/article/78717>
- 王自雄(2024)。我國氫能法制基盤建構及展望。檢自臺灣氫能與燃料電池夥伴聯盟第 48 次會員大會。
- 王興毅、蘇孟宗、謝騷璘等(2021)。全球電動車發展趨勢與未來商機。IEK 產業情報網。
- 台灣氫能與燃料電池夥伴聯盟(2024)。設置成果及產業供應鏈。檢自 <https://www.thfc.org.tw/xmdoc/cont?xsmsid=0L351372585123928332>
- 台灣電力公司(2022)。調整後各類用戶電價表。檢自 https://service.taipower.com.tw/branch/files/file_pool/1/0N100540447949680510/%E8%AA%BF%E6%95%B4%E5%BE%8C%E5%90%84%E9%A1%9E%E7%94%A8%E6%88%B6%E9%9B%BB%E5%83%B9%E8%A1%A8.pdf
- 台灣電力公司(2022)。電動車用電業務專區。檢自 <https://www.taipower.com.tw/2289/2406/2420/2429/12047/normalPost>
- 交通部公路局(2024)。統計查詢網。檢自 <https://stat.thb.gov.tw/hb01/webMain.aspx?sys=100&funid=11100>
- 何聖堯(2023)。[U-EV]預告 2025 年推出 3.5 噸電動物流車，中華汽車與今周刊攜手公布「綠色運輸轉型調查」結果。U-CAR。檢自 <https://news.u-car.com.tw/news/article/75198>
- 行政院(2022)。行政院公報第 028 卷第 172 期財政經濟篇。行政院公報資訊網。

檢自

https://gazette.nat.gov.tw/EG_FileManager/eguploadpub/eg028172/ch04/type3/gov31/num14/images/Eg01.pdf

國家發展委員會(2022)。我國關鍵戰略七「運具電動化及無碳化」。檢自

<https://ncsd.ndc.gov.tw/Fore/nsdn/about0/Work7>

陳映璇(2022)。台泥儲能助攻，臺灣首輛電動大貨車掛牌！一輛減碳效果抵 300

輛電動機車。數位時代。檢自

<https://www.bnext.com.tw/article/73327/scania-commercial-electric-heavy-truck>

曹松清(2024)。經濟部技術司舉辦車輛國際論壇宣布臺德合作。經濟日報。檢自

<https://money.udn.com/money/story/5635/8270220>

黃冠瑜(2024)。2024 上半年國內電動車市場動態。車輛研究測試中心。檢自

<https://www.artc.org.tw/tw/knowledge/articles/13764>

黃鈺涵(2024)。國際氫能政策及法制發展對我國之啟示。科技法律透析，36(1)。

經濟部產業技術司(2024)。A+企業創新研發淬鍊計畫核定清單。檢自

<https://service.moea.gov.tw/EE514/tw/aiip/320.html>

經濟部標準檢驗局(2023)。「電動車充電設備」自願性產品驗證(VPC)。檢自

<https://www.bsmi.gov.tw/wSite/ct?xItem=108824&ctNode=2595&mp=60>

劉千綾(2024)。去年車電產值逾 4 千億年增 17% 經部估 2028 年破 9 千億。中央社。

檢自 <https://www.cna.com.tw/news/afe/202404170248.aspx>

鄭冠淳(2023)。淨零先鋒：臺灣電動車市場的崛起與未來。車輛研究測試中心。

檢自 <https://www.artc.org.tw/tw/knowledge/articles/13739>

第六章 結論與建議

第一節 結論

本策略研析報告前五章分別論述車輛低碳化政策及市場發展、電動車及氫能車之技術及產業鏈發展、安全與稅制法規對新能源車輛導入之影響、能源補充設施與法規、臺灣發展電動車及氫能車之機會與挑戰，盼能協助國內因應新興電動車與氫能車輛產業需求，培養我國產業國際競爭力。

第一章「車輛低碳化政策及市場發展」首先說明本報告中提及之車輛類型定義，接著介紹國際電動車及氫能車市場現況、國際車輛低碳化政策，以及國際車廠規劃藍圖。

第二章「電動車及氫能車技術及產業鏈發展」分析國際電動車及氫能車整車廠技術布局規劃、整車及關鍵系統之技術趨勢、探討動力電池現況與技術發展、比較兩大類車輛之能源效率與運作成本。

第三章「安全與稅制法規對新能源車輛導入之影響」專論電動車及氫能車之安全法規及驗證能量，並比較美、中、英、日等國家之電動車稅賦。

第四章「能源補充設施與法規」分別探討充電站與加氫站之現況及政策法規、標準現況與技術趨勢、以及充電站與加氫站之設站、營運成本與挑戰。

第五章「臺灣發展電動車及氫能車之機會與挑戰」著重比較台灣現況與前四章呈現之國際趨勢，探討國際政策、國內外低碳車輛產業及技術發展、國內外安全法規、國內外能源補充設施之發展，最後整理出台灣產業發展兩大類車輛的可能機會。

茲綜合前五章所論，歸納結論如下：

一、國內外電動車及氫能車趨勢概況

(一) 政策：國際電動車政策因歐美等國家電動車已達市場規模，多國調降或取消購車補助。然而為與中國大陸政府高額補助之超低價進口電動車相抗衡，各國政府不得不採取應對措施保護本土廠商，歐、美祭出高關稅，日、韓則增設性能、減碳貢獻度、維修體系、資安應對等補助條件。我國電動車市場正開始成長，仍會提供貨物稅及牌照稅減免：2017 年起採貨物稅減半徵收並規定完稅價格新臺幣 140 萬內免徵，超過 140 萬的部分按小客車貨物稅稅率減半徵收。牌照稅自 2012 年起給予完全以電能為動力之汽機車免徵牌照稅優惠，免徵期限共延長兩次至 2025 年 12 月 31 日止。；氫能車方面，國際優先發展商用及重型車輛，我國則推動氫燃料電池大客車試運行計畫。

(二) 市場：國內外電動車銷售均已步上軌道，2023 年國際新售比逾 16%，臺灣

7.02%，預期 2024 年市售比將持續增加；我國訂有新售小客車 2040 年全面電動化之目標，階段性目標 2025 年 10%、2030 年 30%，而 2024 上半年新售電動小客車占比已達 9.52%，相當接近 2025 年 10%的目標，但仍需持續政策支持以達目標。

2023 年國產電動巴士銷售 685 輛，佔所有巴士之 40%(685/1,711 輛)，達成 2030 全面電動化目標(共計 11,700 輛電巴)的 28%，加上華德、成運、創奕及鴻華先進等車廠都已具備自製電動巴士之產能，2030 年目標應可逐步達成。

氫能車國際發展中，2023 年銷售約 1.64 萬輛，顯示氫能車商業化應用尚未全面展開，隨著淨零碳排需求、技術創新及基礎設施的持續改善，氫能車的發展潛力逐漸受到關注。我國已引進少量氫燃料電池大小客車，刻正進行掛牌上路程序，測試臺灣市場接受程度。

(三) **技術**：國際車廠如 Toyota 及 Hyundai 推出 BEV 與 FCEV 產品，我國具完整電動車供應鏈及整車實績(電動大小客車、小貨車)，加上 ICT (Information and Communication Technologies) 資通訊產業優勢可因應車輛產業聯網化、自駕化、共享化與電動化趨勢。

(四) **法規**：國際多採用聯合國 UNECE「型式認證」，我國電動車與氫能車已與國際法規調和制定，電動車需符合「電磁相容性」及「電動汽車之電氣安全」；2017 年公告氫能車輛安規，依據國際法規調和制定「氫燃料車輛整車安全防護」、「氫儲存系統」、「氫儲存系統組件」等。

(五) **驗證能量**：我國電動車車輛法規驗證能量已有檢測機構對應相關法規之建置及執行能力，包含電磁相容性及電氣安全等；氫能車輛驗證能量國際機構如歐洲 SGS-TÜV Saar GmbH 等已具備相關能量，我國檢測機構將依政策推動及產業發展之需進而建置相關驗證能量。

(六) **基礎設施**：充電站方面，截至 2023 年底國際共 260 萬 AC 槍、140 萬 DC 槍，國際車與公共充電槍比 10：1。依據我國交通部資料，2024 年 6 月累計達 9,564 槍(7,328 AC 槍慢充、2,236 DC 槍)，車與公共充電槍比為 34：1，在政策推動與電動車增長情況下預期將持續成長。加氫站方面，2024 年 6 月國際已逾 1,000 座，我國近期正努力建置首座加氫站。

二、面臨之挑戰

(一) 充電站面臨之挑戰

1. **社區慢充建置**：因用戶比例低且建設費用需共同分攤，住戶意見分歧，燃油車主不願負擔，增加設置困難。
2. **商用快充建置**：土地取得困難及高建設成本是主要障礙，缺乏稅賦減抵等

誘因也限制擴展。

3. **地方規劃：**缺乏整體配電與充電需求的考量，且隨著電動車數量增長，饋線容量不足，改善需要時間。對於非都市土地，如農業用地、森林地或水土保持地，因其用途限制，通常無法符合充電設施建置需求，進一步增加了設置的困難度。

(二) 加氫站面臨之挑戰

1. **成本問題：**加氫站推廣初期面臨設備成本及營運成本過高，加上用氫車輛尚未成長至經濟規模，業者投資後短期難以回收等問題，需仰賴政府補助才得以鼓勵業者投入。目前全球氫能產業正處於發展初期，加氫站業務成長也出現了停滯階段，更有國外加氫站傳出關閉的消息。
2. **法規及驗證能量：**相較於美日韓氫能大國，臺灣在加氫站的相關法規及驗證規範尚未完整，需加速建立法規及驗證制度，以及自主驗證能量。
3. **社會溝通：**加氫站設置規劃過程，一旦有任何評估消息，立即引來地方抗爭。目前仍待透過民眾教育與溝通，消除社會對於加氫站安全疑慮，放寬加氫站設置地目與安全距離等限制，臺灣氫燃料電池車與加氫站產業鏈才能逐漸形成與擴大，成為 2050 淨零碳排重要途徑。

第二節 建議

以下建議事項分政策面、產業面、環境建構三大面向，以條列附加說明方式提出，俾利參酌：

一、政策面

(一) 純電池電動車

1. **購車補助之外應結合稅制調整：**我國推動電動車之優惠政策，包括貨物稅減免、減半及免徵牌照稅，其中牌照稅優惠至 2025 年 12 月 31 日止。後續應參考國際多元作法，透過改變補助條件，或對高污染車輛加重課稅等彈性調整，引導產業發展，促進電動車普及，以實現淨零碳排目標。
2. **短期及長期推動政策：**整車方面，電動小客車我國已有自有產品，短期可先用政策鼓勵成長，公務車優先使用國產電動車，持續提升整車及關鍵零組件整合能量及產品競爭力，長期運用我國 ICT 資通訊產業能量創造功能性差異化。
3. **以大帶小：**商用車方面，國際電動化趨勢逐漸明朗，我國電動大客車市場因公共運輸市場、明確目標與推動政策已步入軌道，可維持力道投入加速整車「以大帶小」步入國際市場，加強關鍵零組件、電池、智慧駕駛、資

安等設備國產化。我國已有電動小貨車產品，政府可順應趨勢加大研發資源挹注，協助產品發展相關產品。

(二) 氫燃料電池電動車

1. 結合國家能源政策推動氫燃料電池電動車輛：要推動氫燃料電池電動車輛，必需從建立氢能生態系的角度出發。以英國與美國為例，透過氢能示範計畫生產綠氫、設置加氫站，並導入氫燃料電池計程車、小貨車和公車車隊等氢能商業運輸，可避免加氫站閒置並降低營運成本。建議政府在推動初期應該以極少數場域，配合地方產業需求與加氫站位置，作為測試運行地點。待國家氢能生態圈更完整之後，再推廣至其他場域及應用。
2. 優先發展商用車：相比於純電電池驅動技術，採用氫燃料能使車輛具有較長的續航距離、較短的能源補充時間，及車體重量輕等優點；非常適合運用在商用車隊。日本、德國和挪威都優先將氫燃料電池電動車應用於商用車領域，並透過加氫站建置與補助政策，推動發展。
3. 示範運行計畫加速氢能車落實：推動氫燃料電池電動車示範運行計畫，如日本、英國、美國，並在沿線布建加氫設施，等到計畫結束即可營運。
4. 氢能教育宣導：社會大眾提到氫氣，仍會聯想到 1937 年興登堡號氫氣飛船燒毀、2019 年挪威加氫站爆炸以及各類瓦斯氣爆災難，以致對於加氫站安全性充滿疑慮與恐懼，因此中油公司已規劃在高雄科工館設置氢能教育展示館，透過現場展示與實際操作，希望有助消除民眾心中疑慮。
5. 政府政策目標明確制定：我國交通部雖已宣示將啟動氫燃料電池大客車試辦計畫，結合中油加氫站建置，作為「氢能關鍵戰略行動」的重點措施之一，仍期盼政府對加氫站與氫燃料電池車輛訂出明確政策推動目標，引領相關業者投入產業，加速形成產業循環生態鏈，以帶動產業在地化及成本低減效益。

(三) 跨部會合作掌握機會

1. 需要跨部會的合作：電動車與氢能車的推展不僅是經濟部、交通部的責任，環境部的碳權也對推動有幫助，硬體購置補助之外還可以用稅制調整或是其他方式，此點也需要邀請財政部參與。氢能車產業生態系跟電動車不同，不只是車輛本身，還有加氫站跟氫氣的供應，要將國際市場考量進去，才有機會發展。
2. 掌握自駕化之產業機會：車輛聯網自駕化帶動資安需求，UNR157 (UN Regulation No. 157, 自動車道維持系統)為國際間第一個自駕相關法規，前提須滿足 UNR155(網路安全及網路安全管理系統)、UNR156(軟體更新及軟體更新管理系統)，在國際地緣政治加強避免紅色供應鏈滲透要求下，

汽車因為發展具備聯網、通訊及影像感測等功能，成為關注焦點。我國業者注重智慧財產權與資安議題，有助我國由整車及關鍵零組件切入國際市場，建議我國政府可持續挹注資源協助法人機構盤點國內產業發展需求，並因應自駕化持續挹注研發資源，並強化法規與驗證能量，協助廠商加速邁向國際市場。

二、產業面

(一) 我國電動車產業

藉由全球電動車發展趨勢，運用臺灣電動車供應鏈之優良基礎，我國可扮演重要零組件/次系統供應商或整車研發/製造的角色。國發會現已設定 2030 年市區公車及公務車全面電動化，以及 2040 年電動車市售比 100% 目標，有利於鼓勵業者投入車型及零組件研製。

1. **電機：**可發展低稀土高轉速高效率動力馬達，突破稀土資源掌握於特定國家之狀態。
2. **電控：**可對應未來電動車及自駕車發展精準控制策略所需，研製高可靠高精度整車線控技術，例如國內已有廠商投入電動大客車的車輛控制 VCU(Vehicle Control Unit)客製化產品。
3. **電池：**臺灣電池芯產業尚處於發展初期階段，國際前五大廠在乘用車及輕型電動車領域的全球市占率已達約 8 成，且彼此之間價格競爭激烈，臺灣電池產業廠商要逕行投入將面臨龐大投資與發展競爭風險，若能朝向加強拓展利基市場商機，如電動巴士、超跑、商用車及特殊用途車輛等小量多樣的市場，或是聚焦於下世代固態電池技術商品化發展，較有機會生存並求突破機會。

(二) 我國氫能車產業

1. **優先發展大客車及商用車應用：**相較於乘用車而言，氫燃料電池車應用於商用範疇具有利基與優勢，尤其在遠途行駛與商用物流應用場景，各國主要朝商用車發展，我國示範運行亦規劃從氫燃料電池大客車著手，目標探詢可行商業模式及我國可切入之相關零組件。短期可朝以燃料電池做為鋰電池增程使用，類似油電混合方式，作為研發方向之一。未來適用於重卡等更大功率的電池堆與系統研發需早日投入研發，同時更高儲氫密度的液氫技術也需提早佈局，以因應未來產業需求。
2. **降低氫燃料電池成本及發展系統零組件：**氫燃料電池可藉由雙極板從石墨板改為金屬板、白金觸媒減量、回收白金來降低成本。氫燃料電池系統除了核心的電堆之外，主要是由空壓機、管線、閥門以及碳纖維複合材料高壓儲氫氣瓶所組成，而臺灣在空壓機、金屬加工、碳纖維複合材料等領域

都有深厚根基，因此有條件、有機會打入氫能載具關鍵零組件市場。

3. **車用氫能技術能量升級：**建議開發動力型燃料電池電堆及系統技術，透過自主動力型電堆與系統之整合技術開發，先以商規燃料電池電堆模組進行系統整合技術開發，建構燃料電池電堆模組與系統關鍵技術及專利佈局，再透過車載燃料電池系統整合技術開發，推動國內燃料電池周邊輔助機械模組(Balance of Plant, BOP)廠商技術能量升級，投入車載燃料電池應用市場。

(三) 車用電子產業

不論車輛動力來源為何，車輛產業電動化、智慧化、聯網化及自駕化趨勢將使車輛電子化及整合程度將不斷提高。我國具備優異 ICT 資通訊產業能量，並擁有世界級電子供應鏈及豐富車電產品供貨經驗，可提供馬達、電控、ADAS 產品及 OTA 等。政府可優先發展車用電子產業，並以國內整車市場累積外銷實力。2023 年我國汽車電子外銷年產值已達 4 千億臺幣，預估 3 年後可達 9 千億，有望成為我國下一個兆元產業。

三、環境建構

(一) 充電環境

1. **確保電網容量符合電動車充電需求：**未來為因應電動車普及，建議在新興都市計畫或大型開發案中預留都市計畫區域內的二次變電站用地，以確保未來充電站的電力需求。而對於舊市區，為避免新增充電設備導致饋線容量不足並引發跳電，台電建議業者和社區住戶在設置充電基礎設施時搭配電能管理系統(Energy Management System, EMS)，並設置專用電錶、採用電動車專用時間電價機制，透過尖離峰電價差的誘因進行用電優化，在有限饋線條件下最大化充電效益，確保電動車充電需求能與現有電網容量相匹配。
2. **提升電動車主充電便利性：**充電系統硬體規格統一之外，也需不同營運系統間可漫遊通用。目前僅車廠推動，待政府相關部會推動整合。
3. **電動車用車安全：**電動車電池容量及電壓進步迅速，但電動車行駛、充電中以及單純停車期間火災事件仍時有所聞，停車環境相關消防法規也需與時俱進。

(二) 加氫環境

1. **整合全國加氫站網路建設：**加氫站目前面臨建設成本高與低使用率的困境，設置成本與營運成本皆是痛點，需採用最有效率之規劃，相較於乘用車而言，服務商用車可將加氫站地點做最有效定點之規劃，如高速公路休息站、工業區內、港口碼頭等地，省去遍地開花之網路設置。

2. **提早規劃氫氣來源：**充足且便宜之氫氣來源需事先規劃，避免重蹈 2024 年美國加州因氫源不足導致加氫站關閉的事件。同期南韓也傳出由於產氫設備故障且煉鋼用氫增加的緣故，導致南韓用於交通領域的氫氣減少。
3. **加氫站設備及營運成本過高問題：**建議我國政府吸收日本、韓國等氫能大國經驗，對加氫站建置費用、營運費用、零售氫氣費用進行補助。如對加氫站建置費用最高補助設備 50%、營運費用最高補助 2/3、零售氫氣費用則比照等效 95 汽油價格制定後補貼差額，方可促成早日達到氫燃料電池車與加氫站商業運轉規模。
4. **驗證能量建置：**國內針對電動車檢測項目已有建置可對應之檢測機構。氫燃料電池車方面，國內法規已接軌國際標準，預期隨著我國示範計畫帶動氫燃料車輛產業發展，車輛與零組件之驗證體系需求將逐漸提升，建議政府可提供政策資源協助國內法人機構持續關切國內產業需求及國際機會點。

附錄:電動車及氫能車發展評估綜合座談會

時間：113 年 9 月 12 日(四)14:00~16:30

地點：中技社(台北市敦化南路二段 97 號 8 樓)

【主 持 人】陳綠蔚 執行長 財團法人中技社
王正健 董事長 財團法人車輛研究測試中心

【與會專家】

趙晉緯 專門委員	交通部公共運輸及監理司
陳榮貴 協理	鴻華先進科技
彭永菖 部長	和泰汽車 商用車車輛部
沈欣儒 副總經理	聯華林德氣體綜合產業事業群
許正翰 總監	聯華林德潔淨能源與氫能開發
洪德勝 業務總監	亞氫動力
林明憲 副總經理	氫豐綠能科技
王建文 總經理	充壩技術服務公司
戴志言 副主任	中華經濟研究院

【議題團隊】

高銘汶 總監	車輛研究測試中心 產業發展處
陳建次 協理	車輛研究測試中心 研發處
邱嘉琪 輔佐研究員	中華經濟研究院 國際經濟所
呂學隆 經理	工研院產科國際所電池研究部
梁世豪 副組長	工研院機械所 智慧車輛技術組
曾鵬庭 副處長	車輛安全審驗中心
藍培修 經理	臺灣大電力研究試驗中心
顏子翔 專案經理	臺灣中油綠能科技研究所

【中技社議題團隊】

楊顯整 主任	經產中心
芮嘉瑋 主任	科工中心
郭華軒 研究員	科工中心

會議記錄：

議程：

一、陳執行長、王董事長致詞（略）

二、緣起與目標（略）

三、車輛中心高總監引言報告（略）

四、主題討論：

交通部趙專委：

五年前，我們在這裡討論過電動車的發展。今天我們在這裡談氫能車。目前，交通部正致力於實現 2050 年的淨零碳排目標。國外車廠正在研發氫能車，但氫氣的來源、運輸和儲存都存在問題。氫是否也可能成為一個選項？這是值得討論的。氫能車的成本較高，動力系統昂貴，能源效率低，運行成本也較高。中油對於廣建加氫站持保留態度，因此我認為挑戰大於機會。不過，相關業者仍在積極投入，我們一起努力看看是否有機會突破。最近，我們有一個相關的合作案，與澳洲簽訂了合作備忘錄(MoU)，可以加入專書讓內容更加完整。

王召集人：

氫能車剛開始推動，電動車則已跑了十幾年，經過努力，成本已經降低，十多年前怎麼比都是電動車比燃油車貴，後來因環保與減碳等因素才能持續推動，回顧十年前電動車跟今天的氫能車有類似感覺。氫氣車發展要整合的系統範圍比電動車還大，除了車本身還有加氫站以及氫的運輸儲存，然而臺灣的強項就是系統整合，例如汽車電子系統去年產值 4 千億臺幣，預估四年後可達 9 千億台幣，成為下一個兆元產業。

和泰汽車彭部長：

從商用車的末端使用者角度來看，企業物流業者(如巴士和貨車)表示，科學園區的廠商對零碳排車輛有迫切需求，例如台積電載晶圓的車就需要使用電動車。Tesla 主要專注於乘用車，無法滿足貨運需求。電動小型貨車，8 噸的貨車載貨不到 1 噸半，可行駛距離僅有 100~150 公里。Toyota 將氫能車作為大噸位車輛的主要考量。在臺灣市場，目前缺乏加氫設備，測試法規也不完善，因此沒有車廠願意導入氫能車。此外，氫能巴士國內還無能量自製故需進口，而進口關稅高達 25%(總價 2000 萬的巴士關稅 500 萬)，交通部補助 1000 萬，一來一往客運業者實際收到補助僅 500 萬元，相較於電動巴士的補助金相對較少(電巴示範型補助 1000 萬，一般型補助也有 6~700 萬，還不含地方補助)，客運業者會遲疑，地方政府會有很大的疑慮。

王召集人：

1. 商業用車電池重量影響載貨量，因此氫能貨車相對較有發展機會。
2. 25%關稅應是遊覽車類的，但若作為市區公車關稅應較低。。

聯華林德沈副總：

ECHO 和泰汽車，電動車和氫能車沒有誰取代誰，長期應該是並存。電動車專注發展小型車，充電樁行之有年，成長速度也越來越快，電動小型車有極大優勢，如果要推氫能小型車不太可行，小型車就是方便。加氫站設置一座就要一億，不可能方便，小型車電動車為主，大型車輛商用車巴士拖車，如果電動化真的會

影響載貨量能，物流業者不會考慮，跑一趟變成跑兩、三趟才能載完。建議先推動氢能商用車較為適合，因為不會影響載貨量且因行駛路線固定，不需大量建置加氫站。目前，國際車廠也主要集中在大型車輛、堆高機、機場運輸車等氢能技術開發。然而，地方政府對於設置加氫站仍有疑慮，主要是因為地目和安全問題。其實安全問題是可以控管的，國外許多加氫站也設在住宅區旁，怎樣做社會溝通很重要。

按照現有加氫站管理法規，聯華林德的加氫示範站只能示範，不可收費。

由於缺乏相關法規，目前氢能車來台只能掛“試車牌”，不能行駛高速公路，引進拖車也不得載貨上路，廠商難以驗證車輛。在初期臺灣還缺乏對氢能車檢測能力之階段，希望主管機關能夠先認可國外驗證結果，放行驗證行駛。

政府的補貼政策至關重要，日本、中國大陸、韓國可以這麼多站與車，因為補貼政策使企業跟個人願意去試。除了補貼車輛，加氫站跟能源都需補貼，缺一不可，多長時間可以達到一定規模，這些都要考慮進去。補貼政策將直接影響市場規模。

王召集人：

1. 巴士、重型卡車運行路線較固定，氢能車較有機會。
2. 加氫站在管理辦法、社會溝通、收費法源都還有待加強。
3. 氢能車整車測試能量不足，車輛中心正在評估相關測試能量建置費用。

鴻華先進陳協理：

純電動車在載貨方面存在困難，因此我們目前聚焦於市區公車的發展。在乘用車的開發過程中，垂直整合的廠商相對較少。我們目前已經在集中式電控部分投入資源，並認為這是一個有潛力的領域。此外，像趨勢科技這樣的資安公司也能提供支援，將國內的 ICT 產業帶入這個發展中。基礎建設的佈建和充電標準的設定也非常重要，這兩者需要同步推動，否則效果會大打折扣。目前，我們沒有考慮發展氢能車，會先專注於做好電動車的產品線。

王召集人：

以往推動電動車充電站時就有雞生蛋與蛋生雞的問題、充電標準也在特斯拉、CCS1 等規格變動多次，這些經驗在推動氢能車發展過程都有幫助。

充壩技術王總經理：

我們公司的業務是電動車充電服務的整合平台。我個人認為，電動車和氢能車在未來是可以並存的，只要隨著技術演進、成本下降，氢能車就有機會。
關於電動車：

1. 雖然國際電動車補助減少，但臺灣不應該在此時減少補助，因為電動車的普

及率還很低。電動車價格依然偏高，充電站業者需要 5 至 8 年的長期投資才能回收成本。建議兩類車輛的政策補助應該繼續，甚至加碼，一是電動計程車，二是商用物流車(大型不適合用電動，但小型仍有為滿足 ESG、碳中和的需求)

2. 安全問題是民眾關心的重點，新竹晴空匯以及南韓停車場的火燒事件都加深民眾疑慮，消防法規需要更加完善以保障安全。
3. 臺灣市場小，但走出去又會碰到中國大陸產品低價競爭，如果我們能與整車廠商合作，將車輛、充電樁和充電站一起外銷到東南亞、歐、美市場，雖然成本不會勝出，但凝聚臺灣業者強項會更具國際競爭力。

王召集人：

據我了解政府也希望補助國產的電動計程車，但需要等待國內電動車的產量提升。政府也在推動公務車電動化。目前國內的電動小貨車尚未量產，所以補助與推動需要再等一段時間。此外，東南亞市場確實是一個值得關注的機會。

氫豐綠能林副總：

氫豐團隊來自工研院，民國 93 年起投入燃料電池研究已 20 多年，氫燃料電池每次石油危機都會拿出來炒作一次，風頭過了又被放在一邊，在市場上起起落落。現在比較確立的是，氫能車最大的驅動力是”減碳”；鋰電池從採礦到製造過程的碳排比製造引擎來得高，使用電動車是把移動污染源變成固定污染源，對減碳的幫助有限。

氫能最大問題是可商業化供應的氫不足，氫豐的燃料電池系統不需要純化器，能運用純度較低的工業副產氫，是技術差異化的重點，半導體廠已開始驗證使用；未來定置型發展成熟後能用到車輛，將有助氫燃料電池車的發展。現階段氫能車使用高成本的純氫，燃料補助仍是重要議題。工研院發展國產自有氫能技術，引進國外技術，還有中油、聯華引進加氫站對發展氫能載具都很有幫助。

工研院初期以定置型燃料電池系統為主，主要取代柴油發電機，在 106 年之後做過燃料電池無人機、堆高機、機車，都用 5~10 kW 的燃料電池。三年前，我們設計了一艘使用氫能燃料電池的船，配備了 6 支 350 bar 鋼瓶，將在台南安平-澎湖七美之間運行。此外，我們還有 60 kW 的氫能底盤車與 30 kW 的物流車。車用燃料電池要輕薄短小，工研院的金屬雙極板燃料電池有助於車輛應用。

航運的碳排放量大於空中運輸，目前長榮與陽明都在進行轉型。我們已經開始從氫轉向氨，氨的運輸方式成熟，並認為川崎重工的液態氫運輸船成本太高，可能不可行。未來，氨一定會成為重要的能源，德國萊茵河上的貨輪已在導入用氨。我們正在開發低溫低能耗氨轉氫的技術，希望未來車輛上能直接用氨。

2003~2006 幫工研院在六甲建置第一座加氫站，氫氣壓力 150 bar，供亞太燃料電池的氫能機車使用；2017 做 350 bar 加氫站，2019 做氫氣-40°C 的冷卻器，

2020 做 700 bar 加氫站，累積國產加氫站軟硬體開發的經驗，跟中油、聯華林德引進國外技術也不衝突。

亞氫動力洪總監：

本公司目前專注於低碳發電的應用與氫能應用。氫可以用於低碳發電、半導體製程，並應用於運輸、發電機和熱電源系統。氫能巴士非常適合發展。目前亞氫在做燃料電池系統與車廠整合開發，我們需要交通部和 ARTC 提供檢驗資源。

中經院戴副主任：

氫能車在應用上有推展問題：

1. 如何在短時間產生規模經濟？氫能車使用成本問題，新技術如何度過死亡之谷？
2. 我們很少談產業生態系，歐洲的重車廠跟小客車發展計畫不一樣，氫能車生態系跟電動車生態系不一樣。我們推動氫能車的目的是甚麼？未來新世代技術的培育有沒有需要？各國補貼政策開始調整，未來跟 ICE 技術可能會共存，H2ICE 有沒有機會？跟歐美廠商很難競爭，因為國外有很多補貼。
3. 目前我們市場的規劃在哪？我們只是想要做關鍵零組件，那做法就不同。企業需求很明顯，因為重型車需求臺灣很少，需要做全面規劃而不只是運輸。
4. 工業應用氫氣、氫能運輸、分散式電源，雖然跟運輸有關，但要跟能源政策連接。氫氣是很貴的資源，但背後都有能源政策支持，我們應該討論整個氫能的服務系統。

王召集人：

目前相關部會不只經濟部、交通部，例如環境部的碳權也對推動有幫助。氫能車產業生態系跟電動車不同，不只是車輛本身，還有加氫站跟氫氣的供應，要將國際市場考量進去，才有機會發展。我認為 ICE(汽油引擎車)不會在 2050 年消失，各種動力來源的車輛會並存很長一段時間。

五、綜合討論：

聯華林德許總監：

目前報告中大小車穿插說明，建議將大車和小車劃分清楚，以突顯大車、長距離行駛車輛用氫的優勢。此外，我們在發展加氫站時遇到的問題包括：

1. 供應鏈中斷: 2022 年 COVID 19，德國設備來台延遲；林德已有 230 座加氫站設置經驗，約占全球 25%，經驗充足、安全紀錄佳，所以聯華採用林德的加氫站。
2. 法規不明確: 本公司 2022 年宣布建置加氫站，但經濟部的加氫站經營許可辦法去年 11 月才通過，加上能源管理法也有條文限制，使聯華林德現有加氫站實際上可供氫但不得販賣。

3. 社會許可問題：加氫站選址問題。
4. 缺乏補助：購車(如氫能公車運行示範計畫)有補助之外，目前設置加氫站、購買氫燃料也待補助。

交通部趙專委：

電動車的推展不僅僅是交通部的責任，而是需要跨部會的協作。補助政策除了車輛購置補助外，加氫的補助也需要由相關部會來處理。補助可以降低推行的阻力，但補助能為臺灣帶來什麼長遠的效益？對於銷售和產業發展又能有什麼具體的幫助？

王召集人：

在提出補助申請時，必須設定明確的 KPI(關鍵目標)。此外，補助要考慮國產車與進口車的差異，盡量支持國內廠商。

本社陳執行長：

本社對氫能車的發展有一些想法，電動車發展已具規模，全球有六十多個國家發展氫能，大家都認為氫能是未來可能的方向，但氫能載具發展還有很多困難。氫能車有沒有機會在臺灣發展？我們應該做什麼來推動這個產業？

政策補助類型很多，除了購車補助，中國大陸電動車不須等領牌，挪威市區停車位僅供電動車使用，都增加購買電動車之誘因，產業推動不能只靠補助，一定要市場驅動。以過去臺灣推 LPG 車為例，雖然建設加氣站、計程車改裝、燃料價差都有補助，但由於 LPG 鋼瓶佔據行李廂空間，計程車不好放行李，加氣站普及率較低，都造成缺乏市場需求，推動效果有限。酒精汽油 E3 也受到加油站數量少、不方便，使用者有疑慮，銷量少，僅部分公務車使用，也未能形成市場。

當初電動車推動時馬達功率跟燃油車排氣量 c.c.數不同，如何定稅率？後來就是用王董事長推出的對照表來執行課稅。希望廠商於此座談會儘量發言，也可以提補助的需求，在政策補助期間大家努力克服技術、法規、基礎建設的挑戰，從政策推動進到市場驅動。各位提出業界碰到的問題以及對政策法規的建言，會讓我們報告更有價值。

王召集人：

電動車推動經驗：

1. 一般住家、大樓停車場沒有車用充電設施，推動初期跟內政部、建設公司與充電站公司合作推動在新的住宅大樓地下停車場預埋充電線路。
2. ARTC 當年有設 LPG 實驗室，但是只測試了 10 幾款車就沒什麼業務。E3 酒精汽油相關測試時，實驗室也會特別注意清理燃油管路，別讓汽車引擎的噴

油嘴阻塞。

3. 大家盡量發言，我們再推動跨部會討論，電動車不是忽然冒出來，也克服了很多問題並因為全球減碳才加速成長，氢能車也可能因為減碳的需求而加速發展。

氫豐綠能林副總：

二十多年來氢能相關計畫提出，技術處是第一關，會看成本效率有沒有未來性，臺灣的優勢在哪，供應鏈聚落在什麼地方。基本上我們沒辦法像 Mirai 用 50 萬輛車來估燃料電池及整車成本，整車成本約 170 萬台幣，扣掉政府、地方、產業補助，民眾可買到的價格約 100 萬出頭，跟其他高級房車沒有明顯差別。不過我們無法用這數據來說服政府，因此應該推混合動力，鋰電池容量小，僅做啟動爬坡，類似油電混合。燃料電池混合動力車是個選項。

燃料電池本身成本可藉由雙極板從石墨板改為金屬板、白金觸媒減量、回收白金來改善。燃料電池系統主要是管線流場、閥門、最重要的是空壓機，而復盛空壓機在全球可以說是排名第一，這顯示臺灣在這方面有很大的機會。另外研究在進行能源效率比較時，必須注意燃料電池跟 ICE 一次能源和鋰電池二次能源的差別。可以使用 DOE(美國能源部)的算法來計算燃料電池的成本。燃料電池壽命 3 萬小時，並不是期限到達後就直接不能用，而是效能衰退 10%，例如從 100 kW 降到 90 kW，依使用需求仍可展延使用，不見得需要立刻汰換。維運成本方面，建議可參考日本的資料，因其累積數據較多。

氫燃料電池跟鋰電池相比，燃料電池供應鏈較不易受到國際地緣政治干擾，有助確保國家能源安全。

王召集人：

本次會議引言報告內容不見得都是完整的，國外案例設備及營運成本的代表性是否足夠，若各位廠商代表有看到更適合的案例也歡迎補充供大家參考。各項技術都是持續發展中，氢能車、電動車發展時間不像燃油車已有百年歷史，成熟度不同，專書會從不同角度公平來寫，我們要把機會描述出來。

車安中心曾副處長：

1. 針對不同能源種類車輛，車安中心團隊早年亦曾辦理 LPG 車輛審驗，近年審驗電動巴士、協助推動氫燃料電池車輛。國際間氢能車已發展多年，並不是新產品，但燃油車的基礎建設成熟，看來發展較成功；電動車隨充電設施普及，朝向正面發展，氢能車則處於起步階段，外界也擔心是否會走向過去 CNG 巴士、LPG 計程車的發展結果。個人認為電動車與氢能車的發展不能太樂觀，但也無須過度悲觀。2050 淨零碳排目標之契機下，大家可共同研商解決方案。

2. 分享近期國外參訪經驗，瑞典車廠推動電動巴士、生質燃料引擎、氫燃料引擎車輛，氫燃料電池巴士則較為保留。德國車廠投入電動巴士很多，氫能卡車亦有小批量生產，但明確表示不考慮氫燃料電池巴士。以氫燃料電池巴士來看，Toyota、賓士、現代都有投入。以上方向供大家參考。
3. 交通部現在推動氫燃料電池巴士，加油站、加氣站轉型為加氫站，提供燃料成本補貼都很重要。電動車現階段相對較成功是因為充電基礎設施普及，電動車充電站還能由業者來做，加氫站就很難由車廠來做，這部分政府政策補助力道可能要再考慮。
4. 交通部氫能車輛法規，106 年就公告實施，但檢測驗證能量還在評估，希望有關單位能加速建置。
5. 電動車及氫能車普及，亦需考慮相關維修體系的轉型。
6. 加強與民眾的溝通，包括電動車火災處理以及加氫站建置，都要提早因應。

中經院戴副主任：

補貼具時效性，因此未來應結合稅制調整，以降低燃料成本。

如果我們持續用補貼載具來操作，一定會有國際貿易問題，回到稅制上的設計，自主開發營業稅跟貨物稅都可以抵免，但這些需要交通部同意。從計畫性補貼移轉成以制度性的方式來鼓勵或促進氫能車、氫能產業發展，只要是能在臺灣設廠、雇用員工生產，稅制上沒有歧視條件問題，但這要跟財政部溝通，把稅制做更細緻的設計，讓供需兩方去發展。建議此點加入報告，而非目前只單方面討論技術與生產端的問題。

王召集人：

我們的報告還會請大家再次補充建議。電動大客車交通部是補助購車，電動小客車則是貨物稅減免 25%，一台車 100 萬就省 25 萬，進口車也可減免，所以補助不是只有一種形式，還可以用稅制調整或是其他方式，但政府會顧慮到稅制平衡。

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

電動車及氫能車發展評估/高銘汶、溫蓓章、陳健次、黃立恭、
呂學隆、曾鵬庭、藍培修、崔智宣、顏子翔、王正健作. -- 初版.
-- 臺北市：財團法人中技社，民 113.12
228 面；21×29.7 公分 -- (專題報告；2024-12)
ISBN 978-626-98882-2-1 (平裝)

1. CST: 電動汽車 2. CST: 技術發展 3. CST: 產業發展

447.21

113019428

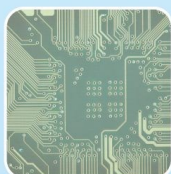
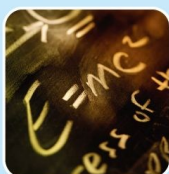
著作權聲明©財團法人中技社

本出版品的著作權屬於財團法人中技社(或其授權人)所享有，您得依著作權法規
定引用本出版品內容，或於教育或非營利目的之範圍內利用本出版品全部或部分
內容，惟須註明出處、作者。財團法人中技社感謝您提供給我們任何以本出版品作
為資料來源出版的相關出版品。

未取得財團法人中技社書面同意，禁止改作、使用或轉售本手冊於任何其他商業
用途。

免責聲明

本出版品並不代表財團法人中技社之立場、觀點或政策，僅為智庫研究成果之發
表。財團法人中技社並不擔保本出版品內容之正確性、完整性、及時性或其他任
何具體效益，您同意如因本出版品內容而為任何決策，相關風險及責任由您自行
承擔，並不對財團法人中技社為任何主張。



財團
法人 **中技社**

CTCI FOUNDATION

106 台北市敦化南路2段97號8樓

Tel : 02-2704-9805~7 Fax : 02-2705-5044

<http://www.ctci.org.tw>



使用再生紙印製