



圖像來源：台電公司提供

[www.flickr.com/photos/149135958@N08/albums](http://www.flickr.com/photos/149135958@N08/albums)

# 臺灣能源工程模型說明文件：運輸部門

**2019 年 9 月**

李孟穎、郭瑾璋、溫珮伶、周裕豐、吳易樺

工研院 綠能與環境研究所

# 臺灣能源工程模型說明文件：

## 運輸部門

2019 年 9 月

### 內容

一、運輸部門資料庫說明 .....	2
二、運輸部門能源服務需求推估模式 .....	3
(一) 軌道大眾運輸服務需求(捷運、高鐵與台鐵) .....	4
(二) 公路大眾運輸服務需求(市區公車、城際客運) .....	5
(三) 公路客運服務需求(長程小客車、短程小客車、機車) .....	5
(四) 公路貨運服務需求(大貨車、小貨車) .....	6
(五) 國內航空及船運服務需求 .....	7
(六) TIMES 模型運輸服務需求推估結果 .....	8
三、運輸部門技術資料庫 .....	8
(一) 既有與實績年技術資料庫 .....	9
(二) 技術發展趨勢與情境設定 .....	13
參考文獻 .....	24

資料聲明：本說明文件揭露之參數資料，乃依循「臺灣 TIMES 模型維護更新機制」，於 2018 年進行運輸部門資料庫維護更新之結果，每年可能依最新統計與調查資料滾動調整。如欲引用請註明出處與文件版本時間。

## 一、運輸部門資料庫說明

臺灣 TIMES 能源工程模型是在滿足能源服務需求下，以最低成本進行規劃之能源供需系統。因此，能源服務需求為 TIMES 模型重要的外生參數，亦為模型規劃未來長期能源供需展望的主要驅動力。能源服務需求 (Energy Service Demand; ESD) 的定義係指對於能源服務之需求，亦為能源所能提供之服務。在臺灣 TIMES 能源工程模型中，將能源服務需求區分為三大部門：工業部門、住宅與服務業部門及運輸部門。本文將依序說明 TIMES 模型運輸能源服務需求推估模式，而後介紹 TIMES 模型運輸部門技術資料庫的各項技術參數設定。

運輸部門依能源服務需求類別，區分為機車、小客車、大小貨車、大客車、軌道運輸、船舶、航空等技術類別，再透過統計、調查資料以及國內外研究資料進行參數設定。圖 1 由右至左，以能源服務需求為模型驅動力，透過各類運具之需求技術，透過模型進行最佳化求解程序，得到滿足前述服務需求所需之各類能源消費量。

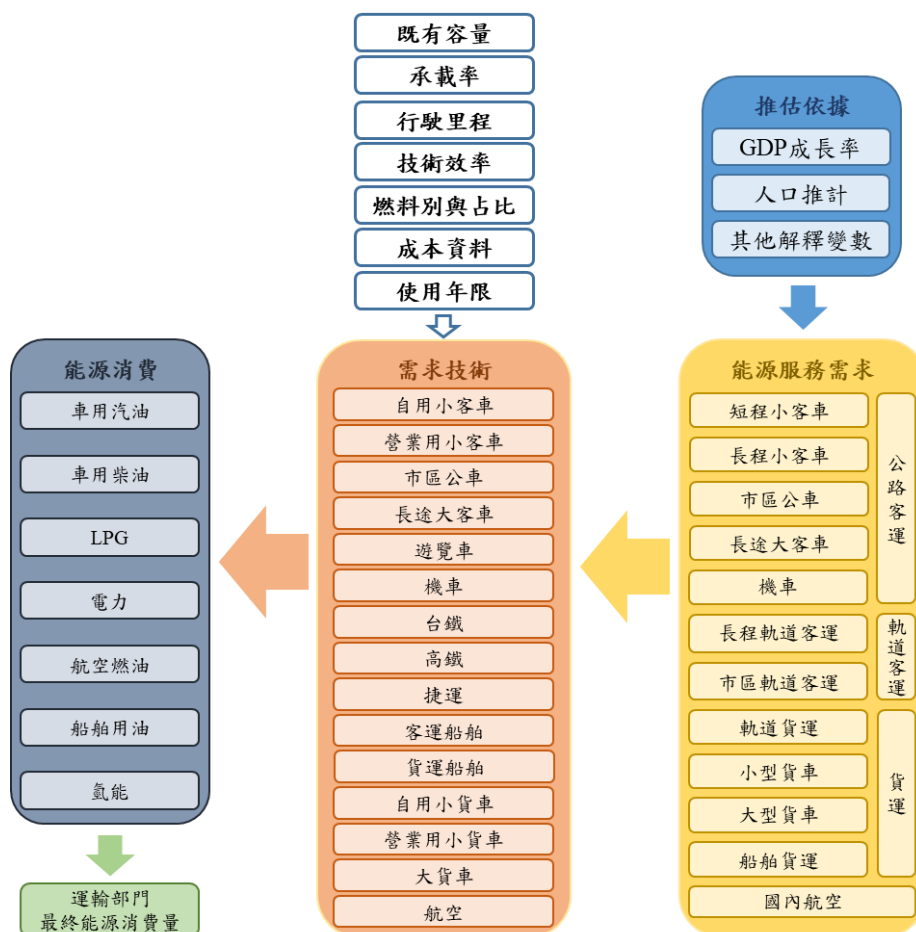


圖 1、臺灣 TIMES 能源工程模型運輸部門需求技術資料庫架構



## 二、運輸部門能源服務需求推估模式

運輸服務需求依其功能不同，可區分為客運及貨運兩類，利用逐年之延人公里與延噸公里呈現，其定義如下：

延車公里  $ij = \text{車輛登記數 } ij * \text{車輛年行駛里程 } ij$

延人公里  $ij = \text{延車公里 } ij * \text{平均承載率 } i$

延噸公里  $ij = \text{延車公里 } ij * \text{平均載貨噸數 } ij$

$i$ : 運具類別

$j$ : 運具技術或燃料類別

本研究透過迴歸模型建立各類運具之服務需求推估模式，考量變數包括經濟發展、能源價格、人口變化趨勢與各運具服務需求歷史變化等。此外亦探討除了人口、GDP 等常見變數外之其他可能解釋變數，包括推估小客車之服務需求時，納入與小客車有替代關係的軌道運輸服務需求作為解釋變數；此外評估貨運需求時，除了主要驅動因素的 GDP 外，亦納入貨櫃數與貨運收入等解釋變數。運輸部門服務需求推估相關變數與資料來源如表 1。

表 1、運輸部門服務需求推估相關變數說明與資料來源

變數	單位	資料來源
高鐵與台鐵	千延人公里	交通部統計查詢網：高鐵及臺鐵客運量
捷運與輕軌	千延人公里	交通部統計查詢網：捷運客運量
市區公車	千延人公里	交通部統計查詢網：市區客運量
城際客運-公路客運	千延人公里	交通部統計查詢網：公路客運量
城際客運-遊覽車	千延人公里	交通部統計查詢網：機動車輛登記數 交通部歷年遊覽車使用調查：年行駛里程、承載率
機車	千延人公里	交通部統計查詢網：機動車輛登記數 交通部歷年機車使用調查：年行駛里程、承載率
長程小客車	千延人公里	交通部統計查詢網：機動車輛登記數
短程小客車	千延人公里	交通部歷年自用小客車使用調查、計程車使用調查：年行駛里程、承載率
大貨車	千延噸公里	交通部統計查詢網：機動車輛登記數
小貨車	千延噸公里	交通統計要覽附錄 4：汽車延車公里統計按使用燃料分 台綜院 106 年運輸部門能源消費調查：載貨噸數 交通部統計查詢網：公路汽車貨運量
國內航空	千延人公里	交通部民用航空局民航統計年報
人口	人	國家發展委員會「中華民國人口推估（2018 至 2065 年）」中推計
GDP	百萬元	國家發展委員會經濟成長趨勢資料
國人國內旅遊旅次	旅次	交通部觀光局國人旅遊狀況調查報告
歷年來台旅客人次	人次	交通部觀光局觀光統計年報：歷年來臺旅客統計
進出港貨櫃數	個	交通部汽車貨運調查報告
貨運收入	元	

資料來源：本研究彙整

本研究探討各運具之能源服務需求之可能解釋變數，並透過  $R^2$  決定係數探討模型解釋力。以下依服務需求類型，分項說明各類運輸服務需求推估結果，包含其解釋變數、 $R^2$  值、以及推估 2017~2035 年之年均成長率。以下章節呈現之服務需求推估結果，各解釋變數於 2017-2035 年之年均成長率如表 2 所示。本團隊每年依據最新社經發展變數資料，持續更新服務需求推估結果，此外依模型資料庫部門維護更新機制，定期更新服務需求迴歸模式，確保推估結果之合理性。

表 2、運輸部門服務需求解釋變數年均成長率

解釋變數	2017-2035 年均成長率
GDP	2.4%
人口數	-0.08%
國人國內旅遊旅次(自迴歸)	2.2%
歷年來台旅客人次(自迴歸)	4.3%
進出港貨櫃數(自迴歸)	1.4%
貨運收入(自迴歸)	2.4%

資料來源：本研究彙整

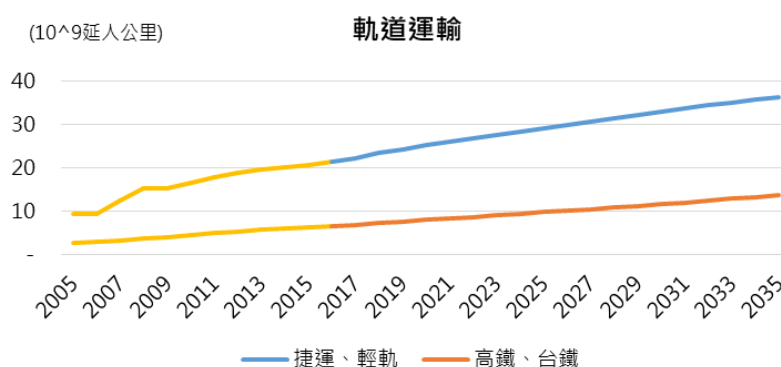
## (一) 軌道大眾運輸服務需求(捷運、高鐵與台鐵)

高鐵及台鐵代表城際軌道運輸，透過迴歸分析與檢定，以人口及本身落後一期為主要解釋變數，與人口呈正相關；捷運及輕軌則代表市區軌道運輸，以 GDP 及時間趨勢為驅動力，呈正相關。由 2017 至 2035 年之年均成長率分別為 2.15% 與 3.37%，因應地方政府低碳運輸發展趨勢，捷運與輕軌之成長預計較長程軌道運輸更快。

表 3、軌道大眾運輸服務需求解釋變數與推估結果

運輸服務需求	解釋變數	$R^2$	2017-2035 年均成長率
高鐵、台鐵	$f(+人口, + 高鐵、台鐵(t-1))$	0.989	2.8%
捷運、輕軌	$f(+GDP, + 時間趨勢)$	0.988	4.0%
市區公車	$f(+GDP, + 市區公車(t-1))$	0.957	3.0%

資料來源：本研究彙整



資料來源：本研究繪製

圖 2、軌道大眾運輸服務需求歷史趨勢及推估結果

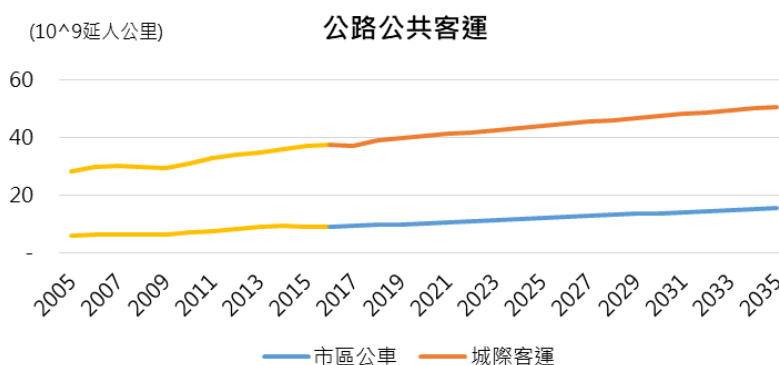
## (二) 公路大眾運輸服務需求(市區公車、城際客運)

公路公共客運包含城際客運(包含公路客運與遊覽車)與市區公車兩類。城際公路客運因與高鐵、台鐵有替代關係，其主要迴歸解釋變數為人口、GDP、高鐵與台鐵需求趨勢、以及時間趨勢；在遊覽車部分之主要解釋變數為國人國內旅遊旅次及歷年來台旅客人次，表示相較於 GDP 及人口數，旅客量與遊覽車服務需求關係更為直接。而市區公車部分則以 GDP 與本身落後一期為主要解釋變數。公路客運與遊覽車於 2017-2035 年年均成長率分別約-1.1%與 2.2%；市區公車之年均成長率則約為 3.0%。

表 4、公路大眾運輸服務需求解釋變數與推估結果

運輸服務需求	解釋變數	R <sup>2</sup>	2017-2035 年均成長率
市區公車	f(+GDP,+市區公車(t-1))	0.957	3.0%
城際客運-公路客運	f(+GDP,+人口,-高鐵台鐵趨勢,+時間趨勢)	0.936	-1.1%
城際客運-遊覽車	f(+國人國內旅遊旅次,+歷年來台旅客人次)	0.970	2.2%

資料來源：本研究彙整



資料來源：本研究繪製

圖 3、公路大眾運輸服務需求歷史趨勢及推估結果

## (三) 公路客運服務需求(長程小客車、短程小客車、機車)

公路客運包含長途小客車、短途小客車以及機車，其中長途小客車代表城際運輸需求，而短途小客車與機車則為市區運輸需求。由於小型車輛不像大眾運輸，缺乏完整的延人公里統計資料，故其歷史運輸服務需求主要由各類運具車輛登記數，配合交通部調查報告以及統計要覽資料，取得長短程比例、承載率、車輛年行駛里程資料，以推算各運具之能源服務需求歷史值。由圖中可知，各運具服務需求歷史值可能因統計報告取樣的布連續性而呈跳動情形，然而仍可看出無論是長程、短程小客車或機車的歷史趨勢皆呈現下降情形。

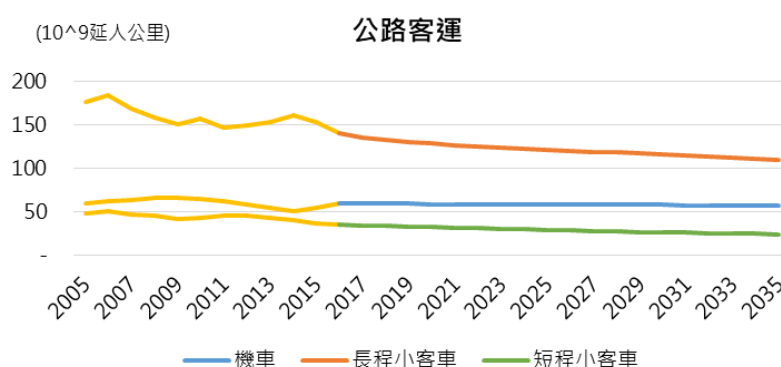
參考過往相關研究，本研究嘗試以 GDP、人口、油價等變數進行迴歸分析，然 GDP 與油價皆無法通過檢定，故本研究亦測試以大眾運輸趨勢推估結果作為公路客運服務需求之解釋變數，由迴歸

分析結果可知，長途小客車以台鐵高鐵趨勢、人口與本身落後一期為主要驅動力；短途小客車則以捷運輕軌趨勢與本身落後一期為解釋變數，預計在大眾運輸持續成長的發展方向下，小型車與私人運具的服務需求量亦將下降，長短程小客車於 2017-2035 年年均成長率約為-1.3%與-1.9%。在機車部分則降幅較低，主要以人口與本身落後一期為解釋變數，2017-2035 年年均成長率約在-0.2%。

表 5、公路客運服務需求解釋變數與推估結果

運輸服務需求	解釋變數	R <sup>2</sup>	2017-2035 年均成長率
機車	f(+人口,+機車(t-1))	0.897	-0.2%
長程小客車	f(-台鐵高鐵趨勢,+人口,+長程小客車(t-1))	0.812	-1.3%
短程小客車	f(-捷運趨勢,+短程小客車(t-1))	0.766	-1.9%

資料來源：本研究彙整



資料來源：本研究繪製

圖 4、公路客運服務需求歷史趨勢及推估結果

#### (四) 公路貨運服務需求(大貨車、小貨車)

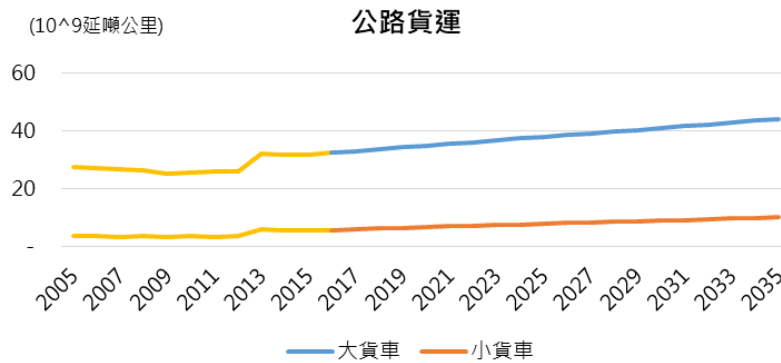
公路貨運包含大貨車及小貨車。由於可區分大小貨車的貨運相關統計資料缺乏，且由歷史趨勢可知，2012-2013 年的貨運服務需求有明顯上揚的情形，可能與其統計要覽的資料蒐集與處理方法變動有關。因未能取得明確之變動趨勢修正依據，故本研究在進行公路貨運迴歸時，以原始數值配合虛擬變數求解，以撇除統計方法差異的問題。

在服務需求推估部分，大小貨車的解釋變數除了 GDP 以為主要驅動外，本研究亦嘗試加入其他貨運統計資料，包括大貨車受進出港貨櫃數影響、小貨車發展趨勢則受貨運整體收入之影響。由迴歸結果可知大小貨車於 2017-2035 年年均成長率約為 1.6%與 3.0%。

表 6、公路貨運服務需求解釋變數與推估結果

運輸服務需求	解釋變數	R <sup>2</sup>	2017-2035 年均成長率
大貨車	f(+GDP,+進出港貨櫃數)	0.726	1.6%
小貨車	f(+GDP,+貨運收入)	0.959	3.0%

資料來源：本研究彙整



資料來源：本研究繪製

圖 5、公路貨運服務需求歷史趨勢及推估結果

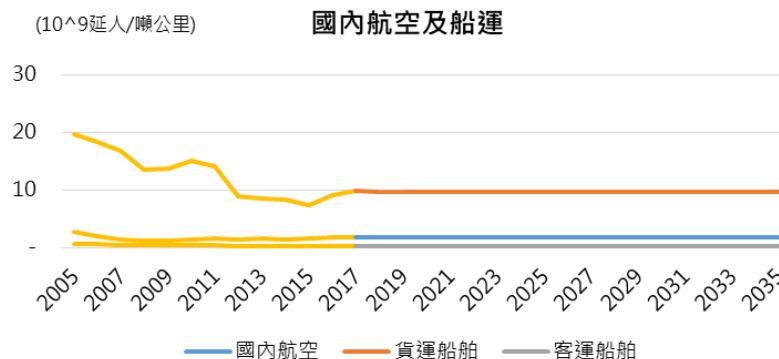
## (五) 國內航空及船運服務需求

由歷史趨勢觀之，國內航空有明顯的下降趨勢，而客貨運船舶則較呈現持平的狀態。國內航空考量本身落後一期成長率時，以原始數值配合虛擬變數進行迴歸分析，以去除統計方法差異的問題，推估 2017-2035 年年均成長率約-0.15%；客貨運船舶處理方式與其他運具不同。因為船舶資料主要以船隻數為主，缺乏行駛里程與載客、載貨量之相關資訊，因此本研究以能源平衡表中水運的柴油與燃料油歷年消費量推估未來趨勢，作為客貨運船舶服務需求成長趨勢資料。結果顯示客貨運船舶於 2017-2035 年年均成長率約 0.06%。

表 7、國內航空及船運服務需求解釋變數與推估結果

運輸服務需求	解釋變數	R <sup>2</sup>	2017-2035 年均成長率
國內航空	$f(+\text{國內航空}(t-1))$	0.933	-0.15%
客運船舶	以水運油品消費量自我迴歸成長率估計	-	-0.06%
貨運船舶	以水運油品消費量自我迴歸成長率估計	-	-0.06%

資料來源：本研究彙整



資料來源：本研究繪製

圖 6、國內航空及船運服務需求歷史趨勢及推估結果



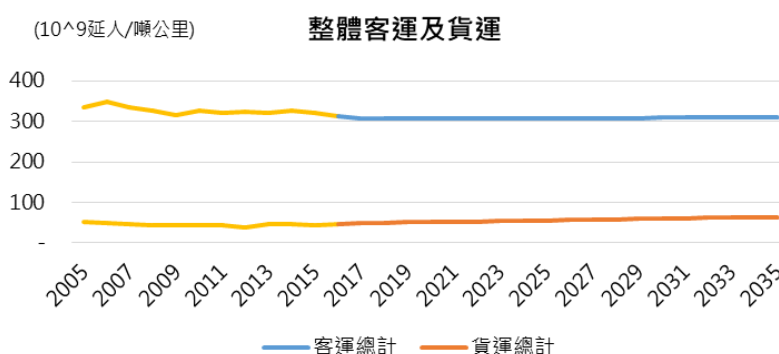
## (六) TIMES 模型運輸服務需求推估結果

綜整各運具服務需求推估結果，可知整體客運受人口負成長以及歷史趨勢影響，預計有逐年緩步下降趨勢，2017-2035 年為-0.02%；而公路貨運服務需求隨經濟成長與物流需求，預計將持續成長，整體貨運服務需求年均成長率約 1.6%。客貨運服務需求之涵蓋運具類別與年均成長率推估結果如表 8 及圖 7 所示。

表 8、整體客運及貨運服務需求解釋變數與推估結果

運輸服務需求	涵蓋運具類別	2005-2016 年均成長率	2017-2035 年均成長率
客運	小客車、市區公車、公路客運、捷運、台鐵、高鐵、國內航空、客運船舶	-0.6%	-0.02%
貨運	大貨車、小貨車、貨運船舶	-0.6%	1.6%

資料來源：本研究彙整



資料來源：本研究繪製

圖 7、整體客運及貨運服務需求歷史趨勢及推估結果

本團隊以多元迴歸方式建立各類運具之服務需求推估模式，並依最新社經預測資料與關鍵變數統計資料滾動檢討推估模式。由於影響運輸服務需求之因素眾多，且運輸需求與區域、路網等配置具互關聯，本團隊在重大議題評估時，亦參考與諮詢交通部運研所透過運具需求模式推估之運輸服務需求資料，確保模型評估工作之合理性，並確實反映我國運輸發展規劃。

## 三、運輸部門技術資料庫

臺灣 TIMES 能源工程模型運輸部門技術資料庫涵蓋之技術項目包括機車、小客車、大小貨車、大客車、軌道運輸、船舶、航空等運具，而各運具需更新維護的參數包括車輛年行駛里程、乘載率、效率、投資與運維成本等，資料更新來源包括能源統計、交通部運輸統計、自用小客車使用狀況調查報告、計程車營運狀況調查報告、遊覽車營運狀況調查報告、機車使用狀況調查報告、國內水上貨運報告及其他不定期報告，此外資料更新過程亦會諮詢工研院內技術專家。而在新及前瞻運輸技術方

面，資料建置將以國際前瞻技術發展趨勢作為模型潔淨運輸技術資料庫更新的參考依據。以下章節說明各運具技術資料庫中，既有技術參數設定與新技術發展趨勢設定與相關參考資料。

臺灣 TIMES 能源工程模型運輸部門之能源服務需求，共可分為公路客運(短程小客車、長程小客車、市區公車、長途大客車、機車)、軌道客運(市區軌道客運、長程軌道客運)、貨運(軌道貨運、小型貨車、大型貨車、船舶貨運)、國內航空等 12 類。各能源服務需求由不同運具技術來滿足，各運具之燃料類型、引擎規格、使用模式均有所差異，以短程小客車為例，依據引擎或動力設備使用之燃料類型，可區分為汽油、柴油、混合動力、插電式混合動力、電動、氫能電池與雙燃料引擎(LPG 與汽油)車；而比例最高的汽油小客車，又依據引擎規模可分為小於 1,200c.c.、1,201~1,800c.c.、1,801~2,400c.c.、以及大於 2,400c.c.等技術；另外由於自用車與營業用車(以計程車為主)之使用型態不同(包括年行駛里程、乘載率、無載客空繞等行為)，故於技術資料庫中亦區分為不同技術，以確實反映各類運具實際使用情形。

表 9、臺灣 TIMES 模型運輸部門技術資料分類

能源服務需求	運具別		技術別	能源服務需求	運具別		技術別
公路客運-長程小客車、短程小客車	小客車	自用小客車	汽油車(<1200c.c.)	公路貨運-小貨車	小貨車	自用小貨車	汽油車
			汽油車(1201~1800c.c.)				柴油車
			汽油車(1801~3000c.c.)				混合動力車(LPG+汽油)
			汽油車(>3001c.c.)				油電混和車
			柴油車				插電式油電混和車
			混合動力車(LPG+汽油)				純電動車
			油電混和車				燃料電池車
			插電式油電混和車				營業用小貨車
		純電動車	柴油車				
		燃料電池車	混合動力車(LPG+汽油)				
		營業用小客車	汽油車			油電混和車	
			柴油車			插電式油電混和車	
			混合動力車(LPG+汽油)			純電動車	
			油電混和車			燃料電池車	
	插電式油電混和車		公路貨運-大貨車	大貨車	自用大貨車	柴油車	
	純電動車					油電混和車	
	燃料電池車	營業用大貨車			柴油車		
	柴油車				油電混和車		
公路客運-短程大客車	大客車	市區公車	柴油車	短程軌道	捷運		中運量軌道
			電動車				高運量軌道
			油電混和車				長程軌道
公路客運		柴油車	柴油客車				
		電動車	動力機車				
遊覽車		柴油車	高鐵	電聯車			
		電動車		高鐵			
公路客運-機車		機車	普通輕型(50c.c.以下)	國內航空	飛機		商用噴射引擎機
			普通重型(51~250c.c.)	客運船舶	客運船		燃料油船
			大型重型(251~550c.c.)				柴油船
	大型重型(550c.c.以上)		燃料油船				
		電動機車	貨運船舶	貨運船		柴油船	

資料來源：本研究彙整

## (一) 既有與實績年技術資料庫

運輸部門資料庫每年依照最新運具技術相關統計與調查資料，進行實績年力要更新與能源消費量校準工作，故既有技術資料庫參數為持續滾動調整。本章節呈現以 2016 年為實績年為基礎，各運

具最新可取得之技術參數資料，確保各技術實際反映目前發展情形，並作為實績年校準，以及基準情境設定之基礎。運輸部門實績年運具技術參數以交通部之統計與調查資料、能效資料為主，而成本資料以市場蒐集資料為主。各類運具實績年參數設定值與資料來源詳列於表 10 至表 14。

## 1. 小客車：

表 10、小客車技術參數設定

小客車技術別		車輛 存量數	年行駛里程 (km)	乘載率 (人/車)	技術效率 (km/L)	購車成本 (萬元)	運維成本 (萬元)		使用年限
							固定	變動	
自用 小客車	汽油車(<1200c.c.)	74,573	12,595	2.09	15.18	62.8	1.8	1.9	15
	汽油車(1201~1800c.c.)	3,449,004	12,595	2.09	13.07	71.8	2.1	1.9	15
	汽油車(1801~3000c.c.)	2,504,412	12,595	2.09	10.54	185.0	2.9	1.9	15
	汽油車(>3001c.c.)	192,647	12,595	2.09	7.19	459.0	4.6	1.9	15
	柴油車	236,595	15,005	2.09	14.59	129.2	2.2	1.9	15
	混合動力車(LPG+汽油)	3,447	21,783	2.09	11.77	76.8	2.4	1.9	15
	油電混和車	79,379	14,548	2.09	14.82	140.0	2.4	1.9	15
	插電式油電混和車	243	14,492	2.09	17.85	284.0	2.4	1.4	15
	純電動車	779	12,176	2.09	4.87(km/kWh)	322.0	0.9	0.7	15
營業用 小客車	汽油車	177,746	30,564	1.65	17.85	62.8	2.5	5.0	8
	柴油車	22,830	33,464	1.65	12.58	129.2	2.1	5.0	8
	混合動力車(LPG+汽油)	10,258	42,638	1.65	9.75	76.8	2.5	5.0	8
	油電混和車	8,829	29,667	1.65	12.28	140.0	2.5	5.0	8
	插電式油電混和車	72	29,667	1.65	14.80	284.0	2.5	3.9	8
	純電動車	457	19,072	1.65	4.04(km/kWh)	322.0	0.9	2.4	8

資料來源：本研究彙整

- 存量數：機動車輛登記數按燃料別分
- 年行駛里程：交通統計要覽
- 承載率：小客車使用調查報告與計程車營運狀況調查報告
- 技術效率：車輛油耗標準測試值配合市場實測資料調整；新技術車輛參考美國能源部與環保署 fuel economy 資料
- 成本資料：購車成本依市場調查資料；固定成本包含稅賦與保險；運維成本包含保養維修、清潔、計程車服務費、電動車電池更換成本等
- 使用年限：車齡分布統計配合市場調查資料

註：(1) 營業用車輛技術效率，依交通部調查報告，以自用車之 0.85 計；(2) 燃油車長短程效率依交通部調查報告效率值比例，電動車與燃料電池車長短程效率差異較小，暫不區分；(3) 氫能電池車，因目前我國發展走向未明，故本次暫不納入。

## 2. 小貨車

表 11、小貨車技術參數設定

小貨車技術別		車輛 存量數	年行駛里程 (km)	乘載率 (人/車)	技術效率 (km/L)	購車成本 (萬元)	運維成本 (萬元)		使用年限
							固定	變動	
自用 小貨車	汽油車	586,777	11,670	0.50	11.32	72	1.46	1.81	15
	柴油車	292,225	15,879	0.70	13.75	89	1.12	2.22	15
	混合動力車(LPG+汽油)	20	23,373	0.57	10.19	77	1.46	1.94	15
	油電混和車	7	19,861	0.57	16.49	89	1.46	2.22	15
	插電式油電混和車	-	19,861	0.57	20.26	119	1.46	2.98	15

	純電動車	5	11,891	0.57	3.42(km/kWh)	144	0.22	3.61	15
營業用 小貨車	汽油車	14,778	17,437	0.50	11.82	72	1.75	1.81	8
	柴油車	25,477	26,123	0.90	13.41	89	1.30	2.22	8
	混合動力車(LPG+汽油)	2	34,923	0.75	10.64	77	1.75	1.94	8
	油電混和車	3	32,674	0.75	17.21	89	1.75	2.22	8
	插電式油電混和車	-	32,674	0.75	21.14	119	1.75	2.98	8
	純電動車	-	19,562	0.75	3.57(km/kWh)	144	0.22	3.61	8

資料來源：本研究彙整

- 存量數：機動車輛登記數按燃料別分
- 年行駛里程：交通統計要覽
- 承載率：交通部運研所，102 年運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型之應用
- 技術效率：車輛油耗標準測試值；新技術車輛參考 AEO 之能源效率
- 成本資料：購車成本依市場調查資料，新技術車輛參考 AEO；固定成本包含稅賦與保險；運維成本以車價 2.5%計
- 使用年限：車齡分布統計配合市場調查資料

註：營業用車輛技術效率，依運研所研究報告，以自用車之 0.94 計

### 3. 大客車、大貨車：

表 12、大客車、大貨車技術參數設定

大客車技術別		車輛存量數	年行駛里程 (km)	乘載率 (人/車)	技術效率 (km/L)	購車成本 (萬元)	運維成本(萬元)		使用年限
							固定	變動	
市區公車	柴油	9,812	40,837	18.50	2.33	600	31.2	13.2	12
	電動	262	39,274	18.50	0.75(km/kWh)	900	45.0	17.1	12
	油電混和	198	40,837	18.50	3.13	800	41.6	13.2	12
公路客運	柴油	5,360	111,932	14.06	3.29	600	31.2	13.2	10
	電動	0	111,932	14.06	0.90(km/kWh)	900	45.0	17.1	10
遊覽車	柴油	16,605	59,598	29.00	3.29	600	31.2	13.2	12
	電動	43	59,598	29.00	1.00(km/kWh)	900	45.0	17.1	12
大貨車技術別		車輛存量數	年行駛里程 (km)	乘載率 (公噸/車)	技術效率 (km/L)	購車成本 (萬元)	運維成本(萬元)		使用年限
							固定	變動	
自用	柴油	96,612	22,234	4.2	2.4	350	3.0	8.8	20
	油電	24	44,183	4.2	2.9	395	3.0	9.9	20
營業用	柴油	70,383	18,166	12.9	3.7	450	3.0	11.3	20
	油電	20	40,044	12.9	4.4	507	3.0	12.7	20

資料來源：本研究彙整

- 存量數：機動車輛登記數按燃料別分
- 年行駛里程：交通統計要覽
- 承載率：交通部運研所，102 年運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型之應用
- 技術效率：大貨車：交通部運研所，102 年運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型之應用  
大客車：柴油車參考客運統計之營業里程與油耗量資料；新技術參考運研所 (2016) · 公路公共運輸電動客車經營與運作績效調查
- 購車成本：大貨車：環保署 1~2 期柴油大貨車汰舊換新減徵新車貨物稅稅式支出評估報告；油電車依市場調查資料  
大客車：運研所 (2016) · 公路公共運輸電動客車經營與運作績效調查
- 運維成本：固定成本包含稅賦與保險；變動成本以車價 2.5%計
- 使用年限：車齡分布統計配合市場調查資料

#### 4. 機車：

表 13、機車技術參數設定

機車技術別	車輛存量數	年行駛里程 (km)	乘載率 (人/車)	技術效率 (km/L)	購車成本 (萬元)	運維成本 (萬元)		使用年限
						固定	變動	
<50c.c.	1,163,185	1,833	1.23	61.8	5.0	0.1	0.14	10
51~250c.c.	12,351,451	3,677	1.28	41.4	8.1	0.2	0.23	10
251~550c.c.	56,975	8,052	1.24	23.4	24.6	0.3	0.60	10
>550c.c.	69,958	8,052	1.24	14.6	55.5	0.8	0.60	10
電動	114,013	3,527	1.28	42.3(km/kWh)	8.3	0.1	0.17	10

資料來源：本研究彙整

- 存量數：機動車輛登記數按燃料別分
- 年行駛里程：交通部機車使用狀況調查報告；交通統計要覽
- 承載率：交通部機車使用狀況調查報告
- 技術效率：車輛油耗標準測試值配合市場實測資料調整；電動機車參考車商技術資料
- 成本資料：購車成本依市場調查資料；固定運維成本包含稅賦與保險；變動運維成本包含保養維修、清潔、電池耗損之攤提費用等
- 使用年限：車齡分布統計配合市場調查資料

#### 5. 非公路運輸：軌道運輸、國內航空與船舶

非公路運輸中，軌道運輸之統計資料以運量與能耗為主，且其車輛汰換以及運量變化以主責機關規劃為主要設定依據，故不另行設定成本資訊。而國內航空與客貨運船舶因能源消費占比低，且不。綜合上述，非公路運輸部分利用運輸服務需求設定技術占比，各技術效率亦利用能源消費統計資料推算設定，以呈現各類非公路運輸服務需求變化時對於能耗的影響。

表 14、非公路運輸技術參數設定

運輸服務需求類別	技術別		運輸服務需求 (10 <sup>9</sup> 延人公里)	技術占比	技術效率 (10 <sup>9</sup> 延人公里/PJ)
城際軌道運輸	台鐵	柴油機車	1.23	5.9%	5.36
		柴油客車	1.48	7.1%	4.01
		動力機車	5.42	26.0%	10.10
		電聯車	3.15	15.1%	2.51
	高鐵		9.59	46.0%	4.93
市區軌道運輸	捷運	膠軌中運量	0.57	9.0%	2.01
		重軌高運量	5.76	91.0%	2.01
國內航空	國內航空		1.65	100.0%	0.41
客運船舶	客運船舶	柴油	0.12	44.8%	1.66
		燃料油	0.15	55.2%	1.46
貨運船舶	貨運船舶	柴油	4.14	45.6%	1.48
		燃料油	4.94	54.4%	1.29

資料來源：本研究彙整

- 台鐵：台鐵統計月報-機車車輛運轉實績及電、油消耗
- 高鐵：交通部統計查詢網，高鐵客運概況；台灣高鐵公司(2016)，台鐵企業社會責任白皮書
- 捷運：交通部統計查詢網，捷運客運概況；交通部運研所(2011)，運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型之建立
- 國內航空：交通部民航局(2017)，民航統計年報
- 船舶：工研院(2013)，2050 能源供需情境模擬器(2017 年版)



## (二) 技術發展趨勢與情境設定

未來技術發展趨勢可透過情境設定方式，探討不同能源技術發展或政策導入情形下，運輸部門的能源消費需求。運輸部門技術資料庫共設計三種未來發展情境，定義說明如下：

表 15、運輸部門節能情境設定說明

情境類別	情境設定說明
保守情境： 參考情境	依歷史成長趨勢推估技術自然成長率，隱含既有政策的節能效果，視作參考情境。
積極情境： 政策情境	考量我國政策目標，假設能效標準提升幅度，並納入環島鐵路電氣化與車輛電動化目標，電動化車輛(依國際常用低碳運具定義，包含油電混和車、插電式油電混和車、純電動車)各技術占比參考 ETP 2017 的 2DS 情境(以油電混和車為主)。此外依公共運輸運量提升規劃，設定私人運具移轉至公共運輸。
前瞻情境： 技術發展情境	參考國際技術發展，以 AEO 報告中考量美國 CAFE 能效標準規範下，各運具之效率改善幅度，並且在車輛電動化目標下，參考 ETP 2017 的 B2DS 情境(提升純電動車占比)。此外亦納入公共運輸運量提升規劃，導入程度與積極情境相同。

資料來源：本研究彙整

表 16 彙整各運具技術類別，在不同情境下，2017~2035 年技術效率及購車成本設定值之年均成長率，以及至 2035 年新技術車輛占我國車輛存量之比例。

表 16、運輸部門各節能情境技術參數變動趨勢

運具別	情境別	2017~2035 年技術效率 年均成長率	2017~2035 年購車成本 年均成長率	2035 年新技術存量占比 <sup>(註)</sup>
小客車	保守	既有技術：0.2~1.2% 新技術：1.5~2.7%(各情境一致)	既有技術：0.03~0.3% 新技術：-5.3~0.1%(各情境一致)	4.3%
	積極	既有技術：0.2~1.2%	既有技術：0.1~0.4%	32.9%，純電動車占比 9.2%
	前瞻	既有技術：0.2~1.2%	既有技術：0.1~0.6%	32.9%，純電動車占比 14.5%
小貨車	保守	既有技術：1.6~1.8% 新技術：2.6~3.1%(各情境一致)	既有技術：0.2~0.3% 新技術：-0.6~0.0%	0%
	積極	既有技術：1.8%	既有技術：0.3%	32.9%，純電動車占比 9.2%
	前瞻	既有技術：3.0~3.3%	既有技術：0.5~0.6%	32.9%，純電動車占比 14.5%
大客車	保守	0.2~0.4%	-0.9~0.1%	市區公車：10%；國道客運：1%
	積極	0.5~0.8%	-0.9~0.2%	市區公車：50%；國道客運：9%
	前瞻	0.7~1.3%	-0.9~0.3%	市區公車：71%；國道客運：18%
大貨車	保守	0.4%	0.2%	1%
	積極	0.7%	0.3%	3%
	前瞻	0.9%	0.5%	17%
機車	保守	燃油車：1.1~1.5% 電動車：1.3%	燃油車：0.2~0.3% 電動車：-1.6%	2.6%
	積極& 前瞻	燃油車：1.4~3.0% 電動車：1.3%	燃油車：0.3~0.7% 電動車：-1.6%	73.4%

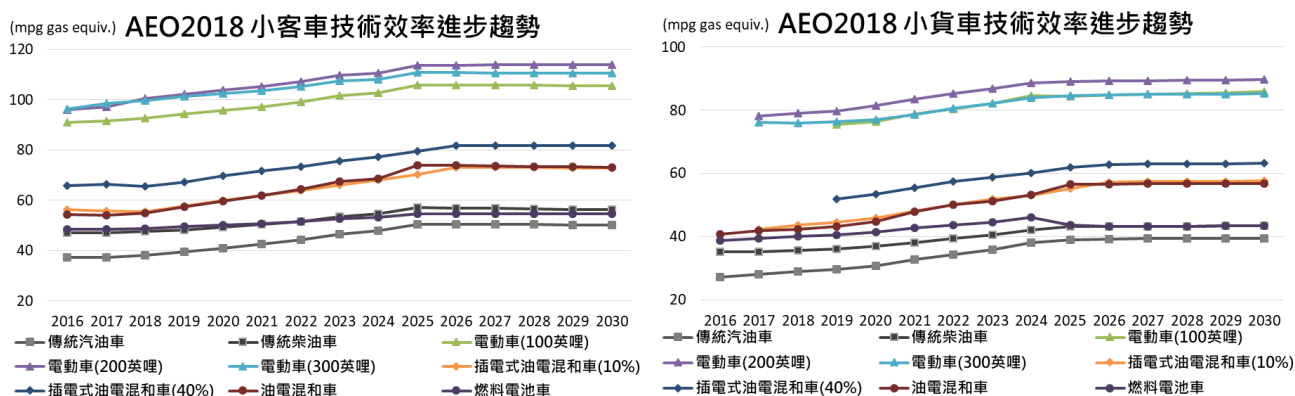
資料來源：本研究彙整

註：新技術車輛依國際低碳運具推動上的常用分類方法，包括油電混和車、插電式油電混和車、以及電動車。燃料電池車因目前我國發展走向未明，故暫不納入。

以下分就各運具別之技術項目說明其 2017~2035 年技術效率、成本及新技術滲透率等主要參數設定邏輯與參考依據。

## 1. 小客車：

小客車技術主要分為既有技術(含汽油車、柴油車、混合動力車)以及新技術(含油電混合車、插電式油電混合車、純電動車 3 類，燃料電池車目前暫不納入)。我國針對小客車之能效管理，除了針對車輛依排氣量等級訂定能耗標準，亦針對車商訂定車商銷售車輛平均油耗標準。各國油耗標準訂定中，由於我國現行新車油耗調和平均與美國較接近，故多以美國車輛平均油耗標準(Corporate Average Fuel Economy Standards, CAFE)作為油耗標準制定參考。而美國能源總署(Energy Information Agency, EIA)每年發布的年度能源展望報告(Annual Energy Outlook)中，亦納入 CAFE 規範對於各類運具能源效率變動之影響。圖 8 呈現在 CAFE 平均油耗標準施行下，包括傳統汽柴油車、油電混和車、插電式油電混和車、電動車、燃料電池車等各運具技術的逐年能效變動幅度，作為運輸情境設定之參考。

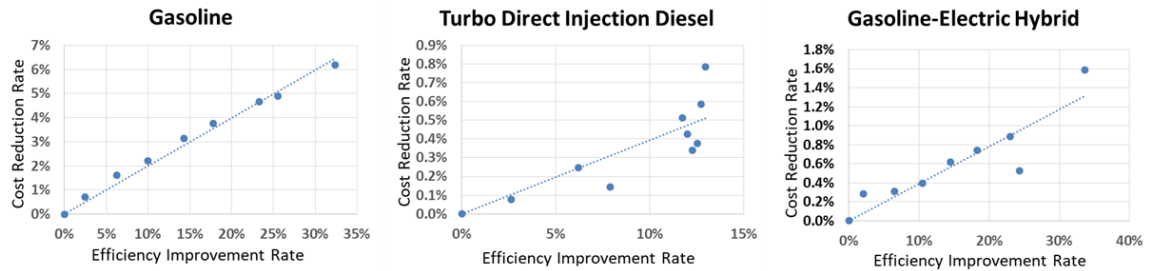


資料來源：EIA (2018), Annual Energy Outlook；本研究繪製

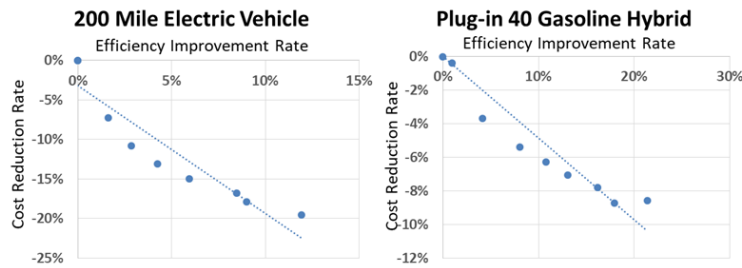
圖 8、EIA AEO2018 未來車輛技術效率進步趨勢

除了燃油效率外，AEO 報告亦探討各類技術的逐年成本變化趨勢。若以 2017 年為基準值，探討 AEO 報告資料中，未來年各類技術能效改善幅度與成本變動幅度之關係，可繪出圖 9。由圖可知，既有技術因發展已具成熟度，故額外的能效提升通常仰賴額外設備或裝置升級，故其能效改善幅度越大，成本提升幅度也越大；而如插電式油電混和車與電動車等新技術，因技術仍有改善空間，關鍵技術或元件成本仍持續抑低(如電動車用電池成本)，故效率改善的同時，其購車成本可持續下降。

### (A) 既有技術改善之成本趨勢



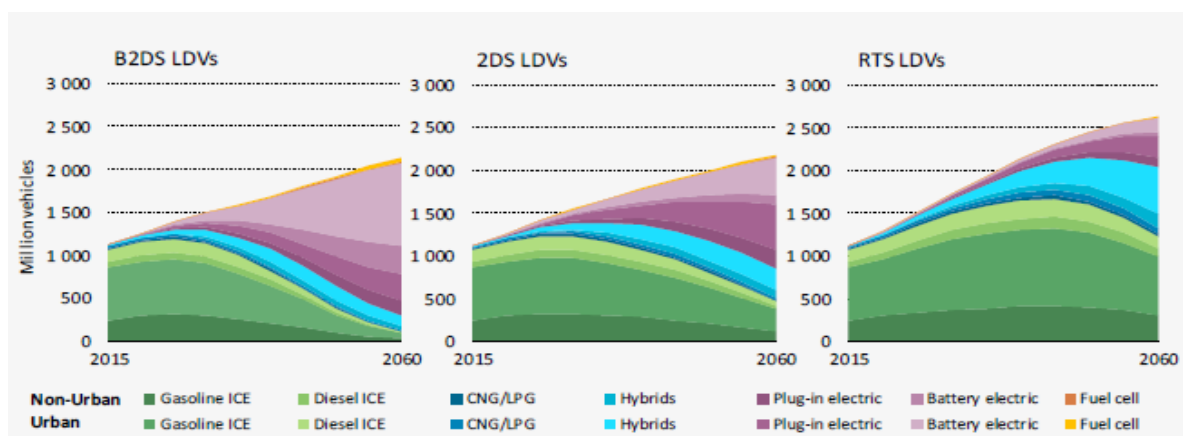
### (B) 新技術發展之成本趨勢



資料來源：EIA(2018), Annual Energy Outlook; 本研究繪製

圖 9、小客車技術效率改善與成本變動關係

小客車新技術車輛之滲透率，在積極與前瞻情境中，考量我國 2040 年新售汽車全面電動化目標設定。由於國際間多以油電混和車、插電式油電混和車、純電動車與燃料電池車作為電動化目標之技術(即不限於純電動車)。故本研究設定小客車積極情境與前瞻情境達成車輛電動化的技術組成，分別參考 IEA 的 ETP2017 報告，設定 2DS 與 B2DS 情境下輕型車(Light-duty vehicle, LDV)的新技術占比，故兩情境在同一年度的新技術車輛占比一致，但前瞻情境之純電動車占比會比積極情境高，而積極情境的油電混和車占比會比前瞻情境高。



資料來源：IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017

圖 10、2017 年 IEA ETP 報告各情境小客車新技術導入趨勢

- 既有技術效率改善：
  - 保守情境：依各類技術之歷史效率成長率，每 10 年成長幅度遞減 50%
  - 積極情境：依上期車輛能耗標準提幅度至 2022 年，後每 10 年成長幅度遞減 50%
  - 前瞻情境：依美國 AEO 2018 小客車能效提升幅度至 2025 年，後每 10 年遞減 50%
- 新技術效率：單一情境，主要以市占率呈現技術節能效果

表 17、小客車各情境技術效率趨勢

小客車技術別 效率(km/L)		2017 效率值 (km/L)	2035 效率值			2017~2035 年均成長率		
			保守	積極	前瞻	保守	積極	前瞻
自用 小客車	汽油車(<1200c.c.)	15.18	16.9	18.0	24.2	0.6%	0.9%	2.6%
	汽油車(1201~1800c.c.)	13.07	16.3	16.6	20.8	1.2%	1.3%	2.6%
	汽油車(1801~3000c.c.)	10.54	11.4	13.7	16.8	0.4%	1.5%	2.6%
	汽油車(>3001c.c.)	7.19	7.4	10.1	11.5	0.2%	1.9%	2.6%
	柴油車	14.59	16.4	19.0	19.8	0.7%	1.5%	1.7%
	混合動力車(LPG+汽油)	11.77	13.1	13.9	18.7	0.6%	0.9%	2.6%
	油電混和車	14.82	23.8	23.8	23.8	2.7%	2.7%	2.7%
	插電式油電混和車	17.85	27.8	27.8	27.8	2.5%	2.5%	2.5%
	純電動車	4.87(km/kWh)	6.4(km/kWh)	6.4(km/kWh)	6.4(km/kWh)	1.5%	1.5%	1.5%
營業用 小客車	汽油車	17.85	14.0	14.9	20.0	1.2%	1.3%	2.6%
	柴油車	12.58	13.8	16.0	16.6	0.7%	1.5%	1.7%
	混合動力車(LPG+汽油)	9.75	10.8	11.5	15.5	0.6%	0.9%	2.6%
	油電混和車	12.28	19.7	19.7	19.7	2.7%	2.7%	2.7%
	插電式油電混和車	14.80	23.0	23.0	23.0	2.5%	2.5%	2.5%
	純電動車	4.04(km/kWh)	5.3(km/kWh)	5.3(km/kWh)	5.3(km/kWh)	1.5%	1.5%	1.5%

資料來源：本研究彙整

- 技術成本趨勢：依 AEO2018 各類小客車運具之能效改善率與成本變動率關係式估算。以 AEO 之設定邏輯，既有技術之能效改善率與成本成正比；而新技術之發展則促使能效改善同時成本持續抑低。

表 18、小客車各情境技術成本趨勢

小客車技術別 成本(萬元)		2017 購車成本 (萬元)	2035 購車成本 (萬元)			2017~2035 年均成長率		
			保守	積極	前瞻	保守	積極	前瞻
自用 小客車	汽油車(<1200c.c.)	62.8	64.2	65.1	65.8	0.12%	0.20%	0.26%
	汽油車(1201~1800c.c.)	71.8	75.2	75.6	79.5	0.26%	0.29%	0.57%
	汽油車(1801~3000c.c.)	185.0	187.9	196.2	191.1	0.09%	0.33%	0.18%
	汽油車(>3001c.c.)	459.0	461.8	496.0	464.6	0.03%	0.43%	0.07%
	柴油車	129.2	129.9	130.8	130.6	0.03%	0.07%	0.06%
	混合動力車(LPG+汽油)	76.8	78.4	79.4	80.2	0.12%	0.19%	0.24%
	油電混和車	140.0	143.3	143.3	143.3	0.13%	0.13%	0.13%
	插電式油電混和車	284.0	207.2	207.2	207.2	-1.74%	-1.74%	-1.74%

	純電動車	322.0	120.7	120.7	120.7	-5.30%	-5.30%	-5.30%
營業用 小客車	汽油車	62.8	64.2	65.1	65.8	0.12%	0.20%	0.26%
	柴油車	129.2	129.9	130.8	130.6	0.03%	0.07%	0.06%
	混合動力車(LPG+汽油)	76.8	69.2	70.2	70.8	0.12%	0.19%	0.24%
	油電混和車	140.0	143.3	143.3	143.3	0.13%	0.13%	0.13%
	插電式油電混和車	284.0	207.8	207.8	207.8	-1.72%	-1.72%	-1.72%
	純電動車	322.0	116.3	116.3	116.3	-5.50%	-5.50%	-5.50%

資料來源：本研究彙整

- 新技術滲透率趨勢：保守情境依新技術歷史滲透率趨勢設定；積極情境與前瞻情境皆以 2040 年新售小貨車全面電動化目標設定，並分別以 IEA 的 ETP2017 報告的輕型車(Light-duty vehicle, LDV)2DS 與 B2DS 情境，設定滿足車輛電動化的新技術占比。

表 19、小客車各情境技術存量占比趨勢

小客車技術別		2017 存量占比	2025 存量占比			2035 存量占比		
			保守	積極	前瞻	保守	積極	前瞻
自用 小客車	汽油車(<1200c.c.)	1.06%	1.02%	0.98%	0.98%	0.97%	0.68%	0.68%
	汽油車(1201~1800c.c.)	48.81%	46.99%	45.33%	45.33%	44.72%	31.38%	31.38%
	汽油車(1801~3000c.c.)	35.44%	34.12%	32.91%	32.91%	32.47%	22.79%	22.79%
	汽油車(>3001c.c.)	2.73%	2.62%	2.53%	2.53%	2.50%	1.75%	1.75%
	柴油車	4.27%	6.40%	6.18%	6.18%	9.07%	6.36%	6.36%
	混合動力車(LPG+汽油)	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.06%	0.06%
	油電混和車	1.45%	2.59%	2.61%	2.37%	4.02%	11.64%	9.49%
	插電式油電混和車	0.00%	0.00%	1.53%	1.53%	0.00%	10.55%	7.77%
	純電動車	0.01%	0.01%	1.70%	1.93%	0.01%	8.64%	13.57%
營業用 小客車	汽油車	4.84%	4.84%	4.76%	4.76%	4.84%	3.38%	3.38%
	柴油車	0.68%	0.71%	0.70%	0.70%	0.75%	0.52%	0.52%
	混合動力車(LPG+汽油)	0.39%	0.35%	0.35%	0.35%	0.31%	0.21%	0.21%
	油電混和車	0.23%	0.24%	0.15%	0.14%	0.24%	0.77%	0.63%
	插電式油電混和車	0.00%	0.00%	0.09%	0.09%	0.00%	0.70%	0.51%
	純電動車	0.01%	0.01%	0.10%	0.11%	0.01%	0.57%	0.90%
新技術車輛占比		1.71%	2.86%	6.18%	6.18%	4.29%	32.86%	32.86%

資料來源：本研究彙整

註：此存量占比之定義代表模型中滿足服務需求的技術比例，非新購車輛數比例

## 2. 小貨車：

小貨車之技術定義與參數設定邏輯皆與小客車相似，同樣分為既有技術(含汽油車、柴油車、混合動力車)以及新技術(含油電混合車、插電式油電混合車、純電動車 3 類，燃料電池車目前暫不納入)。技術效率部分參考國內能耗標準規範與 AEO2018 小貨車能效提升趨勢；成本資料亦參考 AEO



能效改善與成本之關係；新技術滲透率趨勢以 2040 年汽車全面電動化，配合 ETP2017 報告的輕型車(Light-duty vehicle, LDV)2DS 與 B2DS 情境進行設定。

- 既有技術效率改善：
  - 保守情境：依各類技術之歷史效率成長率，每 10 年成長幅度遞減 50%
  - 積極情境：依上期車輛能耗標準提幅度至 2022 年，後每 10 年成長幅度遞減 50%
  - 前瞻情境：依美國 AEO 2018 小貨車能效提升幅度至 2025 年，後每 10 年遞減 50%
- 新技術效率：單一情境，主要以市占率呈現技術節能效果

表 20、小貨車各情境技術效率趨勢

小貨車技術別		2017 效率值 (km/L)	2035 效率值 (km/L)			2017~2035 年均成長率		
			保守	積極	前瞻	保守	積極	前瞻
自用 小貨車	汽油車	11.32	14.99	15.51	20.37	1.6%	1.8%	3.3%
	柴油車	13.75	18.34	18.93	24.73	1.6%	1.8%	3.3%
	混合動力車(LPG+汽油)	10.19	14.11	13.96	17.49	1.8%	1.8%	3.0%
	油電混和車	16.49	28.48	28.48	28.48	3.1%	3.1%	3.1%
	插電式油電混和車	20.26	32.18	32.18	32.18	2.6%	2.6%	2.6%
	純電動車	3.42(km/kWh)	4.53(km/kWh)	4.53(km/kWh)	4.53(km/kWh)	1.6%	1.6%	1.6%
營業用 小貨車	汽油車	11.82	15.64	16.18	21.26	1.6%	1.8%	3.3%
	柴油車	13.41	17.89	18.46	24.12	1.6%	1.8%	3.3%
	混合動力車(LPG+汽油)	10.64	14.73	14.57	18.25	1.8%	1.8%	3.0%
	油電混和車	17.21	29.72	29.72	29.72	3.1%	3.1%	3.1%
	插電式油電混和車	21.14	33.58	33.58	33.58	2.6%	2.6%	2.6%
	純電動車	3.57(km/kWh)	4.72(km/kWh)	4.72(km/kWh)	4.72(km/kWh)	1.6%	1.6%	1.6%

資料來源：本研究彙整

- 技術成本趨勢：依 AEO2018 各類小客車運具之能效改善率與成本變動率關係式估算。以 AEO 之設定邏輯，既有技術之能效改善率與成本成正比；而新技術之發展則促使能效改善同時成本持續抑低。

表 21、小貨車各情境技術成本趨勢

小貨車技術別 成本(萬元)		2017 購車成本 (萬元)	2035 購車成本 (萬元)			2017~2035 年均成長率		
			保守	積極	前瞻	保守	積極	前瞻
自用 小貨車	汽油車	72.0	75.3	75.7	79.5	0.3%	0.3%	0.6%
	柴油車	89.0	92.8	93.3	98.3	0.2%	0.3%	0.6%
	混合動力車(LPG+汽油)	77.0	81.5	81.3	85.0	0.3%	0.3%	0.5%
	油電混和車	89.0	79.5	79.5	79.5	-0.6%	-0.6%	-0.6%
	插電式油電混和車	119.0	119.8	119.8	119.8	0.0%	0.0%	0.0%
	純電動車	144.0	98.5	98.5	98.5	-2.1%	-2.1%	-2.1%
營業用 小貨車	汽油車	72.0	75.3	75.7	79.5	0.3%	0.3%	0.6%
	柴油車	89.0	92.8	93.3	98.3	0.2%	0.3%	0.6%

	混合動力車(LPG+汽油)	77.0	81.5	81.3	85.0	0.3%	0.3%	0.5%
	油電混和車	89.0	79.5	79.5	79.5	-0.6%	-0.6%	-0.6%
	插電式油電混和車	119.0	119.8	119.8	119.8	0.0%	0.0%	0.0%
	純電動車	144.0	98.5	98.5	98.5	-2.1%	-2.1%	-2.1%

資料來源：本研究彙整

- 新技術滲透率趨勢：保守情境依新技術歷史滲透率趨勢設定；積極情境與前瞻情境皆以 2040 年新售小貨車全面電動化目標設定，並分別以 IEA 的 ETP2017 報告的輕型車(Light-duty vehicle, LDV)2DS 與 B2DS 情境，設定滿足車輛電動化的新技術占比。

表 22、小貨車各情境技術存量占比趨勢

小貨車技術別		2017 存量占比	2025 存量占比			2035 存量占比		
			保守	積極	前瞻	保守	積極	前瞻
自用 小貨車	汽油車	46%	40%	37%	37%	35%	24%	24%
	柴油車	43%	39%	36%	36%	35%	24%	24%
	油電混和車	0%	0%	2%	2%	0%	9%	7%
	插電式油電混和車	0%	0%	1%	1%	0%	8%	6%
	純電動車	0%	0%	1%	2%	0%	6%	10%
營業用 小貨車	汽油車	2%	4%	3%	3%	4%	3%	3%
	柴油車	9%	18%	17%	17%	25%	17%	17%
	油電混和車	0%	0%	1%	1%	0%	4%	3%
	插電式油電混和車	0%	0%	0%	0%	0%	3%	2%
	純電動車	0%	0%	0%	0%	0%	3%	4%
新技術車輛占比		0%	0%	6%	6%	0%	33%	33%

資料來源：本研究彙整

註：此存量占比之定義代表模型中滿足服務需求的技術比例，非新購車輛數比例

### 3. 大貨車與大客車：

我國現行並無針對重型車之油耗相關法規，故對技術發展設定參考國際技術潛力研究。ICCT 於 2017 年針對印度重型車(包括大貨車與大客車)之能效改善潛力進行了完整的技術與成本評估，並參考歐盟標準訂定引擎標準，設定 7 種節能情境。本研究參考該報告技術效率與成本設定原則。

表 23、ICCT 大貨車與大客車能效改善技術組合之省油率與成本變化

情境 別	大貨車			大客車		
	技術組合	省油率	成本變化	技術組合	省油率	成本變化
Base	手排 6 段變速+BS IV 引擎+交叉層(bias)輪胎	-	-	手排 6 段變速+BS IV 引擎+交叉層(bias)輪胎	-	-
TP1	手排 6 段變速+輻射層(radial)輪胎+ BS VI 引擎	13.8%	6.9%	手排 6 段變速+輻射層(radial)輪胎+ BS VI 引擎	6.9%	2.1%
TP2	手排 6 段變速+低滾動阻力(LRR)輪胎+ BS VI 引擎	15.1%	7.7%	手排 6 段變速+低滾動阻力(LRR)輪胎+ BS VI 引擎	7.9%	2.5%

TP3	US 2017 引擎+自手排 8 段變速+低滾動阻力輪胎(LRR)	21.6%	16.2%	US 2017 引擎+自手排 8 段變速+低滾動阻力輪胎(LRR)	15.0%	10.0%
TP4	US 2017 引擎+自手排改善+LRR 輪胎+空氣動力措施	22.1%	20.8%	US 2017 引擎+自手排改善+LRR 輪胎+輕量化車重減 1%	15.2%	11.3%
TP5	US 2020 引擎+自手排改善+LRR 輪胎+空氣動力措施+輕量化車重減 1%	25.0%	25.8%	US 2020 引擎+自手排改善+進階 LRR 輪胎+胎壓偵測器(TPMS)+輕量化車重減 2.5%	18.6%	15.4%
TP6	US 2020 引擎+自手排改善+進階 LRR 輪胎+胎壓偵測器(TPMS)+輕量化車重減 2.5%+進階空氣動力措施	27.7%	30.3%	US 2020 引擎+自手排改善+進階 LRR 輪胎+輕量化車重減 5%	20.4%	23.8%
TP7	US 2020 引擎+自手排改善+進階 LRR 輪胎+TPMS+輕量化車重減 5%+進階空氣動力措施+油電混和技術	42.98%	154.9%	US 2020 引擎+自手排改善+進階 LRR 輪胎+TPMS+輕量化車重減 7.5%+油電混和技術	40.8%	130.0%

資料來源：本研究彙整

- 傳統柴油技術改善：本研究分別以表 23 中 TP1、TP3、TP5 情境作為保守、積極、前瞻情境設定依據。
  - 保守情境：依 TP1(引擎 5%改善+輻射層輪胎)
  - 積極情境：依 TP3(引擎 10%改善+自手排 8 段變速+低滾動阻力輪胎(LRR))
  - 前瞻情境：依 TP5(引擎 12%改善+自手排改善+LRR 輪胎+輕量化車重減 2%)
- 新技術效率：混合動力引擎技術(hybrid)，參考美國 EPA 重車燃油效率規範設定原則，大貨車與大客車效率改善分別為 20%與 25%；電動巴士效率於各情境分別以每年 0.3%、0.6%、0.9%幅度改善。

表 24、大貨車與大客車各情境技術效率趨勢

運具別	技術別		2017 效率值 (km/L)	2035 效率值 (km/L)			2017~2035 年均成長率		
				保守	積極	前瞻	保守	積極	前瞻
大貨車	自用	柴油	2.4	2.6	2.7	2.8	0.4%	0.7%	0.9%
		油電	2.9	3.1	3.3	3.4	0.4%	0.7%	0.9%
	營業用	柴油	3.7	4.0	4.2	4.4	0.4%	0.7%	0.9%
		油電	4.4	4.8	5.1	5.2	0.4%	0.7%	0.9%
大客車	市區公車	柴油	2.33	2.4	2.6	2.6	0.2%	0.5%	0.7%
		電動	0.75(km/kWh)	0.8(km/kWh)	0.9(km/kWh)	0.9(km/kWh)	0.4%	0.8%	1.3%
		油電混和	3.13	3.2	3.4	3.5	0.2%	0.5%	0.7%
	公路客運	柴油	3.29	3.4	3.6	3.7	0.2%	0.5%	0.7%
		電動	0.90(km/kWh)	1.0(km/kWh)	1.0(km/kWh)	1.1(km/kWh)	0.3%	0.7%	1.1%
	遊覽車	柴油	3.29	3.4	3.6	3.7	0.2%	0.5%	0.7%
		電動	1.00(km/kWh)	1.1(km/kWh)	1.1(km/kWh)	1.2(km/kWh)	0.3%	0.6%	1.0%

資料來源：本研究彙整

- 技術成本趨勢：依 ICCT 報告大客貨車之能效改善率與成本變動率關係式估算

表 25、大貨車與大客車各情境技術成本趨勢

運具別	技術別		2017 購車成本(萬元)	2035 購車成本(萬元)			2017~2035 年均成長率		
				保守	積極	前瞻	保守	積極	前瞻
大貨車	自用	柴油	350	360	372	380	0.2%	0.3%	0.5%
		油電	395	407	419	429	0.2%	0.3%	0.5%
	營業用	柴油	450	463	478	489	0.2%	0.3%	0.5%
		油電	507	522	538	551	0.2%	0.3%	0.5%
大客車	市區公車	柴油	350	360	372	380	0.2%	0.3%	0.5%
		電動	600	610	625	634	0.1%	0.2%	0.3%
		油電混和	900	760	760	760	-0.9%	-0.9%	-0.9%
	公路客運	柴油	800	811	831	843	0.1%	0.2%	0.3%
		電動	600	610	625	634	0.1%	0.2%	0.3%
	遊覽車	柴油	900	760	760	760	-0.9%	-0.9%	-0.9%
		電動	600	610	625	634	0.1%	0.2%	0.3%

資料來源：本研究彙整

- 新技術滲透率趨勢：
  - 保守情境：維持歷史趨勢，新技術大客車導入較快，大貨車幾無。
  - 積極&前瞻情境：市區公車新技術車輛(HEV, BEV)存量占比符合 2030 年新購公車全面電動化之導入速度；其餘技術參考 ETP2017 2DS 與 B2DS 情境。

表 26、大貨車與大客車各情境技術存量占比趨勢

運具別	技術別		2017 存量占比	2025 存量占比			2035 存量占比		
				保守	積極	前瞻	保守	積極	前瞻
大貨車	自用	柴油	19%	20%	21%	20%	21%	22%	20%
		油電	0%	0%	0%	1%	0%	0%	2%
	營業用	柴油	81%	79%	79%	76%	78%	77%	72%
		油電	0%	0%	1%	3%	0%	1%	7%
大客車	市區公車	柴油	96%	93%	83%	80%	91%	70%	62%
		電動	2%	6%	17%	20%	8%	30%	38%
		油電混和	2%	1%	0%	0%	1%	0%	0%
	公路客運	柴油	24%	24%	25%	25%	24%	25%	25%
		電動	0%	0%	0%	1%	0%	1%	1%
	遊覽車	柴油	75%	75%	74%	72%	75%	71%	66%
		電動	0%	1%	1%	3%	1%	3%	8%

資料來源：本研究彙整

#### 4. 機車：

我國針對機車之能效管理與小客貨車相似，除了針對車輛依排氣量等級訂定能耗標準，亦針對車商訂定車商銷售車輛平均油耗標準。由於機車技術的國際規範與發展資訊較少，且新技術僅電動機車 1 類，故在機車技術中，積極與前瞻情境採用相同參數，依我國車輛能耗標準提升幅度設定。在技術成本上，汽油機車參考燃油小客車之技術進步與成本之關係設定，而電動機車成本則考量車用電池成本下降趨勢。新技術滲透率部分，以 2035 年新售機車全面電動化作為設定依據。

- 既有技術效率改善：
  - 保守情境：依歷史效率成長率，每 10 年成長幅度遞減 50%
  - 積極&前瞻情境：依上期車輛能耗標準提幅度至 2022 年，後每 10 年成長幅度遞減 50%
- 新技術效率：單一情境，2030 年前以每年 1.5%成長幅度，2030 後成長幅度遞減 50%

表 27、機車各情境技術效率趨勢

機車技術別	2017 效率值 (km/L)	2035 效率值 (km/L)		2017~2035 年均成長率	
		保守	積極&前瞻	保守	積極&前瞻
<50c.c.	61.8	75.9	81.7	1.1%	1.6%
51~250c.c.	41.4	53.2	55.4	1.4%	1.6%
251~550c.c.	23.4	30.6	40.2	1.5%	3.0%
>550c.c.	14.6	16.0	18.6	0.5%	1.4%
電動	42.3 (km/kWh)	53.2 (km/kWh)	53.2 (km/kWh)	1.3%	1.3%

資料來源：本研究彙整

- 技術成本趨勢：
  - 既有技術成本：參考燃油車技術進步與成本之關係，增加 1%技術效率增加 0.19%成本。
  - 電動機車成本：考量電池成本下降趨勢，以電池占全車 40%成本估算。

表 28、機車各情境技術成本趨勢

機車技術別	2017 購車成本 (萬元)	2035 購車成本(萬元)		2017~2035 年均成長率	
		保守	積極&前瞻	保守	積極&前瞻
<50c.c.	5.0	5.2	5.3	0.2%	0.3%
51~250c.c.	8.1	8.5	8.6	0.3%	0.4%
251~550c.c.	24.6	26.1	28.1	0.3%	0.7%
>550c.c.	55.5	56.5	58.6	0.1%	0.3%
電動	8.3	6.2	6.2	-1.6%	-1.6%

資料來源：本研究彙整



- 新技術滲透率趨勢
  - 保守情境：維持電動車導入歷史趨勢
  - 積極&前瞻情境：電動機車之存量占比符合 2035 年市售機車全面電動化之導入速度。

表 29、機車各情境技術存量占比趨勢

機車技術別	2017 存量占比	2025 存量占比		2035 存量占比	
		保守	積極& 前瞻	保守	積極& 前瞻
<50c.c.	5.3%	5.0%	4.2%	4.5%	1.2%
51~250c.c.	92.1%	91.9%	77.9%	91.1%	24.9%
251~550c.c.	0.8%	0.8%	0.7%	0.8%	0.2%
>550c.c.	1.0%	1.0%	0.9%	1.0%	0.3%
電動	0.8%	1.4%	16.3%	2.6%	73.4%

資料來源：本研究彙整

## 參考文獻

1. BNEF (2017). Pretty Soon Electric Cars Will Cost Less Than Gasoline.  
<https://about.bnef.com/blog/pretty-soon-electric-cars-will-cost-less-than-gasoline/>
2. ICCT(2017), 2017 Global Update: Light Duty Vehicle Greenhouse Gas and Fuel Economy Standards
3. IEA (2017), Energy Technology Perspectives 2017
4. IEA (2017), Global EV Outlook 2017
5. US EIA(2018), Annual Energy Outlook 2018
6. 交通部(2017) · 105 年自用小客車使用狀況調查報告
7. 交通部(2017) · 105 年機車使用狀況調查報告
8. 交通部(2018) · 106 年計程車營運狀況調查報告
9. 交通部(2018) · 106 年遊覽車營運狀況調查報告
10. 交通部(2018) · 106 年航港統計年報
11. 交通部(2018) · 106 年民航統計年報
12. 交通部(2018) · 107 年交通年鑑
13. 交通部(2018) · 107 年交通統計要覽
14. 交通部(2018) · 2017 年國人旅遊觀光調查報告
15. 交通部(2018) · 觀光統計年報
16. 交通部統計查詢網 · <https://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100>
17. 交通部運研所(2013) · 102 年運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型之應用
18. 交通部運研所(2016) · 公路公共運輸電動客車經營與運作績效調查
19. 交通部運輸研究所(2017) · 「運輸部門年度排放清冊推估資料庫-能源消耗量」
20. 美國能源部 · 車輛燃油效率資料 · <https://www.fueleconomy.gov/feg/evsbs.shtml>
21. 國發會(2018) · 人口中推計 (2018~2065)
22. 國發會(2018) · 經濟展望 GDP 評估 (2018~2035)
23. 經濟部能源局 (2009~2017) · 車輛油耗指南
24. 環保署(2017) · 1~2 期柴油大貨車汰舊換新減徵新車貨物稅稅式支出評估報告