

儲能技術對電力供給結構之影響-臺灣 TIMES 模型之應用

周裕豐^{1*}、郭瑾璋²、劉子銜²、洪明龍²

¹ 工業技術研究院綠能與環境研究所研究員

² 工業技術研究院綠能與環境研究所管理師、正工程師、研究員

E-mail:chouyufeng@itri.org.tw

摘要

儲能技術可儲存熱、冷能或電力等能源，爾後當設備需要能源運作時，便可釋放能源出來，讓設備得以運作，特點在於打破能源產生後隨即被使用之傳統觀念，讓能源可以在不同的時間裡交互使用，使能源的運用在時間和空間上更有彈性。TIMES 模型為國際能源總署最新發展的能源工程模型，可將時間作更細緻的劃分，當電力是可以被儲存時，便可以利用時段不同進行儲存與使用，可對於儲能技術進行更符合現實的研究分析。本文將針對供給端與需求端不同的儲能技術，如抽蓄水力、餘電製氫、燃料電池及 Plug-in 電動車等，應用 TIMES 模型可設定多種時段之特性，分析儲能技術對於電力供給結構之影響。

關鍵字：TIMES 模型、電力儲存、電力供給結構

一、前言

能源工程模型的應用為長期能源供需規劃、技術展望分析以及溫室氣體減量策略等等。一般來說，模型工具對於時間的處理通常可以分為兩個部分，一為模型模擬規劃的期程，如從 2010 年到 2050 年，另一個則是時段的劃分，如把一年的時間，劃分為夏季、非夏季等。對於能源工程模型來說，重點會是在於模擬規劃的期程，這是因為能源工程模型主要是在於分析長期能源供需展望，因此能源工程模型的期程大多為十年、二十年甚至於超過一個世紀。這種方式的好處在於能了解能源系統的長期發展路徑，與計算相關技術發展或基礎建設所需的投資總額。而時段的劃分，係指把一年的時間再進行更細緻的劃分，如分季節、週或是天，這種方式的好處是當能源商品對於時段的變化是非常明顯時，模型就可以去複製隨時段變化的現象，舉例來說，電力便是具備這樣特性的能源商品。

基於能源工程模型的定位與應用範疇，大多數的能源工程模型對於時段的劃分是朝著比較簡化的方式來處理，因此對於電力的供給與需求量係以總量來處理，因此將導致能源工程模型無法處理電力尖峰負載的問題。不過這是因為能源工程模型為了處理十年、二十年甚至於超過一個世紀的規劃期程所必須做的取捨。另外以專門針對電力規劃的模型來看，對於時段的劃分則是與能源工程模型截然不同，電力規劃模型對於時段的劃分是非常細緻的，從季、週、小時甚至到每 15 分鐘，但由於考量模型的複雜性，此類電力規劃模型的規劃期程是比能源工程模型來得短，甚至有的模型規劃期程僅限於一年。

為因應第一次能源危機，國際能源總署(International Energy Agency, 以下簡稱 IEA)於 1976 年成立了多國共同合作的能源技術系統分析研究計劃(Energy Technology Systems Analysis Program, 以下簡稱 ETSAP)，此計劃主要目的在建立各會員國之能源系統分析能力，並成功的開發 MARKAL 模型(MARKet ALlocation)，經過近三十年的發展，目前 MARKAL 模型已被 60 個國家、超過 200 個研究機構所廣泛使用。MARKAL 模型屬於能源工程模型，模型特色為具有豐富技術資料、能源服務需求驅動下的成本最小之線性規劃模型。MARKAL 模型中對於時段劃分可將一年依三種季節(冬、夏以及春秋三種)與白天夜晚劃分為六個時段，但這也是僅限於電力與熱這兩種能源商品可以進行這樣的時段劃分。而 MARKAL 模型運作機制係透過外生的能源服務需求的驅動來計算所需的用電量，這種推估電力需求的方式是無法捕捉到突然性用電尖峰的實際狀況。

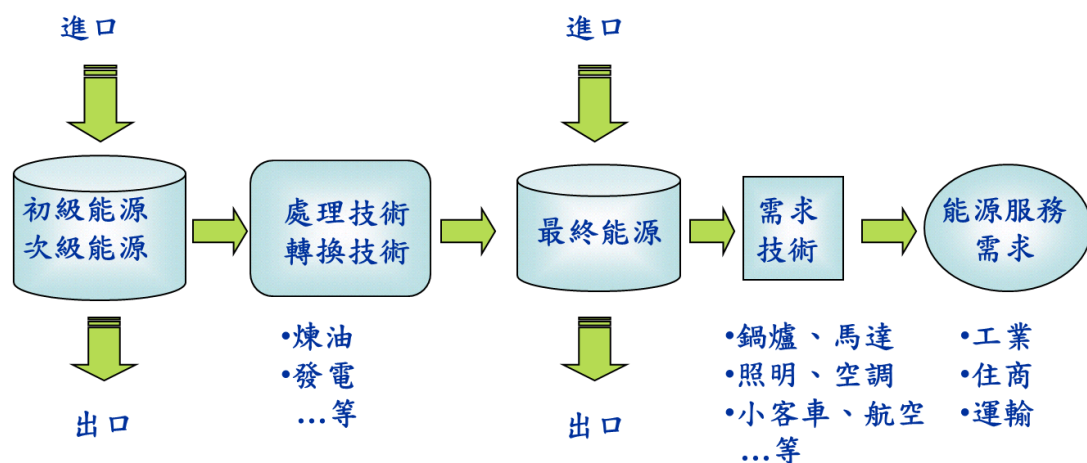
如前所述，隨著時間演進，現實世界所需模擬的議題日趨複雜，限於 MARKAL 模型發展時的軟硬體條件，而使得有些功能無法兼顧，因此 ETSAP 於 ANNEX VI(1996-1998)期間開始發展 TIMES 模型，於 ANNEX VII(1999-2001)期間進行此模型之驗證與應用。TIMES 為 The Integrated MARKAL-EFOM System 的縮寫，表示其為 MARKAL 與 EFOM(Energy Flow Optimization Model)兩模型之結合體，TIMES 模型比 MARKAL 模型在時段的劃分上更具彈性，除劃

分的時段沒有限制數目外，也解除了只能針對電力的限制，對於所有的商品如能源服務需求等都可以在時段上進行更細緻的劃分，這將對於評估電力需求尖峰帶來助益。

二、臺灣 TIMES 模型

工業技術研究院綠能與環境研究所在經濟部能源局與行政院環保署的經費支持下，於 1994 年及 1995 年開發完成臺灣 MARKAL 及 MARKAL-MACRO 模型，並保持與國際發展趨勢同步，於 2011 年完成 TIMES 模型轉版工作。MARKAL/TIMES 能源工程模型在我國應用具有相當經驗，已於第一次(1998 年)、第二次(2005 年)全國能源會議、非核家園推動(2005 年)、經濟永續發展會議(2007 年)、98 全國能源會議(2009 年)及 2011 年能源發展綱領等國家重要議題與政策上提供能源策略分析相關資訊。

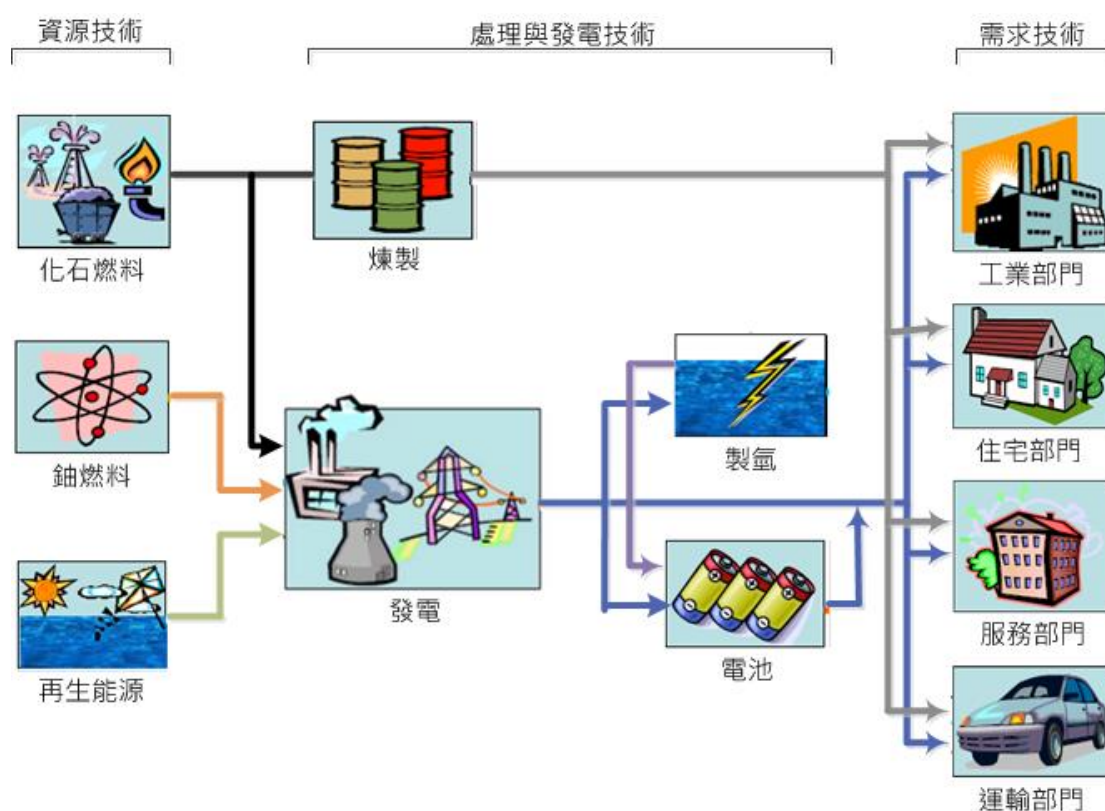
本文運用臺灣 TIMES 能源工程模型，TIMES 模型係為一個基於線性規劃的能源系統分析工具，透過多種技術項目之間複雜的投入產出關係，利用由下而上的方式來尋找能源系統的最適化組合。能源系統如圖 1 所示，其範圍涵蓋了各種能源自其開採、進口等來源，經過煉油、發電等能源轉換過程，運輸與分配以及最後被能源服務需求部門使用的整個流程，每個過程皆以豐富的經濟與技術面之資料代表，能源服務需求係在社經條件假設前提下外生所決定，模型求解的主要變數有技術投資量、技術活動量與裝置量等等。



資料來源：本文繪製。

圖 1 能源系統示意圖

臺灣 TIMES 能源工程模型為單國單區域模型，技術資料庫架構如圖 2 所示。包含資源技術、處理與發電技術以及需求技術。資源技術也就是進出口、自產等煤油氣、鈾燃料及水力等再生能源之初級能源供給；而處理技術則是代表初級能源進口後在國內進行之煉焦、原油煉製以及液化天然氣儲存與運輸等過程；發電技術便是將初級能源轉變為電力之相關技術，如汽力機、複循環及核能發電，當然也包括再生能源發電的技術；需求技術則是供給能源服務需求的技術，可分為三大部門，分別為工業部門、住宅與服務業部門以及運輸部門。其中本文重點之儲能技術包含抽蓄水力、餘電製氫、燃料電池及 Plug-in 電動車，其中抽蓄水力與 Plug-in 電動車則分別涵蓋於圖 2 中的發電技術與運輸部門需求技術，而另外餘電製氫與電池則因對於電力的儲存有極大的貢獻，故獨立出來以彰顯其特殊之處。校準基準年設定為 2010 年，校準資料來源為經濟部能源局所公布能源平衡表等官方數據。



資料來源：本文依 Brain(2011)重新調整後繪製。

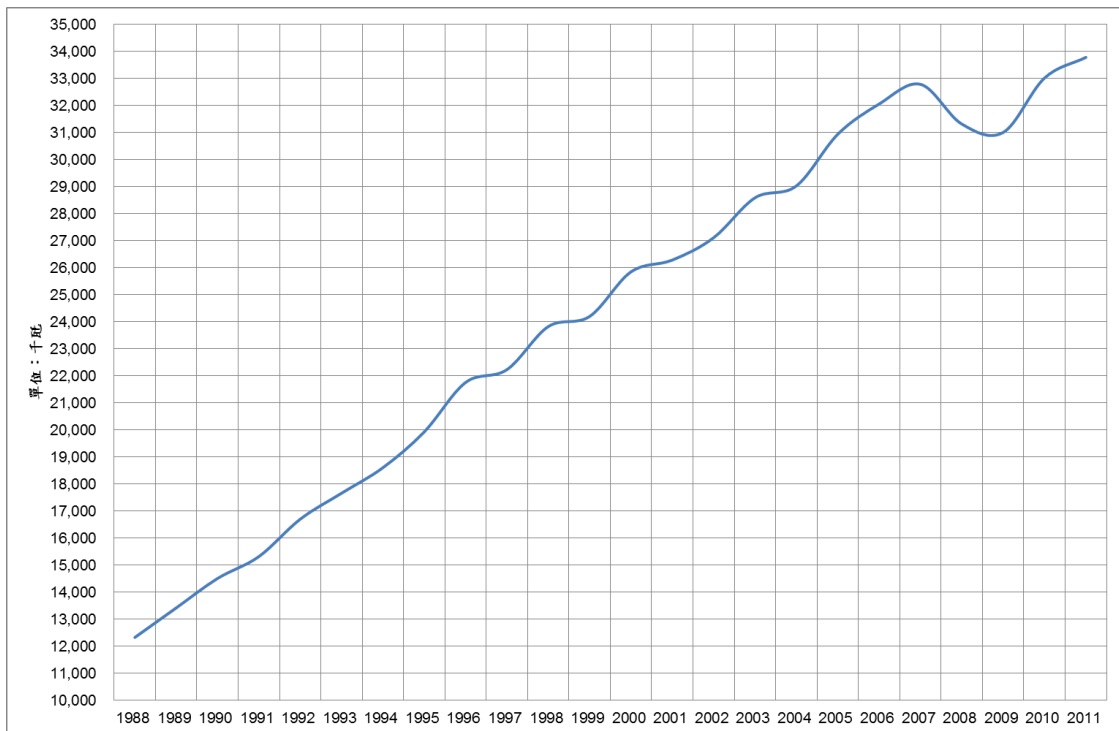
圖 2 臺灣 TIMES 模型技術資料庫架構圖

三、電力負載曲線與模型時段劃分設定

(一)我國電力負載曲線

人口、所得、產業結構、家用電器普及率、生活習慣以及氣候等因素都會影響電力負載曲線。從我國過去電力系統負載曲線的變化便可以得知生活習慣與水準、經濟發展趨勢與工業化程度以及氣候的變化等。圖 3 為 1988 年(民國 77 年)至 2011 年(民國 100 年)的電力年尖峰負載曲線圖，從圖中可看出除了 2008、2009 年全球金融風暴外，整體尖峰負載是呈現快速成長趨勢，由 1988 年以前不到 15,000 MW 成長到 2010 年的 33,787 MW。除了經濟成長的因素外，由於冷氣機與空調設備日益普及，不論住家、辦公大樓或工廠均普遍裝設冷氣空調設備。由於冷氣空調設備的大量使用，因此使得氣溫變化與尖峰負載關係日益密切，亦即尖峰負載受夏季氣溫變化的影響越來越顯著。

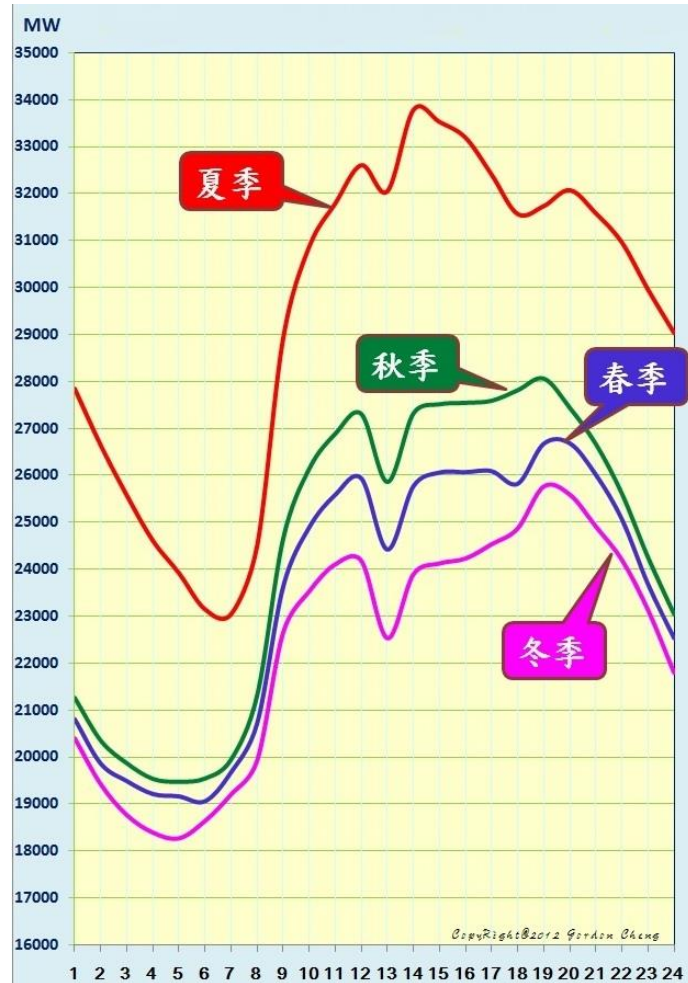
以下先針對過去歷年尖峰負載的變化進行分析，從 1980 年代開始，新竹科學園區的成立，引導高科技產業在本地發展，產業結構也開始產生變化，由勞力密集產業逐漸轉向資本密集產業與服務業。在家庭用電方面，各種家電普及率持續提高，冷氣機逐漸取代電風扇，成為一般家庭必備電器用品。到 1990 年間，經濟穩定發展，除繼續發展高科技、技術密集、資本密集產業外，產業結構逐漸轉向服務業。而在家庭用電，我國家庭每百戶的冷氣機台數已超過一百台，冷氣機成為一般家庭必需品。自 2000 年起，全球化趨勢與兩岸關係發展之下，產業結構轉型為高科技與知識密集產業為主。家戶冷氣機平均台數再往上增加，加上氣溫變化造成冷氣機大量使用及開機率增加，對於尖峰負載的影響日益重要。



資料來源：台電 100 年度統計手冊。

圖 3 電力尖峰負載曲線圖

前述為年尖峰負載曲線圖，代表該年最高負載的情況，另外也可以透過四季日負載曲線圖來檢視電力系統負載情況，以 2011 年四季日負載曲線來看，我國電力系統近年來春夏秋冬四季的日負載曲線，因受到冷氣負載，及日出、日落時間生活作息的影響，夏季尖峰發生在下午 14-15 時之間，春天、秋天及冬天尖峰用電落在傍晚 18-19 時之間，如圖 4 所示。



資料來源：<http://gordoncheng.wordpress.com/>。

圖 4 四季日負載曲線

(二)模型時段劃分

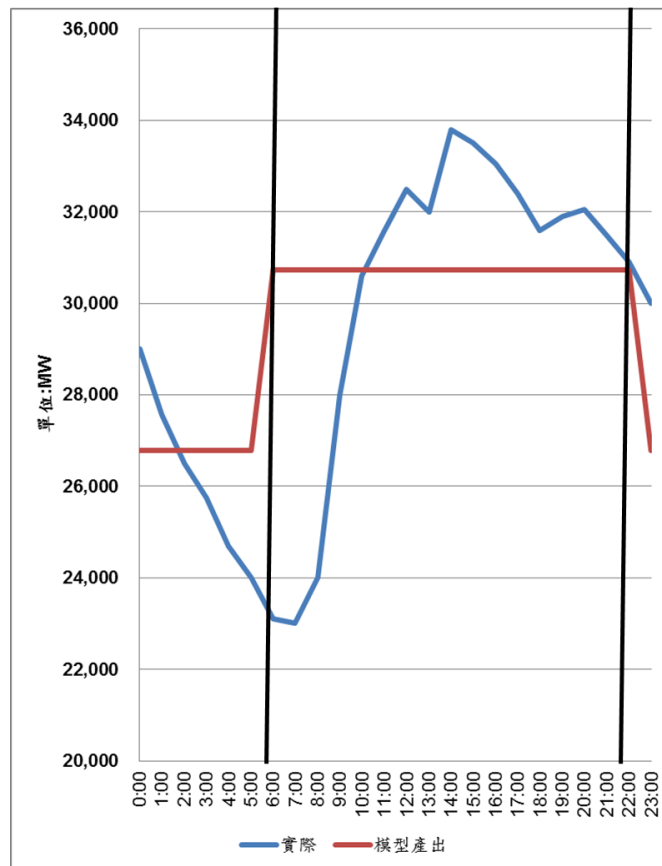
如前所述，模型對於時段的劃分有其限制而無法兼顧，因此無法描繪像是圖 4 的日負載曲線，這會使得模型在於電力規劃上受到限制，以 TIMES 模型前身的 MARKAL 模型為例，對於時段劃分可依季節(Z)分為冬天、夏天以及春秋三種，另外則是將一天 24 小時(Y)劃分為白天與夜晚。因此假設 MARKAL 模型選擇使用電力的需求技術來滿足能源服務需求時，這樣的情況下會依照能源服務需求類別與特性而會有兩種情況發生，第一為該能源服務需求用電量不會依時段而有所差異，如冰箱，故每一個時段(Z)(Y)用電量將會按照該時段時間佔比，此佔比稱之為 QHR(Z)(Y)(見表 1)，方程式如下：

$$ELC_{ESD}(Z)(Y) = QHR(Z)(Y) \times ELC_{ESD} \quad (1)$$

而另一種則是能源服務需求用電量會因為時段的不同而有不同的佔比，如空調與照明等，此類能源服務需求就會依照 $FR(Z)(Y)$ (如表 2)來分配能源服務需求的數量，方程式如下：

$$ELC_{ESD}(Z)(Y) = FR(Z)(Y) \times ELC_{ESD} \quad (2)$$

由此可以看出，MARKAL 模型對於電力負載曲線估算是藉由外生能源服務需求來計算內生的電力需求量及裝置量。因此當一天 24 小時的時段劃分只有分為白天與夜晚時，那麼發電量與裝置容量也會僅僅分成白天與夜晚兩個時段；但是以圖 4 的夏季日負載曲線來看，可大致分為一個尖峰兩個次尖峰以及一個低峰，是無法僅僅只用白天與夜晚兩個時段來描繪出電力負載曲線，如圖 5 所示，很明顯的可以看出模型所產出的電力負載曲線為平均概念，也就是白天時段(早上 6 點至晚上 22 點)負載裝置量為一固定值，因此無法將捕捉到夏季下午 14 點至 15 點的負載尖峰。當然該模型還是有透過其他的方式改善這樣的模型產出結果，如 non-conventional electricity reserve margin 等。



資料來源：本文繪製。

圖 5 實際電力負載曲線與模型產出之比較

而 TIMES 模型比 MARKAL 模型在時段的劃分上更具彈性，而且劃分的時段沒有限制數目，因此可以較準確的捕捉電力負載尖峰。本文以 2011 年四季日負載曲線為時段劃分的參考依據，從圖 4 中可看出夏季與其他季節如春、秋、冬季明顯有差異，因此臺灣 TIMES 模型在季節時段的劃分上就區分為『夏季』與『非夏季』；另外就一天 24 小時時段的劃分上，係依據夏季日負載曲線的趨勢進行劃分，以圖 4 夏季日負載曲線看來，最高負載出現在下午 14 點，次高負載則是出現於中午 12 時，第三個負載高峰出現在晚上 20 點，而晚上 20 點過後負載量則一路下降，到了早上 7 點為日負載的最低峰，為了能充分捕捉夏季日負載曲線，因此將其分為六個時段，分別為『早上 7 點至 11 點』、『早上 11 點至下午 13 點』、『下午 13 點至 15 點』、『下午 15 點至傍晚 18 點』、『傍晚 18 點至晚上 22 點』以及『晚上 22 點至早上 7 點』；結合上面季節與一天的時段劃分，臺灣 TIMES 模型便是將一年的時段共分成 12 個時段，詳細時段的劃分表與配比詳見表 1。

表 1 時段劃分表與時數配比

單位：%	D1 (7-11)	D2 (11-13)	D3 (13-15)	D4 (15-18)	D5 (18-22)	D6 (22-7)
S1(夏季)	5.57	2.79	2.79	4.18	5.57	12.53
S2(非夏季)	11.10	5.55	5.55	8.32	11.10	24.97
合計	100%(8760Hr)					

資料來源：本文計算。

對於時段的劃分來說，當時段劃分的數量越多，則越能夠讓模型產出的電力負載曲線更接近實際狀況，能更精確捕捉負載尖峰，但問題會是在於資料的可取得性，尤其是能源服務需求的時段劃分。本文為首次針對時段劃分進行相關研究，考量資料可取得性，將針對住宅與服務業部門的照明與空調進行時段的劃分，而其他行業，如運輸部門考量使用電力之比例佔運輸部門整體能源耗用比例較低，因此對於影響負載尖峰貢獻較小，另外也假設工業部門的用電與時數配比相同（亦即假設部門用電不會因為時段而有所差異）。

根據經濟部能源局「能源模型研究與供需規劃評估」委辦計畫期末報告，該報告以國內歷年來針對住宅與服務業部門所進行之調查資料為依據，將住宅與服務業部門中空調與照明的能源服務需求之時段進行劃分。劃分結果如表 2 所示，說明如下：住宅部門空調與照明資料取自 97 年度家用電器普及狀況調查，服務業部門空調則假設夏季與非夏季之佔比為 56%與 44%，而其中夏季晚間使用冷氣的比率為 23%，白天使用率為 77%，非夏季晚間使用冷氣的比率為 5%，白天使用率為 95%。服務業部門照明白天與夜間照明需求比為 83%與 17%。

表 2 空調與照明於各時段之佔比

	住宅空調	服務業空調	住宅照明	服務業照明
S1D1	0.0461	0.1478	0.0277	0.0966
S1D2	0.0525	0.0739	0.0208	0.0483
S1D3	0.0634	0.0739	0.0198	0.0483
S1D4	0.0988	0.1109	0.0389	0.0725
S1D5	0.1945	0.0442	0.1284	0.0198
S1D6	0.4847	0.0993	0.0944	0.0445
S2D1	0.0000	0.1541	0.0563	0.1962
S2D2	0.0000	0.0770	0.0422	0.0981
S2D3	0.0000	0.0770	0.0402	0.0981
S2D4	0.0000	0.1155	0.0791	0.1471
S2D5	0.0600	0.0081	0.2606	0.0402
S2D6	0.0000	0.0182	0.1916	0.0904
	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

資料來源：本文整理。

四、情境設計條件

(一)儲能技術

本文儲能技術的討論對象係指抽蓄水力、餘電製氫、燃料電池及 Plug-in 電動車。而儲能技術由於能夠將電力儲存起來，等到某個有需要的時間點再將電力釋放供需求技術使用，這樣的特點可以讓研究的範疇從供給面延伸到需求面向。供給面的儲能技術為抽蓄水力、餘電製氫及燃料電池，抽蓄水力為傳統水力發電技術，在很多模型中都早有建置此發電技術，當然臺灣 TIMES 模型也不例外。餘電製氫則是屬於較新型的發電技術，該技術是透過離峰時段的電力來製氫，因此並不會對於尖峰電力需求造成負擔。而利用餘電所產生的氫則可以透過燃料電池在需要用電時將氫轉換成為電力，如此一來便可成為調節電力負載的一種方式。需求面的儲能技術則是 Plug-in 電動車，此技術擁有可以儲存電力的電池，並完全以電力做為車輛的動力來源，並利用離峰時間進行充電。

(二)情境內容

本文目的在於檢視儲能技術是否會對於電力供給結構產生影響，因此將針對儲能技術的導入與否，檢視對於電廠裝置量、發電量與電力供給結構的影響。而

除了儲能技術之外的情境內容則依照永續能源政策綱領、98 全國能源會議及新
 能源政策的能源政策發展目標進行規劃。情境組合如表 3 所示，實心方格代表該
 情境包含該儲能技術，空心方格則是該情境不納入此儲能技術。考量抽蓄水力受
 限於自然環境限制，以及台電公司並無新增抽蓄水力機組之計畫，故除了 No
 Storage Case 外，其他情境皆含有抽蓄水力。另外設計了只包含單一儲能技術
 的 Only Plug-in Case 與 Only Hydrogen Case 來瞭解個別技術對於電力供給的
 影響。最後則是將所有的儲能技術全數納入，如 All Storage Case。

表 3 情境組合表

情境名稱	抽蓄水力	餘電製氫	燃料電池	Plug-in 電動車
Base Case(BASE)	■	□	□	□
No Storage Case(NS)	□	□	□	□
Only Plug-in Case(OP)	■	□	□	■
Only Hydrogen Case(OH)	■	■	■	□
All Storage Case(AS)	■	■	■	■

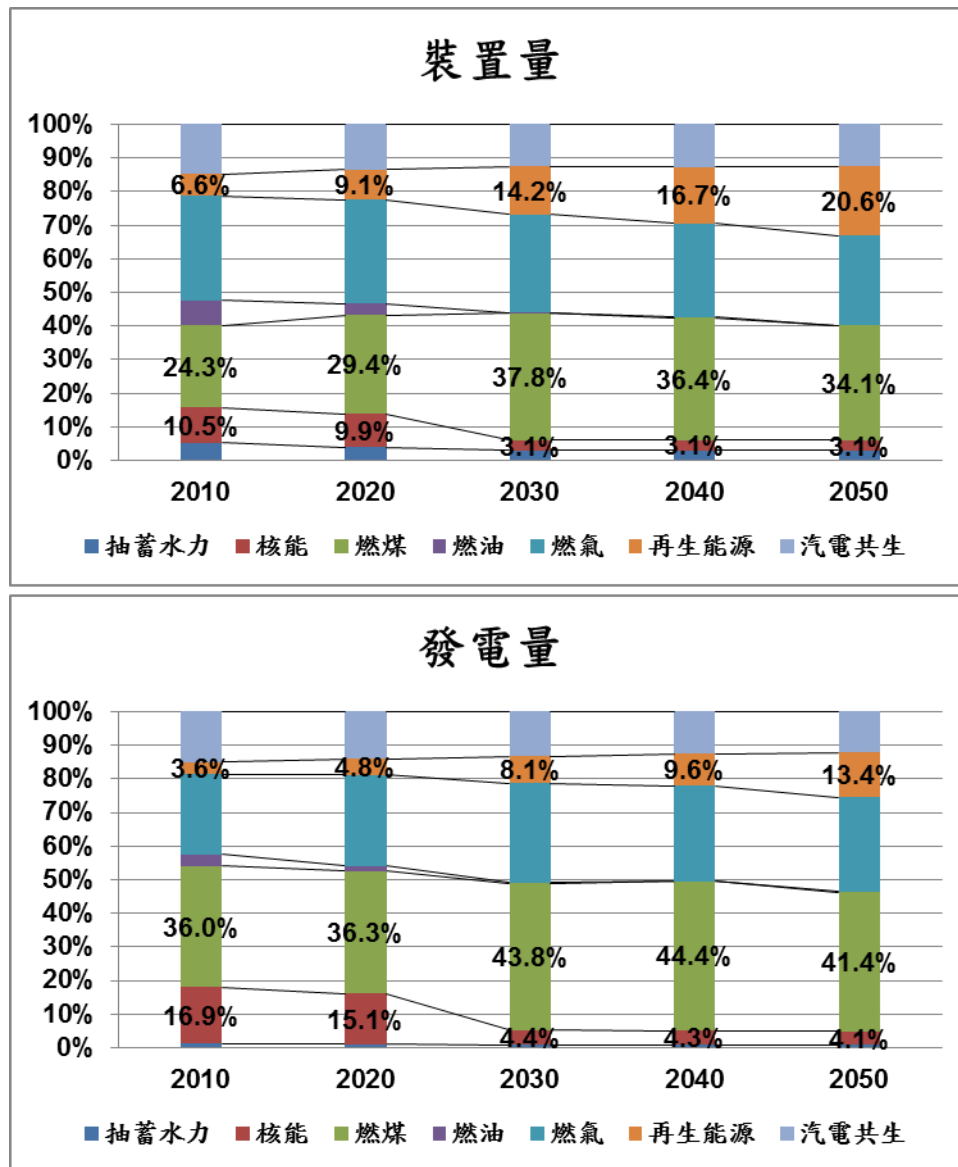
資料來源：本文整理。

五、模型規劃結果

在進行情境分析前，依能源工程模型的分析程序，首先須完成各情境間之共
 同假設條件設定，包括：實質經濟成長預測、人口數及戶數成長預測、產業結構
 演變趨勢、電力需求預測及國際能源價格，而以上共同假設條件的推估值，係依
 據工研院 MARKAL/TIMES 模型團隊所進行之我國短中長期能源供需展望報告
 的相關能源情境規劃。另為聚焦於儲能技術對於電力供給結構之影響，前述所有
 情境之供給面方案內容，如再生能源裝置量目標值，以及需求面之策略方案，如
 能源密集度下降幅度等皆完全相同，前述 5 個情境組合之差異僅僅在於是否納
 入儲能技術。

首先為 BASE Case(以下簡稱 BASE)從 2010 年至 2050 年之電廠裝置量與
 發電量佔比，因積極發展無碳再生能源為優先達成之政策目標。因此，再生能源
 裝置量占比由 2010 年的 7.7%上升至 2050 年的 20.6%，發電量佔比由 2010 年
 的 3.6%增加至 2050 年的 20.6%。在核能機組方面，依照『確保核安穩健減核、
 打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園』新能源政策規劃方向，核四兩部機組商
 轉後，核一提早除役，核二與核三正常除役後，核能之裝置容量占比由 2010 年
 之 10.5%降至 2050 年的 3.1%，發電量佔比由 2010 年 16.9%下降到 2050 年的
 4.1%。由於假設需求面的節能技術沒有大幅度的突破，能源密集度下降僅維持

歷史趨勢，因此仍須依照燃煤電廠提供電力，燃煤電廠發電量佔比至 2050 年會提高到 41.4%。



資料來源：本文繪製。

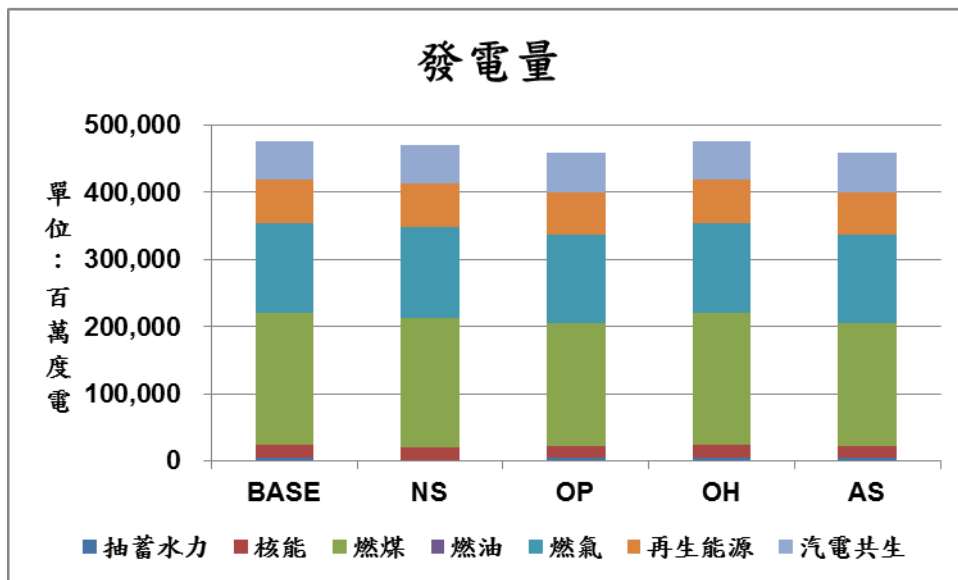
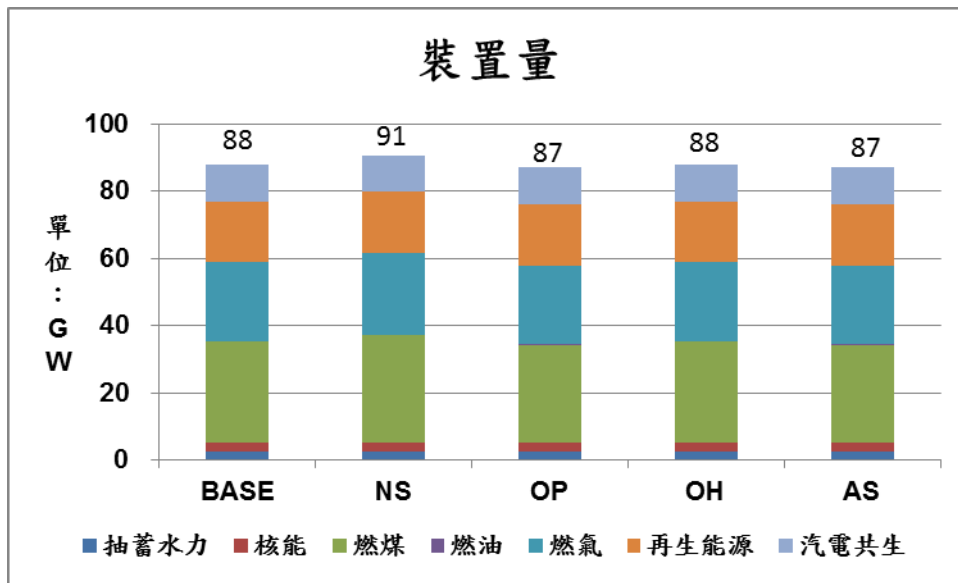
圖 6 BASE Case 電力供給結構

從 5 種情境於 2050 年電力結構的比較，如圖 7 可以看出儲能技術對於電力供給結構的影響，當情境中都不納入儲能技術時，如 NS 情境，由於沒有儲能技術可把離峰時無法即時使用的電力儲存起來以供尖峰時間使用，所以整體電力系統的裝置容量會較 BASE 情境來得大，這是因為電力系統必須保留多一點餘裕裝置容量以備尖峰時段發電用，因此會出現裝置容量較大的結果。但是也因為電力系統必須保留餘裕的緣故，會使得基載電廠的操作容量因數較 BASE 情境來

得低。另外因為沒有如 Plug-in 電動車的用電的技術，會使得總發電量低於 BASE 情境。

餘電製氫技術係利用離峰電力以電解方式產製氫氣儲存起來，待需要用電時再透過如燃料電池等方式轉換成電力供最終消費使用，惟其單位成本約為天然氣製氫的 10 倍以上，因此在這麼高的成本之下，導致模型並不會選擇投資餘電製氫這項技術，也就是該技術不會被選擇進入技術組合之中。另外由於根據政府永續能源政策綱領、98 全國能源會議及確保核安穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園之新能源政策的規劃，天然氣主要係供應燃氣電廠來直接發電用，因此也就不把天然氣製氫技術納入本文範圍。由於前述原因，OH 情境的電力供給結構與 BASE 情境會因此完全一致。

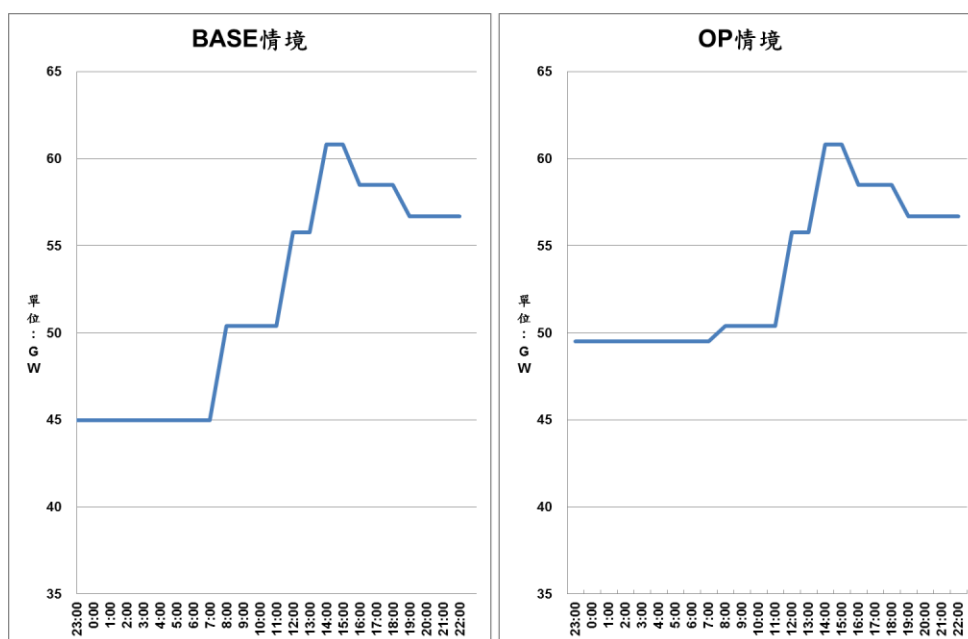
圖 8 為 2050 年 BASE 情境與 OP 情境的夏季日負載曲線，由於 OP 情境有 Plug-in 電動車，其特性在於可以利用離峰時間進行車輛的充電，因此會導致負載曲線產生變化，從 OP 情境的日負載曲線可以看到夜晚的離峰時間從晚上 22 時至早上 7 時的負載量是比 BASE 情境來要高，這就是因為 Plug-in 電動車利用夜間充電所以造成負載量的變化。而在 OP 情境中 Plug-in 電動車係取代傳統使用汽油的小客車或是油電混合車，因此減少汽油的使用量，但不會影響電力系統尖峰負載量。



情境代碼說明：BASE-Base Case, NS-No Storage Case, OP-Only Plug-in Case, OH-Only Hydrogen Case, AS-All Storage Case

資料來源：本文繪製。

圖 7 電力供給結構比較



資料來源：本文繪製。

圖 8 夏季日負載曲線 2050 年預估結果

六、結論

本文係應用臺灣 TIMES 模型可設定多種時段之特性，針對供給端與需求端不同的儲能技術，如抽蓄水力、餘電製氫、燃料電池及 Plug-in 電動車等，分析儲能技術對於電力供給結構之影響。根據我國四季日負載曲線的變化特性，將臺灣 TIMES 模型的時段劃分切成 12 個時段，並以統計調查資料為基礎，把住宅與服務業部門的空調與照明之能源服務需求進行劃分，希冀能改善能源工程模型在預估電力負載情況之不足。

而在前述模型功能改善之下，模型便可利用時段劃分的優點來進行儲能技術之分析。本文儲能技術包含抽蓄水力、餘電製氫、燃料電池及 Plug-in 電動車，根據模型結果，可以發現在沒有儲能技術的情境下，電力系統就需要比較多的裝置量來因應尖峰需求，因此電力系統總裝置量會較高，而為了因應尖峰需求所多蓋的裝置量則是造成電力系統操作容量因數較低的原因。從時段劃分來看，在有儲能技術時，會讓夜間的負載量高於沒有儲能技術的情境，這是由於儲能技術係透過夜晚的時間進行電力的儲存，以便因應白天之用，因此會導致夜間的負載量比較高。

TIMES 模型對於時段的劃分並不侷限於能源服務需求或是電力，而是所有的能源商品都可以依照需要進行劃分。本文為初步嘗試利用本土統計調查資料進行住宅與服務業部門之照明與空調能源服務需求的時段劃分，未來將可持續蒐集其他資料，讓能源服務需求或是能源商品對於時段的劃分更細緻化，可使模型對於電力負載的預估能更貼近實際情況。另外儲能技術的發展值得關注，而其對於

調度電力所帶來的貢獻也是佔有一席之地，未來也可針對儲能技術進行更多研究，如大型儲能用電池等等，將類似的前瞻技術納入臺灣 TIMES 模型資料庫，進行相關策略評估研究。

參考文獻

Brian Keaveny.(2011). The Impact of Electricity Storage on Energy Sector Emissions. Master of Environmental Management degree, the Nicholas School of the Environment of Duke University.

<http://gordoncheng.wordpress.com/>

IEA-ETSAP, <http://www.iea-etsap.org/web/index.asp>

Loulou R, Gary Goldstein, Ken Noble.(2004). Documentation for the MARKAL Family of Models. Energy Technology Systems Analysis Programme

Loulou R, Remne U, Kanudia A, Lehtila A, Goldstein G.(2005). Documentation for the TIMES model (part I). Energy Technology Systems Analysis Programme

R. Kannan.(2011). The development and application of a temporal MARKAL energy system model using flexible time slicing. Applied Energy, 88.

台電公司(2012)，台電 100 年度統計手冊。

邱淑月等(2010)，97 年度家用電器普及狀況調查，台電工程月刊。

臺綜院 (2000)，臺灣地區住宅與商業部門能源消費調查研究。

臺綜院 (2010)，99 年度住商部門能源消費調查研究。

經濟部能源局 (2011)，穩健減核，逐步邁向非核家園簡報資料。

經濟部 (2008)，永續能源政策綱領。

經濟部能源局(2009)，98 年全國能源會議全體大會大會結論。

經濟部能源局(2010)，能源模型研究與供需規劃評估委辦計畫。

經濟部能源局 (2011a)，中華民國 99 年台灣能源統計手冊。

經濟部能源局 (2011b)，能源統計月報。

經濟部能源局(2011c)，短中長期能源供需規劃暨能源政策評估委辦計畫。