

電力研究簡訊

Power Research Newsletter

111 年第 1 季 (111.1 No.123)

台電綜合研究所 **TPRI**

地址：(100046) 台北市中正區羅斯福路 4 段 198 號 電話：(02)2360-1081 傳真：(02)2364-9611

目錄

研究計畫成果

- 一、智慧用戶應用於家居照護系統可行性研究1
 - 二、低壓 AMI 模組化電表通訊系統2
 - 三、台澎海纜操作程序驗證暨暫態量測分析4
 - 四、AMI 發展下通訊需求研析5
 - 五、我國未來電動載具發展趨勢與策略研析6
- #### 研發與試驗活動
- 台電公司綜合研究所與歐洲商會低碳倡議行動共同舉辦「儲能技術」視訊研討會8

台灣電力公司

使命：以合理成本及友善環境的方式，提供社會多元發展所需的穩定電力。
願景：成為卓越且值得信賴的世界級電力事業集團。
經營理念：誠信、關懷、服務、成長。

研究計畫成果

一、智慧用戶應用於家居照護系統可行性研究

(負載管理研究室：陳玉芬、楊新全)

(一) 研究背景與目標

根據內政部人口統計資料，台灣自 1993 年起，65 歲以上長者所占比例快速攀升。統計至 107 年年底台灣高齡人口佔總人口比率高達 14.5% (聯合國定義高齡化社會為 65 歲以上占總人口之 7% 以上)，已創歷年新高，預估至 2065 年高齡人口將達 41.2%。高齡社會衝擊下，應用智慧科技輔助家居照護可協助在宅老後生活自主而不孤獨。

我們建構高齡家居照護示範場域，透過機器學習技術，學習高齡者在家中的行為模式，包括日常生活活動、睡眠等，從智慧電表總用電量推斷出來，以利及早偵測異常與預防性處理。

(二) 智慧電表資料應用於高齡者日常活動能力分析

工具性日常生活活動 (Instrumental Activities of Daily Living, IADL) 指與居家環境有互動的活動，做為檢視長輩能力的量表，檢視個體是否能在社會中獨立生活的工具性技能，例如家務工作、烹飪、睡眠、休閒社交及清潔等。因此，對於居家長者之健康和生質量具有高度相關性，可間接判斷該家庭之長者活動狀態，了解其健康與安全性。我們透過

家庭住宅低頻智慧電表每 15 分鐘 1 筆用電資料，分析更短時間家戶之總用電樣態，進一步識別家戶之用電行為。

我們應用於有長者之家庭住宅，先將居家生活用電行為狀態分為活躍狀態以及非活躍狀態。將凌晨 2 點到凌晨 4 點之每 15 分鐘用電資料擷取出，找出用電量之最大值作為門檻篩選值 (threshold)，以判斷每 15 分鐘區間之用電行為是否為活躍狀態。如用電量低於門檻篩選值即為非活躍狀態，再識別出睡眠、外出或是休息。

在活躍狀態下，依時間區間區分為烹飪煮食、家務工作、休閒社交以及個人衛生等狀態。不同的狀態可能使用的電器不盡相同，我們將活動狀態與電器做初步的連結，用電狀態與對應之電器如圖 1 所示。透過總用電量與上述之閾值參數設定與時間區間的定義進行住戶 IADL 用電活動狀態識別。

以某示範住戶之某一天 IADL 用電活動狀態識別為例，分析家庭電器設備用電活動狀態，繪製以疊合圖呈現，如圖 2 所示。

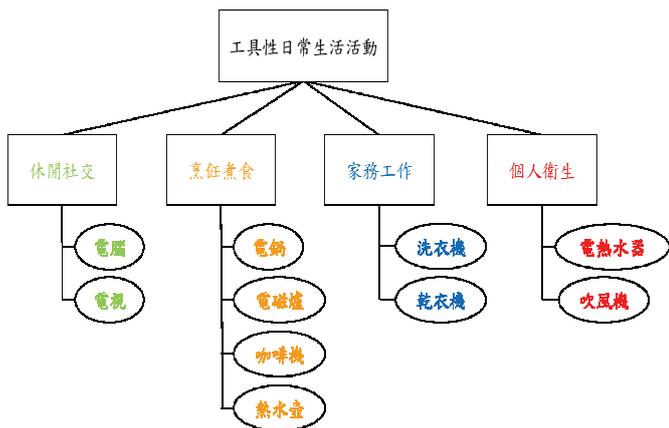


圖 1 工具性日常生活活動 IADL 對應的電器

我們進一步透過相關問卷，調查該戶之家電使用種類以及使用時間區間，並標記其家電設備所分類之活動型態。交叉比對 IADL 用電活動狀態識別，以精進該戶之整日用電行為。

若能將該戶之一週 IADL 用電活動狀態識別展開分析(Day1~Day7)，從另一個角度觀察，可了解該用戶在哪些天使用哪些種類之家電設備，並建立常模。若家庭成員為居家長者，其有規律之起居作息、生活型態，倘若在未來之時間用電型態有所改變，可即時判斷為特殊情況或是異常狀態，及早作出相關反應措施。

(三) 結論與建議

1. 結論

- (1) 台電公司的通路觸及全台家庭用戶，擁有完整收費機制，以及獨一無二智慧電表資訊，可作為用電資訊提供者，提供智慧電表資訊給現有智慧照護系統整合廠商，整合其他業者服務。
- (2) 利用智慧電網即時傳輸的訊息，有效地提升家居照顧的安全性與家居活動能力，透過與高齡

20201229

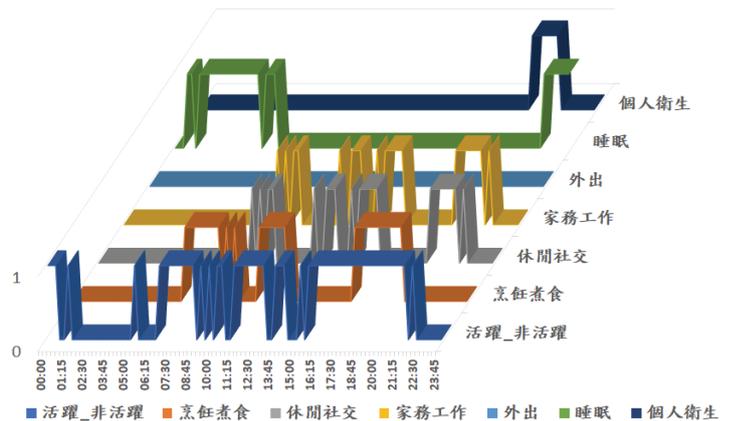


圖 2 某示範住戶 IADL 用電活動狀態識別

者照護單位異業結盟，長期來看並有可能將醫院的照護移轉到在家的照護，展示智慧電網更多面向，有助提升企業形象。

2. 建議

- (1) 導入期應著重於「進入家居照護服務市場」及「宣導家居照護服務，並鼓勵用戶參與」。台電公司應透過與相關產業合作的形式，以順利整合所需資源、促進客群增加以及提升服務，利用 AMI 用電資訊，提供用電可視化與異常通知服務。
- (2) 於成長期之後，應著重於「奠定市場地位」以及「強化家居照護服務內容及穩健提升用戶參與」。透過非侵入式家電負載解析(Non Intrusive Appliance Load Monitoring, NIALM)技術，分析用電資訊以建立用戶生活常態，提供每日與每周分析報告，與異常通知服務，來提供用戶家居照護服務。

二、低壓 AMI 模組化電表通訊系統

(電表組：吳聲霽、陳聖文、張祐嘉)

(一) 研究背景：

隨著全球性氣候變遷，夏季氣溫逐年升高，我國電力需求亦不斷成長，夏季電力備轉容量不足恐漸成常態。為確保電力的穩定供應，同時兼顧對國際減碳的承諾，並朝非核家園目標邁進，政府除一方面擴大再生能源發展，亦積極推動節約能源措施。

為達節能目的，促進低碳能源轉型，將現行電力網路再提升為「智慧電網」，並列為國家電力建設發展重點。我國為推動節能減碳政策，將智慧電網列入「國家節能減碳總計畫」標竿計畫之一，並以推動智慧電表基礎建設、規劃智慧電網及智慧電力服務為重點。

台電公司低壓 AMI 系統預計民國 109 年完成累計 100 萬戶建置(如圖 1)，電表採模組化外觀結構及

符合 CNS14607 標準之性能設計，同時具可插拔並符合 IEC62056 及 CNS15593 標準之通信功能(如圖 2)，試驗目的用以確保裝用電表性能、品質及標準化資料傳輸，能符合低壓 AMI 系統建置需求。

(二) 研究內容：

台電模組化智慧電表 AMI 系統架構(圖 3)共分為計量單元、AMI 通訊系統 Route A、後端管理系統與 Route B 通訊系統等 7 個主要的組件與 5 個通訊功能，其中“Route A”係指電表往電業端的通訊路徑；“Route B”則是電表往用戶端的通訊路徑，簡介如下：

計量單元：係指電表本體，扮演 Server 的角色，負責度量、記錄與儲存電力資料及事件等，在電表表體內可收容 Field Area Network (FAN) 與 Home

Area Network (HAN) 等通訊單元(或稱“通訊模組”),AMI 通訊系統(Route A)及用戶端系統可在授權範圍內透過標準之 P1 介面存取計量單元內相關資訊,此外與頭端伺服器通訊;計量單元亦可透過 HAN 通訊模組將資訊推播到用戶端系統。

AMI 通訊系統(Route A):連接電業後端管理系統與電表計量單元之通訊系統,由 FAN 通訊單元、頭端伺服器與各種 FAN 或 Wide Area Network (WAN) 通訊設備(例如: Repeater、Gateway、Concentrator 或 Base station 等)及中間的網路所組成。FAN 通訊單元扮演電表計量單元與 AMI 通訊網路間閘道器的角色;而頭端伺服器則扮演 AMI 通訊網路與後端管理系統間電表資料閘道器的角色,亦負責 Route A 通訊系統中網路及設備的管理功能。對於 FAN 通訊模組與頭端伺服器間的 AMI 通訊網路採用何種技術並無限制。

HAN 通訊模組(Route B):連接用戶端系統與電表(P2 介面)之通訊系統,包含電表端的 HAN 通訊單元與用戶端的通訊盒等,HAN 採用何種通訊技術並無限制。

後端管理系統:如:電表資料管理系統(Meter Data Management System, MDMS)、資產管理系統等。

手持裝置:執行電表的近端操作需求,例如:電表安裝、更換或 AMI 通訊網路失效必須近端存取或測試時,手持裝置可透過電表計量單元的光學埠對電表進行操作。

用戶端系統如: HEMS 等。 HAN 通訊模組

扮演 HAN 網路與用戶間閘道器的角色,HAN 採用何種通訊技術並無限制。

金鑰管理系統與 Agent 包含位於控制中心之金鑰管理系統 Key Management System KMS 與位於各區處之 KMS Agent 所組成,負責產生。

(三)研究成果:

1. 累積 150 萬具模組化電表及通信驗收試驗。
2. 通信模組新增測項各廠家產品即時更新試驗。
3. 增項低壓 AMI 長期試驗平台。
4. 110 年完成低壓 AMI 模組化電表評鑑 20 型。
5. 始動潛動透過通訊加速試驗速度。
6. 單相三線電表推動無電壓鉤及試驗。
7. 建置交互、穩定及實表試驗平台。
8. 技術服務模組化電表性能及通信(P1 P5)試驗 6 廠家,含單相及三相兩型電表。
9. 通信模組廠家 6 家評鑑。
10. 完成 1 家通訊廠商之 P2 通訊模組技術服務。
11. 建置通訊實驗室。(如圖 4)

(四)結論:

電度表、變比器為本公司營運電費計量元件,相關修校試驗為本組的主要業務,包括電度表與變比器之標準校正、定型、驗收及定期維護試驗,其品質攸關公司的收益甚巨,因而工作中持續的改善測試能力及測試技術與方法之開發,以提昇測試可靠度及品質。同時積極參與本公司 AMI(智慧電表基礎建設)建置各項技術研討及規畫,並配合規劃裝用期程,完成高壓通信升級及低壓通信測試平台建置,如期完成各項驗收及性能試驗工作。



圖 1



圖 2

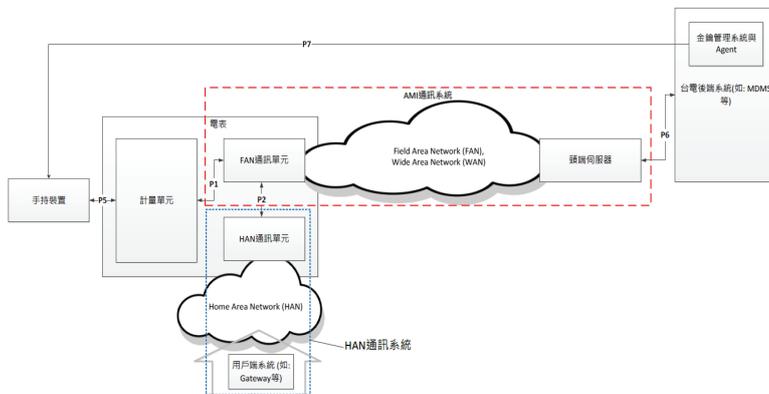


圖 3



圖 4

(一) 前言

澎湖地區電力系統屬於離島型獨立電網，電源供應主要由尖山發電廠所屬 12 部柴油機組總裝置容量約為 120MW 所支應。與其他離島型電網相似，澎湖屬於淺碟型電網，系統規模較小，饋線的故障即可能造成全島停電，此外，離島的油料運補也造成發電成本高於本島的情形。因此，在第七輪變電計畫即規劃興建連接台灣及澎湖的輸電海纜，歷經十餘年的興建，海纜二路於 110 年 10 月 22 日以系統加壓 168 小時後，於同年 10 月 30 日輕載時併入台灣系統，緊接著海纜一路於 11 月 2 日加壓，11 月 9 日併聯，正式宣告台灣與澎湖兩者電網連結。

首先說明電抗器取載程序模擬，台澎海纜系統單線圖如圖 1 所示，由於電纜所產生的電容值較架空線來得多，多餘的虛功容易導致電纜末端時常出現電壓抬升之現象。為抵銷電纜產生的虛功，本案採取投入電抗器作為因應，但過多的補償可能導致暫態電流交流成分峰值小於直流偏移，使得電流不通過零點，在此情況下若發生不平衡接地故障，健全相的斷路器因電流不過零點將難以消弧，甚至可能導致毀損，故確認操作電抗器時電流是否通過零點為本研究的重要項目。為使線路保護電驛正常動作，需投入澎湖#1970 匯流排電抗器取載進行比流器之相位確認，圖 2 顯示在線路電抗器#1960、#1980 皆已啓用之狀態下投入澎湖#1970 匯流排電抗器作為負載的暫態模擬波形，模擬結果中可明顯觀察北港#1520 斷路器的暫態電流發生不過零點的情況，並且持續時間約為 0.5 秒；若先將澎湖#1960 啓斷，再投入澎湖#1970，該程序可避免電流不過零點之現象，並且於啓斷澎湖#1960、投入澎湖#1970 前後，澎湖及北港匯流排電壓皆控制於 5% 以內，符合操作章則要求。右側顯示實際於 10/22 海纜二路加壓程序取載操作的量測波形，其三相電流皆通過零點，與模擬結果接近。

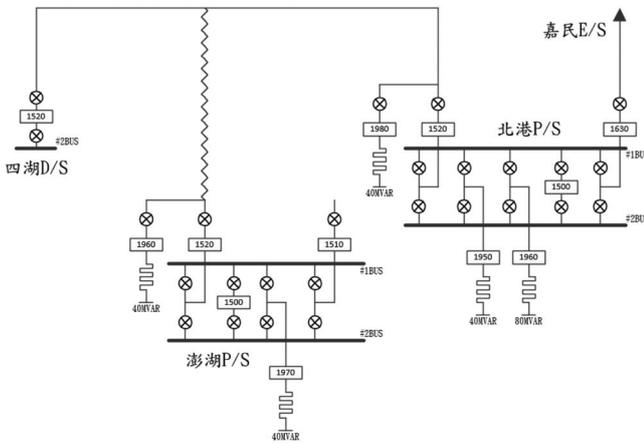


圖 1 台澎海纜系統單線圖

(二) 研究方法

本所於台澎系統調度及運維專案小組中以即時數位模擬系統(Real Time Digital Simulator, RTDS)協助驗證本次台澎海纜加壓和合聯操作程序，並以暫態紀錄器紀錄實際的加壓以及合聯過程。本文以加壓過程中電抗器取載程序之模擬和台澎系統合聯量測之案例說明本研究之成果。

在台澎系統合聯量測的工作中，此次合聯的位置於澎湖 P/S 內 69kV 匯流排中#630 斷路器，亦即合聯前斷路器兩端分屬台灣系統和澎湖系統。因此，為確保合聯當下兩端系統的狀態相近，需同步量測兩端訊號。圖 3 即顯示兩端系統的差值，由上而下分別為電壓、相角、頻率、同步電驛送出的合聯訊號以及斷路器的 52a 接點。圖中紅線位置為合聯訊號送出，此時電壓差:-0.12pu、角度差:4.61 度及頻率差 0.12Hz，最終於藍線位置完成斷路器投入，此時電壓差:0pu、角度差:1.82 度及頻率差 0.08Hz。

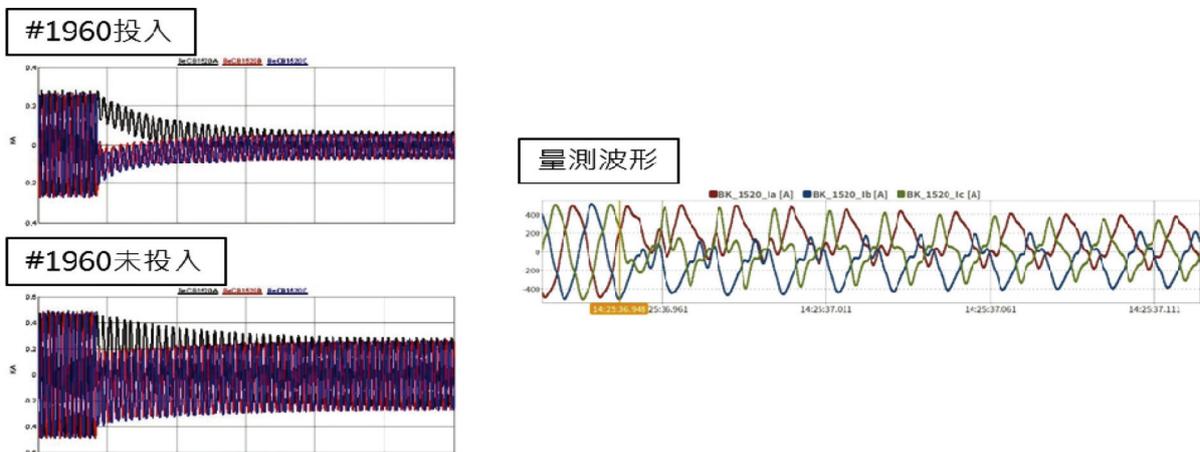


圖 2 #1960 斷路器投入與否及實際北港#1520 量測波形

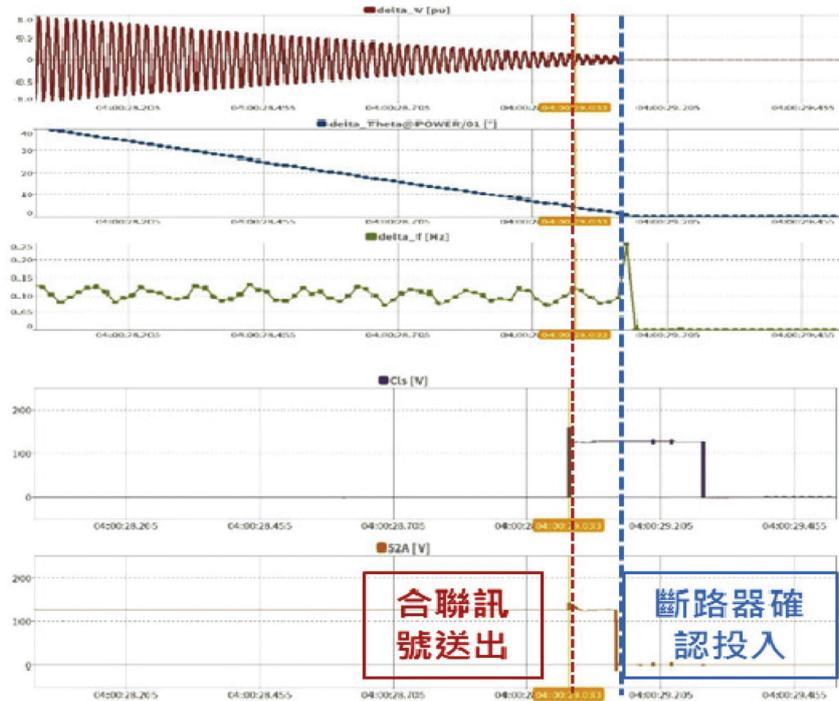


圖 3 海纜二路合聯量測波形

(三) 結論

本文利用 RTDS 進行事前驗證操作程序，並於台澎海纜加壓及合聯期間架設暫態紀錄器量測當下實際波形。事前的操作驗證藉由 RTDS 電磁暫態模擬之的特性，觀察到原有程序下將導致電流不過零

點的暫態現象並提出對應之改善方案。實際波形的量測除了確認模擬的正確性外，利用高解析度的紀錄資料亦有助於了解暫態及穩態的狀況，以利營運單位後續操作的判斷。

四、AMI 發展下通訊需求研析

資訊與通信研究室：羅尹孜、洪瑞呈

(一) 研究緣由:

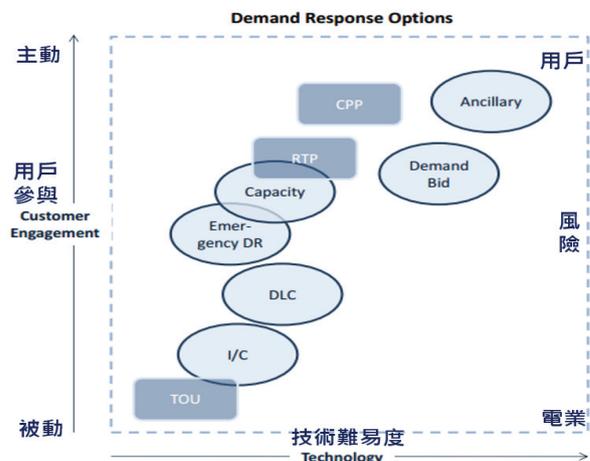
AMI 結合電表和管理，能蒐集再生能源發電業者、特殊合約之用戶以及配電系統基礎設施的數據、資訊，並將其傳輸到控制中心，使電力公司能提供用戶及發電業者新的服務和數據。透過具雙向通信功能的智慧電表，電力公司和用戶皆可透過智慧電表掌握用電紀錄和習性；各種雙向智慧電網的應用，擴大了需求面管理的應用和效益。

依據國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC) 針對智慧電網所提出之發展架構藍圖，需求面管理可以分為幾大重點項目：電表資訊管理系統 (Meter Data Management System, MDMS)、計費系統 (Billing)、用戶入口網站 (Customer Portal)、用戶資訊系統 (Customer Information System, CIS)、需量反應管理系統 (Demand Response Management System, DRMS)，前述項目之整合應用即能進一步發展電力交易，完善智慧電網中之市場機制。

台電公司對於 AMI 應用具相當發展空間，需規劃詳細策略布局。爰此，本計畫針對 AMI 推動布建下之需求面管理發展策略提出相關建議。

(二) 研究成果:

需量反應方案依據其用戶參與程度不同，執行上之技術難易程度亦不相同，隨著用戶主動參與的程度愈高，愈需要雙向、即時之通訊技術，以連結電力公司與用戶端，而其相對應之風險也愈高。由下圖 1 可以看出前述各項需量反應方案之用戶參與程度及技術難易度。



參考資料：2010_U.S._Smart_Grid_Vendor_Ecosystem_Report.pdf

圖 1 需量反應方案比較

台電公司在需求面管理此一發展主題中規劃將檢討及試辦多種需量反應方案，在規劃時可以參考圖 1，從技術難度最低之時間電價開始實施，配合資通訊技術之精進與研究，逐步發展試行直接負載控制、可停負載、緊急需量反應、容量市場、需量競價，配合即時及尖峰電價，最終完成使需量反應

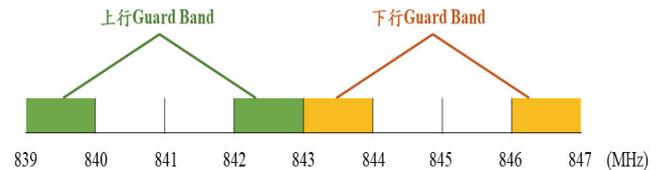
能提供作為輔助服務之一環。參考國外建置 AMI 及需求面管理應用案例，當先行整合 AMI 與計費系統、CIS，並進一步利用 MDMS、DRMS 之數據，結合大數據分析，精進需量反應方案，強化需求面管理每一系統之連結，形成 AMI 到企業端之端對端應用。

表 1 需量反應通訊需求

	ESI ↔ 負載	電力公司 ↔ 負載
頻寬	1 kbps–30 Mbps	1 kbps–75 Mbps
延遲時間	<ul style="list-style-type: none"> ● < 1 ms to 1500 ms-(MAC+PHY) ● < 4 ms to 15 s-(End-to-end application) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 10 ms to 5 s-(MAC+PHY) ● 10 ms to 15 min-(End-to-end application)
Payload	<ul style="list-style-type: none"> ● Size:10–1500 bytes ● Freq.:50k packets/s– 1 packet/min 	<ul style="list-style-type: none"> ● Size:10–1500 bytes ● Freq.:50k packets/s – 1 packet/min
通訊技術	<ul style="list-style-type: none"> ● ISO 16,484–5/ANSI-ASHARE 135 ● ISO-IEC 14,543–3 ● IEEE 802.15.4 ● IEEE 802.11a,b,g,n IEEE 802.3 ● ECHONET 	<ul style="list-style-type: none"> ● NR, LTE, WiMAX, GSM, EDGE, UMTS, GPRS, WCDMA, CDMA, Proprietary microwave and satellite.

參考資料：Communication technologies for smart grid applications: A survey

AMI 應用為達成雙向溝通，必須仰賴先進資通訊技術，其相關需求如上表 1 所示。我國交通部於 107 年 7 月 2 日新增開放 839-847MHz 頻率供民生公用事業之智慧型讀表系統使用，總頻寬僅 8MHz，若採用 FDD(Frequency Division Duplexing) 技術，需保留保護頻段(Guard Band)以避免鄰頻干擾：上/下行至少各 1MHz 作為 Guard Band(如圖 2 所示)，剩餘可供使用之頻寬為上/下行各 2MHz。若以現行較為成熟之 64QAM 技術調變，頻寬效益粗略估計為上/下行各 6Mbps，假設同時收取 1 萬點 AMI 資料數據，每筆資料傳輸之封包大小為 1kbps，則資料傳輸率(Data Rate)需求約為 10 Mbps，超過此段頻譜所能提供之頻寬。故未來規劃發展不同需量反應方案時應配合考量通訊頻寬之限制。



參考資料：本研究

圖 2 公用事業之智慧型讀表系統頻譜示意圖

此外，840.5-845 MHz 為中國無人機遙控頻段，有潛在干擾問題；且目前國內外缺乏對於此一頻段之應用，欲使之作為 AMI 通訊，則需客製化通訊模組開發，均為規劃布建時需考量之議題。

五、我國未來電動載具發展趨勢與策略研析

(電力經濟與社會研究室：曾泓祥)

(一)研究背景：

2015 年 12 月 12 日「巴黎協議」(Paris Agreement) 簽訂後，延續「京都議定書」在 2020 年到期以後對抗全球暖化的行動框架；而根據國外研究機構調查指出，全球溫室氣體的排放佔比中，運輸部門的 CO₂ 排放量佔比約在 2 成左右，且於運輸部門當中，公路運輸更是運輸部門中高達 74.5% 的 CO₂ 主要排放來源。因此各國紛紛提出相對應的政策目標與燃油車禁售期程(圖 1)。

由於電動載具具有極高的能量轉換效率，並可有效減少載具產生之點源污染，且 CO₂ 排放量更僅有汽油車的 1/3、柴油車的 1/2，被視為降低溫室氣體排放的有效手段之一。

隨著電動車的推廣，充電設施與車輛的使用將對我國電力系統與負載型態產生影響。台灣電力公司，身為我國的電力主責機關，肩負著維持電網的穩定的重責大任；不論未來台電是否涉入充電站的經營，對電動車整體技術發展、成本推估以及營運模式均須有所掌握，故實有必要進行相關研究。

(二)研究內容：

本研究藉由研析電動載具發展領導國家在電動載具以及電能補充技術之發展現況與趨勢，藉此彙整出最適合我國之發展策略；同時本研究將利用工研院所開發之 TIMES 能源工程模型，分析電動車充電對我國電力系統的影響。期望能作為我國電力主管機關，在因應電動載具發展浪潮之下的參考依循。

(三)研究成果：

1. 電動載具的發展初期，需仰賴政府端明訂其政策目標，或以減碳目標及銷售目標作為考量，作為產業端、民眾端的參考依循。在政策目標的訂定之際，更需透過立法支持，藉由完善的法源依據以作為政策目標之後盾。最後則需擬定退場機制，方能鼓勵電動載具市場在期限內的蓬勃發展，以推動成為載具電氣化之社會。(圖 2)
2. 我國電動機車發展逐漸穩定成熟並回歸市場機制；電動車發展取決價格下降以提升使用者購買意願；電動巴士發展則仰賴中央與地方政府以政策與補助支援初期發展。然而，充電站點的增設仍為重要課題。應透過初期補助吸引更多民間企業參與充電設施的設置與營運，加速擴大電動載具電能補充服務網絡。
3. 因應電動車數量成長其電能補充可能對電網帶來之影響，根據本研究以工研院 TIME 模型提出二種情境(圖 3)推估，2040 年自然成長情境之年用電量約為 31 億度電，推動運具電動化情境約為 111 億度電；對尖峰時段之負載衝擊將集中在晚

上到清晨時段(21:00-06:00)與中午至傍晚時段(12:00-19:00)；電力公司為達移轉尖峰負載效果，應提供電動車專用充電費率與時間電價費率供用戶選擇，鼓勵其減少尖峰用電、增加離峰用電達到移轉尖峰負載效果。

4. 發展電動載具已成為國際顯學，台電宜密切注意國內外電動載具發展趨勢。電動載具發展將大幅增加電力需求，電網負載平衡與充放電商業模式、調節機制為需先行建構之重要議題。電動載具之大量導入將逐漸從個體用戶轉移至商業用戶(如：車隊)，建議可積極了解國內商業用戶之導入規劃。
5. 在全球電動載具市場發展迅速，外加 2050 淨零碳排目標在即，電動載具朝向氫能燃料電動車發展情況下，台電應關注電動車市場發展方向，隨時留意電動載具發展情形。另外隨著儲能技術進步，儲能技術能整合分散式發電設備與綠能，提供穩定、具經濟性的電力，因此應關注儲能技術於電網應用的相關研究。

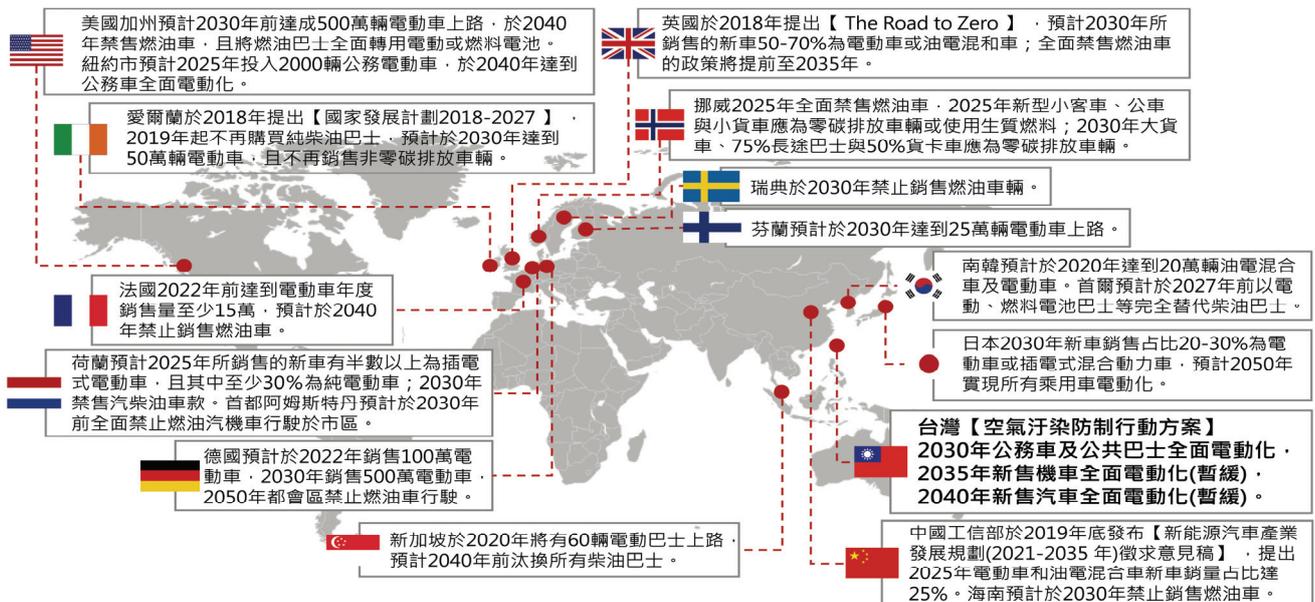
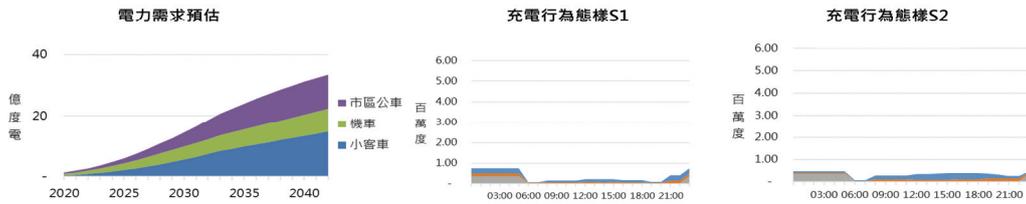


圖 1 世界各國電動載具政策目標以及燃油車輛禁售期程



圖 2 全球電動載具發展先進國家之發展脈絡

自然成長情境



推動運具電動化情境

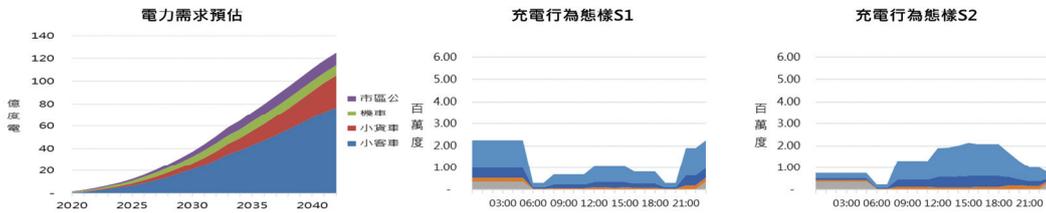


圖 3 我國至 2040 年電動載具數量成長之電力需求與用電需求時段分析

研發與試驗活動

台電公司綜合研究所與歐洲商會低碳倡議行動共同舉辦「儲能技術」視訊研討會 (研究發展企劃室：張翔琳)

為響應全球減碳趨勢，綜合研究所於 2021 年 11 月 17 日下午與歐洲在臺商會低碳倡議行動，共同舉辦「儲能技術」視訊研討會，由本所鍾所長與歐洲商會低碳行動指導委員王秀雲共同主持歐洲商會成員及本公司相關單位共約 140 人參加。本次會議邀請到日立能源、香港商立德國際商品試驗有限公司、義電能源及德國萊因公司蒞臨分享國際對於儲能事業經營與運作安全規範之見解，相關議題包括：透過儲能系統穩定電網並增加新營收模式、儲能系統的安全與併網解決方案、儲能系統如何在型態複雜的能源市場中達到最佳化之案例研究、全球儲能市場准入及概況分析等相關應用。本次研討會活動照片：

深入探討能源儲存、儲能系統與相關技術問題解決經驗分享，將可作為未來規劃儲能技術發展策略之相關參考。

台電公司身為台灣的主要電力供應者，對於淨零碳排的國際趨勢更需要積極準備與因應，後續本所將繼續與歐洲商會共同辦理一系列的綠能交流研討會，希望吸取各國的經驗發展最適合我國的減碳途徑。下一場研討會規劃於今年上旬舉行，將探討「電動車」相關議題，本所將與歐洲商會持續且確實地掌握國際能源發展趨勢。

