



台電工程月刊

MONTHLY JOURNAL OF TAIPOWER'S ENGINEERING
第811期 105年3月號 Vol.811 March 2016

輸變電：

輸電成本估算與介面劃分.....張忠良 等.....(1)

電力系統：

典型電力市場壅塞管理與相對應的電價機制.....吳元康 等.....(7)

能源與環境：

環境教育推動執行方案之規劃研究.....蔡顯修 等.....(18)

102年台灣地區家用電器普及率調查.....陸臺根 等.....(28)

台中發電廠氣候變遷調適研究.....溫桓正 等.....(38)

資訊與電腦：

綠色電鈕APP及電能資訊管理系統採用意願之關鍵因素研究.....許志義 等.....(54)

CIM標準應用於馬公二次變電所之實例說明.....李明峯 等.....(70)

工程技術：

台電公司建築資訊模型(BIM)工作規範與標準契約之研究.....陳顯明 等.....(81)

誠信	關懷	服務	成長
Integrity	Caring	Service	Growth



台灣電力公司編印



台電工程月刊

第 811 期
中華民國 37 年 9 月創刊
中華民國 105 年 3 月出版

【出版宗旨】

1. 介紹最新電力科技
2. 鼓勵從業人員發表實務經驗論文
3. 推廣研究成果之應用，提昇電力技術水準

【發行人】：朱文成
【主任委員】：蒯光陸
【總編輯】：林正義
【副總編輯】：徐豪傑
【外文編輯委員】：李琳娜 林宗賢
【財務委員】：張兆瓊
【編輯委員】：吳有基 吳明勳 徐真明 郭政謙 王金墩 呂天泰 沈宗華
吳瑞賢 何錦洪 林蒼喬 花敬翰 涂秀錦 侯明亮 洪紹平
范振理 陳慶守 曾重富 楊金石 蒲冠志 廖鴻徹 蔡世育
劉建勳 鄭錦榮 鍾年勉 鍾輝乾
【顧問】：王振勇 王耀庭 田丁財 李清雲 李清課 陳永享 陳慰慈
黃凱旋 張武侯 蔡顯修 顏德忠 簡福添 蕭勝任 籃宏偉
【執行編輯】：詹凱婷
【發行所】：台灣電力公司綜合研究所（100台北市中正區羅斯福路4段198號）
【展售門市】：國家書店松山門市（104台北市松江路209號1樓，02-2518-0207）
五南文化廣場台中總店（400台中市中山路6號，04-2226-0330）

【訂價】：全年 12 期 1200/1080/1440 元（紙本 / 電子 / 紙本 + 電子）
學生經校方證明，全年 12 期 360/360/480 元（紙本 / 電子 / 紙本 + 電子）
（國外郵資及手續費另加）

【帳號】：58115464909990（台灣銀行公館分行）

【戶名】：台灣電力股份有限公司

【投稿及訂閱地址】：100 台北市中正區羅斯福路 4 段 198 號

電話：(02)2360-1095 電子郵件：d53106@taipower.com.tw

【排版印刷公司】：九易數碼科技印刷有限公司

220 新北市板橋區府中路 175 號 1 樓 電話：(02)2966-0816

台北郵局許可證台北字第 2723 號

中華郵政台北誌第 544 號執照登記為雜誌交寄

輸電成本估算與介面劃分

Cost Estimation and Interface Division of Power Transmission

張忠良*
Chang, Chung-Liang

劉芷怡**
Liu, Chih-yi

摘要

為使台電公司電力代輸業務順利推展，台電公司系統規劃處除召集國內外學者進行討論會議，並進行輸電成本之計算。為求輸電費率之計算更接近實際運轉方式，亦針對發電、輸電及配電之介面皆重新檢討。力求在電業法修訂方向明確前，為迎接事業部運作，致力輸電成本之降低與管控。

Abstract

For the smooth implementation of Power Wheeling operation, the System Planning Department of Taiwan Power Company consults both domestic and foreign scholars on the subject and, in the meantime, is engaged in the calculation of transmission cost. In order to calculate wheeling rates closer to the actual operating mode, the Department also reviews the interface between generation, transmission and distribution so as to reduce and control the transmission cost and meet the operation requirement of reorganized business units.

關鍵詞(Key Words)：成本估算(Cost Estimation)、輸電介面(Transmission Interface)。

壹、前言

為使台電公司電力代輸業務順利推展，台電公司系統規劃處已分別於民國 102 年 5 月 27~31 日及 11 月 27~29 日舉辦二次「電力代輸國內外專家學者諮詢會議」^[1]，邀請國內外專家學者擔任諮詢委員，各委員亦提供許多寶貴意見供台電公司參考。

民國 102 年 11 月 21 日董事長主持「釐清公司推動內部廠網分工需處理議題及確認處理優先順序」研商會議^[2]亦將「12.估算輸電費率」列入待辦事項，另輸電費率所需成本亦依據民國 103 年 1 月 17 日研商台電公司「內部廠網分工」第 9 次工作小組會議^[3]結論辦理：

一、輸電之合理投資報酬率，建議採用資產報酬

率 Return On Assets (ROA)進行估算；有關輸電費率所需之成本數據，則宜以電價公式所採用之數據為計算基礎。

二、考量電費收入分攤與輸電費率估算在管控上之目的與功能不同，本案議題宜先著重於評估輸電費率之合理輸電成本，而暫不納入輸電業收入。

貳、電力代輸諮詢會議輸電費率綜合意見

二次「電力代輸國內外專家學者諮詢會議」經過熱烈討論，得出下列幾項意見：

- 一、代輸輸配電費率以郵票法計價為現行趨勢，目前輸配電分離會計可據此再作分離。
- 二、系統衝擊分析之個案成本由使用者負擔，不計入費率成本。

*台灣電力公司董事會檢核室

**台灣電力公司系統規劃處

- 三、輸配電成本或費率定期檢討，經審定後公告之。
- 四、電網開放使用須維持系統安全、可靠、經濟、透明之基本原則不變，費率之計算初期應以成本加計合理利潤為考量，以直觀、簡單、易懂與社會大眾溝通，逐步分階段施行，達成以市場價格為主之最終目標。
- 五、為電業之永續發展及維持電網之可靠及穩定，輸配電合理投資報酬率採用 ROA 資產報酬率較適合我國電業。
- 六、廠網分離之基本計量設備建置及相關責任分界點之訂定，並依其重要順序分階段完成，以取得可信與可靠之電力系統數據，將攸關未來費率及計費之準確性。
- 七、各種輸電費率情境估算完成後，後續可舉一些有代表性與真實的用戶或案例，計算並模擬各種情境之輸電費率用，再加以比較其差異，尋求較適宜及社會大眾能接受之費率。
- 八、輸電費率與配電費率兩者性質不同，輸電費率應採簡單明瞭之計費方式，配電費率需考量區域性設備成本，建議輸、配電費率應分別計費。

參、費率計算公式

參考民國 102 年舉辦之「電力代輸國內外專家學者諮詢會議」，會中討論電力代輸輔助服務費用及電網費率等相關費用方法，該次會議結論為電網費率以郵票法估算較符合國際趨勢，此與台電公司於民國 102 年 8 月 20 日，重行函報經濟部之「電價費率計算公式修訂擬議」^[4]新電價費率計算公式相似。

新電價費率計算公式

$$\frac{\text{每度平均電價} = \text{燃料} + \text{稅捐及規費} + \text{合理利潤} + \text{(折舊} + \text{利息)} + \text{(用人費用} + \text{維護費} + \text{其他營業費用)} + \text{所得稅} - \text{綠色電價收入} - \text{其他營業收入}}{\text{售電度數}}$$

又依廠網分工工作小組會議結論，有關輸電費率(成本)所需之成本數據，則宜以電價公式所採用之數據為計算基礎。故台電公司系統規劃處以電價公式所採用之數據為計算基礎，研擬之輸電成本項目有稅捐及規費、折舊及利息、運維費、所得稅、其他營業收入、合理利潤，輸電費率計算公式如下：

$$\text{輸電費率(元/度)} = \frac{\text{稅捐及規費} + \text{合理利潤} + \text{(折舊} + \text{利息)} + \text{(用人費用} + \text{維護費} + \text{其他營業費用)} + \text{所得稅} - \text{其他營業收入}}{\text{輸電量}}$$

肆、試算條件及資料

有關稅捐及規費、合理利潤、折舊、利息、用人費用、維護費、其他營業費用、所得稅及其他營業收入資料，需由台電公司會計處於每年結算後，提供台電公司系統規劃處分離會計數據進行輸電費率之計算。其中輸電系統成本包含台電公司系統規劃處、供電處、輸工處、電力通信處、澎湖區處(輸電)、發電廠(輸電)，以及共同分攤台電公司總處行政單位，如：會計處、人資處等。

而合理利潤分為輸電系統總資產 ROA(%)及輸電系統業主權益 ROE(%)。ROA 是資產報酬率，它是用來衡量公司運用全部資產(負債+股東權益)，所創造淨利潤之能力，通常以百分比表示。ROA 計算公式為：

$$\text{總資產報酬率} = \text{淨利潤} / \text{資產總額} * 100\%$$

ROE 是股東權益報酬率(Return of Equity)，它是用來衡量公司運用股東資金，所創造淨利潤之能力，通常以百分比表示。ROE 計算公式為：

$$\text{股東權益報酬率} = \text{淨利潤} / \text{股東權益資金} * 100\%$$

國外電力公司 ROE 股東權益報酬率約為 10%。

如美國德州電力可靠度委員會(ERCOT)輸配電 ROE 值約為 8.5%，美國南方電力公司

(Southern Company)約為 13.0%。輸配電業之合理投資報酬率應受合理保障，ROA 資產報酬率如能達到 3%~5%左右，將有利電業之永續發展。參考「電力代輸諮詢會議輸電費率」綜合意見，為電業之永續發展及維持電網之可靠及穩定，輸配電合理投資報酬率現階段採用 ROA 資產報酬率較適合我國電業。

輸電量需由台電公司供電處每年統計後，提供台電公司系統規劃處數據進行輸電費率之計算，其中

輸電量之計算公式=

P/S 供電量

+D/S 供電量

+69kV 發電量

+69kV 汽電共生

+161kV 大用戶用電量

+161kV G/S 直供量。

伍、民國 103 年輸電費率試算

一、民國 103 年輸電費率試算基礎

- (一) 101 年 12 月 17 日「分離會計制度辦理進度及相關議題討論」會議^[5]決議：責任分界已確立之電源線辦理財產移轉作業，既有 94 回電源線(共 55 個電廠出口線路)已於 101 年 12 月底由原財產經管單位台電公司供電處完成移轉發電單位。
- (二) 一次配電變電所及其所屬設備建物屬輸電業，二次變電及其所屬設備建物屬配電業。
- (三) 多目標變電所土地資產屬原列帳單位；變電所建物資產部分一次配電變電所及其所屬設備建物屬輸電業，二次變電及其所屬設備建物屬配電業；多目標建物資產部分屬經管單位。
- (四) 民國 102 年 2 月 1 日「分離會計制度辦理進度及相關議題討論會議」討論及決議事項，台電公司供電處已邀請相關單位討論完成確立發、輸及配電業之責任分界點。
 1. 既有電源線財產經管單位改為發電單位，運

轉維護委託供電單位辦理，現行經管單位配合辦理財產移轉作業。

2. 電廠兼營輸電業或配電業，財產經管部門應找出其財產編號，填製表單建立兼營輸配電業成本中心。

二、民國 103 年輸電費率試算數據

依據台電公司會計處民國 103 年 4 月 21 日「民國 101 及民國 102 年度分離會計成本明細表」提供之數據，如表 1，其中未含所得稅、利息以外其他營業收入及合理利潤。經計算民國 102 年及民國 103 年輸電進出費率結果如下(表 1)：

表 1 分離會計成本明細表

年度		101 年度	102 年度
輸電成本項目(億元)	稅捐及規費	3.73	3.91
	稅捐	3.14	3.38
	規費	0.59	0.53
	折舊及利息	302.00	298.87
	折舊	259.53	258.45
	利息	42.46	40.42
	運維費	56.43	53.65
	用人費用	36.02	36.17
	維護費	14.43	13.07
	其他營業費用	5.97	4.41
小計	362.16	356.43	
輸電量(億度)	2036.92	2099.04	
輸電進出費率(元/度)	0.1778	0.1698	

陸、五種不同之輸電費率試算

依據台電公司會計處民國 103 年 4 月 21 日「民國 101 及民國 102 年度分離會計成本明細表」提供之數據，其中未含所得稅及利息以外其他營業收入。

一、情境一

$$\text{輸電費率(NT\$/kWh)} = \frac{\text{輸電必須營收總額}}{\text{全年輸電量}}$$

項目	ROA=5%	ROA=3%	ROA=0%	ROE=10%	ROE=12%
必需成本(A)	356,4300,0000				
合理利潤(B)	24,785,208,148	14,871,124,889	0	9,433,602,267	11,320,322,721
輸電必需營收總額 (C=A+B)	60,428,208,148	50,514,124,889	35,643,000,000	45,076,602,267	46,963,322,721
輸電度數(D)	209,904,000,000				
輸電費率(E=C/D)	0.2879	0.2407	0.1698	0.2147	0.2237

二、情境二

$$\text{輸電費率(NT\$/kWh)} = \frac{\text{輸電必須營收總額}}{\text{全年最大尖峰負載}}$$

項目	ROA=5%	ROA=3%	ROA=0%	ROE=10%	ROE=12%
必需成本(A)	356,4300,0000				
合理利潤(B)	24,785,208,148	14,871,124,889	0	9,433,602,267	11,320,322,721
輸電必需營收總額 (C=A+B)	60,428,208,148	50,514,124,889	35,643,000,000	45,076,602,267	46,963,322,721
最大尖載(D)	33,957,400				
輸電費率(E=C/D)	1,780	1,488	1,050	1,327	1,383

三、情境三

$$\text{輸電費率(NT\$/kWh)} = \frac{\text{輸電必須營收總額}}{\text{12個月最大尖峰負載平均值}}$$

項目	ROA=5%	ROA=3%	ROA=0%	ROE=10%	ROE=12%
必需成本(A)	356,4300,0000				
合理利潤(B)	24,785,208,148	14,871,124,889	0	9,433,602,267	11,320,322,721
輸電必需營收總額 (C=A+B)	60,428,208,148	50,514,124,889	35,643,000,000	45,076,602,267	46,963,322,721
12 個月最大尖峰負載 平均值(D)	29,405,405				
輸電費率(E=C/D)	2,055	1,718	1,212	1,533	1,597

四、情境四

$$\text{輸電費率(NT\$/kWh)} = \frac{\text{輸電必須營收總額}}{\text{6~9月最大尖峰負載平均值}}$$

項目	ROA=5%	ROA=3%	ROA=0%	ROE=10%	ROE=12%
必需成本(A)	356,4300,0000				
合理利潤(B)	24,785,208,148	14,871,124,889	0	9,433,602,267	11,320,322,721
輸電必需營收總額 (C=A+B)	60,428,208,148	50,514,124,889	35,643,000,000	45,076,602,267	46,963,322,721
6~9 個月最大尖峰負 載平均值 (D)	32,948,649				
輸電費率(E=C/D)	1,834	1,533	1,082	1,368	1,425

五、情境五

$$\text{輸電費率(NT\$/kWh)} = \frac{0.5 \times \text{輸電必須營收總額}}{\text{全年輸電量}} + \frac{0.5 \times \text{輸電必須營收總額}}{12 \text{個月最大尖峰負載平均值}}$$

項目	ROA=5%	ROA=3%	ROA=0%	ROE=10%	ROE=12%
必需成本(A)	356,4300,0000				
合理利潤(B)	24,785,208,148	14,871,124,889	0	9,433,602,267	11,320,322,721
輸電必需營收總額(C=A+B)	60,428,208,148	50,514,124,889	35,643,000,000	45,076,602,267	46,963,322,721
輸電度數(D)	209,904,000,000				
輸電費率(E=C/D)	0.144	0.120	0.085	0.107	0.112
12個月最大尖峰負載平均值(D)	29,405,405				
輸電費率(E=C/D)	1,028	859	606	766	799

六、輸電費率的特性模擬

本輸電費用的特性模擬採用 ROA=0%時之數據，從 IPP 電廠相關企業之大用戶任選四家。A 廠總輸電量高，不論離尖峰用電負載平均，使用各種情境試算差異不大；B 廠總輸電量高，尖峰用電負載較少，當使用情境四時，輸電費較低；C 廠總輸電量雖不高，但在該廠需要用電時，最大尖峰負載較高，故使用情境二時，將會有較高之輸電費；D 廠為汽電共生用戶，總輸電量低，尖峰時廠內自行發電使用，僅在每周離峰時間用電，當使用情境二時，將會有較高之輸電費(圖 1、表 2)。

表 2 模擬廠家之負載值

	全年輸電量 (kWh)	全年最大尖峰負載 (kW)	12個月最大尖峰負載平均值 (kW)	6~9個月最大尖峰負載平均值 (kW)
A 廠	564,115,200	70963	66764	69830
B 廠	408,080,000	53030	47738	45926
C 廠	299,897,600	67456	55483	51488
D 廠	156,760,800	57299	29677	25704

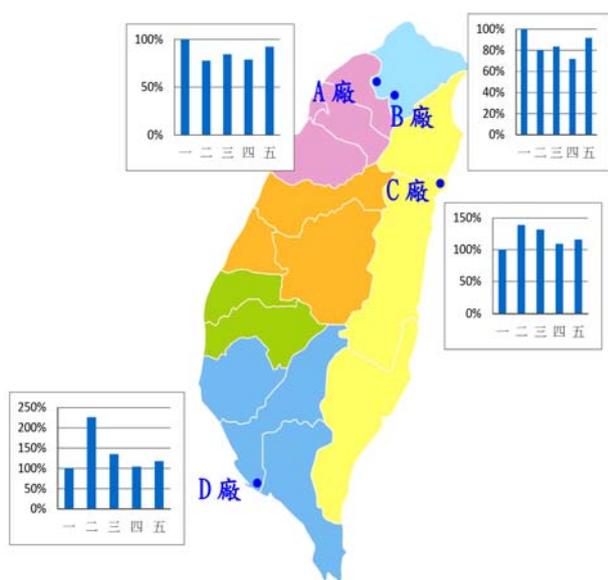


圖 1 模擬廠家分佈圖

柒、輸電成本介面原則調整

本年度(民國 103 年度)輸電費率估算雖已依民國 102 年數據資料計算完成，但為求輸電費率之計算更接近實際運轉方式，台電公司系統規劃處針對發電、輸電及配電之介面皆重新檢討劃分如下：

一、電源線認定調整：

民國 103 年 4 月 28 日電源線與系統線重新分析與釐清第 3 次會議^[6]決議：台電公司系統規劃處已將有疑義需重新釐清(含「內部廠網分工」第 12 次工作小組會議決議)共 14 個電廠出口線路全數釐清。(6 回改電源線，1 回改系統線)

二、變電所認定調整：

「二次變電所投資後之介面劃分」議題已於民國 103 年 4 月 17 日研商台電公司「內部廠網分工」第 16 次工作小組會議^[7]決議：各級變電所之輸配電成本介面訂在配電變壓器一次側(含所屬斷路器)上方。其他附屬設備、人事及運維成本，依連接電壓或依主要設備(機電設備)持分比例來劃分輸電及配電成本(D/S 示意如圖 2)。

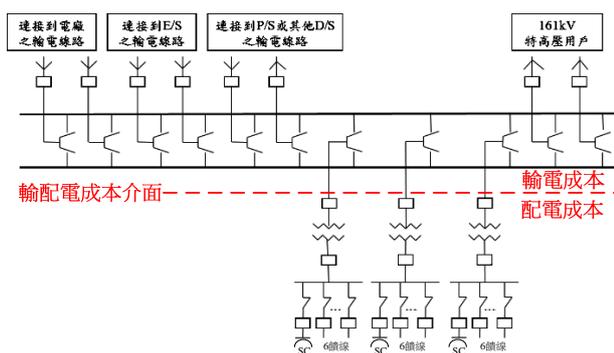


圖 2 D/S 示意圖

「10.多目標變電所之介面劃分」議題已於民國 103 年 4 月 18 日「研商多目標變電所預算編列及介面劃分原則」^[8]決議：變電所本身所涉及機電設備(含附屬設備)、土地、變電所建物等事項，由機電設備持分比例來劃分輸電及配電成本。而多目標建物，原則由內、外需求歸屬不同成本。成本歸屬依使用單位所占樓層之造價或所占樓地板面積比例拆分。

三、輸電量錶計裝設：

依「分離會計制度-電費收入分離第 2 次會議」決議^[9]：為能明確測量計算發、輸、配電系統間之輸電量，以供未來發、輸、配電費率之依據，必須於發、輸、配電系統之分界點安裝所需 AMI 錶計。

捌、結論

有關輸電成本劃分原則調整、輸電費率(成本)估算方法、計算數據取得及合理利潤之探討，系

統規劃處已完成規劃，並參考台電公司會計處提供之數據進行試算(不包含所得稅、其他營業收入及合理利潤)。在電業法修訂方向明確前，為迎接事業部運作，將致力輸電成本之降低與管控。

玖、參考文獻

- [1] 台灣電力公司系統規劃處，「電力代輸國內外專家學者諮詢會議」，2013 年 5 月及 11 月。
- [2] 台灣電力公司企劃處，「釐清公司推動內部廠網分工需處理議題及確認處理優先順序」研商會議，2013 年 11 月。
- [3] 台灣電力公司系統規劃處，研商台電公司「內部廠網分工」第 9 次工作小組會議，2014 年 1 月。
- [4] 台灣電力公司會計處，「電價費率計算公式修訂擬議」，2013 年 8 月。
- [5] 台灣電力公司會計處，「分離會計制度辦理進度及相關議題討論」會議，2012 年 12 月。
- [6] 台灣電力公司系統規劃處，電源線與系統線重新分析與釐清第 3 次會議，2014 年 4 月。
- [7] 台灣電力公司企劃處，研商台電公司「內部廠網分工」第 16 次工作小組會議，2014 年 4 月。
- [8] 台灣電力公司系統規劃處，研商多目標變電所預算編列及介面劃分原則，2014 年 4 月。
- [9] 台灣電力公司會計處，分離會計制度-電費收入分離第 2 次會議，2014 年 3 月。

典型電力市場壅塞管理與相對應的電價機制

Congestion Management and Corresponding Pricing Mechanism in Typical Electricity Markets

吳元康*
Wu, Yuan-Kang

賴重瑀*
Lai, Chung-Yu

摘要

隨著電力系統解制，傳輸系統壅塞管理對於系統操作者而言是一個新的挑戰。在傳統未解制前的電力系統，中央調度中心擁有系統中每個機組的燃料成本曲線以及相關資訊，他們依據總發電成本最低的原則進行機組調度。然而，在解制的電力市場中，壅塞管理方式已經轉變成處理競標價格最佳化的問題。當系統線路發生壅塞，系統操作者將選取某些自願調整的發電端或負載端所提出的標單進行壅塞管理，以期達到調整成本的最小化為目的。本研究將整理三個主要電力市場的壅塞管理以及相對應的電價機制，包含英國電力池、北歐電力池以及北美電力市場。研究過程中將以八個匯流排的測試系統為例，最後並比較各種壅塞管理與電價機制的效率，以及它們提供市場電價信號的有效性。

Abstract

As the power system is deregulated, transmission congestion management is a new challenge to transmission operators. In the traditional vertically integrated system, the central operators had full knowledge of operation and fuel cost curves of each unit. They dispatched and re-dispatched the system by using security constrained OPF(Optimal Power Flow), which was based on the minimizing overall generation cost. However, in the deregulated electricity markets, the main feature for congestion management schemes has changed to the bidding-price-based optimization with the security-constrained dispatch and re-dispatch. When congestion occurs in the system, the operators will select some voluntary adjustment bids from generators and load-ends in the optimization procedure to minimize the cost of adjustments. This study reviews the congestion management (CM) schemes and the associated pricing mechanisms utilized by three main electricity markets: the old UK Pool, Nordic Pool and North American markets (PJM, ISO-NE, ISO-NY). A test example of eight-bus system is provided to help illustrate the operations of CM and the corresponding pricing mechanism in the three transmission market structures. Finally, a comparative analysis of the four representative CM schemes has been conducted to compare the various CM approaches so as to assess their efficiency, and the effectiveness of the market pricing signals.

關鍵詞(Key Words)：壅塞管理(Congestion Management)、電力市場(Electricity Market)、電價機制(Pricing Mechanism)。

壹、前言

傳統電力系統的網路壅塞是因為供給端與負載端的位置分佈以及電網輸電限制所造成。然而在電業解制後，供給端的分佈有可能因為發電機組競價的結果隨時有所差異。因此壅塞管理在國外電業自由化的議題上亦是常討論的重點之一。近年來國外電力自由化的環境以及競爭的市場交易下導致部分區域的線路產生壅塞，而這將對市場競爭造成極大的影響。當低成本的發電機組因為輸電線路的熱容量、電壓限制、以及穩定度限制而無法將電力輸送至負載端則會發生所謂的壅塞情形。壅塞產生後可能無法履行既有的電力交易合約、造成某些地區發電業者壟斷、以及系統某些元件的損壞。因此在電力市場中壅塞管理是非常重要的課題之一，而系統操作者需要一套有效率以及公平的機制來解決此問題。

國外針對壅塞管理的技術及市場管理機制已有許多研究成果：例如應用最佳化技術來控制傳輸線的壅塞^[1]、利用最佳演算法來進行機組重新調度^[2-4]、探討分散式電源最佳的放置位置以及容量大小來抑制線路壅塞^[5-9]、壅塞管理規則的重新制定與分析^[10]、介紹某些電力市場壅塞管理規則^[11-16]、市場力的指標以及對壅塞的影響^[17]等。歸納來說，研究重點在於壅塞管理規則的探討與改進、分散式電源(含大型再生能源)併入後對壅塞的影響以及市場規則的修訂、以及各種最佳化演算法提升壅塞管理的技術等。

在數學上，壅塞問題可藉由最佳化負載潮流來描述，亦即存在一個目標函數使得系統操作總成本達到最小，但受限於電力網路上的某些限制條件。在本研究將利用直流最佳負載潮流(DC-OPF)演算法進行電力市場線路壅塞的模擬研究。

線路壅塞可能發生於一日前的市場交易、一小時前的市場交易、以及即時平衡市場。然而，全球各電力市場的壅塞管理觀念是相似的，亦即管理機制必須是公平、有經濟效益、透明，以及可行的。國外許多電力市場已經提出一些壅塞管

理的方法，例如跳脫壅塞線路或變壓器、操作各種潮流控制元件，例如 FACTS 元件、變壓器分接頭、以及相位偏移器(Phase Shifter)、電力系統重構(System Reconfiguration)、市場分割法(Market Splitting)、發電機重新調度、雙邊或多邊合約的重新制定、卸載或取消合約、以及反向交易(Counter Trading)等。

其中跳脫壅塞線路或變壓器是最快速的方式，但此方式也可能造成其他更嚴重的線路壅塞。操作各種潮流控制元件是一種有效解決壅塞的方法，然而這種方法較侷限在這些控制元件的裝設地點，若當地缺少這些控制元件，則不易執行局部區域的壅塞管理。市場分割法主要針對某些聯絡線路(Tie-line)的壅塞所制定的，當系統發生壅塞，則系統操作者將系統分割成幾個小系統區域，每個小區域有獨立的電力交易與競標，因此即使因為壅塞造成每個較小區域的系統交易電能不大，亦能滿足當地的供需平衡。此外，北美電力可靠度協會(NERC)已經制定了減輕輸電負載(Transmission Loading Relief)的機制，亦即藉由卸載或取消合約來減輕系統的壅塞情形。不過這種方式有可能因為僅是小量的線路壅塞而造成較大範圍的停電。而反向交易(Counter Trading)的方式最常用於雙邊交易的電力市場，亦即當某一線路發生壅塞，則系統操作者便額外接受可造成此線路反向潮流的交易，以減少壅塞的可能。

在實際的電力市場中，系統操作者主要降低線路壅塞的方式是藉由發電機組的重新調度，且盡量不切除負載或是任何原先規劃的電力交易。然而重新調度將產生額外的成本，這些成本稱為壅塞成本且會分配至系統參與者。至於如何分配則依據不同的電價分配方式而有所差異。這些電價機制應提供一個清楚的訊號給系統參與者，才能提高市場操作的效率。舉例而言，此種分配電價的方式可以採用節點電價，又稱為區域邊際訂價(Location Marginal Price, LMP)以及區域電價(Zonal Price)的方式、或是其他的方法。區域電價是簡化節點電價的方法之一，因為某些鄰近節點的節點電價可能差異不大，因此可以把這些區域的節點統合在一起成為某一區域電價，而

在這些區域之間的線路則常發生壅塞。不過區域電價的缺點是不容易界定區域的範圍。

本文將針對世界上幾個主流電力市場的壅塞管理以及相對應的電價機制進行探討。市場涵蓋的交易方式包含單一電價的電力池模式、區域電價模式以及節點電價模式等。此外，本研究將分析這些交易模式的優劣點以供未來我國電力市場操作的參考。

貳、各種線路壅塞下的電價計費模式

全球許多國家的電力市場針對壅塞電價的計價方式已發展一些不同的模式，例如傳統電力池(Power Pool)模式、以及節點電價模式。本研究先以一個 8-bus 匯流排系統進行說明，闡述壅塞管理的操作以及各種計價的方式。此 8-bus 系統包含 7 部發電機以及 5 個配電負載，如圖 1 所示。此系統中各線路的參數如表 1 所示。表 2 顯示各發電機在市場中的競標價錢、競標發電量、可調整發電範圍、以及增減出力的價錢等資訊。舉例而言，發電機 G1 的最大發電量可達到 600MW、它的競標發電價格為\$10/MWh、且每增減 1MWh 的價錢為\$10/MWh。而發電機 G32 可能屬於燃料成本較高的發電機組，它的競標發電價格為\$50/MWh，且每增減 1MWh 的價錢為\$50/MWh。

為了簡化計畫並強調電能交易市場，在此採

用直流負載潮流計算，並著重在各種模式下的電價計算。在實際的交易市場中，需要再增加考慮某些技術上的條件，例如輔助服務、需量反映、以及電壓與暫態穩定度等因素。

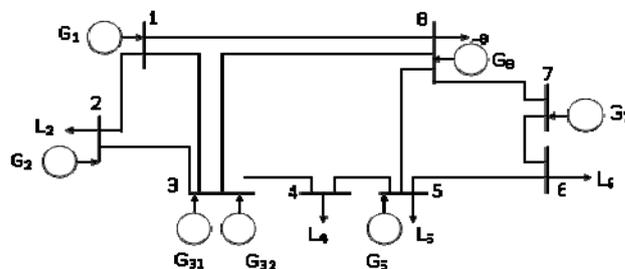


圖 1 8-bus 系統

表 1 8-bus 系統的線路參數

線路	From bus	To bus	電抗(pu)	容量限制(MW)
1	1	2	0.02	300
2	1	3	0.0065	380
3	1	8	0.03	150
4	2	3	0.02	300
5	3	4	0.03	282
6	3	8	0.03	140
7	4	5	0.01	120
8	5	6	0.018	240
9	5	8	0.03	230
10	6	7	0.022	340
11	7	8	0.015	250

表 2 8-bus 系統中各發電機的競標價錢、競標發電量、可調整發電範圍、以及增減出力的價錢

匯流排	發電機	競標容量(MW)	競標價格(\$/MWh)	可調整範圍		增/減電價 (\$/MWh)	負載 (MW)
				Min(MW)	Max (MW)		
1	G1	600	10	0	600	10	-
2	G2	200	20	0	200	20	300
3	G31	100	35	0	100	35	-
	G32	100	50	0	100	50	-
4	-	-	-	-	-	-	300
5	G5	200	30	0	200	30	300
6	-	-	-	-	-	-	250
7	G7	200	20	0	200	20	-
8	G8	200	40	0	400	40	300

一、電力池計價模式(單一價格(Uniform Pricing)模式)

在一般電力池的市場架構中，市場參與者必須在一日前的市場競標，且系統操作者必須預測下一日的負載。電力池市場運作模式典型包含二個階段：第一階段稱為市場調度(Market Dispatch)、而第二階段稱為壅塞後的重新調度。第一階段的程序與過去傳統集中式經濟調度的模式非常類似，只是將過去燃料成本(Fuel Cost)曲線轉換成競標的價錢(Bid Price)。在第一階段的市場調度中，發電機組依據各自的競標價格排列出優先調度的順序，較低競標價格的發電機組將優先被選定為調度機組，直到滿足負載預測所需的發電量。而市場的結清價格(Market Clearing Price)是藉由滿足負載需求的所有可調度機組中最貴的競標價格來決定。為了方便計算，本研究假設每部發電機僅競標一個價格，而不是一個隨發電量增加而改變競標價格的曲線。在第一階段競標結束後，系統操作者將評估是否因為這些競標成功的機組出力而造成系統壅塞。若系統不會發生壅塞的情形，則第一階段所獲得的結果便是實際的調度，同時公布結清價格。若是系統會發生壅塞，則系統操作者將執行壅塞後的重新調度。

依據上述 8-bus 範例所提供的參數，可將所有發電機的競標價格進行排序，如圖 2 所示，圖中負載量與發電曲線的交點即是系統結清價格，又稱為系統邊際價格(System Marginal Price, SMP)。此價格單純只考慮經濟層面，未考慮系統傳輸線路的限制條件。以數學式表示為：

$$\min \sum_{i=1}^{N_G} C_{G_i}(P_{G_i}) \quad (1)$$

限制式條件：

$$\sum_{i=1}^{N_G} P_{G_i} = \sum_{j=1}^{N_D} P_{D_j} \quad (2)$$

$$0 \leq P_{G_i} \leq P_{G_i}^{\max} \quad (3)$$

其中 $C_{G_i}(P_{G_i}) = \alpha_{G_i} \cdot P_{G_i}$ 定義為發電機 i 的競標價格函數。

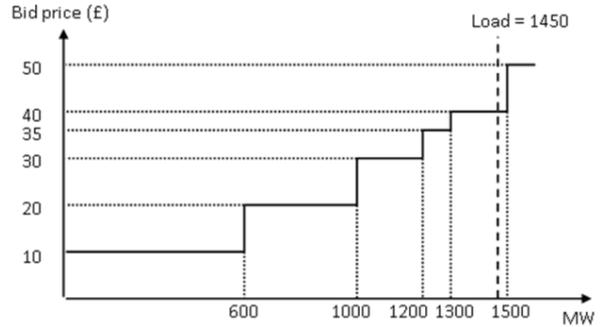


圖 2 基於競價價格的發電累積曲線

$$\left| f_{kl}^o + \sum_{i=1}^{N_G} a_{kli} \cdot (P_{G_i}^{adj} - P_{G_i}^o) \right| \leq f_{kl}^{\max} \quad (4)$$

此限制式的物理意義為系統中任何一條線路，經過重新調度的程序後，仍必須小於其最大流量的限制。其中 f_{kl}^o 為線路 $k-l$ 之電力潮流初始值、 f_{kl}^{\max} 為線路 $k-l$ 之最大輸電容量、 $P_{G_i}^o$ 為發電機 i 初始輸出功率、 $P_{G_i}^{adj}$ 為發電機 i 調整後之輸出功率、 N_G 為發電機匯流排的數量。其中 a_{kli} 為功率轉換分配因子(dc-PTDF 值)，其意義為當匯流排 i 改變注入(或提供)功率時，對於線路 $k-l$ 功率的影響(敏感因子)。

當系統進行重新調度，其最佳化數學函數將改成以下：

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & 10P_{G_1} + 20P_{G_2} + 35P_{G_{31}} + 50P_{G_{32}} + 30P_{G_5} \\ & + 20P_{G_7} + 40P_{G_8} \end{aligned} \quad (5)$$

條件限制式如下：

$$P_{G_1} + P_{G_2} + P_{G_{31}} + P_{G_{32}} + P_{G_5} + P_{G_7} + P_{G_8} = 1450 \quad (6)$$

$$\begin{aligned} f_{1-8} = & f_{1-8}^o + a_{1-8,2} \cdot (P_{G_2} - P_{G_2}^o) + a_{1-8,3} \cdot (P_{G_{31}} - P_{G_{31}}^o) \\ & + a_{1-8,3} \cdot (P_{G_{32}} - P_{G_{32}}^o) + a_{1-8,5} \cdot (P_{G_5} - P_{G_5}^o) \\ & + a_{1-8,7} \cdot (P_{G_7} - P_{G_7}^o) + a_{1-8,8} \cdot (P_{G_8} - P_{G_8}^o) \leq f_{1-8}^{\max} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
 0 \leq P_{G_1} \leq 600, \quad 0 \leq P_{G_2} \leq 200, \quad 0 \leq P_{G_{31}} \leq 100, \\
 0 \leq P_{G_{32}} \leq 600, \quad 0 \leq P_{G_5} \leq 200, \quad 0 \leq P_{G_7} \leq 100, \\
 0 \leq P_{G_8} \leq 400 \quad (8)
 \end{aligned}$$

其中 f_{1-8}^0 為市場調度後，線路 1-8 所流經的電力潮流，(7)式可代入 dc-PTDF 數值而得到(9)式。

$$\begin{aligned}
 192.42-0.0503(P_{G_2}-200)-0.1007(P_{G_{31}}-100) \\
 -0.1007(P_{G_{32}}-0)-0.3424(P_{G_5}-200) \\
 -0.4277(P_{G_7}-200)-0.4597(P_{G_8}-150) \leq 150 \quad (9)
 \end{aligned}$$

其中 f_{1-8}^0 為發生壅塞線路 1-8 上經市場調度的初始負載潮流， P_G^0 為發電機 i 經市場調度的初始發電量。如果一個系統發生二條或更多的線路壅塞，則便需要同時列出這些壅塞線路的限制式，並同時考慮這些限制式來求解。在重新調度的程序中，各發電機增加或減少的發電量由各發電機所提供，這些增量或減量的價格將會決定重新調度所需額外付出的成本。實際上在電力池的架構中，典型增量成本曲線包含無載操作成本、二個(或更多)的成本轉折點、以及最大功率輸出等資訊。在此簡化增量成本的設定，改採單一增量固定值。此外，實際操作的電力系統除了上述的限制式外，尚包含其他的限制式，例如備轉容量與污染排放量的限制式、機組出力爬升(Ramp-Up)限制式、最小開機與停機的時間、電壓與穩定度限制等。

表 3 8-bus 系統電力池調度的結果 (考慮第一階段以及第二階段)

發電機	競標價格 (\$/MWh)	市場調度結果 (MW)	實際調度結果 (MW)
G1	10	600	600
G2	20	200	184.1
G31	35	100	0
G32	50	0	0
G5	30	200	200
G7	20	200	200
G8	40	150	265.9
Total cost		\$29500/hr	\$30318/hr

表 4 重新調度前後負載潮流的變化

線路	From bus	To bus	不考慮輸電限制之調度 (MW)	考慮輸電限制之調度 (MW)	輸電限制 (MW)
1	1	2	99.98	112.75	300
2	1	3	307.60	337.24	380
3	1	8	192.42	150	150
4	2	3	-0.02	-3.15	300
5	3	4	281.74	257.1	282
6	3	8	125.85	76.99	140
7	4	5	-18.27	-42.9	120
8	5	6	31.79	23.09	240
9	5	8	-150.06	-165.99	230
10	6	7	-218.21	-296.91	340
11	7	8	-18.21	-26.91	250

藉由求解上述成本最佳化的問題，得到重新調度後各發電機所需出力的值如表 3 的第四欄所示，而經過重新調度後，線路上的負載潮流重新計算整理於表 4 中。可以發現可以藉由減少 G2 與 G31 的發電量但增加 G8 的發電量後可以將壅塞問題解決。根據此 8-bus 系統的 PTDF，G5、G7 以及 G8 對於線路 1-8 之影響較為顯著，但由於 G5 和 G7 已達到機組上限無法再提供額外的出力，因此只有 G2 和 G8 有能力調整調度。換言之，G2 與 G8 為本系統的邊際機組，對於系統重新調度的成本會有較大的影響，因為他們可以提供額外的發電量。若在重新調度的程序中發現沒有任何機組可以增加出力，則必須進行其他壅塞管理的方法(例如負載卸載)。

比較表 3 中第一階段與第二階段的系統操作成本，可以發現經由重新調度後，系統由原先 29500 元增加至 30318 元，此因線路壅塞導致必須調度較高成本機組的結果。此成本又可稱為壅塞成本。這些壅塞成本如何公平與透明地分配到系統參與者是壅塞管理的重點之一。以過去英國傳統電力池(UK Pool)的計價方式來看，各發電機最後所獲得的收益稱為電力池購買價格(Pool Purchasing Price, PPP)，其計算的公式如下：

$$PPP = SMP + LOLP \times (VOLL - SMP) \quad (10)$$

其中 LOLP 稱為負載損失機率(Loss of Load Probability)。而電力池售電給負載端的售電公司之價格稱為電力池售電價格(Pool Selling Price,

PSP)，其計算的公式如下：

$$PSP = PPP + Uplift \quad (11)$$

其中 Uplift 為電力傳輸成本，包含系統重新調度所需額外的壅塞成本、系統損失、以及其他輔助成本等。

以上述範例為例，假設忽略系統損失、輔助服務成本、以及負載損失機率，則此英國電力池系統的電力池購買價格與售電價格分別為：

$$\begin{aligned} PPP &= SMP + LOLP \times (VOLL - SMP) = 40 (\$/MWh) \\ PSP &= PPP + Uplift \\ &= PPP + (security\ cost / total\ load) \\ &= 40 + (818 / 1450) \\ &= 40.564 (\$/MWh) \end{aligned}$$

由於系統壅塞而造成發電機 G2 必須由原先發電 200MW 降載至 184.1MW，且 G31 必須由原先發電 100MW 降載至 0MW。因此電力池必須補償 G2 因降載而產生的損失。換言之，電力池必須補償 G2 的損失為： $(200-184.1) \times (40-20) = 318 (\$/MWh)$ ，補償 G31 的損失為： $(100-0) \times (40-35) = 500 (\$/MWh)$ 。而這些補償損失由負載提供。在此案例中總共售電至負載的單位電價為： $1450 \times 40.563 = \$ 58818$ 。電力池是一個非營利的公正機構，換言之，由負載收購的電價將完全支付發電機組，因此它的現金流向(Cash Flow)完成是平衡的。如表 5 所示，系統所有發電機組的總發電收益為 58818 元，而這些收益均由電力池向負載收購電價而得。

表 5 電力池架構下的發電與負載現金流向

發電機	發電機輸出功率 (MW)	發電成本 (\$/h)	發電收益 (Generation revenue) (\$/h)	壅塞補償金 (\$/h)	總發電收益 (\$/h)
G1	600	6000	24000 (600 × 40)	0	24000
G2	184.1	3682	7364	318	7682
G31	0	0	0	500	500
G32	0	0	0	0	0
G5	200	6000	8000	0	8000
G7	200	4000	8000	0	8000
G8	265.9	10636	10636	0	10636
總和 (\$)	1450	30318	58000	818	58818

二、區域電價(Zonal Pricing)之計價模式

在北歐電力市場中，是通過在現貨市場將電網分成不同的價格區域來管理輸電壅塞問題。北歐電力市場的市場參與者向電力現貨市場提出每小時報價，北歐現貨交易公司將計算系統交易價格。在得到系統價格之後，市場將檢查實際輸送電力是否受到輸送容量限制。如果沒有線路壅塞現象，則整個北歐電力市場將只有一個統一價格，此價格將等於系統邊際價格。接著，系統操作者使用市場訊息對電網進行壅塞預測，一旦預測到可能的線路壅塞，系統操作者依據壅塞線路將電網分成兩個或多個區域，並各別進行分區的市場調度。因此每一個分區將有不同的區域價格。

在挪威電力市場中，大多數線路壅塞情形發生在固定的傳輸線上，因此當預測到該傳輸線超過輸電容量限制時，系統將以該輸電線來劃分不同的電力交易區域。分區後進行各區域內的市場調度使得該壅塞輸電線預期傳輸容量小於其最大傳輸容量以解決壅塞問題。

以 8-bus 系統為例，初始進行市場調度後，電力池的系統價格為系統邊際價格 40 (\$/MWh)，然而在初始市場調度情況下，線路 1-8、線路 3-4、以及線路 3-8 的傳輸量總和超過 570MW 的容量限制，因此可將系統分割成二個區域，其中一個區域包括 G1、G2、G31、以及 G32 的發電機組，另一個區域的發電機組包含 G5、G7 與 G8。圖 3 顯示市場分割後的兩個區域調度系統。

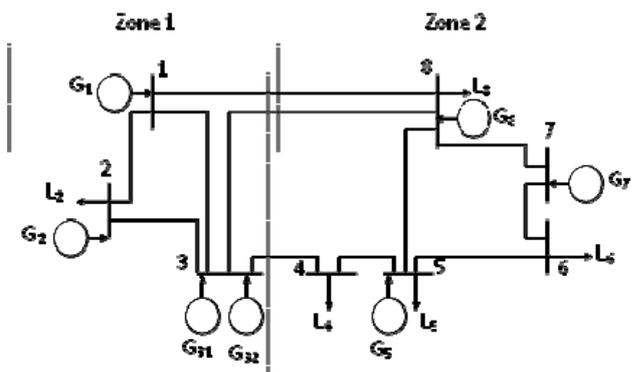


圖 3 依市場分裂法將系統分為兩區域

將系統分割成二個區域後，連接二區域的電網傳輸容量修正為 484MW(可參照圖 4，將流經 Line 1-8、Line 3-4、以及 Line 3-8 之線路潮流總和相加即得到 484MW。主要是將線路 Line 1-8 的潮流限制在 150MW，防止線路壅塞)，此因將線路 1-8 傳輸容量調整為線路之最大傳輸限制容量。

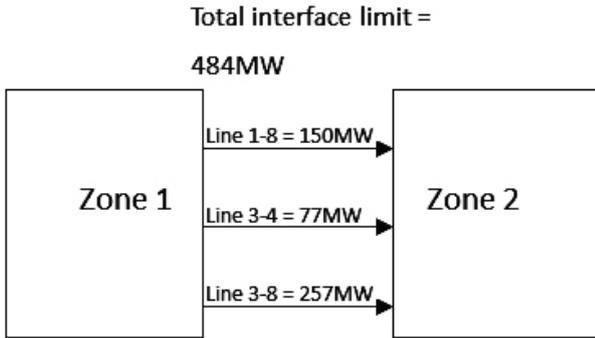


圖 4 兩區域間連絡線之線路潮流

根據市場分裂法將系統分成二個區域後，在區域一之負載為 784MW
 $(300_{Load_2} + 150_{Line_{1-8}} + 77_{Line_{3-4}} + 257_{Line_{3-8}})$ ，

區域一之區域電價依市場調度為 20(\$/MWh)，而區域二負載為 666MW

$$(300_{Load_4} + 300_{Load_5} + 250_{Load_6} + 300_{Load_8} - 150_{Line_{1-8}} - 77_{Line_{3-4}} - 257_{Line_{3-8}})$$

，因此區域二依據市場調度後之區域電價為 40(\$/MWh)。區域電價市場可藉由不同的區域價格提供市場參與者有利的資訊，例如市場參與者可以在區域二投資發電機組以獲得較高的發電利潤，而愈多的發電機組在區域二建置，則可降低由區域一傳輸至區域二的電力，進而降低兩區域間的線路壅塞。

三、節點電價之計價模式

在北美地區，大部分的電力市場採用節點電價法(Nodal Price)，例如 PJM、ISO-NE、ISO-NY、California ISO、以及 ERCOT 等電力市場。節點電價的基本精神是區域邊際計價(Locational

Marginal Price)，亦即在考慮發電機的邊際成本以及傳輸系統的物理特性下，提供發電增量(Increment)的邊際成本。節點電價的計價模式在第一階段與上述的電力池架構相似，亦即系統操作者收到來自各發電機的競標價格並進行市場調度，若系統經市場調度後沒有發生任何線路壅塞，則每一個節點的計價均相同，為系統邊際成本價格(SMP)。反之，則系統操作者進行最低運轉成本的機組重新調度。機組重新調度程序必須僅考慮調度願意接受增加或減少出力的機組，且這些機組的增加/減少投標(Inc/Dec Bid)價格將影響系統壅塞成本。一般系統操作者會盡量鼓勵機組投標增量或減量價格至市場中，而市場操作者將依據這些自願參與壅塞管理機制的機組投標價格決定重新調度的機組。在某些電力市場，例如 PJM 與 ISO-NY，在投標的內容上亦包含機組排程的參數，例如啟機成本、無載成本、以及最小啟機與停機時間等。在上述的範例中，發電機 G5、G7、G8 對於壅塞線路 1-8 有較高的靈敏度因子，然而 G5 與 G7 的發電量已經達到上限，因此無法再增加發電量。在此範例中僅有 G8 與 G2 分別有調升與調降的能力。這兩個發電機便稱為邊際機組，且它們將影響此系統的節點電價。為了獲得邊際機組最佳的增量與減量值，其目標函式如下：

$$\min \sum_{i=1}^{N_G} C_{G_i}(\Delta P_{G_i}) \quad (12)$$

而限制式為：

$$\sum_{i=1}^{N_G} \Delta P_{G_i} = \sum_{j=1}^{N_D} \Delta P_{D_j} \quad (13)$$

$$\Delta P_{G_i}^{\min} \leq \Delta P_{G_i} \leq \Delta P_{G_i}^{\max} \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^{N_G} a_{kl,i} \cdot \Delta P_{G_i} + \sum_{j=1}^{N_D} a_{kl,j} \cdot \Delta P_{D_j} \leq 0 \quad (15)$$

其中 ΔP_{G_i} 為發電機 i 的輸出變化、 ΔP_{D_j} 為負

載 j 的功率變化、 N_G 為邊際機組的數量、 N_D 為負載匯流排的數量、 $\Delta P_{G_i}^{\max}$ 為發電機 i 最大可調整的容量、 $\Delta P_{G_i}^{\min}$ 為發電機 i 最小可調整的容量。 $a_{kl,i}$ 為發電機 i 出力改變對於線路 $k-l$ 的敏感因子、 $a_{kl,j}$ 為負載 j 變動對於線路 $k-l$ 的敏感因子。式(15)小於等於零的意義是若調整所有發電機或是負載的容量後，不可造成線路 $k-l$ 的潮流增加，

亦即改變發電機及負載的出力變化後不可影響線路 $k-l$ 的潮流增加。藉由求解(12)-(15)式，可以求得 G2 與 G8 的輸出變化的最佳值。舉例而言，若匯流排 1 的負載增加 1MW，則最佳化下機組重新調度的結果是 G2 需要增加 1.1229MW、而 G8 需要減少 0.1229MW。表 6 可以了解區域邊際計價是如何藉由敏感因子來決定。

表 6 8-bus 系統遇到線路壅塞的 LMP 計算

匯流排	1MW 增量下的敏感因子(Sensitivity factor)		LMP 計算	LMP 值(\$/MWh)
	G2	G8		
1	1.1229	-0.1229	$1.1229 \cdot (20) - 0.1229 \cdot (40)$	17.5420
2	1	0	$1 \cdot (20) + 0 \cdot (40)$	20.0000
3	0.8769	0.1231	$0.8769 \cdot (20) + 0.1231 \cdot (40)$	22.4620
4	0.4340	0.5660	$0.434 \cdot (20) + 0.566 \cdot (40)$	31.3190
5	0.2865	0.7135	$0.2865 \cdot (20) + 0.7135 \cdot (40)$	34.2697
6	0.1927	0.8073	$0.1927 \cdot (20) + 0.8073 \cdot (40)$	36.1456
7	0.0782	0.9218	$0.0782 \cdot (20) + 0.9218 \cdot (40)$	38.4367
8	0	1	$0 \cdot (20) + 1 \cdot (40)$	40.0000

由上表可知，所有節點的計價都被壅塞線路 1-8 所影響，且重新調度的成本也反映至 LMP 值。可以發現重新調度前後各節點電價的差異極大。若沒有壅塞，則所有節點的計價均為系統邊際成本 \$20/MWh，然而當重新調度產生各節點不同的計價：節點 1 的計價降低至 \$17.542/MWh，然而節點 8 的計價提升至 \$40/MWh，此因節點 8 是壅塞線路的下游(Downstream)末端區域。

LMP 值可以反映能源與線路壅塞造成的成本，因此它可提供一個正確的電價訊號。例如 LMP 值高的地區反映當地可能因線路壅塞而造成低成本機組的發電量無法送達當地，因此需要開啟較高成本的機組。此舉可鼓勵發電廠商在 LMP 值高的地區投資建廠。然而 LMP 值是直到市場結清時才可以得知，因此對於簽訂長期雙邊合約的市場參與者帶來不確定的因素。因此，各種壅塞收入權(Congestion Revenue Rights, CRRs)已經被開發來避開壅塞成本的風險。這些避險方式包括基於潮流的權力(Flow-based right)以及點對點(point-to-point)的權力，例如 PJM 市場中採用的固定傳輸權力(Fixed Transmission Right, FTR)、ISO-NE 採用的固定傳輸權力(Firm Transmission Right, FTR)、以及 ISO-NY 的傳輸

壅塞合約 (Transmission Congestion Contract, TCC)。

四、各種電價機制的比較分析

各種交易機制都有其歷史背景、經濟原理、以及適用的系統環境。舉例而言，早期英國電力池交易系統主要基於機組邊際成本的概念，然而當線路壅塞頻繁，則系統發電機組頻繁地重新調度將可能降低市場效率以及增加操作的成本。此外，這種單一電價的機制並無法提供有效的經濟訊號，告知系統操作者或參與者哪些區域需要增加發電容量或是傳輸線路。而在區域電價交易機制中，主要是因為在某些地區的某些傳輸線路長久以來容易造成壅塞而採行的機制，一旦將系統分解成不同的區域後，則各自處理各區域的交易。不過當各區域內的線路又發生壅塞的情形，則將降低市場效率以及增加操作的成本。這在早期加州電力市場採用的區域電價機制之經驗可以看出。目前在美國大部分的電力市場採用節點電價的交易機制，此交易機制可以提供清楚的信號，指出合適投資發電機與傳輸線路的地點。然而，由於節點電價的高度不確性，因此常產生超高電價，因此才演進成目前財務傳輸市場

(Financial Transmission Market)的興起。本研究基於 8-bus 系統的案例模擬，將比較各種交易機制的經濟評估以及商業剩餘，如下所述。

(一) 經濟評估

表 7 與表 8 分別彙整在三種市場交易機制下發電機的收益以及負載的支出。這些數據基於相同的網路(8-bus 測試系統)、傳輸線路壅塞、以及市場參與者的競標價格。由這些數據可以得知，在三種交易制度下得出的數據差異極大。例如若系統操作於英國電力池的交易制度下，發電機組可以獲得最高的經濟利益，相對地，在此交易制度下負載亦必須支付最高的費用。然而若採用區域電價或是節點電價的交易機制，則會降低發電的利潤但亦降低負載的購電支出，可以得到較為便宜的電價。

表 7 基於各種交易制度下的發電機收益

發電機組	發電機收益 (\$/hr)		
	英國電力池 (單一電價)	北歐電力池 (區域電價)	北美 (節點電價)
G1	24000	12000	10525.2
G2	7682	3682	3682
G31	500	0	0
G32	0	0	0
G5	8000	8000	6853.94
G7	8000	8000	7687.34
G8	10636	10636	10636
總和	58818	42318	39384.48

表 8 基於各種交易制度下的負載支出

負載		負載支出 (\$/hr)		
		英國電力池 (單一電價)	北歐電力池 (區域電價)	北美 (節點電價)
L2	300MW	12169.24	6000	6000
L4	300MW	12169.24	12000	9395.7
L5	300MW	12169.24	12000	10280.91
L6	250MW	10141.04	10000	9036.4
G8	300MW	12169.24	12000	12000
總和		58818	52000	46713.01

(二) 商業剩餘(Merchandising Surplus)

在市場交易中，系統操作者所獲得的淨收入

(Net Income) 稱為商業剩餘 (Merchandising Surplus)。在英國電力池中，負載的支出即轉為發電機的收益，因此沒有任何的商業剩餘。而在北歐電力池與北美電價機制上，若系統未發生壅塞，則商業剩餘的值為零。換言之，一個非零的商業剩餘值表示系統存在壅塞。這些商業剩餘的分配方式依據不同的市場有所差異，例如在北歐挪威是將此經費分配至輸電系統使用者，而在加州是分配給簽訂傳輸壅塞合約的市場參與者。在新英格蘭(ISO-NE)市場，則將商業剩餘分配給獲得財務傳輸權利(Financial Transmission Right, FTR) 的使用者。在節點電價交易市場中，商業剩餘值亦可由下式計算得知：

$$S = \sum_{n=1}^N \mu_n (p_n^b - p_n^s) \tag{16}$$

其中 N 是總節點數目、 μ_n 為節點 n 的 LMP 值、 p_n^b 為從發電機購買的電量、 p_n^s 為賣到用戶的電量。

參、結論

在競爭的電力市場中，不合適的壅塞管理將對於電力自由交易帶來許多瓶頸。因此系統操作者必須提供系統參與者一個非常透明的電價政策以及經濟訊號。本文已經針對世界上幾個主流電力市場的壅塞管理以及相對應的電價機制進行探討。市場涵蓋的交易方式包含單一電價的電力池模式、區域電價模式以及節點電價模式。值得一提的是，目前某些電力市場的交易模式已經同時結合電力池與雙邊交易，成為一種混合式的交易市場型態，即使在北美地區的電力市場，雙邊交易的比例也已經逐年升高。因此針對混合式的電力交易市場，應需要開發新的整合式壅塞管理以及電價機制，不能只考慮單一交易機制。此外，很難有一套電價機制可以套用在所有的電力市場。每一個電力市場必須依據本身的電網特性評估適合該市場的壅塞與電價管理方式。不過唯一不變的觀念是此種方法必須展現出一個合理

的經濟指標，可做為發電以及輸配電規劃的參考，且此指標可以對於造成壅塞的市場參與者予以一定的處罰，而對於降低壅塞的貢獻者予以一定程度的獎勵。

肆、誌謝

本研究承蒙科技部「輸配電系統電力品質提升與代輸技術之發展及運轉規劃(2/3)」國家型能源科技計畫(104-3113-E-194 -003 -)提供經費，謹此致謝。

伍、參考文獻

- [1] Mandala M. and Gupta C.P.: "Transmission Congestion Management with TCSC using Bacterial Foraging-Particle Swarm Optimization," *IEEE international conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES)*, Bengaluru, India, pp. 1-6, December, 2012.
- [2] Deb S. and Goswami A.K.: "Congestion Management by Generator Rescheduling using Artificial Bee Colony Optimization Technique," *Annual IEEE on India Conference (INDICON)*, Kochi, India, pp. 909-914, December, 2012.
- [3] Kumar M.S. and Gupta C.P. : "Congestion Management in a Pool Model with Bilateral Contract by Generation Rescheduling based on PSO," *International Conference on Advances in Power Conversion and Energy Technologies (APCET)*, Mylavaram, Andhra Pradesh, India, pp. 1 – 6, August, 2012.
- [4] Kumar A. and Srivastava S.C. and Singh S.N.: "A Zonal Congestion Management Approach Using Real and Reactive Power Rescheduling," *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. 19, Issue : 1, pp. 554-562, February, 2004.
- [5] Afkousi-Paqaleh M. and Abbaspour-Tehrani A., Rashidinejad M., Lee, K.Y.: "Optimal Placement and Sizing of Distributed Resources for Congestion Management Considering Cost/Benefit Analysis," *IEEE Power and Energy Society General Meeting*, Minneapolis, MN, USA, pp. 1-7, July, 2010.
- [6] Afkousi-Paqaleh M. and Noory A.R. and Ali Abbaspour T.F. and Rashidinejad M. : "Transmission Congestion Management Using Distributed Generation Considering Load Uncertainty," *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, Chengdu, China, pp. 1-4, March, 2010.
- [7] Jianwei Liu and Salama , M.M.A. and Mansour R.R.: "Identify the Impact of Distributed Resources on Congestion Management," *IEEE Trans. on Power Delivery*, vol. 20, Issue : 3, pp. 1998-005, July, 2005.
- [8] Singh A.K. and Parida S.K.: "Congestion management with distributed generation and its impact on electricity market," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 48 , pp. 39-47 , June, 2013.
- [9] Yog Raj Sood and Randhir Singh: "Optimal model of congestion management in deregulated environment of power sector with promotion of renewable energy sources," *Renewable Energy*, vol. 35, Issue: 8 , pp. 1828 - 1836, August, 2010.
- [10] Price J.E.: "Market-Based Price Differentials in Zonal and LMP Market Designs," *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. 22, Issue : 4, pp. 1486 – 1494, November, 2007.
- [11] Dolores Furió and Julio J. Lucia: "Congestion Management rules and trading strategies in the Spanish electricity market," *Energy economics*, vol. 31, Issue: 1, pp. 48-60, January, 2009.
- [12] Furió Dolores and Lucia Julio J.: "Market performance and bidders' bidding behavior in the New York Transmission Congestion Contract market," *Energy economics*, vol. 31, Issue: 1, pp. 61-68, January, 2009.
- [13] Tarjei Kristiansen: "Congestion management, transmission pricing and area price hedging in the Nordic region," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 26, Issue: 9, pp. 685 - 695, November, 2004.
- [14] Martti J. van Blijswijk and Laurens J. de Vries: "Evaluating congestion management in the Dutch electricity transmission grid," *Energy Policy*, vol. 51 Renewable Energy in China, pp. 916-926, December, 2012.
- [15] Ignacio J. Pérez-Arriaga and Luis Olmos: "A plausible congestion management scheme for the internal electricity market of the European Union," *Utilities Policy, Electricity Transmission*, vol. 13,

Issue : 2, pp. 117 - 134, June, 2005.

- [16] Andreas Ehrenmann, Yves Smeers: "Inefficiencies in European congestion management proposals," *Utilities Policy, Electricity Transmission*, vol. 13, Issue: 2, pp. 135 - 152, June, 2005.

- [17] Yen-Yu Lee and Jin Hur, Baldick R. and Pineda S.: "New Indices of Market Power in Transmission-Constrained Electricity Markets," *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. 26, Issue: 2, pp. 681-689, May, 2011.

台電工程月刊徵稿啟事

- * 為使本刊物之內容更臻完善，歡迎有關火（水）力發電、核能發電、再生能源、輸變電、配電、電力系統、能源與環境、化學與材料、資訊與電腦、工程技術及其他等相關論著、技術經驗及譯者踴躍投稿，以饗讀者。
- * 投稿相關事宜，若有任何疑問，請聯絡我們，謝謝您！

☎ (02)2360-1095 ✉ u117212@taipower.com.tw

環境教育推動執行方案之規劃研究

Planning and Research to Promote the Implementation of Environmental Education Program

蔡顯修*
Tsai, Hsien-Shiow

林武煌**
Lin, Wu-Huang

沈宗華*
Shen, Tsung-Hua

蔡以園*
Tsai, Yii-Yuan

黎瑞雍*
Li, Jui-Yung

施堅仁***
Shih, Chien-Jen

林筱嵐***
Lin, Hsiao-Lan

樂文碩***
Luan, Wen-Shuo

(103~104 年度研究計畫論文)

摘要

行政院環境保護署推動「環境教育法」立法，立法院於 99 年 5 月 18 日完成三讀，並由總統於 99 年 6 月 5 日公布，100 年 6 月 5 日起施行，今年已進入第三年。

電力是經濟發展的原動力，也是維持高品質生活不可或缺的能源。在全球暖化與區域性環境議題日受重視的今日，如何兼顧電力事業活動與環境保護。台電公司透過具體可行的策略與行動計畫，力求事業活動過程與環境保護之間，可以達成平衡及永續，更積極參與環境教育推動，更希望以能源教育使得政府、教育界及社會大眾重視能源的存在。

自紀錄片「看見台灣」上映以來，不論是觀眾或政府機關均更加正視企業經營對環境之影響的相關議題，因此台電公司擬將於 103~105 年度之環境教育課程主軸訂為綠色企業，希望借重外界之環境教育資源及推廣經驗，規劃台電公司相關環境教育課程。更希望藉由本研究成果以逐漸讓各單位落實環境教育及節能減碳基本知識，研訂編製與台電公司有關之環境教育教材，並活絡台電公司環境教育資源之運用，期讓同仁及外界能更瞭解台電公司推動綠色企業之內涵及環境保護行動。

Abstract

Since the release of the documentary film “Beyond Beauty - TAIWAN FROM ABOVE,” all the spectators including the government agencies have paid more attention to the environmental impact of enterprise operation. – Being faced with the environmental issues, Taiwan Power Company (TPC) plans to set the “Green Enterprise” as the main scheme of the environmental education curriculum for the years 2014~2016, and meanwhile intends to take advantage of environmental education resources and experiences of all the relevant experts to promote TPC environmental education program. With the result of this research, TPC hopes to compile the teaching materials of environmental education specially for the company and improve the employees’ basic knowledge of energy saving and carbon reduction. Furthermore, by means of the project research and the environmental education resources widely utilized in the company, it is expected that both TPC colleagues and the public will further understand the efforts of the company in environmental protection and promoting “green enterprise.”

*台灣電力公司環境保護處

**台灣電力公司電源開發處

***社團法人台灣環境管理協會

關鍵詞(Key Words)：環境教育(Environmental Education)、環境教育教材(Teaching Materials of Environmental Education)、環境教育課程(Curriculum of Environmental Education)。

壹、前言

電力是經濟發展的原動力，也是維持高品質生活不可或缺的能源。在全球暖化與區域性環境議題日受重視的今日，如何兼顧電力事業活動與環境保護。台電公司透過具體可行的策略與行動計畫，力求事業活動過程與環境保護之間，可以達成平衡及永續，更積極參與環境教育推動，更希望以能源教育使得政府、教育界及社會大眾重視能源的存在。

藉由本研究結果以逐漸讓各單位落實環境教育及節能減碳基本知識，研訂編製與台電公司有關之環境教育教材，並活絡台電公司環境教育資源之運用，期讓同仁及外界能更瞭解台電公司推動綠色企業之內涵及環境保護行動。本研究計畫執行期程 8 個月，已有效地『環境教育推動執行方案之規劃研究』各項工作。

本研究目的如下：

- 一、讓台電公司各單位落實環境教育及節能減碳基本知識。
- 二、研訂編製與台電公司有關之環境教育教材，並活絡台電公司環境教育資源之運用。
- 三、讓台電公司員工及外界能更瞭解台電公司推動綠色企業之內涵及環境保護行動。

貳、研究方法

本研究計畫工作目標含括「協助辦理環境教育課程及規劃」、「研擬 104~105 年度推動環境教育及充實環境教育資源計畫書」及「編制台電公司環境教育教材」等三個計畫目標。為落實台電公司各單位環境教育之實施、活絡台電公司環境教育資源之運用，並讓台電同仁及外界能更瞭解推動綠色企業知內涵及環境保護的行動。因此，本協會將採取「活化的環境教育課程設計」、「看

見台電的環境教育」以及「台電公司企業環境教育規劃」三大策略執行本次計畫。

一、活化的環境教育課程設計

依據環境教育法第十九條：機關、公營事業機構、高級中等以下學校及政府捐助基金累計超過百分之五十之財團法人，應於每年 1 月 31 日以前訂定環境教育計畫，推展環境教育，所有員工、教師、學生均應於每年 12 月 31 日以前參加四小時以上環境教育，並於翌年 1 月 31 日以前，以網路申報方式向中央主管機關提報當年度環境教育執行成果。環境教育可以以環境保護相關之課程、演講、討論、網路學習、體驗、實驗(習)、戶外學習、參訪、影片觀賞、實作及其他活動進行。戶外學習應選擇環境教育設施或場所辦理。

參考環保署環境教育資訊網資料顯示，台電 100 年至 102 年所提報之環境教育計畫，部分單位因單位性質或人力配置問題，容易以網路學習方式執行，依據環境教育執行經驗，網路學習雖有時間及場域的優勢，但因缺少互動無法具體了解所要傳達的意涵及獲得即時回饋，易減低環境教育的效益。

因此，為避免只是辦理環境教育 4 小時時數滿足法規需求，103 年度以「活化的環境教育課程設計」，提高員工對於環境保護的瞭解，並身體力行做好環境維護的使命，深切瞭解民生及經濟發展的同時更應共同維護我們生存的空間，健全台電人員對環境的覺知，以技能、行動改變環境及台灣的能源運用及發展。

二、看見台電

檢視人類的生活，舉凡照明、煮食、取暖、搭乘交通工具四處移動…等，無不依賴能源；翻開人類發展史，在人類還不會自行生產能源之前，都是從大自然中取得能源。不可諱言，能源是一切產業發展的動力，並且與人類生活密不可分。

分，而台灣的經濟發展，也依賴著能源的應用，因此台電公司對於台灣經濟及產業發展與民生生活提升有極大的貢獻，但在近年能源不足以及電價未能足額反映燃料成本上漲以促進電價合理化及核能安全議題影響下，讓台電在一般民眾的感受中，面臨嚴峻的挑戰^[1]，因此本研究計畫藉由環境教育的教材製作，紀錄台電對於環境友善的行動，讓大家「看見台電」看見努力、及改善中的台電，提升外界對於台電整體的感受，如同台電影片「持續改變-贏回制服的驕傲」。

三、台電公司企業環境教育規劃

為協助台電公司落實環境教育的決心，使企業內部員工的教育訓練，導入環境教育因子，將環境保護的元素深入企業文化，落實環保理念。將藉由本研究計畫協助提出「台電公司 104-108 年度推動環境教育及充實環境教育資源計畫書」，藉由現場資料收集、訪談結果提出，台電公司各年度計畫宗旨/目的、現況/議題、挑戰及行動策略，並依台電公司單位屬性提出推行環境教育之工作項目/期程/實施方式、預期效應及評量基準等^[2]，依規劃內容提出 104-105 年度工作經費編列。為達成以上目標，本協會初步擬定計畫架構，包含規劃(Plan)、設計(Design)、執行(Do)、查核(Review)以及成果(Outcome)等五大流程構面擬定完善的環境教育推動計畫，使台電公司企業環境教育落實，以提昇企業整體的環境素養，進而培養對環境友善的積極態度^[3]。

參、辦理高階主管環境教育課程

本計畫於 103 年 9 月 23 日完成辦理 1 場 4 小時台電公司總管理處高階主管環境教育課程，課程內容包含「鳥目台灣」之影片賞析或提出其它具綠色企業意涵及環境教育意義之課程活動計畫，課程並全程錄製並摘錄 15 分鐘內容。

一、課程目標

台電公司為台灣電力及民生、經濟發展的重要單位，更是肩負倫理責任、重視環保、永續以

及人民聲音的企業，希望藉由高階主管的環境教育課程安排，活絡台電公司企業內環境資源之運用，提升主管級人員對於環境的覺知以及對於政策推動之環境品質與能量。

二、培訓對象

台電公司總管理處高階主管，由總管理處處長以上之人員參與，名單由台電公司確認執行。

三、課程內容及教材

總管理處為台電公司的指揮中心，主要功能在研擬、規劃台電公司的重要政策，部分處級單位轄下還有外屬單位，負責督導及考核其下屬單位之業務，因此，在高階主管的課程安排，安排具全面性的議題做為今年度課程規劃，並於課程後以現場意見回饋方式，了解課程執行效益，並做為後續執行推動方向參考。

課程以「看見台灣-專家對話」為主題，邀請「看見台灣」齊柏林導演，藉由鳥瞰台灣之經驗與感受進行分享，並做為本次論壇的啟發。接續齊柏林導演的演說，以鳥目台灣影片片段做為各主題討論主軸，並藉由座談方式，邀請相關領域專家學者與台電高階主管分享感想與討論，就污染防治、生態保育以及綠色企業，深入探討台電公司與環境的互動與企業永續，讓參與的高階主管在座談後能有更深一層體認，進而強化環境教育意涵及綠色企業的責任。

四、成果摘要

在全球暖化與區域性環境議題日受重視的今日，如何兼顧電力事業活動與環境保護。台電公司透過具體可行的策略與行動計畫，力求事業活動過程與環境保護之間，可以達成平衡及永續，更積極參與環境教育推動，更希望以能源教育使得政府、教育界及社會大眾重視能源的存在^[1]。

台電公司特別於今年度於高階主管環境教育課程安排「看見台灣-專家對話」，邀請「看見台灣」齊柏林導演，藉由鳥瞰台灣之經驗與感受進行分享，並做為本次論壇的啟發。接續齊柏林導演的演說，藉由座談方式，邀請相關領域專家

學者與台電高階主管分享感想與討論。邀請到的專家都是在能源、生態及永續方面的學者領袖，藉由專家的對談就污染防治、生態保育以及綠色企業，深入探討台電公司與環境的互動與企業永續，本年度高階主管會議相當成功，讓參與的高階主管在座談後能有更深一層體認，進而強化環境教育意涵及綠色企業的責任。更藉由高階主管的環境教育課程安排，活絡台電公司企業內環境資源之運用，提升主管級人員對於環境的覺知以及對於政策推動之環境品質與能量。

肆、辦理總處員工環境教育課程

本計畫已完成辦理 103 年度總管理處員工環境教育課程 4 場次，每場各 4 小時，共 16 小時環境教育課程。今年度 4 場次共邀請 5 位講師進行演講，並安排 3 部影片作為環境教育影片賞析，讓參與活動人員，藉由主題式的影片，對環境所發生的議題有所感動並引發對於環境的覺知。

今年度更邀請獲得綠色企業獎項的公司台達文教基金會邱姿蓉主任進行專題演講，以其他企業在環保綠色推動的經驗，引發參與課程的員工檢視自身在工作上及單位所能做的改變及精進，使台電公司推動相關綠色策略更有效益(表 1)。

表 1 103 年度環境教育課程

梯次 (日期)	內容	主講人
第一梯次 (9月19日)	低碳綠樂活	陳惠美助理教授
	酵素生活體驗 -清潔好幫手	陳清盛 (國教獎個人-優等)
第二梯次 (9月26日)	鳥目台灣	
	企業案例分享 綠色企業推動案例分享	優良企業模範 台達電子 文教基金會- 邱姿蓉主任
第三梯次 (9月30日)	餘生共游	
	氣候變遷與海洋發展	李國添校長
第四梯次 (10月02日)	暖化後的未來世界 (Changing Climate Changing Times)	台灣環境 管理協會
	生物多樣性	袁孝維教授

一、辦理成果摘要

今年度四場次台電總處環境教育課程辦理完成後，多數參與人員均主動與上課講師於會後進行提問及討論，更表示希望後續再辦理相關課程，可見多元及生活化的議題更能引起大家對於演說或影片的內容進行省思。生活環保主題，臺灣大學園藝暨景觀學系陳惠美助理教授，以生動活潑的方式，讓在場人員認識自然科學與土地、環境的了解，並認知樂活以及如何做生活中的調適，不但可以增加對環境的認知，更了解如何落實在生活中。

而陳清盛老師先生的分享，更是令人佩服，以將近 80 的高齡，因對於環境的熱愛以及對於為子孫留下美好環境的責任，投身於酵素環保的推動，讓人更敬佩的是，除身體力行外同時追求科學的驗證，並尋求公務單位的支持，求真、求知的精神，不但引起在場的人員對議題的興趣，更引起對於生活環保行動的動力。

今年度的課程中也搭配了三部影片的賞析，主要是希望藉由劇情或影像的傳達引發環境認知的動機，以本年度餘生共遊的影片為例，雖是以紀錄片的方式呈現，但藉由保育人員、研究單位、開發單位針對事件的完整紀錄及由不同的角度進行思考，讓觀賞者能有所感動並思考我們生活的環境，這正是環境教育啟發覺知的重要步驟，因此未來將持續尋找更多元的議題影片進行推動。

二、成果檢討

今年度課程雖普遍受到員工的認同，但為使環境教育推動更加落實並提升效益，未來在召開環境教育課程時，設計回饋問卷，藉由問卷調查及分析工具，針對參與課程人員進行不記名之滿意度調查，以瞭解參訓人員對此次環境教育訓練之課程安排教學內容、教學環境及教學品質之滿意程度，並提出對本所的期望與建議，以作為將來持續改善的參考，並可藉由量測與調查，了解課程的效益以及人員對於環境素養的提升。

伍、網路學院環境教育課程規劃

為推動環境教育，並避免部分單位受單位性質及空間的限制，今年度於本研究計畫執行期間，協助購買 2 部有關推動綠色企業之內涵及環境保護行動之影片，並授權予台電公司 1 年之影片放置於台電公司網路學院，作為員工環境教育課程，每部影片並可採計環境教育時數至少 1 小時。

已於 8 月底前依據工作案開案會議結論完成影片建議及協助購買，共購置「鳥目台灣」、「你今天減碳了嗎？」、「活水溯源」3 部影片，其中「你今天減碳了嗎？」、「活水溯源」二部影片為台電公司機構內部隨選視訊系統 VOD 無限期公播權，「鳥目台灣」為無限期台電大樓內無營利播放公播權。

一、鳥目台灣

「鳥目台灣」結合各方一時之選，針對三大主題「久釀風華-品賞台灣人文地景」、「樂活魚米-探尋台灣土地脈動」、「深省未來-縱覽台灣城鄉百態」，二十四個子議題，長時間記錄台灣美景。由齊柏林空拍團隊完成不可能的任務，拍攝高空畫面，更結合公視團隊精湛的地面攝影，邀請知名音樂人陳明章配樂、金鐘獎得主田麗雲導讀、生態人文作家劉克襄旁白撰述，悉心關照台灣各個面向。

從影片中，我們得以領略台灣的美不只是得天獨厚的地理與氣候特徵，也來自這片土地上辛勤工作的每個居民，樂天知命的生活態度，尊重大自然的一草一木，才得以呈現這片難得的人文地景。

二、活水溯源

淡水河是台灣第三大河，它就像一條血脈穿越了台北盆地，這條河餵養了六百多萬人，每天人們在捷運上，在環河快速道路上，在城市的某個角落，對它驚鴻一撇，人與河的距離看似很近，但卻又很疏離。因為這條河，城市誕生了，也因為城市的發展，這條河逐漸邁入死亡，淡水

河沉默地在大台北地區交錯縱橫，它承載都市的惡，卻依舊閃閃發光。

本片從淡水河三大支流的源頭開始紀錄，當天上的第一滴水落下，河流開始了漫長的旅行，一路上碰到許多與水相依的人，有了各式各樣的故事，最後河水帶著各種的污染匯流入海，很少人會記得淡水河來自遙遠的山上，在水源頭，它曾經那麼清澈。

三、你今天減碳了嗎？

『你今天減碳了嗎?』是一系列提醒生活在地球上的你、我，善盡責任與義務的科教影片。費時一年半精心製作，一開始從「吃」講起，從大自然食物鏈的關係中，探索為什麼肉是排碳量高度密集的商品？探討為什麼要回收人們吃剩的廚餘？來自森林的紙材？以及來自地底石油產製的寶特瓶？還分析種樹如何取決於氣候、土壤、樹種、樹齡等條件，才能達成減碳的效果？為什麼人類要從引擎車、電動車、發展到氫能車？已經習慣燈火通明的現代人，能把燈關掉嗎？到底每一張帳單、每一筆款項的背後，隱藏著哪些秘密？我們的消費行為，是不是省了現在的荷包，卻透支了未來的生存？影片提醒大家"而言、不如起而行"，您可以從它幽默又富於創造性的內容中，聰明地判斷出該用什麼態度來愛我們的地球！

陸、各單位環境教育課程規劃

為提升環境教育主軸能推行至台電公司各單位，因此本研究計畫於 103 年 8 月 29 日提出北、中、南及東部 4 個區域建議邀請講師名單、講題及內容概述以及授課主題。

為利於未來台電人員接受環境教育人員認證及訓練，補充北、中、南、東各地區之開課單位及相關環境教育資訊取得方式，以利後續台電公司參與環教人員進行認證作業。

柒、研擬 104-108 年度推動環境教育及充實環境教育資源計畫書

一、宗旨

台電公司的環境教育及充實環境教育資源計畫，不單單只是符合環境教育法第 19 條規定，應於每年 1 月 31 日以前訂定環境教育計畫，推展環境教育，所有員工、教師、學生均應於每年 12 月 31 日以前參加 4 小時以上環境教育，並於翌年 1 月 31 日以前，以網路申報方式向中央主管機關提報當年度環境教育執行成果。更是台電公司對於環境教育的綠色企業目標推動工作，以「強化人力資源、建構綠色企業、加強能源教育、塑造品牌形象」為宗旨，提昇台電公司人員環境素養，實踐負責任環境行為，使台電公司成為兼顧環境正義及跨世代福祉之永續企業^[1]。台電公司身為國營公用電業，深切體認企業與社會的關聯性，需要全民的信賴與社會的支持方能永續發展，因此，除了內部員工環境教育素養及能力的提升外，更應肩負起國內能源教育的責任。

在 104~108 年度「環境教育及充實環境教育資源計畫」納入環境教育設施場所以及種子講師工作，除對內的實施環教教育增能課程，更對外做能源教育回饋，讓全國人民了解能源教育並以更多元的方式思考現今所面對的能源議題及國內現況。

二、目標

為使台電公司企業環境教育落實，以提昇企業整體的環境素養，進而培養對環境友善的積極態度，完整工作項目將可依短、中、長期規劃，因應期中委員意見提出 104~108 環境教育規劃擬定方案，主要重點在於環境教育計畫規劃(Plan)以及環境教育課程設計(Design)。

(一) 短期目標(104 年)：擬定推動策略

促使台電公司各單位在環境教育法及環境永續發展之原則下推動單位環境教育課程活動，透過各項環境教育計畫的設計與推動，整合台電公司現有資源、場所與設施。

- 1.對內：環境教育計畫規劃
- 2.對外：結合專業技術團隊合作

(二) 中期計畫(105~106)：環境教育能量紮根

成立環境教育設施場所及台電種子人員完成環境教育認證申請；強化台電公司企業環境教育，使台電公司整合相關環境資源；並建置企業特有的多元化能源環境教育教材，奠定台電公司環境教育及綠色企業基石。

- 1.對內：環境教育推動、資源運用、成立環境教育推動小組、課程訓練規劃
- 2.對外：台電公司環境教育設施場所建置

(三) 長期計畫(107~108)：

- 1.對內：落實綠色企業推動
- 2.對外：展現綠色企業成效

三、行動策略

綜合台電公司環境教育目標、現況、挑戰及議題等，訂定台電公司 104~108 年推動環境教育之行動策略如下：

- (一) 設立環境教育推動小組
- (二) 編列環境教育推動經費
- (三) 課程訓練規劃
- (四) 台電公司能源教育教材
- (五) 台電公司環境教育設施場所建置

四、工作經費編列

為達成台電公司 104 至 108 年之環境教育推動目標，針對各年度行動策略初擬工作經費，以支援各工作項目推動，工作經費編列建議約 2 仟 2 佰萬元。

五、預期效益目標

- (一) 提升台電公司內部員工環境的認知及素養。
- (二) 運用企業內部環境資源，強化台電公司的綠色企業能量。
- (三) 讓台電公司員工及外界能更瞭解台電公司推動綠色企業之內涵及環境保護行動。
- (四) 成為國內外重要能源教育基地。

六、環境教育課程設計

課程設計執行方法初步規劃包含分級、分組、分階段三大主軸，後續依據核定之計畫架構及大綱規劃短中長期課程：

(一) 分級環境教育

台電公司目前員工數約 2 萬 6 千人，為提升環境教育訓練及推動的效益，應針對不同層級的人員進行差異性課程設計，初步規劃管理以及一般階層 2 級，主要是不同位階之員工對於企業的現況了解及參與程度不同，分級教育可提高員工對於環境教育之應用^[3]。

1. 管理階層：以管理階層為對象的教案課程設計。藉由管理階層的課程，可在未來決策或企業管理推動時，納入環境教育的思維，建立環境覺知與敏感度、環境概念知識、環境價值觀與態度、環境行動技能與環境行動經驗。

- (1) 國際環境策略趨勢、國際公約
- (2) 各國電力業趨勢
- (3) 國內環境政策趨勢
- (4) 國內環境生態研究

2. 一般階層：以全體員工為對象，使個人提升環境教育認知與情意，並且認同台電公司環境維護目標，與組織目標有效結合。

- (1) 環境教育落實生活與工作
- (2) 健康綠活人生
- (3) 友善環境行為覺知

(二) 分組規劃

依據台電公司組織架構，共有 23 個單位，以下更附屬有 80 個單位，每個單位在台電公司中負責不同的職權任務，因此建議針對各單位差異分組規劃環境教育計畫，初步建議分為水火力發電、核能發電、輸供電、配售電四組^[4]，以利針對不同需求之單位人員，進行差異的環境教育。

(三) 分階段訓練

環境教育，強調的是要在真實環境中(in)進行教育、教育有關於(about)環境的知識、態度、技能，並且為(for)實踐永續環境而進行教育。環境教育包含了六個核心的學習要素，包含：有「自然資源保育」概念、「環境管理」概念的融入；「生

態原理」、「互動與互賴」概念的融入；以及融入「環境倫理」與「永續性」的概念等^[5]。因此，建議除分級及分組設計外，應在 103 至 105 年度的環境教育計畫課程中，納入循序漸進的階段規劃，以初階和進階的課程設計進行，除了可提升人員環境之能的進階外，更可避免資源重複耗損的情形發生。

(四) 課程設計

1. 環境教育的多元主題

影響人類生存與發展之各種天然資源及經過人為影響之自然因素總稱，包括陽光、空氣、水、土壤、陸地、礦產、森林、野生生物、景觀及遊憩、社會經濟、文化、人文史蹟、自然遺蹟及自然生態系統等。其中水資源之使用效率、氣候變遷、員工安全與健康教育訓練以及生物多樣性、生態系等，都是企業應重視的議題。應妥善與永續利用資源，並訂定相關管理措施，於營運上應避免污染水、空氣與土地；如無可避免，於考量成本效益及技術、財務可行下，應盡最大努力減少對人類健康與環境之不利影響，採行最佳可行的污染防治和控制技術之措施^[3]。

而環境教育範圍包含各級學校或社教機構的環境教育、戶外環境教育、環境傳播、企業環境訓練，社群共同環境學習等^[6]。

2. 課程設計概念

(1) 環境覺知：經由感官覺知能力的訓練(觀察、分類、排序、空間關係、測量、推論、預測、分析與詮釋)，培養對各種環境破壞及污染的覺知，以及對自然環境和人為環境美的欣賞與敏感性。

(2) 環境知識：教導瞭解生態學基本概念、環境問題(如：全球暖化、河川污染、核污染、空氣污染、土石流等)及其對人類社會文化的影響(永續發展、生物多樣性)；瞭解日常生活中的環保

機會與行動(如：溫室氣體減量、資源節約與再利用、簡樸生活、綠色消費等)。

- (3) 環境態度：藉由環境倫理價值觀的教學與重視，培養正面積極的環境態度，能欣賞和感激自然及其運作系統，欣賞並接納不同文化，關懷弱勢族群，進而關懷未來世代的生存與發展^[7]。
- (4) 環境技能：教導具辨認環境問題、研究環境問題、蒐集資料、建議可能解決方法、評估可能解決方法、環境行動分析與採取環境行動的能力。
- (5) 環境行動：將環境行動經驗融入於活動中，使教學內容生活化，培養處理環境問題的能力，使人員對企業及環境產生歸屬感與參與感^[8]。

3. 教材規劃

- (1) 國內外近期著作或影片，蒐集與近期環境相關議題之著作或影片，邀集相關人員或專家學者進行導讀，建議可以以講座或讀書會報告方式，帶領受訓人員了解該作品與環境教育的連結以及省思如何去念對及解決問題。
- (2) 環保署或國內中央機關所產出之教材，因應環境教育法的推動，各級主管機關陸續推出環境教育相關教材，藉由此類教材的運用，可使人員瞭解目前國內的趨勢以及政府各部會後續的政策或推動方向，避免執行工作任務時與國內政策相違背情形發生。
- (3) 台電公司自行產出之環境教育教材，由台電公司針對企業類型所面臨之環境問題，或各所屬單位地方環境資源，邀集專家學者編輯，讓各屬不同單位的人員，都可以藉由教材的運用，瞭解台電公司所面對的環境影響及因應策略，能提升人員對於環境政策有一致的概念。

捌、編製台電公司環境教育教材

藉由環境教育的教材製作，紀錄台電對於環境友善的行動，讓大家「看見台電」看見努力、及改善中的台電，提升外界對於台電整體的感受，如同台電影片「持續改變-贏回制服的驕傲」。

今年度編製台電公司環境教育教材之二部影片以「大甲溪發電廠-水資源、電力、生態」、「綠化地球，淨化家園-環保酵素推廣」為主題。

一、綠化地球，淨化家園-環保酵素推廣

近幾年來，全球氣候極端異常，各地天災不斷，日本的 311 大地震、台灣八八風災、泰國大水患等，每一個事件實在令人觸目驚心。而台電公司不但是全國能源提供的重要單位，肩負民生及工業發展的基礎責任，對於環境保護更是重視，因此，在董事長的帶領下，今年度藉由廢棄果皮製作酵素的推廣，落實到每一位員工的生活，日常生活中所製造的垃圾，有 45% 是可回收物、35% 是廚餘，只有 20% 是真正的垃圾，而廚餘中又以果皮、菜渣為大宗，這些東西正是製作環保酵素的最好材料，只要加以洗淨、切碎，將黑糖和蔬果果皮和水以 1：3：10 的比例置入適當的容器內，前十四天，天天稍微攪拌，三個月後即可使用，酵素發酵完成後可分解人工化學汙染物和溝渠內的油垢，所以利用環保酵素來代替家中的化學清潔用品和除蟲劑，當它被排到下水道中，還可淨化河流與海洋，而達到環保的效果。希望藉由每個人小小的力量，來扭轉生存的地球環境，讓更多人能體認環保重要，加入淨化家園的行列。

二、大甲溪發電廠-水資源、電力、生態-打造魚兒回家的路

為了讓環境永續維護，一群工程人員為無法回家的魚兒，投入熱情，打造一條回家的路。

台灣早在日據時期就曾在新店溪上的幾座水壩設置魚道，之後由於生態保育觀念未萌芽，以及多數水壩的壩體高、落差大等環境因素不適合設置魚道，直到民國 82 年台電在大甲溪上修

築馬鞍壩，國人才第 1 次在水壩上設置魚道。

民國 87 年，馬鞍壩魚道完工運作，民國 92 年起，台電透過水底攝影機觀察魚道運作狀況，發現魚道入口下方水域魚群聚集，進入魚道溯游到壩體上方的也為數不少。工作人員清理馬鞍壩魚道的時候還看過大尾鱸鰻，爬岩鰍、鰕虎魚也很多。每遇颱風豪雨，魚道一定會堆積流木、砂石，台電同仁就得清理魚道，曾經為了一次颱風的侵襲，台電同仁清理魚道就花了近 1 個禮拜。「雖然辛苦，但是清理的時候看到魚在魚道裡，大家都很有興奮。」^[9]

大甲溪上除了馬鞍壩，由上而下還有德基、青山、谷關、天輪等水壩，這些水壩由於壩體高未能設置魚道，為了維護溪流生態，為確保魚類族群數量，民國 86 年起亦在大甲溪各個溪段視水域特性進行魚苗放流復育工作，除了維護溪流生態，放流在水庫中的魚苗還可以抑制水庫優氧化、避免進水口柵欄苔蘚堵塞，對大台中地區民生用水的水質頗有改善。歷年來歷任廠長及台電同仁在放流魚苗時，都自然流露愉悅的神情，可以感受那種愛護生靈的心情^[10]。

近年來現任廠長鄭郁邦仍持續每年率電廠員工與地方各界人士及學童參加魚苗放苗活動；藉由放流魚苗增進溪中原生魚種維護及生態平衡，並宣導河川保育的重要性，更設置相關的親近生態的設施，包括魚梯觀察窗、發呆亭、綠色步道，每每談到大甲溪的生態維護，眼中總是熱情與感動~好像，在大甲溪發電廠待久了，每個人都會變成溪流保育的專家^[9]。

玖、未來推動建議

一、今年不論高階主管課程或一般員工課程，普遍受到員工的認同，但為使環境教育推動更加落實並提升效益，建議，應於未來召開環境教育課程時，設計回饋問卷，藉由問卷調查及分析工具，針對參與課程人員進行不記名之滿意度調查，以瞭解參訓人員對此次環境教育訓練之課程安排教學內容、教學環境及教學品質之滿意程度，並提出對本課程的

期望與建議，以作為將來持續改善的參考，並可藉由量測與調查，了解課程的效益以及人員對於環境素養的提升。

- 二、依據目前台電公司環境教育推動方式調查，因人數及經費預算考量，多數廠區級單位多以網路線上學習方式進行環境教育，建議總處可召開相關培訓課程，培養各單位環境教育種子，藉由多元的環境教育推動方式及課程介紹，落實企業推動環境教育及綠色企業目標。
- 三、目前網路學習機制雖可解決台電公司各區處單位人員依法須完成四小時環境教育之要求，但因缺少互動及回饋機制，無法展現推動之成果，建議未來可於台電網路學習系統規劃回饋機制，員工經線上學習後填寫回饋資料，不但能確實掌握學習情形更較易展現推動成果，亦可由回饋資料舉辦趣味的獎勵活動，更可吸引員工參與。
- 四、目前台電公司推動環境教育工作由環保處負責，在人力及工作分工與其他單位溝通機制較無法展現，在台電公司邁向綠色企業目標下，為使環境教育推動永續執行，建議應設立「環境教育推動小組」，推動台電公司環境教育實施計畫，落實環境教育各項策略推動。此環境教育推動小組將是全國企業首創，展現台電公司推動環境教育決心。協調各單位就環境教育計畫訂定之各相關活動措施，並運用台電公司環境教育資源確實推行，小組成員在公司支持下才能有更具有效益的發揮，亦協助台電公司綠色永續企業展現^[4]。
- 五、台電公司將於 104、105 年度推動第一處環境教育設施場所，建議應找出企業特色，與其他場域區隔，才能強化場域在環境教育中的重要性，更能凸顯台電公司在環境教育永續規劃及綠色企業的目標^[11]。

拾、參考文獻

- [1] 黃重球，台灣電力公司永續到告書 2013，台灣電力公司，2013 年 8 月，第 50-57 頁。

- [2] 吳美茶,「企業社會責任與永續發展之研究—以台灣自來水公司第四區管理處為例」,碩士論文,逢甲大學經營管理碩士在職專班,2009年。
- [3] 沈溫禪,「探討企業社會責任策略與作法及其環境教育內涵」,碩士論文,國立臺灣師範大學環境教育研究所,2011年。
- [4] 台灣電力公司,「台灣電力公司「企業資源整合(ERP)系統」簡介」,政府機關資訊通報,第303期,2013年。
- [5] 李玉山,「企業社會責任實踐與員工的感知、評價及參與以國內某一電信企業為例」,碩士論文,國立東華大學自然資源與環境學系,2013年。
- [6] 徐菁伶,「企業型基金會推動與贊助環境教育的個案研究—以台達電子文教基金會為例」,碩士論文,臺北市立教育大學環境教育研究所,2005年。
- [7] 方志豪,「本土企業 CSR 職員的社會責任與環境教育認知」,碩士論文,臺灣師範大學環境教育研究所,2013年。
- [8] 黃麗珊,「以社會交換理論探討關渡自然公園與滙豐銀行合作推展環境教育」,碩士論文,臺灣師範大學環境教育研究所,2014年。
- [9] 黃宜靖、林立惠,「大甲流域的故事」,源雜誌,第65期,第4-15頁,2007年9月。
- [10] 王碧霞,「電力維修第一線」來電英雄專輯,源雜誌,第80期,第5-7頁,2010年3月。
- [11] 「萬大與台中發電廠生態環境保育及展示之整合規劃研究」報告書,觀察家生態顧問有限公司,2013年8月。

台電工程月刊徵稿啟事

✿ 為使本刊物之內容更臻完善,歡迎有關火(水)力發電、核能發電、再生能源、輸變電、配電、電力系統、能源與環境、化學與材料、資訊與電腦、工程技術及其他等相關論著、技術經驗及譯者踴躍投稿,以饗讀者。

✿ 投稿相關事宜,若有任何疑問,請聯絡我們,謝謝您!

☎ (02)2360-1095 ✉ u117212@taipower.com.tw

102 年台灣地區家用電器普及率調查

The Prevalence of Household Appliances of Taiwan in 2013

陸臺根*	黃瀚鋒**	陳冠銘**	林欣穎**
Lu, Tai-Ken	Huang, Han-Feng	Chen, Kuan-Ming	Lin, Hsin-Yin
洪紹平***	陳鳳惠***	林紹絹****	王立岡****
Hung, Shao-Pin	Chen, Fung-Fei	Lin, Shao-Juan	Wang, Li-Kang

(104 年度研究計畫論文)

摘 要

近年來，由於社會、經濟、氣候等大環境改變，民眾節能意識提升，及家用電器技術進步使得新興家電發展快速，也使得家用電器電力消耗有所變化，對表燈用戶的用電影響實為值得關注的議題。

本研究目標在於了解各家用電器的普及率，以及電力消耗情況，除了解目前各家用電器普及狀況，並可經由歷年調查了解普及率變化情形。另一方面，將整合量化研究結果、家用電器相關專家的深訪建言、及國內外相關研究文獻，來更精確了解我國住宅部門的電力消耗情況，以做為未來政策規劃之參考。

102 年度家用電器普及狀況調查係針對台電公司 24 營業區處中的表燈用戶進行抽樣調查，共成功訪問 6,336 戶。本文將分析各表燈用戶之營業與非營業別、住戶與非住戶別、營業區處別、鄉鎮市別、用電度數別的各類家用電器普及率。根據本研究「102 年度家用電器普及狀況調查」量化調查發現，家用電器中以電冰箱(97.6%)及電扇/通風扇(97.1%)的普及率最高，其次是電鍋/電子鍋(92.0%)、洗衣機(90.9%)、冷氣機(90.7%)、抽油煙機(88.7%)、手機充電器(85.1%)及電腦(79.9%)等。

Abstract

In recent years, due to the socio-economic and climate change and the increase of public consciousness in energy-saving, apart from the rapid development of newly invented electric appliances, how the consumption pattern of electricity will likely change has been an issue worth attention and concerns.

The research aims to review the trend of the changes with the aid of investigation conducted over the past years. The quantitative research has incorporated in-depth interviews with the experts on household appliances and electricity, and the analysis of research conducted domestically and abroad, hoping to accurately comprehend the electricity consumption patterns in domestic residential sectors, which may serve as a reference for the energy policy planning in the future.

This survey of household electrical appliances use in 2013 employs a sample survey of

*國立海洋大學電機系

**恒準市場研究有限公司

***台灣電力公司綜合研究所

****台灣電力公司企劃處

electrical meter users in 24 service districts of Taipower and includes surveying visits to a total of 6,336 households. The study analyzes the prevalence patterns of household appliances among meter users in business/non-business sectors, residence/non-residence sectors, different service districts, cities, towns, and the patterns of varied users classified by their total amounts of used power. According to the quantitative investigation of “2013 Household Appliances Availability Survey,” refrigerators(97.6%) and electric fans (97.1%) ranked as the highest in the prevalence rates, followed by rice cookers/electric cookers (92.0%), washers(90.9%), air conditioners(90.7%), range hoods(88.7%), mobile phone chargers(85.1%) and computers(79.9%).

關鍵詞(Key Words)：家用電器(Household Electrical Appliances)、普及率(Popularization Rate)、耗電量(Power Consumption)、節能減碳(Energy Saving and Carbon Reduction)。

壹、前言

早年台灣地區一般家庭用電主要以照明為主，但隨著經濟蓬勃發展，國民所得增加，生活水準提高，而具體的表現即為家庭電器的普及與日新月異。於是原以照明為主之電燈用電乃發生結構上的重大變化。台電為瞭解此種變化對負載的影響，開始進行「台灣地區家用電器普及狀況調查」，期能掌握台灣地區家用電器普及率及使用狀況以因應未來的電力系統規劃^[1]。

有鑑於科技的快速發展，家電產品已朝向網絡化、訊息化和智能化發展，此種趨勢對電力負載的可能影響亦是本計畫的調查重點之一。因此，此次調查除延續以往主要家電的普及狀況調查(尤以冷氣之普及狀況及使用特性，對尖離峰電力負載之高低具決定性影響)外，尚增加新家電的未來發展趨勢調查。不同用電時段耗電功率和耗電量的推估則有助於電力公司更精準地預測負載變化，尤其是區域別的耗電功率和耗電量推估更能掌握區域電力供需狀況，有利於電力公司的運轉規劃。

此外，藉由台電公司每 2 年一次的調查研究計畫^[2-4]，研究成果將可具體瞭解台灣地區表燈用戶各類「家用電器」之普及狀況及使用情形，俾利於台電公司各相關單位作為服務表燈用電用戶、負載預測、負載管理、訂定費率、進行相關

業務規劃、推行家庭合理用電及服務用戶之重要參考，並提供有關家用電器在國內市場之基本資料，以為政府研擬經濟發展、節能減碳等相關計畫之重要參考。

貳、研究目的

為能完整掌握台灣地區家用電器產品之使用現況及最新產業動態趨勢，本調查結果除可做為評估電力負載狀況之重要參酌外，並利於預先規劃供電計畫及政策推行。茲將本調查之研究目的列述如下：

- 一、分析及推估營業與非營業別及住戶與非住戶別之各種家用電器普及狀況。
- 二、評估各種重要家電的擁有情形。
- 三、分析及推估營業與非營業別及住戶與非住戶別之每戶平均一日耗電度數。
- 四、分析及推估營業與非營業別及住戶與非住戶別之各種家用電器耗電狀況。

參、調查方法

本次調查研究方法主要分為二階段，第一階段採質化研究方式，針對代表性產銷業者進行深入訪談；第二階段則採量化調查研究，依據本次調查對象的特性設計符合的調查抽樣方法，以進行問卷調查。

一、質化研究

(一) 調查方法

採 1 對 1 深入訪談(In-depth Interview)的方式進行訪問。透過事先擬定之開放式討論題綱，並讓受訪者有充份思考及回答的機會，使研究者能蒐集較深入的意見與觀點。

(二) 抽樣母體及抽樣方法

為確保研究調查規劃內容能有效反應產業市場動態，利於進行電力負載評估之所需，本研究針對家用電器主要生產與經銷之供給業者及代表性之學、研機構等進行訪談。

(三) 訪問對象及人數分配

共訪問 10 位產、學、研專家，其中，包含家用電器產銷業者 6 位(任職於東元電機(股)、大同綜合訊電(股)、台灣松下電器(股)、台灣三星電子(股)、台灣三洋公司(SANYO)及大同 3c 展示中心)，以及電力專家 4 位(任職於台北科技大學建築系、工業技術研究院能源與環境研究所、台灣能源技術服務產業發展協會及大同大學)。

(四) 調查內容

深度訪談之調查議題主要涵蓋以下幾項重要議題：

1. 家電產品供給市場發展現況及趨勢。
2. 消費者在家電產品消費與使用習慣之變化動態。
3. 節能產品未來市場發展走向。
4. 新興節電產品之發展與政府相關配套措施之建議。

二、量化調查

(一) 調查對象與母體

本次調查對象為台電公司之『表燈』用戶，其為單獨設戶且屬住宅或營業場所之表燈用戶，且至少已連續一個月時間作為生活起居及一般活動之用戶，依其性質可分為『住宅用戶』及『營業用戶』兩類，詳如表 1。

表 1 調查對象說明

住宅用戶		以一般家庭住戶為主，以 18 歲以上之居住者為訪問對象，並且優先訪問該用戶之家長
❖ 營業用戶	一般營業場所	為一般所稱之營業場所，如餐廳、理髮廳、文具店、雜店、藥房等；以店長或老闆為主要訪問對象
	住商兩用	住商兩用，但為共用電表，若是分屬不同電表，則非住商兩用
❖ 排除對象	非一般住戶	在台電公司之「電費開票主檔資料」之「表燈」用戶中，不屬於本次調查之對象，包含：(1)電力用戶、(2)軍方用戶、(3)工程事業用戶、(4)公共設施用電用戶、(5)臨時用戶、(6)綜合用電用戶、(7)政府機構用戶、(8)學校用戶等八類，將不予調查
	空戶	無人居住，如尚未遷入之新屋或久無人活動之空屋

本次調查以台電公司提供「電費開票主檔」資料為基礎，以作為「102 年度家用電器普及狀況調查」之母體名單來源依據。符合本次調查母體的用戶總數共有 12,734,392 戶(截至 103 年 4 月)。

(二) 抽樣方法

為確保各類表燈用戶之意見充分表達，以及減少抽樣誤差並提高樣本之代表性，本調查係採用「分層隨機抽樣法」(Stratified Random Sampling)進行抽樣。

本調查在各層樣本配置方面採用比例配置法。為利於進行後續不同用戶型態的用電量推估，本調查之分層方式根據調查對象之「營業別」、「營業區處別」、及「用電度數別」交叉分層，各層內樣本的配置如下^[2]：

$$n_{ijk} = \frac{N_{ijk} S_{ijk}}{\sum N_{ijk} S_{ijk}} \times n = W_{ijk} \times n \quad (1)$$

n_{ijk} : 營業別/營業區處/度數級距的樣本數

i : 營業別, (1- 營業, 2- 住宅)

j : 營業區處 (1, 2, 3, ..., 24)

k : 度數級距 (1, 2, 3, ..., 8)

N_{ijk} : 為營業別/營業區處/度數級距之表燈用戶數

S_{ijk} : 為營業別/營業區處/度數級距之樣本變異數

n : 為總樣本數[台灣地區表燈用戶總數]

在分層隨機抽樣法下，母體參數(母體比例)估計之抽樣誤差方面，以樣本比例估計母體比例時，其估計之(1- α)%信心水準的最大誤差界限 d_i 之計算公式如下^[2]：

$$d_i = Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{\sum_i w_i^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i - 1} \right) \frac{\hat{p}_i \hat{q}_i}{n_i}} \quad (2)$$

d ：誤差值， $p(1-p)$ ：樣本最大標準誤差

z ：信賴度， N ：母體數， n ：樣本數

依台電公司統計資料得知表燈戶合計為 12,734,392 戶，本次調查共獲得 6,336 份有效樣本，在 95%的信賴水準下，估計抽樣誤差小於 $\pm 1.23\%$ 。

(三) 調查方式

本調查採電腦輔助電話訪問系統(簡稱 CATI, Computer Assisted Telephone Interview)進行調查工作。係將程式設計之問卷轉入於 CATI 系統中，問卷題目將按序出現在電腦螢幕中，訪員則按螢幕所呈現之題目逐字進行訪問，並依受訪者回答之答案輸入選項代號，以有效降低訪員主觀介入所造成之誤差。另一方面，亦透過電腦程式之互斥及跳題設計，以避免訪員出現邏輯錯誤之機率。

(四) 調查產品

本次調查之家電產品涵蓋食、衣、住、行、育樂及照明設備等，並可區分為大型/主要家電產品、季節性家電及非季節型家電等類別產品，共計 54 項家電產品，詳如表 2。

(五) 調查期間及有效樣本數

本次調查，共計成功訪問 6,336 份有效問卷，調查期間為民國 103 年 11 月至民國 104 年 02 月。

(六) 指標說明

各項家電器具分析包含：「普及率」、「每百戶擁有台數」、擁有電器者「每戶平均台數」等。

此三項指標的定義與計算式分別說明如下^[2]：

$$\text{普及率} = \frac{\text{擁有某電器之表燈用戶數}}{\text{表燈用戶數}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \text{每百戶擁有台數之表燈用戶} \\ & = \frac{\text{擁有某電器之台數}}{\text{表燈用戶數}} \times 100 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \text{每戶平均台數} \\ & = \frac{\text{擁有某電器之台數}}{\text{擁有某種電器之表燈用戶數}} \end{aligned} \quad (5)$$

(七) 耗電量說明

耗電量為單一電器使用一小時所會消耗的能量(kW/hr)。單一電器之耗電功率依據電器普及率與使用率來計算平均一個用戶之最高可能耗電功率。

$$\text{耗電量(kW)} = \frac{\text{耗電功率(W/hr)} \times \text{平均使用時間}}{1000} \quad (6)$$

肆、調查結果分析

一、質化研究

對於家用電器產銷業者之訪談分析上，本研究依政治環境、經濟環境、社會文化環境及技術環境等四個不同面向，分別探討各面向之發展現況與趨勢，以及對於我國家用電器產業及產品發展之影響。

(一) 政治環境：

為避免消費者在不清楚設備規格的情況下購買到高耗能產品，必須有相關的節能標準及電器生產規範，改善國民使用設備。加強宣導、提高電費及時段電費能有效提高民眾的節能意識，亦透過政府的節能相關標準及規範，使民眾符合期望中的節能需求。

在政治環境方面，主要研究發現包含：(1)設置更高的節能標準；(2)落實電器規範；(3)訂定網路電器銷售規範；(4)新興電器耗能標示；(5)提供民眾正確的用電觀念；(6)提高電費及時段電價；(7)宣導中央

監控系統與低耗能建築；(8)提高待機電力標準；(9)落實舊電器回收制度，提供相關換新補助，提高民眾汰舊換新意願。

表 2 調查產品說明

類別	家電產品	大型主要	非季節性	季節性
食	(1)電冰箱	✓		
	(2)電鍋電子鍋(3)微波爐(4)電烤箱(5)果菜機(含果汁機)(6)抽油煙機(7)烘碗機(8)洗碗機(9)插電式淨水器		✓	
	(10)電磁爐(11)飲水機(12)電熱水瓶			✓
衣	(13)洗衣機	✓		
	(14)烘被機		✓	
	(15)乾衣/烘衣機			✓
住	(16)冷氣機	✓		
	(17)滅蚊燈(18)一般吸塵器(19)吸塵器機器人(20)空氣清淨機(21)電動門(22)電捲門(23)家用電梯(室內)(24)監視器(25)加壓抽水馬達(26)插電電話		✓	
	(27)電扇通風扇(28)除濕機(29)電熱水器(30)熱泵熱水器(31)太陽能熱水器(32)電暖器(33)電熱毯			✓
	(34)電動自行車(35)電動機車		✓	
照明設備	(36)省電燈泡(37)LED 燈泡(38)T8 日光燈管(39)T5 日光燈管(40)PL 螢光燈管(41)白熾燈(42)鹵素燈	✓		
育樂	(43)電腦(44)電視機	✓		
	(45)行動電源 (46)錄放影機(含VCD·DVD)(47)音響(48)印表機(49)多功能事務機(50)按摩椅(51)手機/平板充電器		✓	
	(52)收銀機(53)傳真機(54)影印機(此三項僅針對營業用戶)		✓	

(二) 經濟環境：

在經濟環境下，國內電價偏低，缺乏不同電價的用戶選擇方案，民眾對於耗電量較不重視及使用時段較不重視。同時影響到節能設備普及率低，導致生產成本高昂，連帶影響產品售價。其次受到陸製產品價格衝擊，進口品牌技術先進，導致本

土品牌通路逐漸萎縮。

以目前電器市場，主要可將供應商分為陸製品牌、本土品牌及進口品牌，其各自經營策略及面臨障礙，反應了電器市場目前發展與未來的趨勢，包含：(1)陸製品牌價格衝擊；(2)本土品牌技術落後；(3)進口品牌研發成本難以回收。

(三) 社會文化環境：

國人目前使用的電器產品具有許多相同的共通性，主要購買到的產品已通過政府制定的生產規範，且配備節能標章為消費者優先選購的產品。主要考量為價格與購買便利性，因此透過網路購買電器比例已逐漸增加，此外，透過了解消費者對電器設備的選擇將能有效促使民眾選購節能的產品。

在社會文化環境方面，主要研究發現包含：(1)消費者購買產品開始重視節能標章；(2).產品已多符合電器規範；(3)部份消費者仍以價格取向為主；(4)多元化銷售通路，品質良莠不齊；(5)變頻科技應用提高消費意願；(6)新興電器的應用日益普及；(7)選購電器設備偏向極大或極小發展；(8)使用習慣不同影響耗電量。

(四) 技術環境：

透過新科技的應用，可能有效改善民眾使用上的不必要浪費，以定時功能而言，能在設定時間自動關閉；智慧化應用甚至能依使用者狀態調整運轉模式，而具備網路或是智慧電表功能的設備，能透過遠端遙控及記錄用電狀況，提供使用者更進階的操作與用電資訊。

在技術環境方面，主要研究發現包含：(1)變頻技術已廣泛應用於家電產品；(2)透過數位產業整合居家控制；(3)進口品牌技術仍領先國內品牌；(4)低耗能建築的發展漸受重視。

二、量化研究

(一) 有效樣本回收率

本次調查共接觸 121,543 個樣本，在排除無法成功接觸樣本 17.6% (21,432 份) 後，本次調查訪問成功率為 5.2%。其中，拒訪率為 36.7%，另外有 0.4% 受訪者為非合格受訪者，接觸紀錄詳如表 3。

表 3 調查訪問接觸紀錄表

接觸情形		住宅用戶	營業用戶	表燈用戶	
		小計	小計	小計	百分比
成功訪問	訪問成功	5,782	554	6,336	5.2%
繼續訪問	忙線	45,330	3,334	48,664	40.0%
	無人接聽				
無法接觸	傳真機	20,327	1,105	21,432	17.6%
	住宅答錄機				
	非住宅電話				
	空號				
	電話故障				
	暫停使用				
拒訪及中止訪問	中止訪問接觸者拒訪	40,181	4,930	45,111	37.1%
	中止訪問中途拒訪				
	中止訪問語言不通／外籍人士				
	中止訪問健康因素無法訪問				
	中止訪問【非一般或營業用戶】				
總計		111,620	9,923	121,543	100.0%

(二) 102 年家用電器普及率

1. 普及率

本調查主要針對台灣及金馬地區表燈用戶在電器使用之普及率進行調查，但由於電器種類繁多，本次共調查 54 項電器。以下茲就表燈用戶類型、住宅及營業類別說明。

(1) 表燈用戶

根據本次調查結果顯示，102 年度之家電產品表燈用戶之普及率，以「電冰箱」(97.6%) 的普及率最高，其次普及率高於 70% 的電器依序為「電風扇」(97.1%)、「電鍋/電子鍋」(92.0%)、「洗衣機」(90.9%)、「冷氣機」(90.7%)、「抽油煙機」(88.7%)、「手機平板充電器」(85.1%)、「電腦」(79.9%) 及「電漿/液

晶電視」(77.4%)。

將 102 年度家電產品之普及率與 99 年度調查結果比較後發現，電視機的使用類型變化較大，電漿/液晶電視普及率增加了 21.7 個百分點，相對地，傳統電視機則明顯減少了 21.2 個百分點。其他電器普及率明顯增加的是吸塵器，增加了 19.5 個百分點，相對地，錄放影機則明顯減少了 21.8 個百分點。此外，在照明設備中，白熾燈泡減少了 33.7 個百分點，LED 燈則增加 22.6 個百分點。其他有關各項家用電器普及狀況調查結果如表 4 所示^[3]。

表 4 表燈用戶各項家用電器普及率

普及狀況	電器項目	
高於 70%	電冰箱(97.6%) 電風扇(97.1%) 電鍋電子鍋(92.0%) 洗衣機(90.9%) 冷氣機(90.7%)	抽油煙機(88.7%) 手機平板充電器(85.1%) 電腦(79.9%) 電漿/液晶電視(77.4%)
40%-70%	省電燈泡(61.0%) T8 燈管(57.8%) 電烤箱(53.0%) 一般吸塵器(52.3%) 果菜機(51.7%)	烘碗機(49.9%) 飲水機(47.7%) 微波爐(47.0%) 電熱水瓶(43.9%) 行動電源(42.4%)
20%-40%	插電電話(39.6%) 加壓抽水馬達(38.2%) 除濕機(38.1%) 電捲門(36.7%) 電磁爐(33.4%) 電暖器(29.8%) 音響(32.2%)	LED 燈泡(29.4%) 錄放影機(27.7%) 電熱水器(26.9%) 傳統電視機(34.1%) T5 燈管(24.5%) 滅蚊燈(22.9%) 印表機(22.3%)
低於 20%	白熾燈泡(18.2%) 乾衣烘衣機(17.8%) 插電式淨水器(13.6%) 多功能事務機(12.3%) 空氣清淨機(11.6%) 監視器(10.6%) 太陽能熱水器(10.3%) 按摩椅(9.3%)	電熱毯(8.7%) PL 燈管(8.4%) 電動門(5.0%) 洗碗機(4.9%) 烘被機(4.3%) 熱泵熱水器(4.2%) 鹵素燈泡(4.0%) 電動機車(3.1%) 吸塵器機器人(2.6%) 電動自行車(2.1%) 家用電梯(1.0%)
普及率增長 TOP10	電漿/液晶電視(31.8%) LED 燈(22.6%) 吸塵器(19.5%) 除濕機(17.8%) 電烤箱(14.1%)	洗衣機(12.4%) 電鍋/電子鍋(11.9%) 加壓抽水馬達(11.7%) 抽油煙機(10.3%) 烘碗機(9.6%)
普及率減少 TOP10	白熾燈泡(-33.7%) 傳統電視機(-23.3%) 錄放影機(-21.8%) 電動門(-16.5%)	音響(-10.9%) 印表機(-3.0%) 手機充電器(-2.5%) 飲水機(-1.7%) 插電電話(-0.6%)

註：普及率增長及減少情形係與 99 年度調查結果之比較。

(2) 住宅用戶

根據本次調查結果顯示，102 年度之家電產品住宅用戶之普及率，以「電冰箱」(99.7%)的普及率最高，其次普及率高於 70%的電器依序為「洗衣機」(98.2%)、「電風扇」(98.1%)、「電鍋/電子鍋」(97.6%)、「抽油煙機」(95.5%)、「冷氣機」(92.1%)、「手機平板充電器」(90.6%)、「電漿/液晶電視」(81.2%)及「電腦」(80.7%)。

將 102 年度家電產品之普及率與 99 年度調查結果比較之普及率減長及減少情形如表 5 所示^[3]。

(3) 營業用戶

根據本次調查結果顯示，102 年度之家電產品營業用戶之普及率，以「電風扇」(87.2%)的普及率最高，其次普及率高於 70%的電器依序為「冷氣機」(76.4%)、「電冰箱」(76.0%)、「電腦」(71.1%)。

表 5 住宅用戶各項家用電器普及率

普及狀況	電器項目	
高於 70%	電冰箱(99.7%) 洗衣機(98.2%) 電風扇(98.1%) 電鍋電子鍋(97.6%) 抽油煙機(95.5%)	冷氣機(92.1%) 手機平板充電器(90.6%) 電漿/液晶電視(81.2%) 電腦(80.7%)
40%-70%	省電燈泡(64.1%) T8 燈管(58.2%) 電烤箱(56.8%) 一般吸塵器(55.8%) 果菜機(55.8%) 烘碗機(53.6%) 微波爐(49.6%)	飲水機(46.9%) 電熱水瓶(46.7%) 行動電源(45.6%) 除濕機(41.0%) 插電電話(40.8%) 加壓抽水馬達(40.1%)
20%-40%	傳統電視機(35.9%) 電磁爐(35.5%) 電捲門(34.4%) 音響(33.8%) 電暖器(32.3%) LED 燈泡(30.5%)	錄放影機(29.8%) 電熱水器(29.0%) 滅蚊燈(24.6%) T5 燈管(23.1%) 印表機(21.5%)
低於 20%	白熾燈泡(19.4%) 乾衣烘衣機(19.2%) 插電式淨水器(14.4%) 空氣清淨機(12.5%) 太陽能熱水器(11.2%) 按摩椅(10.2%) 電熱毯(9.5%) 多功能事務機(9.5%)	PL 燈管(8.9%) 監視器(8.8%) 洗碗機(5.2%) 烘被機(4.7%) 熱泵熱水器(4.6%) 鹵素燈泡(4.0%) 電動門(3.9%) 電動機車(3.2%) 吸塵器機器人(2.8%) 電動自行車(2.2%) 家用電梯(0.7%)
普及率增長 TOP10	電漿/液晶電視(34.2%) LED 燈(23.7%) 吸塵器(21.8%) 除濕機(19.5%) 電烤箱(16.3%)	洗衣機(14.8%) 電鍋/電子鍋(14.5%) 加壓抽水馬達(13.7%) 抽油煙機(13.3%) 烘碗機(11.4%)
普及率減少 TOP10	白熾燈泡(-33.8%) 傳統電視機(-22.7%) 錄放影機(-21.1%)	電動門(-14.3%) 音響(-9.0%) 印表機(-2.9%) 飲水機(-2.2%)

註：普及率增長及減少情形係與 99 年度調查結果之比較。

表 6 營業用戶各項家用電器普及率

普及狀況	電器項目	
高於 70%	電風扇(87.2%) 冷氣機(76.4%)	電冰箱(76.0%) 電腦(71.1%)
40%-70%	電捲門(60.8%) 飲水機(56.1%)	T8 燈管(53.6%) 多功能事務機(41.5%)
20%-40%	T5 燈管(39.4%) 電漿/液晶電視(37.9%) 電鍋電子鍋(33.6%) 傳真機(32.5%) 印表機(30.5%)	監視器(29.1%) 省電燈泡(28.9%) 手機平板充電器(28.5%) 插電電話(26.5%) 微波爐(20.0%)
低於 20%	抽油煙機(18.1%) LED 燈泡(17.7%) 加壓抽水馬達(17.7%) 電動門(16.6%) 傳統電視機(15.7%) 音響(15.7%) 影印機(15.3%) 洗衣機(15.2%) 電熱水瓶(15.0%) 一般吸塵器(15.0%) 電烤箱(13.0%) 電磁爐(11.4%) 烘碗機(11.0%) 收銀機(10.8%) 果菜機(8.8%) 除濕機(8.7%) 行動電源(8.3%) 滅蚊燈(6.0%)	白熾燈泡(5.2%) 錄放影機(5.2%) 插電式淨水器(5.1%) 電熱水器(4.7%) 鹵素燈泡(4.3%) 電暖器(4.0%) 家用電梯(3.4%) 空氣清淨機(3.2%) 乾衣烘衣機(3.1%) PL 燈管(2.7%) 電動機車(2.2%) 洗碗機(1.8%) 太陽能熱水器(1.3%) 按摩椅(0.7%) 電熱毯(0.5%) 熱泵熱水器(0.5%) 電動自行車(0.5%) 吸塵器機器人(0.4%) 烘被機(0.2%)

2. 擁有台(顆)數情形

在表燈用戶擁有台(顆)數中，主要家電之每百戶擁有台數，照明設備以「省

電燈泡」(641.7 顆)最多，大型家電以「電腦」(210.8 台)最高；季節性家電之每百戶擁有台數以「電風扇」(368.2 台)最高；非季節性家電之每百戶擁有台數以「手機/平板充電器」(265.8 台)最高，詳如表 7。

表 7 表燈用戶各項家電擁有台(顆)數

家電類型	家電名稱	每百戶擁有台數	擁有者平均台數
主要家電	省電燈泡	641.7	10.5
	T8 日光燈管	401.1	6.9
	冷氣機	260.7	2.9
	LED 燈	224.9	7.7
	電腦	210.8	2.5
	電視機	181.0	1.9
	T5 日光燈管	134.8	5.5
	電冰箱	128.2	1.3
	洗衣機	99.8	1.9
	白熾燈	71.3	3.9
	鹵素燈	16.4	4.1
	PL 螢光燈	15.1	1.8
	季節性家電	電風扇	368.2
飲水機		51.6	1.1
電熱水瓶		48.7	1.1
除濕機		52.3	1.4
電磁爐		35.0	1
電暖器		40.8	1.4
電熱水器		30.4	1.1
乾衣/烘衣機		18.1	1
太陽能熱水器		10.6	1
電熱毯		11.6	1.3
熱泵熱水器	4.6	1.1	
非季節性家電	手機/平板充電器	265.8	3.1
	電鍋/電子鍋	133.7	1.5
	抽油煙機	90.3	1
	電烤箱	55.7	1.1
	一般吸塵器	58.9	1.1
	果菜機/果汁機	58.6	1.1
	烘碗機	51.6	1
	微波爐	47.9	1
	行動電源	81.2	1.9
	插電電話	62.4	1.6
	加壓抽水馬達	41.0	1.1
	電捲門	39.8	1.1
	音響	37.9	1.2
	錄放影機	31.9	1.2
	滅蚊燈	29.1	1.3
	印表機	24.0	1.1
	插電式淨水器	14.0	1
	多功能事務機	13.1	1.1
	空氣清淨機	13.6	1.2

家電類型	家電名稱	每百戶擁有台數	擁有者平均台數
	監視器	24.2	2.3
	按摩椅	9.7	1
	電動門	5.3	1.1
	洗碗機	5.1	1
	烘被機	4.5	1
	電動機車	3.4	1.1
	吸塵器機器人	2.7	1
	電動自行車	2.2	1.1
	家用電梯(室內)	1	1
	收銀機	--	--
	傳真機	--	--
	影印機	--	--

註：收銀機、傳真機與影印機僅針對營業用戶詢問。

根據調查結果顯示，在擁有該電器之表燈用戶中(排除未擁有及拒答之樣本數)，平均數量大於 3 台(顆)之電器依序為「省電燈泡」、「T5 燈管」、「T8 燈管」、「LED 燈泡」、「鹵素燈泡」、「白熾燈泡」、「電風扇」及「手機平板充電器」。相關電器之數量詳見表 8。

(三) 冷氣機使用情況

本研究調查冷氣機使用之類型與型態，在所有被擁有的冷氣機中(8,167 台，不知道或拒答不列入)，冷氣機使用類型以分離式(65.0%)所佔比例最高，其次為窗型(31.7%)，而箱型(1.6%)、中央空調(1.6%)及手提式(0.0%)所佔比例較少。

就分離式冷氣型態上，在所有被擁有的分離式冷氣中(5,311 台)，以 1 對 1(80.1%)所佔比例最高，其次為 1 對 2(17.9%)，而其他型態所佔比例較少。

就中央空調使用狀況上，在所有被擁有的中央空調中(131 台)，以本戶專用所佔比例最高，約佔九成(93.1%)，而與他戶共用則將近一成(6.9%)。

冷氣機之變頻情形上，無變頻功能約占六成(59.6%)，有變頻功能約占四成(40.4%)。此外，就各類型冷氣機之變頻情形，分離式有變頻功能之比例較高，將近五成(50.7%)，其餘類型之冷氣機則約在二成左右。

(四) 各電器耗電之狀況

本年度家用電器耗電量之狀況上，就以用戶類型觀察，以營業用戶之耗電量最大(夏季：71.3 度；非夏季：49.3 度)，其次則為表燈用戶(夏季：31.3 度；非夏季：21.3 度)及住宅用戶(夏季：27.4 度；非夏季：18.6 度)。

以各電器之耗電量觀察，住宅用戶在夏季時，耗電量較大之電器依序為(大於整體耗電量 5%之電器) 冷氣機、電冰箱、飲水機、電熱水瓶及照明設備；而住宅用戶在非夏季時，耗電量較大之電器依序為(大於整體耗電量 5%之電器) 電冰箱、飲水機、電熱水瓶、電熱水器、照明設備及冷氣機。

表 8 表燈用戶各項家用電器之平均數

數量狀況	電器項目
3 台(顆)以上	省電燈泡(10.53)、T5 燈管(8.17)、T8 燈管(7.93)、LED 燈泡(7.77)、鹵素燈泡(4.22)、白熾燈泡(3.90)、電風扇(3.79)、手機平板充電器(3.12)
1.5-3 台(顆)	冷氣機(2.88)、電腦(2.51)、監視器(2.29)、PL 燈管(2.23)、行動電源(1.92)、電視機(1.91)、插電電話(1.58)
1.2-1.5 台(顆)	電鍋電子鍋(1.45)、除濕機(1.37)、電暖器(1.37)、電熱毯(1.34)、電冰箱(1.31)、收銀機(1.30)、滅蚊燈(1.27)
1.2 台(顆)以下	音響(1.18)、空氣清淨機(1.17)、錄放影機(1.15)、果菜機(1.13)、電熱水器(1.13)、一般吸塵器(1.13)、電熱水瓶(1.11)、洗衣機(1.10)、熱泵熱水器(1.10)、電捲門(1.08)、飲水機(1.08)、電動機車(1.08)、印表機(1.08)、加壓抽水馬達(1.07)、電動自行車(1.07)、多功能事務機(1.07)、電動門(1.06)、電烤箱(1.05)、家用電梯(1.05)、電磁爐(1.05)、吸塵器機器人(1.04)、洗碗機(1.04)、烘碗機(1.04)、按摩椅(1.03)、烘被機(1.03)、插電式淨水器(1.02)、太陽能熱水器(1.02)、乾衣烘衣機(1.02)、微波爐(1.02)、抽油煙機(1.02)

而營業用戶在夏季時，耗電量較大之電器依序為(大於整體耗電量 5%之電器)冷氣機、電腦、飲水機、電熱水器、照明設備及電冰箱；而營業用戶在非夏季時，耗電量較大之電器依序為(大於整體耗電量 5%之電器) 冷氣機、電腦、照明設備、電冰箱、飲水機及電熱水器。相關電器之耗電量詳見表 9。

表 9 各電器耗電之狀況

用戶類型		平均耗電量(度/日/戶)	耗電量占比大於 5%之電器項目
表燈用戶	夏季	31.3 度	冷氣機(39.9%)、電冰箱(13.8%)、飲水機(8.5%)、照明設備(5.8%)、電熱水瓶(5.5%)及電熱水器(5.2%)
	非夏季	21.3 度	電冰箱(20.2%)、飲水機(11.5%)、冷氣機(10.9%)、電熱水瓶(9.3%)、照明設備(8.5%)、電熱水器(8.4%)及電腦(6.3%)
住宅用戶	夏季	27.4 度	冷氣機(40.6%)、電冰箱(15.9%)、飲水機(8.3%)、電熱水瓶(6.3%)及照明設備(5.8%)
	非夏季	18.6 度	電冰箱(23.4%)、飲水機(12.7%)、電熱水瓶(11.1%)、電熱水器(9.2%)、照明設備(8.6%)及冷氣機(7.9%)
營業用戶	夏季	71.3 度	冷氣機(37.3%)、電腦(14.2%)、飲水機(9.4%)、電熱水器(6.2%)、照明設備(5.8%)及電冰箱(5.3%)
	非夏季	49.3 度	冷氣機(22.7%)、電腦(20.6%)、照明設備(8.3%)、電冰箱(7.7%)、飲水機(6.7%)及電熱水器(5.3%)

伍、結論與建議

一、家用電器普及狀況

從普及率的變化可以發現不同電器之替代效果，「電漿/液晶電視」逐漸取代「傳統電視機」；而「電腦」的持續增加也導致有相似播放功能之「錄放影機」及「音響」之普及率下降；此外，在照明設備方面，由於 2012 年白熾燈之禁用導致「白熾燈」的普及率大幅下降，取而代之的則是「LED 燈」之普及率大幅上升。由表 3 電器普

及率消長之變化可發現，當有新產品新功能或相關政策實施時，通常都會產生明顯的電器替代效果。

二、節約能源措施推動之建議

隨著台灣人民生活水平日益提高，各種家用電器日益普及加上新興家電的快速發展，導致居民生活有用電量增加的現象，如何讓全民擁有力行節能減碳措施的正向態度與具體行為，便成為重要課題。不論是政府單位研擬相關省電標準或是各家電業者不斷朝向研發更省電或低耗能之產品等，皆顯示出「節能」已經成為我們不可或缺的認知之一。

而根據本研究綜合訪談資料及量化調查結果顯示，政府或許可從加強宣導、提高電費及時段電費方面來有效提高民眾的節能意識，此外，透過政府提高節能之相關標準及規範亦能改善電器之耗電狀況。以下則列出節約能源措施推動之建議：

- (一) 設置更高的節能標準
- (二) 落實電器規範
- (三) 訂定網路電器銷售規範
- (四) 新興電器耗能標示
- (五) 提供民眾正確的用電觀念
- (六) 提高電費及時段電價
- (七) 宣導中央監控系統與低耗能建築
- (八) 提高待機電力標準
- (九) 舊電器回收制度

三、家用電器耗電情形

從耗電量的變化來看，照明設備隨著 LED 普及率大幅上升，整體照明設備耗電比例也大幅下降。由表 9 各電器耗電之狀況可發現，夏季以冷氣機耗電量最高，當業者以節能為生產及研發方向或相關耗能標示政策實施時，預期會產生明顯的節能效果。

本研究僅調查普遍電器使用狀況，未來可更深入探討普及率逐漸提高之免治馬桶及其他新興電器耗電情況，以利更精準預測家用電器耗電

情況，以發掘節能潛力。

陸、參考文獻

- [1] 國家發改委、科技部等聯合發布半導體照明產業規畫，2013 年 2 月 17 日，LEDinside。
- [2] 台電公司，「95 年度台灣地區家用電器普及及狀況調查研究」期末報告，民國 95 年。
- [3] 台電公司，「99 年度台灣地區家用電器普及及狀況調查研究」期末報告，民國 99 年。
- [4] 台電公司，「102 年度台灣地區家用電器普及及狀況調查研究」期末報告，民國 102 年。

台中發電廠氣候變遷調適研究

A Study on Climate Change Adaptation Strategies for Taichung Power Plant

蔡顯修*
Tsai, Hsien-Shiow

溫桓正*
Wen, Huan-Cheng

王郁惠*
Wang, Yu-Huei

許文嘉*
Hsu, Wen-Chia

徐玉杜**
Hsu, Yu-Du

蘇衍綾**
Su, Yen-Ling

(102~104 年度研究計畫論文)

摘要

有鑑於全球暖化和氣候變遷所導致的災害，國際上積極發展調適以降低在極端氣候下的負面衝擊，尤其電力基礎設施一旦遭受損害，不但會造成產業、社會經濟等嚴重傷害，更將影響人民生活品質。而台中發電廠不僅為基載電廠亦為全國第一大火力發電廠，因此本研究計畫針對此發電廠進行氣候變遷調適研究。首先透過風險辨識由原先的 18 項氣候衝擊項目篩選出 11 項進行災害潛勢分析，並從中彙整最具衝擊的 4 項進行各項設施的危害度與脆弱度評估，接續針對此 4 項氣候衝擊下各項設施之風險評估結果，提出對應的調適策略。最後透過上述評估，提出台中發電廠更新改建之調適建議方案，其結果可作為後續其他發電廠平行展開之參考。

Abstract

As global climate change is becoming more and more serious, energy infrastructures are facing the risks of being damaged by its impacts, and the damages to those electrical infrastructures are expected to have a far-reaching influence on the power supply and living quality. Since Taichung Power Plant, the largest coal-fired power plant in Taiwan, is one of the most important base load power sources in Taiwan, this paper aims to conduct a case study on climate change adaptation strategies for this power plant. First, the study identifies 18 potential climate impact-related items, and chooses 11 items out of them. The next step is to select 4 major items for the assessment of its vulnerability and risks and proceed to propose suitable adaptation strategies. These study results can also serve as a reference for the planning of Taipower's new or repowering power plant projects in the future.

關鍵詞(Key Words): 氣候變遷(Climate Change)、電力設施(Electrical Facilities)、危害度(Hazard)、脆弱度(Vulnerability)、風險評估(Risk Assessment)、調適策略(Adaptation Strategy)。

壹、前言

研析聯合國政府間氣候變遷委員會(IPCC)

發布的第 4 次及第 5 次全球氣候變遷評估報告可知，氣候變遷趨勢改變及變異性持續增大，故未來溫度上升、降雨量改變、海平面上升，特別是極端氣候事件更為頻繁發生或規模更為巨大。

*台灣電力公司環境保護處

**財團法人工業技術研究院

在氣候變遷的影響下，既有設施標準可能不足以因應現在及未來更為嚴峻情景，或者原先之設計可能並未考慮新氣候型態下之各種安全係數或變數；而且各種氣候對全球自然與社經環境的直、間接及交互影響相當複雜需要謹慎因應。

再者全球暖化和氣候變遷趨勢已非單靠人類減少溫室氣體排放所能立即獲得改善，故應積極發展調適以降低在極端氣候與暖化效應下之負面衝擊。

本文目標為進行氣候變遷對國內重要的基載電廠，台中發電廠之所屬電力設施(含附屬設備)評估所在區位之氣候衝擊、危害度與脆弱度分析、風險評估，並提出台中發電廠因應氣候變遷之可行性的調適作法，據以作為台電公司甚至是國家調適策略行動之決策基礎。

貳、研究方法

本研究計畫以 ISO 31000 風險管理^[1]、英國氣候變遷風險評估方法^[2]以及聯合國氣候變化綱要公約氣候風險管理程序^[3]為基礎建立。整個氣候風險管理如圖 1 所示，包含四個步驟如下說明：

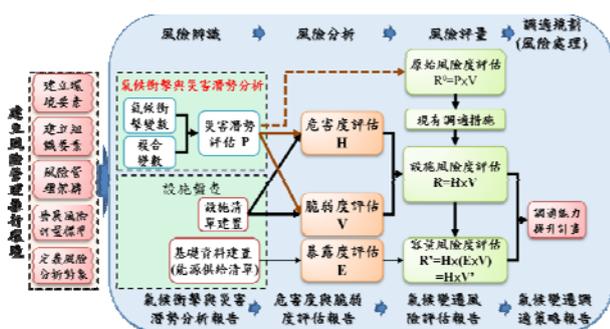


圖 1 氣候風險管理程序

一、風險辨識

風險辨識主要在一個有系統的步驟下進行廣泛的搜尋，找出需要管理的氣候變遷風險。即使在執行本評估以前，某項風險未曾發生過災害，但於風險辨識時應儘可能求得完整性，不論該風險是否已在控制下，都應由背景說明開始進行辨識程序，以確保其方法有效、可行，避免遺漏任何重大問題，並依區位特性與過去歷史事件

產出「氣候衝擊與災害潛勢分析」。

二、風險分析

風險分析主要在將可接受風險與主要風險分開。由於經費、人力、時間、可用數據等的限制，無法逐一針對設施、可能氣候因子，全面的量化計算發生的機率與嚴重程度。因此，這個階段在前述限制條件下，儘可能廣泛蒐集可用資訊，根據評估準則加以分析，找出哪些設施在什麼時間、結合了哪些複合條件下，受到何種氣候類型衝擊，然後排序出相對風險並聚焦於主要風險，作為下一階段工作之基礎。

風險分析方法可分成 3 個層級，分別是第一層的定性評估(範圍估計)，第二層的半定量風險分析(等級評分)，第三層的定量風險分析(統計模擬、質能平衡)。依序可信度逐步上升，但相對其複雜度也增加。評估時可依獲得之資訊，以及容許之時間與經費選擇適當之方法進行。分析時可以先進行初步的分析，將相似或影響力低的風險排除於進一步的分析外，但仍應列出未被列入分析的風險以保持完整性，確保在未來滾動式檢討時，一旦模擬情景改變時，不會遺漏可能的風險，本文稱為「危害度與脆弱度評估」。

三、風險評量

風險評量之目的在於將前一階段分別依危害度排序與脆弱度排序分析出主要風險，並量化找出需要優先處理的風險。風險評量第一部分，評估現在或未來以及在哪一個季節發生何種強度氣候風險的機率；第二部分，評估哪些設施異常損壞(Damage)或損毀(Destroy)造成多大裝置容量要多久無法供電，影響程度是僅有停機修復，需要高燃料成本發電取代，還是需要負載限制(限電)，或者是否波及系統穩定造成崩潰。需要注意的是，即使對於前者來說，同樣強度、同樣機率的氣候事件，若在不同的季節也會造成後者不同的影響程度。找出需要優先處理的風險後，再於下一階段提出風險之處理方案。至於低度或可接受的風險，仍應定期檢討以確定這些風險仍在可接受的程度。由於不易直接評估氣候變遷之風

險，本計畫研究乃採用分別評估氣候變遷前的現況(基期)風險，以及變遷後可能的潛在(近未來)風險，然後透過交叉風險分析評估出可能之主要氣候變遷風險。若資訊不足時，則框出最大潛在風險及其變遷情形，本文稱為「氣候變遷風險評估」。

四、風險處理

風險處理在氣候風險評估領域即為透過調適計畫的規劃與執行來達到其目標，包括避免風險發生、減低發生機率、減低影響與衝擊、風險轉嫁等類型。本研究範疇在於提出調適計畫的最初規劃，也就是提出調適策略，然後由公司整體考量後決定是否提出專案計畫付諸實行。若在調適計畫完成後，仍無法消除的即為殘餘風險，應訂定計畫建立處理該風險時所需的經費來源與處理方式，本文稱為「氣候變遷調適策略」。

風險評量，即為量化風險，計算如下：

$$\text{量化風險} = \text{發生機率} \times \text{嚴重程度}$$

其中發生機率與嚴重程度以下分別敘述說明：

(一) 氣候風險發生機率

本階段以風險分析結果-危害度排序與脆弱度排序為基礎，透過風險矩陣與風險分級來評估氣候風險。風險矩陣之計算公式如下：

$$[R] = [H] \times [V]^T \quad (1)$$

其中：

[R]為 5*5 風險矩陣，各元素 $r_{ij} = h_i * v_j$

[H]為 5*1 危害度矩陣

[V]^T 為 1*5 脆弱度矩陣

風險矩陣表示如圖 2 所示，根據風險分析階段計算得之危害度、脆弱度等級，即可填入風險矩陣之中。為方便起見，各設施以序號方式列成表格，並將所列之編號填入。根據以上排序，本研究計畫參考台電公司風險管理實施方案^[4]之風

險等級判斷基準，所建立之能源產業氣候風險矩陣評分標準，分成極高風險、高度風險、中度風險、低度風險四個等級，並以紅色、橘色、黃色、綠色標示。風險矩陣評的是相對的風險排序，以此找出主要風險。而風險評量除了建立原始區位風險與設施風險，並進行交叉分析外，亦需儘可能蒐集各種可用資料來進一步量化評估發生該風險的機率。



圖 2 氣候風險矩陣

(二) 風險造成的嚴重程度

風險造成的嚴重程度包括：回復時間(回復力，亦即脆弱度)，異常規模(裝置容量)、影響程度(燃料替代、負載限制)。回復時間除了考慮設備本身修復時間(包括有備品和無備品條件下的設備因子，以及請購等管理因子)外，亦須納入是否可進行內部(廠內)調度來縮短回復時間。然而不同的氣候因子，有不同的衝擊範圍與規模，也常常造成備台是否同時受到衝擊而有不同的內部調度功能。

風險評量將設施風險分析(危害度、脆弱度評估)之相對結果進一步量化評量，進一步評估發生可能性、異常(停機)時間與規模、影響用戶嚴重程度。機組異常影響用戶嚴重程度，包括：

1. 無直接影響(備轉機組;好發期在非夏月用電尖峰)。
2. 須以同級或更低成本燃料取代。
3. 須以高成本燃料取代。
4. 短暫、局部缺限電。
5. 長期、大範圍缺限電；系統崩潰。

參、氣候衝擊與災害潛勢分析

本研究評估台中發電廠可能面對的氣候衝擊之風險辨識時共有 18 項，經分析與討論後剔除影響程度較小的項目，進行災害潛勢分析的項目為 11 項，分項說明如下：

一、平均氣溫上升結合鹽害

鹽害係指因腐蝕/劣化/老化造成壽命減少，當相對溼度達到金屬臨界相對濕度時，水分將在金屬表面形成水膜，促使電化學反應產生、腐蝕速率增加，溫度每升高 10°C，反應速率將增加為 2 倍。台中發電廠之地理環境接近海岸，受鹽害衝擊之災害潛勢，乃參考交通部運輸研究所^[5]針對台中發電廠測站自 2010 年 9 月至 2011 年 9 月間，搭配 CNS 13401 大氣腐蝕性分類之結果進行災害潛勢評估，其中分為環境因子評估法以及試片腐蝕速率量測評估方法，並採用風險較高之評估結果可得，該地區平均碳鋼腐蝕速率為 224.00 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、鋅腐蝕速率為 15.07 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、銅腐蝕速率為 12.62 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、鋁腐蝕速率為 27.18 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 如表 1，並搭配表 2 可得，台中發電廠廠內設備材質屬於碳鋼、鋅、銅、鋁之現況受鹽害衝擊之災害潛勢皆為第 5 級，亦即該地區的腐蝕性高。

表 1 台中發電廠之試片腐蝕速率參數

	2010.09-2010.12	2010.12-2011.03	2011.03-2011.06	2011.06-2011.09	2010.09-2011.09	平均	分級
碳鋼腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	703.10	181.52	177.77	80.04	137.89	224.00	C5
鋅腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	12.95	8.45	39.89	7.26	6.80	15.07	C5
銅腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	--	13.75	18.39	7.10	11.25	12.62	C5
鋁腐蝕速率 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)	57.06	23.37	30.44	8.53	16.50	27.18	C5

表 2 台中發電廠之試片腐蝕性分類

腐蝕性分類	單位	腐蝕速率 (Y_{corr})			
		碳鋼	鋅	銅	鋁
C1	$\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m}/\text{yr}$	$Y_{\text{corr}} \leq 1.0$ $Y_{\text{corr}} \leq 1.3$	$Y_{\text{corr}} \leq 0.7$ $Y_{\text{corr}} \leq 0.1$	$Y_{\text{corr}} \leq 0.9$ $Y_{\text{corr}} \leq 0.1$	可忽視 -
C2	$\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m}/\text{yr}$	$1.0 < Y_{\text{corr}} \leq 2.00$ $1.3 < Y_{\text{corr}} \leq 2.5$	$0.7 < Y_{\text{corr}} \leq 5$ $0.1 < Y_{\text{corr}} \leq 0.7$	$0.9 < Y_{\text{corr}} \leq 5$ $0.1 < Y_{\text{corr}} \leq 0.6$	$Y_{\text{corr}} \leq 0.6$ -
C3	$\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m}/\text{yr}$	$2.00 < Y_{\text{corr}} \leq 4.00$ $2.5 < Y_{\text{corr}} \leq 5.0$	$5 < Y_{\text{corr}} \leq 15$ $0.7 < Y_{\text{corr}} \leq 2.1$	$5 < Y_{\text{corr}} \leq 12$ $0.6 < Y_{\text{corr}} \leq 1.3$	$0.6 < Y_{\text{corr}} \leq 2$ -
C4	$\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m}/\text{yr}$	$4.00 < Y_{\text{corr}} \leq 6.50$ $5.0 < Y_{\text{corr}} \leq 8.0$	$15 < Y_{\text{corr}} \leq 30$ $2.1 < Y_{\text{corr}} \leq 4.2$	$12 < Y_{\text{corr}} \leq 25$ $1.3 < Y_{\text{corr}} \leq 2.8$	$2 < Y_{\text{corr}} \leq 5$ -
C5	$\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m}/\text{yr}$	$6.50 < Y_{\text{corr}} \leq 15.00$ $8.0 < Y_{\text{corr}} \leq 20.0$	$30 < Y_{\text{corr}} \leq 150.00$ $4.2 < Y_{\text{corr}} \leq 8.4$	$25 < Y_{\text{corr}} \leq 50$ $2.8 < Y_{\text{corr}} \leq 5.6$	$5 < Y_{\text{corr}} \leq 10$ -

資料來源：CNS 13401, ISO 9223

二、平均氣溫上升結合閃電雷擊

評估台中發電廠受閃電雷擊衝擊之災害潛勢，乃依台電公司提供該區域 1989 年至 2011 年之落雷次數如表 3，並計算對地落雷密度為 0.669 次/ km^2 /年，並搭配鄉鎮面積，可得此區域之災害潛勢為第 2 級如表 4，由於溫度上升會影響避雷設備之電阻係數，導致降低避雷器之避雷效果且考量台中發電廠位於較空曠地區，經本研究進一步參考過去曾發生多起雷擊事件，經評估後，受閃電雷擊衝擊之災害潛勢需增加 1 級為第 3 級。

表 3 台中市龍井區之對地落雷次數統計

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
落雷次數	10	25	29	22	31	44	33	17
年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
落雷次數	60	100	10	25	15	23	30	29
年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	--
落雷次數	48	11	9	3	5	6	15	--

表 4 台中市龍井區對地落雷密度

鄉鎮區	1989至2011年落雷次數平均值(次/年)	鄉鎮區面積	落雷密度	災害潛勢
龍井區	25.435	38.038	0.669	2

三、海溫上升

依據中央氣象局^[6]台中港測站之海水表面溫度統計資料，台中港最低海水溫度發生於 2008 年約為 14.4°C；最高海水溫度發生於 2007 年約為 31°C。以整年度來看，台中港最低海溫發生於每年 1 月至 3 月約為 14~16 °C；最高海溫發生於每年 7 月至 8 月約為 30~32°C。此外，依據台中發電廠 97 年至 101 年之 1 號至 10 號汽機海水入口溫度，得近 5 年來最低海水溫度發生於 2008 年約為 14.31°C；最高海水溫度發生於 2010 年約為 30.35°C，皆位於台中港測站之海水表面溫度範圍內。經與台中發電廠同仁討論後得知，台中發電廠至今未曾發生因海水溫度高而影響汽機停機之事件，因此台中發電廠現況受海溫上升之災害潛勢為第 1 級。因為該項氣候衝擊僅影響發

電效率，不影響廠內發電，因此於本研究計畫第三次期中報告會議決議，危害度與脆弱度階段即未納入評估。

四、乾旱

依據 2011 年台灣氣候變遷科學報告^[7]顯示，台灣近 100 年降雨日數普遍呈現減少的趨勢，相對的乾旱日數增加；水利署之旱災潛勢研究^[8]，在僅考量河川流量與水庫水位，而不考量緊急性與臨時調度等所模擬之全臺旱災潛勢圖資，台中地區之乾旱頻率為 10 年，水情燈號為綠色屬於水情稍緊，缺水率約 0 至 0.2% 在第 1 級。另外台中發電廠廠內總共約可儲水 32 萬噸，且當儲水量低於 70 % 時(即 22.4 萬噸)將會發出警戒。經與發電廠同仁討論後得知台中發電廠至今未曾發生因乾旱而影響發電的事件，因此台中發電廠現況受乾旱之災害潛勢為第 1 級。

五、最高氣溫上升(閾值 40°C)

本研究評估台中發電廠受最高氣溫上升乃參考英國等國際作法，以 40°C 作為災害潛勢評估基礎，並依據國家災害防救科技中心提供 1960 至 2009 年溫度歷史資訊，輔以重現期公式，以半定量方式加值計算基期、近未來臨近台中發電廠地區之各重現期下可能發生的高溫。由計算結果可得 10 年、25 年、100 年、200 年重現期之溫度依序為 35°C、36°C、37.4°C、38.1°C，詳如表 5，因此台中發電廠至少須大於 200 年才可能發生 40°C 之溫度，依本研究定義，大於 100 年重現期以上發生的災害潛勢為第 1 級，故台中發電廠現況及近未來受最高氣溫上升之災害潛勢為第 1 級。

表 5 台中發電廠之溫度重現期

	重現期				
	5	10	25	100	200
現況	34.2	35	36	37.4	38.1
近未來	34.9	35.7	36.6	38.1	38.8

六、暴雨淹水

有鑑於台灣區域淹水問題的重要性與急迫

性，依據國家災害防救科技中心之淹水圖資^[10]可知，台中市龍井區於基期(1979 年至 2003 年)發生 600 mm/日的極端降雨量下之災害潛勢為第 2 級；近未來(2015 年至 2039 年)發生 600 mm/日的極端降雨量下之災害潛勢為第 3 級如圖 3。另外，經濟部水利署模擬全台鄉鎮之 1 日累積雨量^[9]以及梧棲雨量站之雨量頻率統計，可得在 100 年重現期下之災害潛勢為第 2 級；200 年重現期下之災害潛勢為第 3 級如圖 4。故台中發電廠現況及近未來受到暴雨淹水之災害潛勢分別為第 2 級與第 3 級。

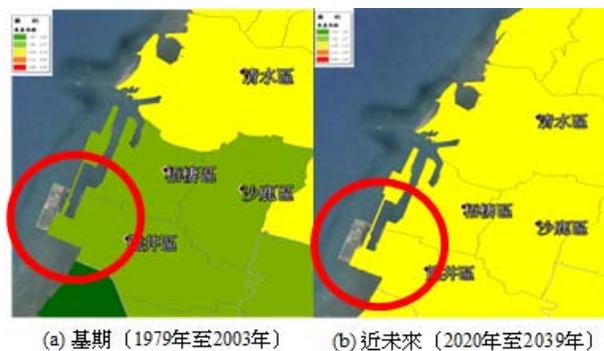


圖 3 台中市龍井區暴雨淹水之災害潛勢

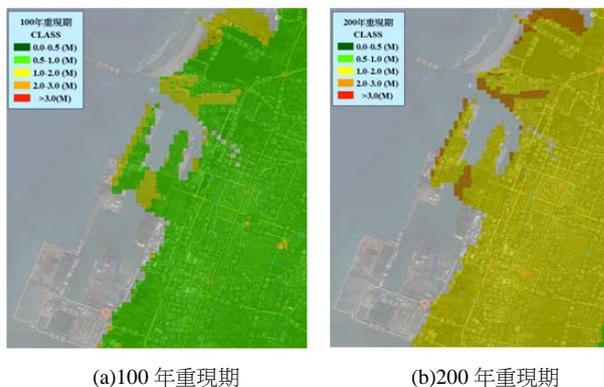


圖 4 台中地區之 1 日累積雨量

七、暴雨淹水結合水質異常

依據國家災害防救科技中心之全國鄉鎮市區氣象風險指數圖^[11]，結果顯示台中市龍井區之暴雨沖毀之災害潛勢為第 2 級如圖 5；另由於暴雨淹水結合水質異常如漂流木、魚群、雜質之主要致災因子為降雨量，考量未來降雨量呈現增加趨勢，為恐擔心將影響台中發電廠供電，且一旦影響將衝擊甚劇，故近未來受到暴雨結合漂流

木、魚群、雜質之災害潛勢增加 1 級為第 3 級。然而經廠內同仁確認得知，台中發電廠之取水口位於港內，較不受漂流木影響，該項氣候衝擊項目對台中發電廠無顯著影響，故暫不列入下一階段的討論範圍。



圖 5 台中市龍井區暴雨沖毀之災害潛勢

八、暴雨淹水結合暴潮、天文潮

參考經濟部水利署「區域排水整治及環境營造規劃參考手冊」^[12]，排水路水力分析之大潮平均高潮位以及氣象局網站^[13]2004 年至 2012 年期間台中港潮位變化：最高高潮位暴潮位為 3.206 m，相對於大潮平均高潮位的 2.357 m，增加 0.849m，可得知該區域之潮位變化。

另外依據德國等國家對發電廠的防洪排水系統，建議以 100 年回歸期設計，而台中發電廠防洪排水系統設計是以 10 年回歸期暴雨強度 $I=76.28 \text{ mm/h}$ 設計。本研究之暴雨淹水災害潛勢評估乃以梧棲雨量站^[10]以及麗水煤場雨量站為參考點，並依據水土保持技術規範^[14]降雨強度計算公式，推估 5、10、25、50、100、200 年重現期之降雨延時 120、180、480、720、1440、2880、4320 分鐘之梧棲站降雨強度，搭配排水設計條件 $I=76.28 \text{ mm/h}$ 評估台中發電廠受到暴雨淹水之災害潛勢，可得基期及近未來梧棲雨量站之各重現期降雨強度、雨量站雨量頻率統計以及該地區之 1 日累積雨量，並經由廠內歷史紀錄，發生颱風時降下超大豪雨，且造成沉煤池水位高漲，影響煤場排水，故評定台中發電廠現況及近未來受到暴雨淹水結合暴潮、天文潮之災害潛勢為第 4 級以及第 5 級。

九、強風吹毀

蒐集氣象局百年梧棲測站^[15]的紀錄，並輔以重現期公式計算，以半定量方式加值計算基期、近未來臨近台中發電廠地區之各重現期下可能發生的風速，其計算結果為發電廠受強風吹毀之災害潛勢是以 65 年至 93 年之各年月最大風速如表 6，其平均為 22.5 m/s 作為評估基礎，由評估結果得知此台中發電廠約 5 年內就可能發生 24.9 m/s 之風速如表 7，依本研究定義，台中發電廠現況受到強風吹毀之災害潛勢為第 5 級。另外 2011 年台灣氣候變遷評估報告^[7]中，1950 年至 2009 年台中測站強風日數呈現遞減的趨勢，但基於保守評估原則，近未來受強風吹毀之災害潛勢等同於現況為第 5 級。

表 6 65 年至 93 年之各年月最大風速表

年	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
風速	16	16.7	24.5	24.3	25.3	24.9	22	24.1	22.8	28
年	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
風速	33	27.6	22.2	30.4	27.5	22.9	22.3	18.9	21.9	18
年	85	86	87	88	89	90	91	92	93	單位
風速	23	17	26	18.8	23.4	19.6	16.4	17.3	17.5	m/s

表 7 台中發電廠基期之風速重現期

	重現期(年)			
	5	10	25	100
風速(m/s)	24.9	27	29.8	33.8

十、海平面上升結合沿海地層下陷

海平面上升結合沿海地層下陷(含易致淹水地區、海岸侵蝕區等)之評估，乃依據國家災害防救科技中心之海岸脆弱度圖資^[16]，結果顯示台中市龍井區受海平面上升結合沿海地層下陷之災害潛勢為第 3 級如圖 6；近未來部分，依據 2011 年台灣氣候變遷評估報告^[7]，台灣 1993 年至 2003 年間平均海平面上升速率為每年 5.7 mm，呈現緩緩增加趨勢，以每年平均海平面上升速率 5.7 mm 推估 2003 年到近未來之海平面上升約 2.05 cm，整體上升幅度不大，但由於周圍流域雨量將大幅提高，故近未來之災害潛勢為第 4 級。



圖 6 台中市龍井區海岸脆弱度之災害潛勢

十一、海平面上升結合暴潮、天文潮

依據 2011 年台灣氣候變遷科學報告^[7]，台灣 1993 年至 2003 年間平均海平面上升速率為每年

5.7 mm，呈現緩慢增加趨勢，但整體上升幅度不大，且台中發電廠之海上排水口為 EL(海平面高度基準)+6m，即排水口高於海平面 6 公尺，而 2004 年至 2012 年間台中港潮位變化最高高潮位暴潮位為 3.206 m，因此台中發電廠仍有足夠之高度差可以排水，故海平面上升結合暴潮對台中沿岸地區影響不大，因此本項之研究範圍內區位潛勢為第 3 級。

以上為本研究蒐集評估台中發電廠所在區位之各項氣候衝擊資訊，其災害潛勢初步評估結果彙整於表 8。

表 8 氣候變遷災害潛勢分析

氣候變遷類別	直接衝擊項目		複合變數	分類	災害潛勢	
					現況	近未來
溫度上升	1-1	平均氣溫上升	鹽害	累積性	5	5
	1-2	平均氣溫上升	閃電雷擊	瞬時性	3	3
	1-3	海溫上升	--	累積性	1	1
降雨量變化	2-1	乾旱(無雨日數增加)	--	瞬時性	1	2
極端氣候	3-1	最高氣溫上升(閾值40°C)	--	累積性	1	1
	3-2	暴雨淹水	--	瞬時性	2	3
	3-3	暴雨淹水	暴潮、天文潮	瞬時性	4	5
	3-4	暴雨淹水	漂流木、魚群、雜質	累積性	2	3
	3-5	強風吹毀(閾值35m/s)	--	瞬時性	5	5
強風吹毀(閾值70m/s)		--	瞬時性	3	3	
海平面上升	4-1	海平面上升	沿海地層下陷(含易致淹水地區、海岸侵蝕區等)	累積性	3	3
	4-2	海平面上升	暴潮、天文潮	瞬時性	3	3

肆、危害度與脆弱度評估

本研究的「危害度」係指氣候變遷衝擊所造成危害事件發生的可能性或機率，評估發電廠受到氣候衝擊之危害度時，需考量氣候衝擊項目實際對廠內能源供給設施之影響。其中包含現階段廠內既有保護或維護措施是否能降低危害事件發生的機率，以及是否足以因應未來嚴峻的氣候條件，皆必須進一步檢視與評估。

脆弱度部分，本研究參考國內外脆弱度評估準則，依設施恢復供應能力的時間。與台中發電

廠同仁討論後，考量其適用性本研究採用之脆弱度評估準則如表 9：

表 9 脆弱度評估準則

脆弱度等級	分數(小時)
1	<1
2	1-3
3	3-12
4	12-72
5	>72

7.7%。近未來(強降雨增量 8%)發生此項風險(重現期由 100 年降至 65 年)的機率為 0.57%。另外，根據水利署^[17]建議，路徑二颱風如圖 9 最大潮位(結合海平面上升、天文潮位、暴潮位)平均增加 39%，最大波高增加 50%。海平面上升平均增加 7.53 公分。當風速越高，暴潮偏差量越高，氣象局研究，當梧棲氣象站風速大於 10.4m/s(5 級風)時，西海岸地區很有可能發生超過 50 公分之暴潮偏差量。當風速大於 17.4m/s 時，可能發生超過 165 公分暴潮偏差量。

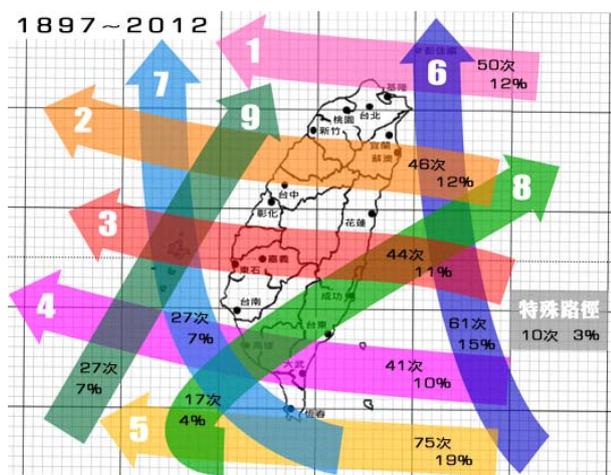


圖 9 侵台各路徑颱風歷史統計

本研究評估基期時的最高潮位淹水風險，已假設短延時連續強降雨大於廠區排水設計時無法順利排出。當近未來由於前述最高潮位、最大波高皆明顯上升時，且在台中發電廠淹水風險主要由內水造成條件下，其極端降雨最嚴重也是完全累積不排出，此時淹水深度估計由 0.26 公分增加至 0.3 公分及 0.7 公分，以此篩選出主要受衝擊設施。綜合而言，在平均潮位條件下，台中發電廠之暴雨淹水風險不高，都在中、低度風險。然而當颱風帶來的強降雨結合天文潮、暴潮、海平面上升等複合效應，亦即在最高高潮位條件下，其風險快速上升。故本研究以極端條件暴雨淹水結合暴潮、天文潮，評估影響台中發電廠設施之危害度與脆弱度。

三、強風吹毀

參考內政部「建築物耐風設計規範及解說」

^[18]台中市梧棲區之基本設計風速為 50 年回歸期(本研究稱為「重現期」)為每秒 32.5 公尺，因此建議以台電鐵塔耐風設計值 65~70 m/s 的一半 35 m/s，作為災害潛勢之評估。根據台中發電廠建物耐風設計值 36.5 m/s，可得到設施敏感度，進而評定危害度等級。然而若以新的台電規範，十分鐘平均基本設計風速 V_{10} 為 60 m/s，建議應回歸至 70 m/s(瞬間風速)作為設計基準。故若以此更嚴格之新標準，將提升設施危害度等級。

四、平均氣溫上升結合鹽害

本研究評估台中發電廠之設備受到平均氣溫上升結合鹽害之危害度評估準則，採取保守性估計即為較嚴謹方法，主要是以設備因子之評估準則搭配環境因子評估法。但考量危害度設備因子評估時，發電廠所需提供的環境因子等資料較為複雜且不容易蒐集，故若發電廠無法提供評估資料時，依設備所在環境(室內外、有無空調)進行鹽害之危害度設備因子評估。

第一步驟乃先評估台中發電廠廠內會受到鹽害衝擊之設備，並進一步評估該設備受到鹽害衝擊之關鍵元件，其中參考潛勢等級並搭配危害度評估準則(會受到鹽害衝擊之設備位於室內或室外、有無空調、是否已有防範極端氣候之設施或措施)進行評估。即可列出鹽害影響台中發電廠設施之危害度與脆弱度評估。

伍、風險評估

透過危害度與脆弱度評估，本研究量化評估瞬時性氣候風險的重點為：「平均氣溫上升結合閃電雷擊」、「暴雨淹水結合暴潮、天文潮」、「強風吹毀」，而累積性氣候風險「平均氣溫上升結合鹽害」則對台中發電廠的設施之結構強度或電阻可能造成設施安全係數下降，進而增加強風吹毀和閃電雷擊的潛在風險，氣候衝擊因子的破壞力變大(損壞門檻下降)，因此針對上述四項氣候衝擊進行風險評量。

一、平均氣溫上升結合閃電雷擊

經評估雖然有部分設施位於 60 度保護角範圍內，但若發生設備損壞，其恢復至可運轉的時間較長，造成脆弱度較高，包含主汽機、開關場、生水池(10 萬噸水槽)、GT 氣渦輪發電機(含勵磁系統)、氨槽系統、冷凝器及水箱自動清洗系統、高壓飼水加熱器系統、汽輪機 BFPT 及附屬設備，共 8 項設施。然而對於可能遭受大電流雷擊次數而言，在保護角範圍內，其危害度已降至第 2 級及其以下，代表發生機率低，且本階段應找出優先改善之設施，因此先排除上述在保護角範圍內，挑選出位於保護角範圍外，發生機率高的設施，可得台中發電廠設施之雷擊風險矩陣如圖 10，對應設施如表 10。



圖 10 台中發電廠設施之雷擊風險矩陣

表 10 閃電雷擊較高風險設施

編號	名稱	關鍵元件	危害度	脆弱度	風險
34	循環水泵CWP及附屬設備(每部ST一套)	馬達	5	3	極高

二、暴雨淹水結合暴潮、天文潮

經本研究推估，台中發電廠所在區位於近未來最高高潮位估計為 EL8.10 公尺，有海水倒灌之可能性。由歷史紀錄，賀伯颱風時最高高潮位為 6.48 公尺(200 年重現期，碼頭區最低處 EL 為 6.28 公尺)；貝絲颱風時為 5.86 公尺(50 年重現期，建廠採用之設計值)；尤其是大潮期間(最高高潮位條件下)造成排水系統失效的 2013 年蘇力

颱風來襲降雨量(約為 100 年重現期) 造成之淹水水平均深度估計為 GL0.3 公尺(未考慮海水倒灌)。因此估計 EL<8.4 公尺(8.1+0.3)或局部低窪區域，且該處 GL<0.3 公尺之設備，淹水可能性最高，如圖 11。

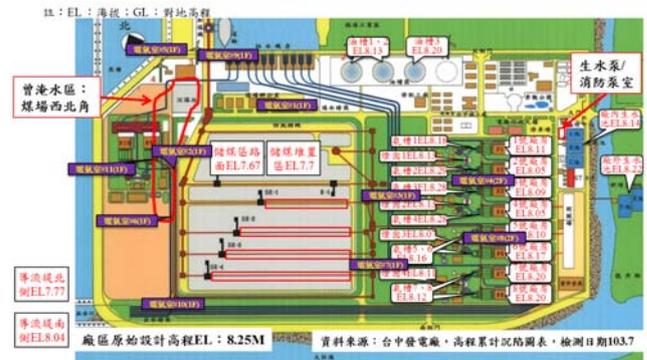


圖 11 廠區高程與易淹水區標示

篩選出的設施編號 112 生水泵、編號 113 消防泵、編號 7 室外煤場以及編號 35 海水電解系統，如圖 12，對應設施如表 11。

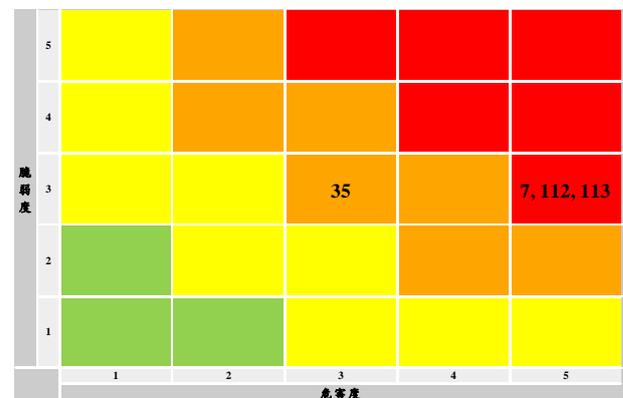


圖 12 台中發電廠設施最高高潮位-暴雨淹水風險矩陣

表 11 最高高潮位-暴雨淹水 GL<0.3M 高風險設施

編號	名稱	關鍵元件	危害度	脆弱度	風險
112	生水泵	馬達	5	3	極高
113	消防泵	馬達	5	3	極高
7	室外煤場(含煤場電氣室)	燃料(煤炭)	5	3	極高
35	海水電解系統	泵的馬達及控制系統	3	3	高度

另外在一般潮位條件下，風險較高且影響運轉的設備項目為編號 7 室外煤場。

對地高程(GL)在 0.3~0.7 公尺的設備，近未來年發生暴雨淹水的機率為 0.19%，亦即 20 年內至少發生 1 次的機率約為 3.8%，由此可知發生機率小，另外其項目多且施工範圍大，施作不易導致成本高，因此建議納入長期評估規劃項目或於更新改建時，提升整廠排水系統能力如圖 13。

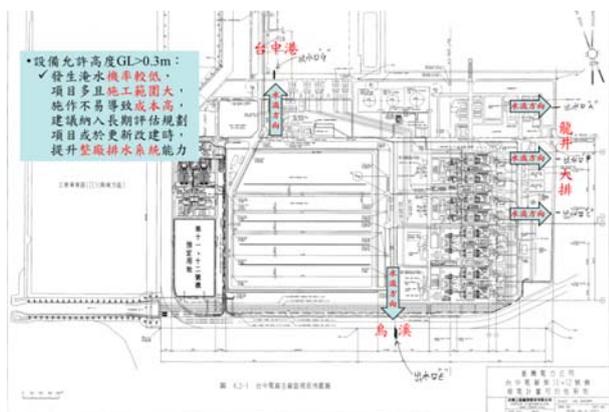


圖 13 廠區排水系統出水口與水流方向示意圖

三、強風吹毀

據研究梧棲測站發生百年重現期 39.2m/s(10 分鐘平均)強風，年發生機率 1%，亦即 10 年內

至少發生 1 次的機率為 9.6%、20 年內至少發生 1 次的機率為 18.2%。因此對於台中發電廠脆弱度較高之設施，應檢視是否可透過管理手段降低設備的修復時間，例如本研究於台中發電廠更新改建之調適建議中，提出應依據設施高度擬訂對應的耐風設計值。至於台電新廠較嚴苛的設計規範 60m/s，對於梧棲地區而言，為 10,000 年重現期以上，年發生機率小於 0.01%，20 年內至少發生 1 次的機率小於 0.2%，發生機率較低，故此評估標準僅先提供參考。詳細強風吹毀之評估結果如圖 14 及表 12。

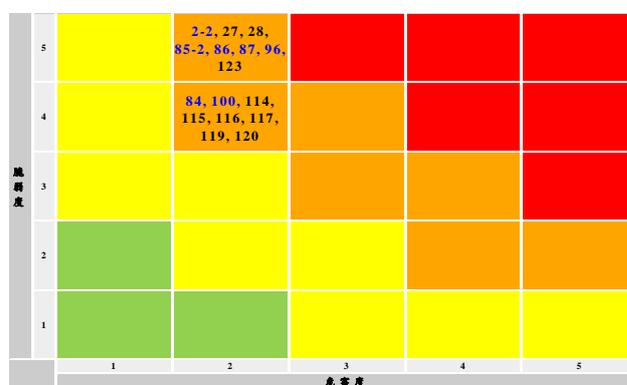


圖 14 台中發電廠設施強風吹毀風險矩陣

表 12 強風吹毀高風險設施

編號	名稱	關鍵元件	危害度	脆弱度	風險
室外					
2-2	輸煤系統(#1~#10共用)(無備用線皮帶)	輸煤皮帶(皮帶機構架)	2	5	高度
84	燃氣加熱系統(GGH)(含吹灰器系統)	保溫浪板	2	4	高度
85-2	石灰石粉儲存倉	鋼構圓槽	2	5	高度
86	吸收塔系統	鋼構圓槽(吸收塔系統)	2	5	高度
87	煙氣系統	保溫浪板	2	5	高度
96	增壓引風機	保溫浪板	2	5	高度
100	生活污水處理場(全廠共用)	--	2	4	高度
室內					
27	主汽機	--	2	5	高度
28	主汽機液壓油系統	--	2	5	高度
114	GT潤滑油系統	--	2	4	高度
115	GT液壓油系統	--	2	4	高度
116	GT燃油系統	--	2	4	高度
117	GT霧化空氣系統	--	2	4	高度
119	GT慢車齒輪系統	--	2	4	高度
120	GT噴水系統	--	2	4	高度
123	GT氣渦輪發電機(含勵磁系統)	--	2	5	高度

陸、調適策略

四、平均氣溫上升結合鹽害

在鹽害調適措施初評時，先針對設施清單篩選出風險較高項目，而鹽害為累積性氣候衝擊，設備因腐蝕而劣化/老化，進而影響設施壽命及其在使用期間的安全係數下降。台中發電廠#1~#10機組之原始故障率為0.6~8.7%，但因鹽害可能提高前述故障率，篩選門檻為高度風險以上的設施為編號2-2的輸煤系統(無備用線皮帶)，如圖15及表13所示。



圖 15 台中發電廠設施鹽害風險矩陣

表 13 鹽害高風險設施

編號	名稱	關鍵元件	危害度	脆弱度	風險
2-2	輸煤系統 (無備用線皮帶)	鋼材結構	5	2	高度

此階段的重點為針對高風險及發生機率大的設施擬定適當的調適因應方案，方可使台中發電廠在面對未來極端氣候的衝擊時有所準備。

針對「平均氣溫上升結合鹽害」、「平均氣溫上升結合閃電雷擊」、「暴雨淹水結合暴潮」、「強風吹毀」四項氣候衝擊之設施清單，篩選出高風險項目，再依其是否為較高發生機率分為嚴重影響發電的不可承受項目；發生機率較低或非嚴重影響發電的可承受項目。

其不可承受項目應立即採取調適行動，故列入優先處理清單；可承受項目則依調適成本高低決定是否依評估準則排序，調適成本較低或是排序在前的列為短期可實施的調適項目，反之成本較高且排序在後列為中、長期調適項目。最後針對降低危害度或脆弱度提出高風險項目調適計畫，或是從整體考量來提高全廠調適因應能力的調適能力建構計畫和支援性調適計畫，將其整合形成方案後，進行調適成本效益分析，以此分析結果作為調適方案的投資依據，評估程序如所示圖16。

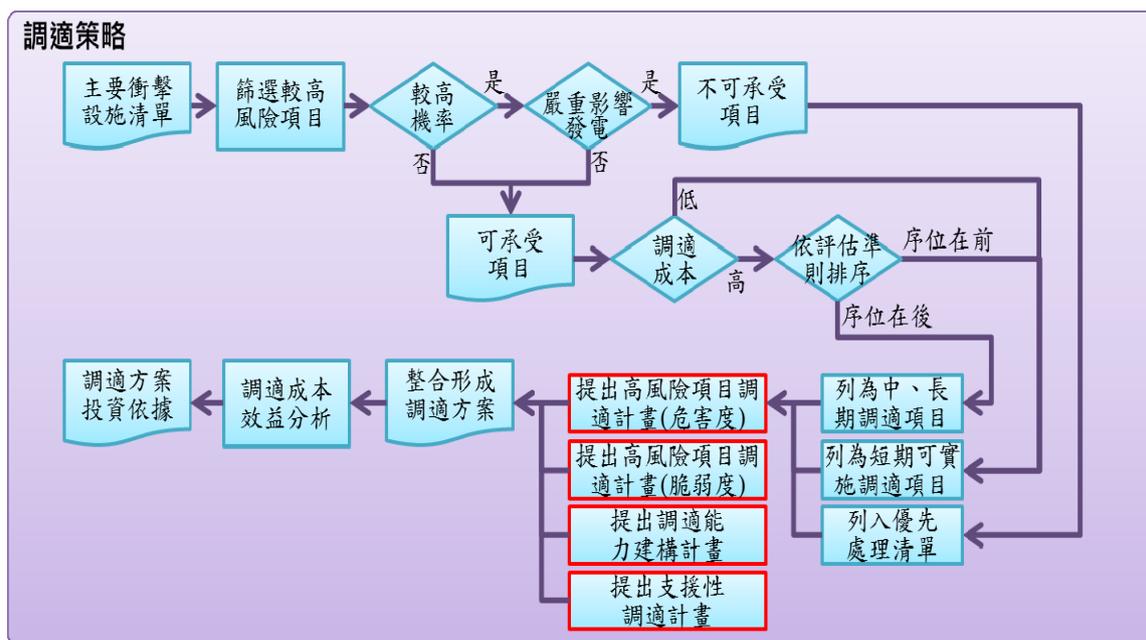


圖 16 調適策略評估程序

針對 4 項主要氣候衝擊之設施清單找出高風險設施後，接續依發生機率高低分為必須立即進行調適措施的「不可承受」項目以及依調適成本高低，擬定短期或中、長期調適措施的「可承受」項目，有關發生機率及調適成本高低區分原則如下：

一、發生機率部份之篩選門檻

「平均氣溫上升結合閃電雷擊」、「暴雨淹水結合暴潮」及「強風吹毀」3 項屬立即性氣候衝擊，以 50 年重現期近未來年發生機率為 2% 以上者訂為高機率設備，列入優先處理清單。

另外「平均氣溫上升結合鹽害」為累積性氣

候衝擊，不適合以發生機率高低進行篩選，故以採用碳鋼材質且為無備用(品)之設施者訂為高機率設備，列入優先處理清單。

二、調適成本部份之篩選門檻

改善金額小於 50 萬列為短期調適措施；介於 50~500 萬之間為中期調適措施；500 萬以上為長期調適措施。

三、擬定高風險項目的調適策略

針對上述 4 項氣候衝擊，擬定提高耐災力(降低危害度)的優先處理清單以及提升整廠調適能力的短、中長期調適項目，如表 14 及表 15 所示。

表 14 優先處理清單

氣候衝擊	設施清單			危害度等級	脆弱度等級	風險評估	調適策略
	風險編號	高風險設施	環境				優先處理清單
鹽害	2.2	輸煤系統(#1~#10共用)(無備用線皮帶) 1.東西向：C51-C58、C66 2.橫向：C14~C15、C18、C59~C60	室外無備品	5	2	高度	1.加強防鏽及重漆油漆頻率至2年9個月年/次 2.透過鹽害調適策略，可避免設備腐蝕，降低強風吹毀之風險
雷擊	34	循環水泵CWP及附屬設備(每部ST一套)	無避雷針	5	3	極高度	3間泵室增設放電式避雷針，共5組
淹水	112	生水泵	0-0.3m	5	3	極高度	加蓋女兒牆以及外開式防水閘門 1.電氣室人員進出入口處加裝防水閘門，共9間 2.設備進出之鐵捲門加裝防水閘門，共7間
	113	消防泵		5	3	極高度	
	7	室外煤場(1F煤場電氣室)		5	3	極高度	

表 15 短、中長期調適項目

氣候衝擊	設施清單			危害度等級	脆弱度等級	風險評估	調適策略	
	風險編號	高風險設施	環境				短期可實施調適項目	中、長期調適項目
淹水	7	室外煤場(#1~#10共用)(含煤場電氣室)	0-0.3m	5	3	極高度	水流到沉煤池過濾後再抽至油槽	建造室內煤倉；輸煤皮帶更換為防滯輸送帶
	35	海水電解系統(每部ST一套)	--	3	3	高度	地勢高推測會流至港池	--
	1~132	廠內所有可能受衝擊之設施	全廠	1~5	1~5	低度~極高度	--	改善廠區排水系統、增建滯洪池或排水口增設閘門搭配抽水機
強風	2.2	輸煤系統(#1~#10共用)(無備用線皮帶)	室外無備品	2	5	高度	加強防鏽及重漆，降低強風吹毀之風險	提高#1~4耐風設計值，高度<30m:41.5-46.1m/s；>30m:56.1-61.2m/s

柒、台中發電廠更新改建之調適建議

調適是持續性的過程，必須針對現況以及未來可能的氣候變遷現象採取即時與預防性的適應行動，因此建議發電廠之新建或更新改建，應納入氣候變遷風險分析以及強化調適因應能力，例如提出關鍵之颱風、潮位等資訊的調適能力建構計畫，以及廠區淹水模擬等支援性調適計畫，預計可提高淹水風險評估的預測準確性，也可以用來修正調適因應措施，降低評估過程的不確定性。因此加強組織調適能力，尤其是加強針對極端氣候事件之韌性，是氣候變遷調適非常重要的一環。

針對發電廠應以氣候變遷後之條件進行各階段之工作，通常既有發電廠(亦即運轉操作期間)可行之調適措施較受限制，因此建議大型治本之調適計畫可在更新、改建時實施，例如發電廠煤場淹水風險之調適因應計畫。其各階段生命週期之調適因應，應包括可行性評估、環境影響評估、規劃設計、施工興建以及運轉操作等分屬於不同單位執行，如圖 17。

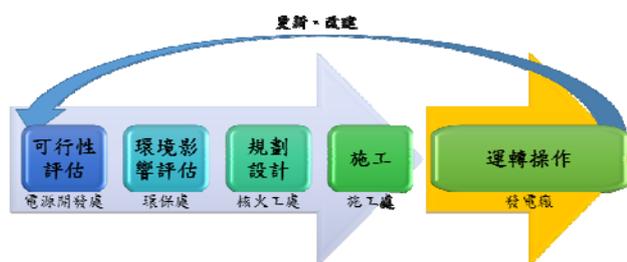


圖 17 發電廠生命週期之調適因應階段

一、暴潮結合暴雨淹水

本研究計畫研析台中發電廠之關鍵雨量、高程與潮位，可知近未來梧棲雨量站接近 500mm/24hrs 雨量變化由歷史紀錄的 100 年重現期提前至 50 年重現期；其 100 年重現期雨量由歷史的 498.2mm/24hrs，近未來增加至 539.2mm/24hrs，增量達 8.2%。根據氣象預報閾值，降雨量達 350mm/24hrs 即為超大豪雨，然而於蘇力颱風時，梧棲雨量站測得的降雨量達 510mm/24hrs，約相當於現在的 100 年重現期雨

量(近未來的 65 年重現期)。

於關鍵高程與潮位上，台中發電廠建廠設計採用基準最高高潮位 HHWL 為 5.86 公尺，但於歷史最高高潮位 HHWL 即達 6.48 公尺，且預估近未來最高高潮位 HHWL 為 8.1 公尺。

另外以 IPCC AR5 調適報告之 RCP4.5 (穩定排放情境)下，推估 100 年重現期日降雨量變化，可知台中發電廠所在位置，於 1986-2005 年(基期)雨量為 499.5mm；2016-2035 年雨量為 527.4mm，增量 27.8mm(漲幅達+6%)，如圖 18 所示；2046-2065 年雨量為 535.2mm，增量 35.7mm(漲幅達+7%)。

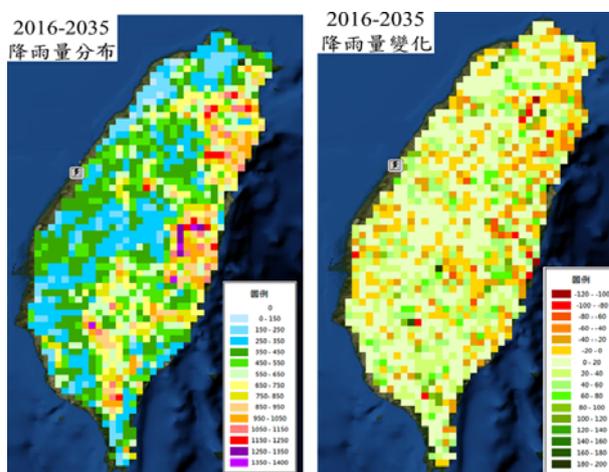


圖 18 2016-2035 年降雨量分布與變化

根據上述資料彙整後繪製，氣候變遷前發生颱風暴潮(最高潮位)再結合超出 100 年重現期雨量下，發電廠面對淹水的風險升高如 C1，此時的淹水風險低；然而氣候變遷後發生颱風暴潮(最高潮位)再結合超出 50 年重現期雨量下，發電廠就會有淹水的風險如 C2，淹水風險高，因此在氣候變遷後，更應提防暴潮下的降雨量，以降低廠內淹水的風險如圖 19。



圖 19 氣候變遷前後暴雨淹水風險變化

針對暴雨淹水結合暴潮之中長期淹水調適措施，例如可透過增建防/擋水匣門以防止暴雨淹水，透過基地/建物墊高則可防止暴潮，而防止暴雨加暴潮淹水則必須透過改善整廠區的排水系統，如圖 20 所示。

暴潮結合暴雨對台中發電廠之影響，在最高高潮位且天文潮、暴潮影響下，現有排水系統可能宣洩不及造成廠區淹水，應全面進行改善，故建議於更新改建時，提高全廠的排水能力。

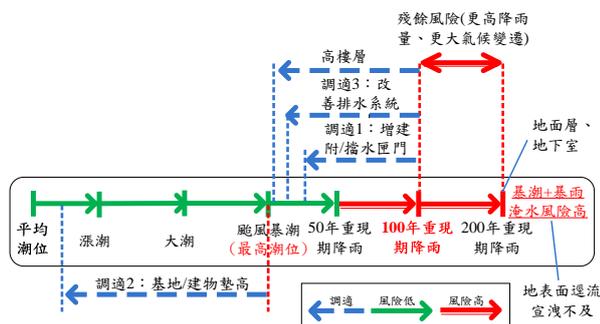


圖 20 中長期淹水調適措施

二、強風吹毀

強風吹毀對台中發電廠之影響，廠內 1~4 號機之輸煤皮帶耐風設計值較 5~10 號機低，若因鹽害之累積性侵蝕造成耐風能力下降，恐無法承受強風，基於未來極端氣候日趨嚴峻，故研析台灣各測站風速統計與變化，台中發電廠所在的梧棲區，其風速變化趨勢由 50 年重現期至 200 年重現期，皆穩定增加 3m/s，風速並無顯著變強的現象。

因此僅先以提高耐風設計作為更新、改建的建議，其中台中發電廠之耐風設計值 $V_{10}=36.5\text{m/s}$ ，略大於法規設計標準 $V_{10}=35.75\text{m/s}$ (100 年重現期)，其#5~10 號機輸煤皮帶，其設備高度 $< 30\text{m}$ ，耐風設計值 $V_{10}=14$ 級風 (41.5~46.1m/s)；高度 $> 30\text{m}$ ，耐風設計值 $V_{10}=17$ 級風 (56.1~61.2m/s)。但台電新建發電廠設計標準 $V_{10}=60\text{m/s}$ ，而國際建議以瞬間 (3 秒) 風速 $V_{\text{gust}}=70\text{m/s}$ 為閾值，相當於 $V_{10}=48.5\text{m/s}$ ，因此建議位於非強風區之台中發電廠於更新、改建時，對於無備用之機組或製程 (例如：#1~4 號機

輸煤皮帶)，應優先提升耐風設計值達 14 級風 (高度 $< 30\text{m}$)~17 級風 (高度 $> 30\text{m}$)。

捌、結論與建議

首先在評估電力業面臨氣候變遷之風險時，需就氣候衝擊態樣與電力設施及其區位之特性綜合考量，因此在「氣候衝擊與災害潛勢分析」中，依據台中發電廠所在區位特性以及過去廠內歷史氣候事件進行氣候衝擊項目之篩選，由原本 18 項選出 11 項氣候變遷衝擊項目。

「危害度與脆弱度評估」時，為使計畫於時間、人力、資源等有限條件下快速聚焦，因此刪除風險較低並合併性質相似的氣候衝擊，從 11 項淬鍊出 4 項。分別評估「平均氣溫上升結合閃電雷擊」、「暴雨淹水結合暴潮、天文潮」、「強風吹毀」、「平均氣溫上升結合鹽害」之影響下，各設施之危害度與脆弱度等級。

「風險評估」為透過危害度與脆弱度等級，挑選出主要的氣候衝擊「平均氣溫上升結合閃電雷擊」、「暴雨淹水結合暴潮、天文潮」、「強風吹毀」、「平均氣溫上升結合鹽害」下，風險等級較高的設施，並將評估結果應用於「調適策略」。

「調適策略」中針對高風險且發生毀損機率大的設施，提出對應的調適措施。其中依據是否嚴重影響發電、可否承受項目、調適成本高低等篩選條件，提出可立即改善的優先處理清單，以及後續加強改善的短期可實施調適項目或是中長期調適項目。

最後依據短中長期調適項目於「更新改建之調適建議」中，針對「暴雨淹水結合暴潮、天文潮」和「強風吹毀」對台中發電廠的影響，提出更詳盡的調適行動。

後續建議台中發電廠可加強收集和共享資訊的研究 (蒐集潛勢類型)、監測、教育訓練、數據與紀錄準確度等，以提升調適能力；另外透過災害模擬結果定義出致災閾值，並將資料運用於應變決策輔助資訊系統，方可提高台中發電廠在面對氣候衝擊時調適因應的完整性。

玖、參考文獻

- 圖」，2005 年。
- [17] 經濟部水利署，「氣候變遷水文情境評估研究(1/2)」，2012 年。
- [18] 內政部，「建築物耐風設計規範及解說」，http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=10479&Itemid=57.
- [1] 國際標準組織，ISO 31000 Risk management — Principles and guidelines(風險管理原則與指導綱要)，2009 年 11 月。
- [2] Defra, "The National Adaptation Programme: Making the country resilient to a changing climate," Department for Environment, Food & Rural Affairs- GOV.UK, 2013.
- [3] UNFCCC, Annotated guidelines for the preparation of national adaptation programmes of action, Least Developed Countries Expert Group pp. 33-40, 2002.
- [4] 台電公司「風險管理實施方案」，2011 年，http://info.taipower.com.tw/left_bar/taipower_sustainable_index/taipower_sustainable03_01_01/taipower_sustainable03_06.htm.
- [5] 交通部運輸研究所，「大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究(2/4)」，2013 年 4 月。
- [6] 交通部中央氣象局「海水表面溫度統計資料」，2004-2014 年，http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/marine_stat/wtmp.htm.
- [7] 行政院國家科學委員會，「2011 年台灣氣候變遷評估報告」，2011 年。
- [8] 林俊宏，「全臺旱災潛勢圖資成果及應用」，100 年。
- [9] 交通部公路總局「Safe Taiwan 安全臺灣：風險管理協作平台」，2014 年，<https://www.safetaiwan.tw/>.
- [10] 交通部中央氣象局，「氣候統計每日雨量資料」，<http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/dailyPrecipitation/dP.htm>.
- [11] 盧鏡臣、陳永明、張志新、郭彥廉，「台灣在氣候及環境變遷下之淹水風險評估—鄉鎮層級的評估」，國家災害防救科技中心，2010 年。
- [12] 經濟部水利署水利規劃試驗所，「區域排水整治及環境營造規劃參考手冊」，2006 年，第 71-80 頁。
- [13] 交通部中央氣象局，「氣候統計潮位統計資料」，http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/marine_stat/tide.htm.
- [14] 行政院農委會，「水土保持技術規範」，1996 年。
- [15] 交通部中央氣象局，「氣候統計每月氣象資料」，<http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyData/mD.htm>.
- [16] 國家災害防救科技中心，「台灣海岸地區脆弱度

綠色電鈕 APP 及電能資訊管理系統採用意願 之關鍵因素研究

A Study of Key Factors of the Adoption Willingness of Electricity Green Button APP and
Electricity Information Management System

許志義*
Hsu, Jyh-Yih

黃永豪*
Huang, Yung-Hao

摘要

本研究為了使消費者能夠先行了解自身用電習慣，提出具有用電模擬及電器排程功能之「綠色電鈕 APP」，輸入消費者用電情形，即能夠模擬各種電費方案之電價，並為消費者做電器排程，以利消費者改變用電習慣，並評估是否需要裝設電能資訊管理系統以達到最佳節省電費之效果。

準此，本研究對於住宅智慧節能資訊管理系統，進行兩大面向之問卷，除了研究消費者採用電能資訊管理系統之關鍵因素外，更調查「綠色電鈕 APP」關鍵因素，以了解消費者是否採用該 APP 之背後因素，以促進電能資訊管理系統之推廣。

當安裝電能資訊管理系統時，需要考慮的指標有三項，分別為「費用指標」、「資訊指標」以及「功能指標」；而採用「綠色電鈕 APP」時，因屬免費下載之行動軟體，因此僅需考慮「資訊指標」以及「功能指標」兩項。

本研究使用層級分析法定義各項因素之權重關係並給予排名，以尋找消費者採用 APP 之關鍵因素。本研究根據文獻，從電能資訊管理系統之三項指標中，整理出 9 項準則及 22 項因素；並從「綠色電鈕 APP」之兩項指標中，整理出 5 項準則及 10 項因素。

本研究之目的有四項：(一)探討「綠色電鈕 APP+EIMS」及「綠色電鈕 APP」消費者採用意願之層級分析架構。(二)建構 APP 設計概念及架構，並探討其資訊管理意涵。(三)採用市場問卷調查法，取得上述消費者採用兩大資訊系統意願之各項指標、準則及因子之相對權重。(四)將各項權重加以排序，探討消費者採用「綠色電鈕 APP+EIMS」及「綠色電鈕 APP」的優先考量因素之順位，並分析其中異同。

研究結果顯示，採用「綠色電鈕 APP+EIMS」的最重要因素為用電資訊隱私(0.25)，接著是介面穩定性(0.13)，諮商費用(0.07)以及用電量模擬(0.05)。而採用「綠色電鈕 APP」的最重要因素為電費支出模擬(0.52)，接著是電器總變動數量(0.13)，個人資料隱私(0.08)以及用電量模擬(0.07)。

Abstract

The aim of this study is to identify the key factors of the consumers' willingness to adopt electricity information management system (EIMS) and green energy APP. With EIMS installed, the indicators being considered include cost indicator, information indicator and function indicator. However, because green energy APP is a free service, only information indicator and function indicator should be considered when the APP is installed. This study

*國立中興大學資訊管理系所暨產業發展研究中心

uses analytic hierarchy process (AHP) to rank the weights of these factors to achieve this target. In accordance with the literatures, based on 3 influence indicators, 9 sub-criteria and 22 factors are established as evaluating standards for EIMS. In contrast, based on 2 influence indicators, 5 sub-criteria and 10 factors are established as evaluating standards for green energy APP.

This study is comprised of four work items as follows: (1) To identify the key factors of the consumers' willingness to adopt electricity tariff program decision-making APP with electricity information management system; (2) To establish design concept and structure for green energy APP, and to probe into the implications of information management; (3) To conduct market survey to select the key factors through AHP, and investigate the sub-criteria of energy information management systems; (4) To calculate the weights of these key factors and sub-criteria of the consumers' willingness to adopt electricity tariff program decision-making APP with electricity information management system for smart building, and to rank the priority of factors and sub-criteria, derived from AHP.

The results show that consumers rank information indicators higher than cost indicators and function indicators. The most important factors to influence adoption of for electricity information management system are electricity information privacy (0.25), followed by interface stability (0.13), consultative charges (0.07) and electric power consumption simulation (0.05). And the most important factors to influence adoption of green energy APP are electricity bills simulation (0.52), followed by total number of electric home appliances switched (0.13), personal data privacy (0.08) and electric power consumption simulation (0.07).

關鍵詞(Key Words)：智慧建築(Smart Building)、電能資訊管理系統(Electricity Information Management Systems)、能源資通訊科技(Energy Information Communication Technology)、綠色電鈕(Green Button)、層級分析法(Analytic Hierarchy Process)、市場調查(Market Survey)、節能減碳(Energy Saving, Carbon Reduction)、需量反應(Demand Response)。

壹、前言

隨著文明的發展，人類不斷追求更加便捷的生活。然而，地球有限的資源卻遭到濫用。在全球暖化溫室效應之衝擊下，節約能源與電力需求面管理成為世界各國重要的共同議題。在台灣，近年來電廠興建非常困難，因此如何節約能源，有效做好電能管理更是刻不容緩的挑戰。根據台灣經濟部能源局 2013 年出版的《能源局年報》^[1]顯示，台灣住宅市場(806 萬用戶)2013 年總用電量約為 433.2 億千瓦小時(亦即「度」)，若每位

住宅用戶每天可以節省 1 千瓦小時，一年則可節省總計 294.1 億千瓦小時，相當於 800.5 億台幣(2.7NT/kWh)，並減少 152.93 噸二氧化碳排放量(按每度電排放 0.52 公斤 CO₂ 計算)¹。因此，若能透過即時性的電能資訊管理系統控管電力消費，除了能夠節省電費支出之外，對台灣整體電力的總需求也能有效降低，同時達到社會節能減碳的目的。

¹ 根據能源局「102 年我國電力排放係數」公布之 102 年度電力排放係數為 0.522 公斤 CO₂e/度(http://web3.moeaboe.gov.tw/ecw/populace/content/wHandMenuFile.ashx?menu_id=365)。

在國內，已經有許多有關需求面管理 (Demand-Side Management, DSM) 之探討，許志義 (2012)^[2]指出，隨著資訊科技成本快速下降，結合智慧電表與「即時、雙向」之節能資訊管理系統，已在先進國家蔚為風潮。先進國家政府管制單位，也積極規劃先進讀表基礎建設或智慧電網之佈建時程，並訂定相關推動法案，以發揮更大的節能效益。許志義與盧佩君(2013)^[3]指出，用戶電表後端的資訊管理平台越來越重要，例如美國目前十分普及的綠色電鈕(Green Button)甚獲重視。因為從用戶賦權的角度觀之，能源消費者應該有權利獲取自身用電之資訊與紀錄。隨著資訊通訊科技大躍進，各種資訊管理系統之成本迅速下降，先進國家莫不積極推動能源資訊通訊科技 (Energy Information Communication Technology, EICT) 之應用與創新。許志義等(2012)^[4]指出，智慧電網需包括的特性中，包含了以淺顯易懂方式讓民眾了解智慧電網的「訊息透明」，透過智慧電表的安裝，讓用戶了解電力使用情況，並進一步控制電力使用的「電力控制」，以及讓使用者根據個人用電方式，選擇最佳費率的「電價選擇」。

相較於過去已有之相關文獻(如顏海倫，2012^[5]；廖桓暉，2013^[6]；林聖揚，2013^[7]等)，假設用戶已採用或以專家觀點評估消費者是否採用智慧電能資訊管理系統，卻並未對用戶自身過去用電情形多加了解之缺口，本研究特別為此作了補充之功課。換言之，為了使能源消費者率先瞭解自身家庭用電情形，提出「綠色電鈕 APP」之概念，並調查若以此概念實做 APP 時，影響消費者是否採用「綠色電鈕 APP」之關鍵因素，以利未來資訊系統開發商發展並推廣搭配相關 APP 之 EIMS，能更著重於能源使用者考慮是否採用該系統時，真正在意之關鍵因素，爰為本研究之動機。

當安裝「EIMS+綠色電鈕 APP」時，需要考慮的指標有三項，分別為「費用指標」，「資訊指標」以及「功能指標」。本研究使用層級分析法定義各項因素之權重關係並給予排名，以尋找消費者採用「EIMS+綠色電鈕 APP」之關鍵因素。

本研究根據文獻，從「EIMS+綠色電鈕 APP」之三項指標中，整理出 9 項準則及 22 項因素。本研究之目的有四項：

- 一、探討「EIMS+綠色電鈕 APP」消費者採用意願之層級分析架構。
- 二、建構 APP 設計概念及架構，並探討其資訊管理意涵。
- 三、用市場問卷調查法，取得上述消費者採用「EIMS+綠色電鈕 APP」意願之各項指標、準則及因子之相對權重。
- 四、將各項權重加以排序，探討消費者採用「EIMS+綠色電鈕 APP」的優先考量因素之順位。

貳、電能資訊管理系統及綠色電鈕

電能資訊管理系統在台灣雖仍未被廣泛使用，但隨著台電陸續推出時間電價及需量反應之各種方案，隨時隨地做好電能管理將越來越重要，電能資訊管理系統能夠為消費者依照不同需求及電價方案分析消費者用電習慣及模擬電費支出，且能透過授權「第三方」的方式，為消費者規劃出最適當的電器排程，也能因應消費者之需求，使用遠端監控之功能隨時隨地監看及控制家中用電狀況，以配合台電臨時發布之需量反應計畫，藉此達到節能減碳及減少電費之目的。

本研究之「第三方」專指介乎電力供給方(電力公司)與電力需求方(電力用戶)之間的專業組織，此組織可以是企業法人或非營利機構，其主要功能係藉由自由契約與電力公司及用戶形成互利共生的利害關係人，根據電力公司所給予的不同電價方案或電價折扣誘因，協助電力用戶在必要時段減少用電負載需求，有助於舒緩電力系統尖峰供電緊澀之壓力。

本研究為推廣電能資訊管理系統，藉由綠色電鈕使能源消費者能夠輕易瞭解自身家庭用電資訊為概念，提出適合未來可能安裝智慧電表及電能資訊管理系統之消費者使用的「綠色電鈕 APP」，並透過市場調查及層級分析法探討消費者採用「電能資訊管理系統」及「綠色電鈕 APP」

之關鍵因素，透過相關文獻所提及之潛在影響因素，建構出以層級分析法為基礎之三層架構，並使用相互成對比較之問卷設計，藉此了解對於消費者來說，考慮採納電能資訊管理系統時真正重視之關鍵因素。

一、電能資訊管理系統

電能資訊管理系統的使用，除了能幫助消費者找到適合自己的用電方案，也能透過電能管理系統提供的電器排程及用電模擬功能，改變消費者之用電習慣，達到節約用電的效果。但因為電能管理系統之消費者採用意願構面各有不同，如何提供消費者真正需求的電能資訊管理系統，則需要深入探討。

有關消費者採用電能資訊管理系統之影響構面，包含了成本面、資訊功能面及控制功能面。林虛白(2012)^[8]指出，於成本面，需考慮系統的導入與維護費用，及能夠減少的用電支出。於資訊面，需具備系統安全控管、系統整合性、人機介面的易用與有用度等功能。而於控制面，則需具備遠端操作、用電模擬及對電器之最佳化排程。

當今，電能資訊管理系統已在許多先進國家被居家用戶普遍使用，而在智慧電表與電能資訊管理系統尚未普及推廣的台灣，也積極發展類似之資訊管理系統。台灣電力公司於 2014 年 5 月舉辦之「AMI 新紀元與應用研討會」中，資策會受邀於該研討會中，說明資策會開發之 In-Snergy(Information Smart Energy)智慧綠能聯網共通平台，此平台有一系列產品，其中的 iFamily 智慧綠能家庭管理系統，是此研討會中的亮點之一。此外，資策會亦在會場上展示該能源資訊管理系統，iFamily 智慧綠能家庭管理系統之功能，包括電力監測分析、遠端監控、排程控制及異常通知，讓能源使用者能夠透過 Web 網頁及手機 APP，隨時隨地監控家中用電情況，並根據家庭歷史用電資料，了解家庭用電習慣，依此對家中電器量身打造適合之排程設定，讓家電配合用戶起居習慣達成自動啟停。透過免費體驗電能資訊管理系統之功能，使家庭用戶更加了解自身用電情況及電能資訊管理系統帶來之效益，以

達到推廣電能資訊管理系統之目的(參見 <http://www.insnergy.com/index.jsp>)。

為了推廣 HEMS，資策會特別提供特定家庭用戶近千套「智慧綠能家庭管理套件」，做為用戶免費體驗使用，以達推廣之目的。此套件內容包含：

- (一) 一台能夠直接當做 Wi-Fi 無線分享器使用之專用綠能閘道器(Gateway)
- (二) 一組四孔雲端插座
- (三) 一組單孔雲端插座

本文作者承蒙資策會提供此一 iFamily 系統套件，做為進行本研究學術之用。作者將此一套件，實際用於居家環境發現該系統除了能將家中五種家電，分別插於一組單孔與一組四孔之雲端插座之外，尚能藉由一組專用綠能閘道器，接收此「四合一」孔雲端插座上所計量之五種家電即時用電量，將藉由閘道器將此用電資訊持續傳輸，並儲存於資策會之雲端資料庫，讓能源使用者能夠透過下列兩種方式即時監看家中連結至雲端插座之電器，一種是透過行動裝置 APP，一種是透過資策會 iFamily 節能系統專屬網頁，登入用戶帳號及密碼，便可即時監看家中連結至雲端插座之電器，甚至可直接透過畫面上的啟停按鈕，隨時控制這些電器之啟動或停止，如圖 1 及圖 2 所示。



圖 1 iFamily 於網頁上的用電資料查詢畫面



圖 2 iFamily 於 APP 上的用電資料查詢畫面

若進一步探討此一 iFamily 節能系統之細項功能，則可發現其雲端插座附有「四加一」個插口，每一個插口再插上不同家電設備之後，使用者即可在 iFamily 專用網站之相關頁面上(手機介面尚無法操作)設定不同電器名稱，如：電視、冰箱、烤箱、電風扇、冷氣等，以及其不同廠牌與型號，以利使用者分辨。從插上插座當下開始，iFamily 節能系統即開始持續記錄各家電之用電資料，且能自動透過由使用者事先設定之「平均電價」及「碳係數」，估算出個別單一電器及五個電器加總之用電量與累計之「總電費支出」，以及其相對應之「二氧化碳排放量」，並由使用

者「選定不同日期」(如今日相對於特定之上週某日)之用電狀況進行歷史用電量之相互比較，透過圖表不同顏色之曲線比較不同時段之用電情況。此外，亦可設定「用電警示」，當插上此雲端插座之特定電器超過設定安培數之上限時，該插座會自動將電流切斷以確保用電安全，並能自動由 iFamily 中央控制系統以電子郵件通知使用者。iFamily 亦提供了電器排程功能，使家中電器能依照使用者之「事先」規劃自動啟停，其中，若使用者之電器使用習慣較為規律，亦能夠以「日」或「週」為單位，規劃電器排程，達到智慧監控電器之目的，如圖 3。

▼ RS90000D6F00017453D3			
電器設備	排程說明	排程狀態	下次觸發時間
RS06000D6F0003BB9275 	控制： <input checked="" type="radio"/> 開啟 <input type="radio"/> 關閉 觸發區間： <input type="radio"/> 每日 <input checked="" type="radio"/> 每週 <input type="radio"/> 單次	<input type="checkbox"/> 週一 <input type="checkbox"/> 週五 <input checked="" type="checkbox"/> 週二 <input type="checkbox"/> 週六 <input type="checkbox"/> 週三 <input type="checkbox"/> 週日 <input checked="" type="checkbox"/> 週四	時間： <input type="text" value="00:00"/> <input type="button" value="設定"/> <input type="button" value="關閉"/>

圖 3 iFamily 電器排程設定畫面

上述電能資訊管理系統，從政府政策與法規之角度探討，近年來先進國家已有越來越加以重視之發展趨勢，本文引用資策會(2013)^[9]之研究結果顯示：根據美國「2005 年能源政策法」規定電力營運商在用戶要求下，應提供各時段電價詳細記錄，並透過先進讀表基礎建設及資通訊科技以利管理；英國 2014 年修訂之「1989 年電業法」要求，電力營運商有對家戶及中小型非家用消費者，裝設智慧電表及居家顯示器之義務；歐盟雖未要求電力供應商於用戶端裝置智慧讀表系統，但根據「2006 年節約能源指令」規定，歐盟各成員國必須提供充足之用戶實際用電消費資訊，以供用戶自行調控居家用電量。資訊工業策進會(2013)^[9]進一步建議：我國如可參照國外推動先例，依行政院核定「智慧電網總體規劃方案」及「智慧型電表基礎建設推動方案」所規劃之推動時程，可針對電力營運商(包括電力公司及第三方)就智慧電表之裝設課予義務，或者應消費者要求時，必須提供智慧電表裝置，以加速我國智慧

電網建置及整體佈建。

二、綠色電鈕

智慧建築和能源管理已經成為當今發展趨勢，也是需要深入研究的課題。為了使電能能夠充分被利用，先進國家已經著手展開智慧能源管理系統的開發，同時，也有許多值得重視的研究結果。

許志義與盧佩君(2013)^[3]提出國內第一篇深入探討「綠色電鈕」之文獻，其中指出，佈建先進讀表基礎建設，以智慧電表取代傳統機械讀表已成為目前電力系統管理之新趨勢，智慧讀表系統透過其後端即時存取之能源使用者電力使用紀錄，除了能夠作為電力供給之帳單依據外，也可藉此獲得電力負載之空間與時間分布確切資訊。於空間上，能夠存取能源使用者使用不同家電之電力消耗資訊；於時間上，能夠存取不同時間區段中，能源使用者之電力使用情況分布。這些資訊若能夠透過簡易的方式輕易存取，將為能

源管理及節能減碳帶來重要的價值。綠色電鈕的概念為，以用戶賦權的角度為出發點，主張能源消費者應有權利獲取自身用電資訊之紀錄並予以保存，因此在保護消費者隱私之前提下，能源提供者必須提供一個容易使用的方式，使能源消費者能夠輕易存取自身之用電資訊，並且該用電資訊必須是一種容易閱讀及使用的標準格式。

上述許志義與盧佩君(2013)^[3]探討之綠色電鈕，係美國於 2009 年 11 月國家標準技術研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)主導開發之智慧電能管理系統。由智慧電網互通性專家小組(The Smart Grid Interoperability Panel, SGIP)負責推廣此一綠色電鈕，並於 2011 年 9 月白宮首任幕僚科技長(Chief Technology Officer of the United States, CTO)安奈許(Aneesh Chopra)在第一個引進此一綠色電鈕的加州太平洋瓦斯公司(Pacific Gas & Electric, PG&E)正式發表會上指出，綠色電鈕旨在提供能源使用者一個標準格式的用電資訊，未來必將成為美國境內其他各州仿效之對象。Witkin (2012)^[10]也提到，透過一個公認且易讀的標準格式，能源使用者能夠更輕易閱讀自身家庭用電資訊，軟體開發商在撰寫相關服務時也能更無後顧之憂。

綠色電鈕之概念是由藍色按鈕(Blue Button)衍伸而來，Kim (2010)^[11]提及，藍色按鈕之構想是由美國總統歐巴馬於 2010 年 8 月在美國傷殘軍人會議(Disabled Veterans of America Conference)所宣布，美國退伍軍人事務部(The US Department of Veterans Affairs, VA)即於同年 10 月推出藍色按鈕，健康資訊需求者得透過美國退伍軍人事務部官網簡易下載其健康資訊(Health Information)，也可以選擇將該資訊分享給健康照護提供者(Health Care Provider)、保險公司和信任的第三方，該倡議更挑戰軟體開發者在藍色按鈕的基礎上，開發更多的 APP 軟體，使當事人更輕易掌控並管理自身健康的狀況。Aneesh (2011)^[12]提及，憑藉著藍色按鈕的成功，將類似概念放眼至能源產業，研發一個機器可讀取之開放格式(Machine-Readable Open Format)之綠色電鈕，將使能源消費者對電力使用有更明智揭露的決策

(Smart Disclosure)。

Holdren & Sutley (2012)^[13]提及，相關服務及手機 APP 的開發，能讓能源使用者更輕易存取自身用電資訊。自 2012 年 1 月開始，17 個州及華盛頓特區共 35 個事業單位宣示投入此自發性倡議；截至 2012 年 10 月，不到一年的時間，美國境內已有超過 1,600 萬個家庭用戶和企業，得透過綠色電鈕提供的功能下載能源消費者之能源資訊，而至 2014 年 7 月，已有 67 個能源提供者加入綠色電鈕提倡，並有超過 4,300 萬的家庭用戶及企業能夠使用，而相關配套措施有網路介面、智慧型裝置 APP、電價費率方案、客製化能源效率提醒服務、虛擬能源稽核軟體等。

綠色電鈕提供能源消費者從電力公司網站下載自身用電資訊的管道，消費者可自行選擇存取總合使用資訊(Summary of Usage Information)或特定需求之區間細項資料，一般而言，能源消費者之總合使用資訊包括「用電區間」、「總電費計算」以及「總用電量」等，圖 4 為以 1 小時為區間，資料期間長度為 1 天之特定用電資訊範例圖。

資訊工業策進會(2013)^[9]指出，美國聯邦政府推動「綠色電鈕」計畫，於 2012 年 12 月，就綠色電鈕使用者介面共通性技術標準(Green Button Standards)之研發和開放自動資料的傳輸(Open Automatic Data Entry system, ADE)進行討論。Open ADE 專案小組(Open ADE Task Force)開始進行「Open ADE 綠色電鈕驗證計畫」(Open ADE Green Button Test Plan)，包含資訊下載(Download)和資訊聯結(Connect)二者。相關驗證計畫中，美國聯邦政府乃持續與事業單位、州層級主管機關及私人企業進行合作，共同推動「綠色電鈕聯結我的資訊」(Green Button Connect My Data)服務。該服務協助用戶能夠自動並安全地轉換其綠色電鈕資訊給授權的第三方，使能源使用者得善用第三方提供之關鍵節能服務與機會，達到以用戶為中心(User Centric)之創新節能服務。由於綠色電鈕涉及「第三方」對於能源資訊(Consumers-Specific Energy Use Data, CEUD)之存取與利用，如何強化個人或公眾對於第三方之能源資訊使用信賴，乃隱私權重要課題。

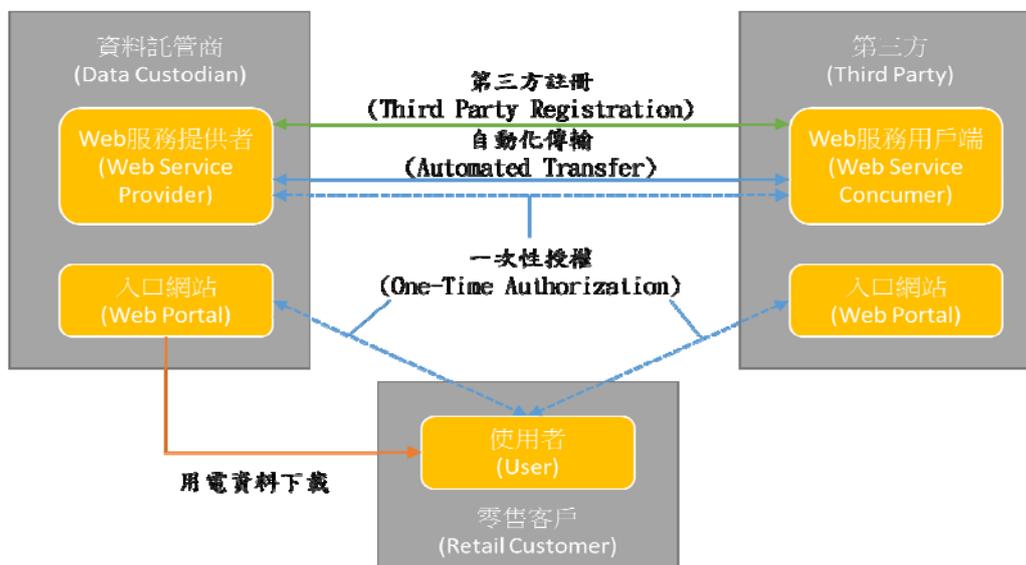
Data for period starting: 2013-06-01 00:00 for 1 day			
Energy consumption time period	Usage (Real energy in kilowatt-hours)	Cost (US Dollar)	Events occurred
2013-06-01 00:00 to 2013-06-01 01:00	0.852	0.03	
2013-06-01 01:00 to 2013-06-01 02:00	0.274	0.01	
2013-06-01 02:00 to 2013-06-01 03:00	0.277	0.01	
2013-06-01 03:00 to 2013-06-01 04:00	0.261	0.01	
2013-06-01 04:00 to 2013-06-01 05:00	0.262	0.01	
2013-06-01 05:00 to 2013-06-01 06:00	0.288	0.01	
2013-06-01 06:00 to 2013-06-01 07:00	0.739	0.02	
2013-06-01 07:00 to 2013-06-01 08:00	1.436	0.09	
2013-06-01 08:00 to 2013-06-01 09:00	1.450	0.09	
2013-06-01 09:00 to 2013-06-01 10:00	1.422	0.09	
2013-06-01 10:00 to 2013-06-01 11:00	1.240	0.07	
2013-06-01 11:00 to 2013-06-01 12:00	1.341	0.08	
2013-06-01 12:00 to 2013-06-01 13:00	1.463	0.09	
2013-06-01 13:00 to 2013-06-01 14:00	1.444	0.09	
2013-06-01 14:00 to 2013-06-01 15:00	1.330	0.08	
2013-06-01 15:00 to 2013-06-01 16:00	1.491	0.13	
2013-06-01 16:00 to 2013-06-01 17:00	1.466	0.18	
2013-06-01 17:00 to 2013-06-01 18:00	1.243	0.19	
2013-06-01 18:00 to 2013-06-01 19:00	1.487	0.22	
2013-06-01 19:00 to 2013-06-01 20:00	1.327	0.20	
2013-06-01 20:00 to 2013-06-01 21:00	1.371	0.16	
2013-06-01 21:00 to 2013-06-01 22:00	1.437	0.13	
2013-06-01 22:00 to 2013-06-01 23:00	1.243	0.07	
2013-06-01 23:00 to 2013-06-02 00:00	1.390	0.04	

資料來源：<http://greenbuttondata.org/>

圖 4 美國綠色電鈕特定用電(每日以一小時為區間)資訊表單範例

綠色電鈕能讓能源使用者之用電資訊，透過標準 HTTP 傳輸協定，在零售客戶 (Retail Customer)、資料託管商(Data Custodian)以及第三

方(Third Party)間傳輸，如圖 5 所示，同時這三個角色，也是綠色電鈕之主要功能如下：



資料來源：<http://www.greenbuttondata.org/>

圖 5 綠色電鈕利害關係人資訊流之角色定位示意

- (一) 零售客戶：任何從能源提供商取得能源服務之任何個人及企業。
- (二) 資料託管商：持有並提供能源服務予零售客戶之企業，資料託管商能從提供能源服務的過程中取得能源使用者之能源使用資料，並可在得到客戶授權的情況下將這些資料與第三方共享。
- (三) 第三方：經零售客戶授權，可向資料託管商註冊並取得能源使用者之能源使用資訊，並依此提供服務的個人或企業。

相對於美國綠色電鈕 APP，台灣電力公司 (Taiwan Power Company, TPC) 已於 2013 年 3 月於 Android 跟 iOS 作業系統上架一款「電力報馬仔」APP，並多次更新版本，於 2014 年 7 月底為止已更新至 1.51 版本。其主要功能包括：查看台電發布之最新消息及新聞稿、該 APP 使用者可即時通報及查詢各地停電資訊，並且能夠線上查詢電費繳費狀況及台電各營業區服務據點等。該 APP 與美國綠色電鈕 APP 之主要差別為，美國綠色電鈕 APP 能夠查詢用戶即時用電情況及歷史用電資訊表，以達到用戶自發性節電之目的，而台電「電力報馬仔」主要以發布新聞及停電訊息，尚無查詢用戶即時用電情況的功能。此外，「電力報馬仔」目前下載使用人數尚未達到 5,000 人，與美國綠色電鈕 APP 使用人數相距甚遠，可見仍有進一步推廣的空間。同時，推動綠色電鈕 APP 實無關乎電業法規之修訂。即便國內電力市場目前仍以垂直整合之綜合電業(台電公司)獨佔經營，不同於先進國家電力市場自由化下眾多電力公司相互競爭之情況，台電公司仍可藉由綠色電鈕 APP 提供電力用戶充分資訊，以加強服務品質。但想要進一步推廣這類用戶端查詢用電資訊之 APP，首先必須了解用戶採用這類 APP 之考量因素究竟為何。準此，本研究之目的即是為了探討，消費者採用上述類似之 APP 時所在意的關鍵因素，以及各項因素之優先順序與權重。

參、研究方法與問卷設計

一、研究方法

本研究使用層級分析法(AHP)設計問卷，以兩種指標比較相對重要的方式，找出影響消費者採用「綠色電鈕 APP+EIMS」的關鍵影響因素，本文述及之「綠色電鈕 APP+EIMS」，其內容說明如表 1 所示。

AHP 在操作上可分為兩個階段，分別為層級架構的建立與層級評估。在建立層級架構部分，研究者必須對問題進行描述，並列出需評估的項目和可供選擇的方案，進而建構完整的 AHP 層級架構。而在層級評估部分，則是請填答者對同一層級要素進行兩兩相對重要性之評估，接著研究者除了進一步將評估結果換算成同層級因子的相對權重外，研究者也必須將填答者的評估結果進行邏輯診斷，以避免評估結果不符邏輯。

在決策方式中，傳統的方法會使用成本最小且利益最大的方案做為決策目標，但在現實世界的決策問題中，多數決策問題往往具有多準則之特性，此時使用單一指標做為決策根據將過於狹隘，這類情況下，則需要透過多準則決策 (Multiple Criteria Decision Making, MCDM) 進行評估。使用多準則決策能用更多面相針對不同方案進行考量，使決策結果更為正確。

許志義(2003)^[14]指出，因多目標或多準則決策之權數不易事先決定，因此，為求得目標之間的優先順序及權數，部分學者提出德菲法 (Delphi)、多元尺度法 (Multidimensional Scaling) 及層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)。

黃柏凱(2007)^[15]指出，多準則決策可分為連續型 (Continuous) 以及離散型 (Discrete) 兩類，連續型多準則決策是以數學方程式呈現問題並找出最佳解，而離散型多準則決策則是從許多方案中選出最佳方案，而本研究使用之層級分析法即是屬於離散型多準則決策分析法。

層級分析法是由美國賓州匹茲堡大學的 Satty 於 1971 年所提出，主要應用於多準則評估的決策上，可在複雜的決策問題中找出較正確的方案，透過對於問題的切割、分類，使其建立一個樹枝狀的結構層級，藉此除了能讓問題的本質更為清晰外，也能讓決策更加準確。

表 1 本研究「綠色電鈕 APP+EIMS」之說明

資訊系統	內容說明	圖示																																																																											
<p>「綠色電鈕 APP+EIMS」</p>	<p>包含綠色電鈕 APP 及電能資訊管理系統 (EIMS)，消費者能透過電能資訊管理系統自動且即時蒐集用電資訊，進行用電模擬及電器排程，並且透過電能資訊管理系統與家電的連結，達到遠端監控之目的。</p>	<div style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">時段</th> <th style="width: 33%;">用電量(Kwh)</th> <th style="width: 33%;">電費支出</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>00:00 to 01:00</td><td>0.263</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>01:00 to 02:00</td><td>0.268</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>02:00 to 03:00</td><td>0.282</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>03:00 to 04:00</td><td>0.283</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>04:00 to 05:00</td><td>0.246</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>05:00 to 06:00</td><td>0.294</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>06:00 to 07:00</td><td>0.876</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>07:00 to 08:00</td><td>1.428</td><td>2.7</td></tr> <tr><td>08:00 to 09:00</td><td>1.356</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>09:00 to 10:00</td><td>1.243</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>10:00 to 11:00</td><td>1.253</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>11:00 to 12:00</td><td>0.742</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>12:00 to 13:00</td><td>0.855</td><td>1.5</td></tr> <tr><td>13:00 to 14:00</td><td>0.743</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>14:00 to 15:00</td><td>0.755</td><td>1.5</td></tr> <tr><td>15:00 to 16:00</td><td>0.783</td><td>2.7</td></tr> <tr><td>16:00 to 17:00</td><td>0.784</td><td>4.2</td></tr> <tr><td>17:00 to 18:00</td><td>0.846</td><td>6</td></tr> <tr><td>18:00 to 19:00</td><td>1.091</td><td>9.9</td></tr> <tr><td>19:00 to 20:00</td><td>1.375</td><td>12.3</td></tr> <tr><td>20:00 to 21:00</td><td>1.375</td><td>9.9</td></tr> <tr><td>21:00 to 22:00</td><td>1.261</td><td>6.9</td></tr> <tr><td>22:00 to 23:00</td><td>1.443</td><td>5.1</td></tr> <tr><td>23:00 to 00:00</td><td>0.9</td><td>1.5</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; margin-top: 5px;">電器排程</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">APP 顯示使用者輸入用電情況之表格</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p style="text-align: center;">網頁顯示 EIMS 之即時用電資訊(取自 iFamily 網頁)</p> </div>	時段	用電量(Kwh)	電費支出	00:00 to 01:00	0.263	0.3	01:00 to 02:00	0.268	0.3	02:00 to 03:00	0.282	0.3	03:00 to 04:00	0.283	0.3	04:00 to 05:00	0.246	0.3	05:00 to 06:00	0.294	0.3	06:00 to 07:00	0.876	0.9	07:00 to 08:00	1.428	2.7	08:00 to 09:00	1.356	2.4	09:00 to 10:00	1.243	2.1	10:00 to 11:00	1.253	2.4	11:00 to 12:00	0.742	1.2	12:00 to 13:00	0.855	1.5	13:00 to 14:00	0.743	1.2	14:00 to 15:00	0.755	1.5	15:00 to 16:00	0.783	2.7	16:00 to 17:00	0.784	4.2	17:00 to 18:00	0.846	6	18:00 to 19:00	1.091	9.9	19:00 to 20:00	1.375	12.3	20:00 to 21:00	1.375	9.9	21:00 to 22:00	1.261	6.9	22:00 to 23:00	1.443	5.1	23:00 to 00:00	0.9	1.5
時段	用電量(Kwh)	電費支出																																																																											
00:00 to 01:00	0.263	0.3																																																																											
01:00 to 02:00	0.268	0.3																																																																											
02:00 to 03:00	0.282	0.3																																																																											
03:00 to 04:00	0.283	0.3																																																																											
04:00 to 05:00	0.246	0.3																																																																											
05:00 to 06:00	0.294	0.3																																																																											
06:00 to 07:00	0.876	0.9																																																																											
07:00 to 08:00	1.428	2.7																																																																											
08:00 to 09:00	1.356	2.4																																																																											
09:00 to 10:00	1.243	2.1																																																																											
10:00 to 11:00	1.253	2.4																																																																											
11:00 to 12:00	0.742	1.2																																																																											
12:00 to 13:00	0.855	1.5																																																																											
13:00 to 14:00	0.743	1.2																																																																											
14:00 to 15:00	0.755	1.5																																																																											
15:00 to 16:00	0.783	2.7																																																																											
16:00 to 17:00	0.784	4.2																																																																											
17:00 to 18:00	0.846	6																																																																											
18:00 to 19:00	1.091	9.9																																																																											
19:00 to 20:00	1.375	12.3																																																																											
20:00 to 21:00	1.375	9.9																																																																											
21:00 to 22:00	1.261	6.9																																																																											
22:00 to 23:00	1.443	5.1																																																																											
23:00 to 00:00	0.9	1.5																																																																											

Saaty(1980)^[16]發展 AHP 方法的基本假設，主要包括下列幾項：

- (一) 一個問題能夠被分解成不同種類(Classes)或成份 (Components)，並建構成圖形層級結構。結構中每一層級之要素均假設具有獨立性 (Independence)。
- (二) 每一層級內的因子，可以用上一層級內一個或多個因子作為評準進行評估。而比較評估時，可將絕對數值尺度轉換成比例尺度 (Ratio Scale)。
- (三) 各層級因子進行相對比較後，可使用正倒值矩陣 (Positive Reciprocal Matrix)分析。
- (四) 偏好關係滿足遞移性 (Transitivity)；不僅優劣關係滿足遞移性(A 優於 B 優於 C，則 A 優於 C)，同時強度關係也需滿足遞移性(A 優於 B 二倍，B 優於 C 三倍，則 A 優於 C 六倍)完全具遞移性不容易，因此 AHP 容許不具遞移性的存在，但需測試其一致性 (Consistency)的程度。
- (五) 要素的優勢程度經由加權法則(Weighting Principle)而求得。

二、問卷設計

本文採用層級分析法 (AHP) 建立層級間之架構。首先，為了在問卷設計中，徹底歸類出影響消費者採用「綠色電鈕 APP+EIMS」的因素，本文透過先進學者們的相關文獻及研究，歸納出對於消費者來說，較為重要的指標、準則以及因子，如表 2 所列示，其中包含「費用指標」、「資訊指標」以及「功能指標」，以及第二層的 9 項準則，第三層的 22 項因子，如圖 6 所示。接著，以此架構進行問卷題目之設計。經過三位 AHP 問卷專家進行「前測」²，並依據專家意見修正問卷內容後，再透過網路問卷的市場調查方式廣納意見，藉此探討消費者採用意願之關鍵因素。

本研究將「EIMS+綠色電鈕 APP」之總層級下整理出三個層級，各項因素參照之文獻如表 2 所示，分別說明如下：

- (一) 第一層指標：「EIMS+綠色電鈕 APP」的重要影響指標，包含「費用指標」、「資訊指標」以及「功能指標」三大指標。
- (二) 第二層準則：由第一層指標向下延伸探討，每一項指標之下較為重要之準則。

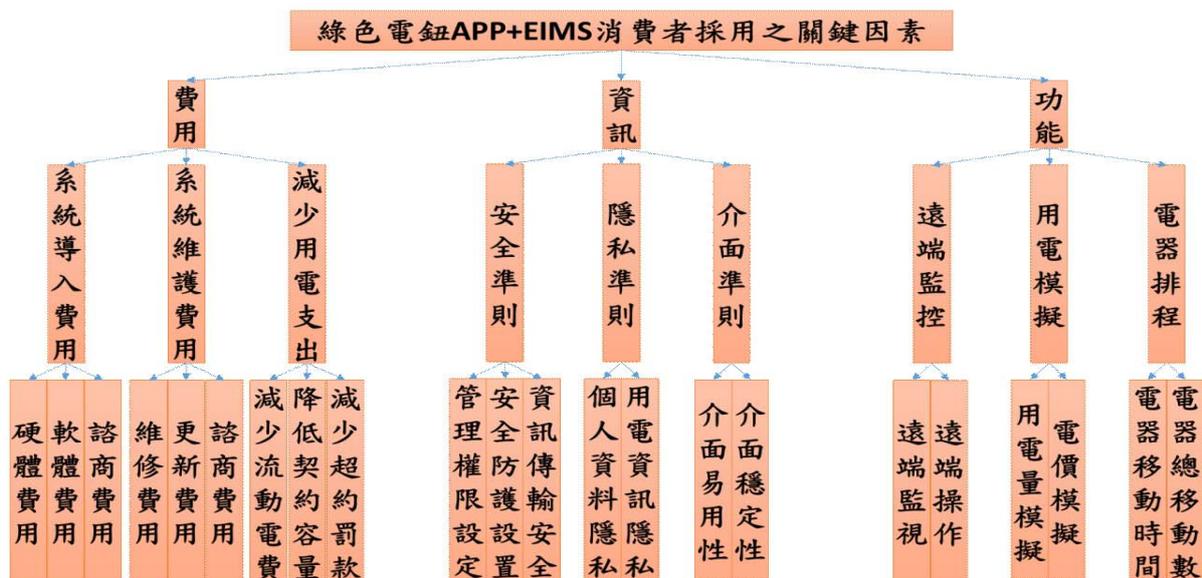


圖 6 「EIMS+綠色電鈕 APP」之 AHP 架構

² 前測係為了解對於受訪者，問卷內容是否用字太為艱澀、語意不清、或問卷過長，導致受訪者無法理解或填答意願降低，必須針對初步問卷進行前測，並加以修改。

(三) 第三層因子：參考國內外相關文獻萃取出電能資訊管理系統之消費者採用意願的重要因素，建立於本架構之最底層以分析各項因素之間相對權重的比較。

「EIMS+綠色電鈕 APP」涵蓋之三大指標為：

(一) 費用指標：包含系統導入階段至維護所需花

費的各項費用，以及系統導入後能為使用者省下的電費支出。

(二) 資訊指標：包含用電資訊的安全、各種資訊的隱私以及人機介面的易用性和穩定性。

(三) 功能指標：意指系統導入後能提供的服務功能，包含監控、用電模擬及排程。

表 2 建立資訊系統需考量之各關鍵因素(包括指標、準則、因子)及其相關文獻

指標	準則	因子	參考文獻
費用指標	系統導入費用	硬體導入費用	Sahay & Gupta (2003) ^[17] 、Adebanjo(2003) ^[18] 、顏海倫(2012) ^[5] 、林虛白(2012) ^[8]
		軟體導入費用	Sahay & Gupta (2003) ^[17] 、Adebanjo(2003) ^[18] 、林虛白(2012) ^[8]
		諮商費用	Everdingen,Hillegersber ^[19] & Waarts(2000)、Sahay & Gupta (2003) ^[17]
	系統維護費用	維修費用	Everdingen,Hillegersber ^[19] & Waarts(2000)、Sahay & Gupta (2003) ^[17] 、林虛白(2012) ^[8]
		更新費用	Seidmann & Arbel(1985) ^[20] 、Min (1992) ^[21]
		諮商費用	Negash, Ryan & Igbaria (2003) ^[22] 、李聰穎(2005) ^[23] 、蕭煒騰(2009) ^[24]
	減少用電支出	減少流動電費	劉勝良(2001) ^[25] 、李聰穎(2005) ^[23] 、蕭煒騰(2009) ^[24] 、顏海倫(2012) ^[5] 、林虛白(2012) ^[5]
		降低契約容量	Hsiao(1990) ^[26] 、Yang(1991) ^[27] 、劉勝良(2001) ^[25] 、李聰穎(2005) ^[23] 、周育賜(2008) ^[28] 、蕭煒騰(2009) ^[24] 、林虛白(2012) ^[8]
		減少超約罰款	周育賜(2008) ^[28] 、蕭煒騰(2009) ^[24]
資訊指標	安全準則	管理權限設定	Ballou & Pazar(1985) ^[29] 、Wang & Strong(1996) ^[30] 、Naumann & Rolker(2000) ^[31]
		安全防護措施	Wang & Strong(1996) ^[30] 、Naumann & Rolker(2000) ^[31] 、溫琇玲(2003) ^[32]
		資訊傳輸安全	Seddon & Kiew(1996) ^[33] 、溫琇玲(2003) ^[32] 、Naumann & Rolker(2000) ^[31] 、余哲如(2011) ^[34]
	隱私準則	個人資料隱私	Seddon & Kiew(1996) ^[33] 、Shanks & Corbitt(1999) ^[35] 、Sedera & Gable(2004) ^[36] 、林虛白(2012) ^[8] 、葉慈章與王志翔(2013) ^[37]
		用電資訊隱私	Seddon & Kiew(1996) ^[33] 、Wang & Strong(1996) ^[30] 、Shanks & Corbitt(1999) ^[35] 、葉慈章與王志翔(2013) ^[37]
	介面準則	介面易用性	Naumann & Rolker(2000) ^[31] 、Xu et al.(2002) ^[38] 、Lee et al.(2002) ^[39] 、Sedera & Gable(2004) ^[36] 、Sabherwal et al.(2006) ^[40] 、林虛白(2012) ^[8]
		介面穩定性	DeLone & McLean(1992) ^[41] 、Wang & Strong(1996) ^[30]
功能指標	遠端監控	遠端監視	劉勝良(2001) ^[25] 、張煥營(2003) ^[42] 、蕭煒騰(2009) ^[24] 、蘇偉銘(2011) ^[43]
		遠端操作	劉勝良(2001) ^[25] 、張煥營(2003) ^[42] 、蕭煒騰(2009) ^[24] 、蘇偉銘(2011) ^[43]
	用電模擬	用電量模擬	劉勝良(2001) ^[25] 、張煥營(2003) ^[42]
		電費支出模擬	吳建賢(2001) ^[3] 、張煥營(2003) ^[42]
	電器排程	電器變動啟停時間	劉勝良(2001) ^[25] 、蕭煒騰(2009) ^[24] 、蕭盈璋(2011) ^[44] 、朱建華(2012) ^[45]
		電器總變動數量	劉勝良(2001) ^[25] 、蕭煒騰(2009) ^[24] 、蕭盈璋(2011) ^[44] 、朱建華(2012) ^[45]

資料來源：參考林虛白(2012)^[8]加以擴充整理

三、研究結果

本研究使用 Google Forms 製作問卷，並以網路問卷的方式發放問卷，周倩與林華(1996)^[46]指出，網路研究法之優點為：降低遞送成本、傳遞快速、作答時間彈性及資料數值化。

Roscoe(1975)^[47]指出，適合的研究樣本數目，以 30 至 500 個樣本數較為恰當。Comrey(1973)^[48]認為，若樣本數少於 100，則不宜進行因素分析，其數量最好大於 300。Gorsuch(1983)^[49]建議，研究樣本數最少需為題項數的 5 倍，且要大於 100，才能進行因素分析。

「綠色電鈕 APP+EIMS」之問卷總題數為 29 題，填寫日期為 2014/3/5 至 2014/4/4，回收了 311 份問卷，符合上述學者之建議，並經過一致性檢定後得到 249 份有效問卷，為總回收量的 80.06%。如表 3 所示。

表 3 問卷回收情況

問卷調查	回收問卷	有效問卷	有效比率
「綠色電鈕 APP+EIMS」問卷	311	249	80.06%

在第一層指標的評估當中，對於消費者來說，「綠色電鈕 APP+EIMS」之指標權重依序為「資訊指標」(0.59)、「費用指標」(0.24)以及「功能指標」(0.15)，如表 4 所示。

表 4 「EIMS+綠色電鈕 APP」第一層影響指標之權重

影響指標	權重	排序
資訊指標	0.59	1
費用指標	0.24	2
功能指標	0.15	3

這顯示了消費者在採用能夠即時並詳細記錄用電資訊的電能資訊管理系統時，更加重視資訊安全及隱私的問題。

在整體的第二層準則評估中，消費者認為「綠色電鈕 APP+EIMS」準則之重要性前三名依序為「隱私準則」(0.31)、「介面準則」(0.19)以及

「系統導入費用」(0.14)，如表 5 所示，其中「隱私準則」之權重遠大於其他準則，意指當消費者考慮是否採用電能資訊管理系統時相當重視隱私的問題。

表 5 「綠色電鈕 APP+EIMS」整體影響準則之權重

影響準則	權重	排序
隱私準則	0.31	1
介面準則	0.19	2
系統導入費用	0.14	3
安全準則	0.08	4
用電模擬	0.07	5
系統維護費用	0.07	6
遠端監控	0.03	7
電器排程	0.03	8
減少用電支出	0.03	9

在評估整體第三層影響因子中，消費者認為「綠色電鈕 APP+EIMS」因子之重要性前五名依序為「用電資訊隱私」(0.25)、「介面穩定性」(0.13)、「諮商費用(系統導入)」(0.07)、「電價模擬」(0.05)以及「軟體費用」(0.04)，且這五項重要性就佔了影響整體決策權重的 50% 以上，如表 6 所示，顯示這五項影響因子對於電能資訊管理系統之相當大的影響力。

表 6 「綠色電鈕 APP+EIMS」整體影響因子之權重

影響因子	權重	排序
用電資訊隱私	0.25	1
介面穩定性	0.13	2
諮商費用(系統導入)	0.07	3
電價模擬	0.05	4
軟體費用	0.04	5
諮商費用(系統維護)	0.04	6
個人資料隱私	0.06	7
介面易用性	0.06	8
管理權限設定	0.04	9
硬體費用	0.01	10
遠端監視	0.01	11
遠端操作	0.01	12
用電量模擬	0.01	13
電器變動啟停時間	0.01	14
電器總變動數量	0.01	15
降低契約容量	0.01	16
維修費用	0.01	17
更新費用	0.01	18
減少超約罰款	0.01	19
安全防護設置	0.01	20
資訊傳輸安全	0.01	21
降低流動電費	0.00	22

根據本研究之實證結果，發現消費者在評估是否安裝電能資訊管理系統時，最注重隱私方面的問題，接著是費用方面的考量，推測其原因可能為，因電能資訊管理系統能提供即時且詳細的家中用電情形，並依照需求可能會存入家中成員之個人資料，若是這些隱私資訊流出，便能透過家中用電習慣推估生活習慣、活動時間甚至外出時間，將導致家庭盜竊或人身安全方面的疑慮。而費用指標與功能指標中，消費者則認為費用指標相對重要，可能原因推測為，消費者之所以選擇安裝電能資訊管理系統即是為了省下電力支出費用，因此在隱私方面的資訊指標之後，消費者會優先考慮費用指標。

肆、結論

目前政府相關單位正積極規劃智慧電表及智慧電網佈建等配套制度建立，若能先行引進「綠色電鈕」之概念，搭配電能資訊管理系統(EIMS)，不但能落實電力需求管理面之節能減碳理念，更可以促進綠色產業之蓬勃發展。

綠色電鈕之推廣，從能源提供者角度來看，藉由智慧電表後端存取之能源使用資訊，能夠精準掌握能源使用者之電力負載特性，依此研擬出最符合電力供需雙方利益之電價方案，可節省電力用戶之電費支出，並減少電力公司為短暫尖峰負載而興建電廠之投資需求。從能源消費者角度而言，可享有用戶賦權(Empowerment)之主動性與選擇性，透過綠色電鈕持續獲取之電力消費資訊，隨時隨地監控³家中能源使用之情形，並自電力公司所設計之多項選擇性電價方案中，選擇最符合自身利益之方案及服務。而就「第三方」角度來說，能夠透過能源消費者之授權，獲取用戶詳細之用電資料，便可依照用戶之用電習慣量身打造適合的用電措施及建議，並從中獲得合理利潤。在此三方良性互動之下，便能使有限的電力資源得到最佳化的配置效果，達到「三贏」(Tripartite Wins)之局面。

為達成上述研究目的，本文根據相關文獻歸納出影響指標、準則以及因子。再經由層級分析

法(AHP)建立本研究之分析架構，最後透過網路問卷的方式發放並回收問卷。從研究結果中得知，「綠色電鈕 APP+EIMS」第一層指標之排序依序為「資訊指標」(0.59)、「費用指標」(0.24)及「功能指標」(0.15)。

上述指標下之準則⁴，前三名依序為「隱私準則」(0.31)、「介面準則」(0.19)以及「系統導入費用」(0.14)。

在最後的第三層影響因子⁵中，重要性前五名依序為「用電資訊隱私」(0.25)、「介面穩定性」(0.13)、「諮商費用(系統導入)」(0.07)、「電價模擬」(0.05)以及「軟體費用」(0.04)。

本研究發現，在考慮是否採用電能資訊管理系統時，消費者相當在意隱私方面的問題，接著則是費用方面的考量，而對於是否能了解自身用電習慣之重要性則較低。這項結果吻合了美國推動綠色電鈕時頗受爭議的隱私權問題，因此，詳盡且即時的能源消費者用電資訊，該如何保證其隱私，將是政府、電力公司、系統開發者及第三方皆必須重視的課題。

相對於與本文直接攸關之過去文獻相互比較，可得知本文之貢獻如下：

- 一、與本文最類似的文獻應屬林虛白(2012)^[8]，該研究針對 20 個樣本(包括 7 位專家、3 位廠商與 10 位智慧建築居住者)，進行電能資訊管理系統關鍵因素問卷調查顯示，「費用指標」(其權重佔 0.36)為消費者最重視之指標。而本研究則是加入了「綠色電鈕 APP」之概念，並對未來可能採用智慧電表及電能資訊管理系統之消費者發放網路問卷，結果顯示「資訊指標」(其權重佔 0.59)中之隱私準則(其權重佔 0.31)為此類消費者認為最重要之因素。由上述比較得知，專家、廠商及

³ 事實上，所謂的「監控」未必有侵犯隱私之意，例如，能源服務公司(即第三方)可藉由 M2M(Machine to Machine)，針對用戶能源消費所累積的大數據(Big Data)進行資料探勘，在此情況下，用戶個人識別資料不會被鎖定進行個別分析，僅會聚焦於群集分析。

⁴ 本文 AHP 架構第一層級之關鍵因素稱之為「指標」(index)；第二層級之關鍵因素稱之為「準則」(criterion)。

⁵ 本文 AHP 架構第三層關鍵因素稱之為「因子」(factor)。

智慧建築居住者所重視的關鍵因素，顯然與消費者所重視的隱私因素有顯著的不同，探就其背後的因素，很可能因為本研究加入「綠色電鈕 APP」之概念，可能採用智慧電表及電能資訊管理系統之消費者，較為看重系統引進後所可能造成之隱私及安全問題。

二、與本研究亦頗接近的文獻為朱建華(2012)^[45]，該研究結果顯示，智慧家庭節能管理系統之三大面向權重排序為「經濟性」、「便利性」及「舒適性」，與本研究相比，本文將電能資訊管理系統細分為費用、資訊以及功能三大指標，且研究結果顯示，代表著「經濟性」的費用指標之權重，的確大於涵蓋了「便利性」及「舒適性」的功能指標，此與朱建華的研究結果相符，印證了使用不同的層級分析法架構，對未來可能採用智慧電表及電能資訊管理系統之消費者進行調查，其結果是一致的。

三、至於張容瑞(2012)^[50]指出，為增加能源消費者採用電能資訊管理系統之意願，需從使家庭用戶了解各種家電之用電資訊著手，本研究提出之「綠色電鈕 APP」即是以此目的而設計，透過「綠色電鈕 APP」，能讓用戶了解自身家庭用電情形，以增加電能資訊管理系統之消費者採用意願。

最後，值得注意的，本文探討的「綠色電鈕 APP+EIMS」在先進國家已藉由政府政策與法規，要求電力公司與電力營運商必須提供時段電價之用戶消費詳細記錄的義務，美國是「2005年能源政策法」，歐盟是「2006年節約能源指令」，英國是2014年修訂之「1989年電業法」，這些先進國家相關政策法規皆要求電力營運商應提供充足之用戶實際用電消費資訊，以供用戶自行調控居家用電量，由此可見這種節能資訊管理系統之應用已然成為不可阻擋之新興商業模式與市場趨勢，產官學界均應共同努力，發揮台灣一向善於運用資通訊科技之競爭優勢，躋身於這此一世界潮流與發展趨勢之贏者圈。

由於本文為「事前(ex ante)」預先研究之間卷調查，並且根據調查研究之結果，探討消費者

未來如果面對綠色電鈕這一類的 App 時，可能影響消費者採用醫院之關鍵因素，並非探討綠色電鈕在台灣究竟是否具有實務上的可行性，因此未來可以進一步針對其實施之可行性，以及相關政策與法規的配套措施，一併加以探討，這是未來值得研究的方向。

伍、參考資料

- [1] 台灣經濟能源局，《101年經濟部能源局年報》，2013年。
- [2] 許志義，「我國電力需求面管理之探討」，財團法人中技社，2012年。
- [3] 許志義、盧佩君，「智慧電表後端資訊管理平台之研究：綠色電鈕」，碳經濟，第31期，第81-91頁，2013年。
- [4] 許志義等，能源需求面管理的經濟與技術評估模式建立(計畫編號：NSC 100-3113-P-005-001)，行政院國家科學委員會補助專題研究計畫，2012年。
- [5] 顏海倫，「影響家庭申裝智慧電能管理系統意願因素及其願付價格之研究」，碩士論文，國立中興大學資訊管理研究所，2012年。
- [6] 廖桓暉，「台灣住宅部門需量反應方案與分散式供電系統之整合研究」，碩士論文，國立中興大學應用經濟學研究所，2013年。
- [7] 林聖揚，「住宅部門需量反應方案對台電成本效益之影響分析」，應用經濟學研究所碩士論文，國立中興大學，2013年。
- [8] 林虛白，「智慧建築採用電能資訊管理系統意願之關鍵因素研究：層級分析法」，資訊管理學研究所碩士論文，國立中興大學，2012年。
- [9] 資訊工業策進會，「國際能源資通訊與節能改善法制政策分析報告」，2013年。
- [10] Witkin, J., Pushing the Green Button for Energy Savings, 2012, [Online]Available: http://green.blogs.nytimes.com/2012/01/20/a-phone-app-for-turning-down-the-thermostat/?_php=true&_type=blog_s&_r=0#
- [11] Kim M, N., VA's Blue Button: Empowering People with Their Data, 2010, [Online]Available: <http://www.blogs.va.gov/VAntage/866/vas-blue-button-empowering-people-with-their-data/>
- [12] Chopra, A., Modeling a Green Energy Challenge after a Blue Button, [Online]Available: <http://www.whitehouse.gov/blog/2011/09/15/modeling-green-e>

- [nergy-challenge-after-blue-button](#), 2011.
- [13] Holdren, J. P. and Sutley, N., Green Button Giving Millions of Americans Better Handle on Energy Costs, 2012, [Online] Available: <http://www.whitehouse.gov/blog/2012/03/22/green-button-giving-millions-americans-better-handle-energy-costs>
- [14] 許志義，多目標決策，台北：五南，2003 年。
- [15] 黃柏凱，「上市公司企業體質鑑別模型之建構——以製造業首度上市公司為例」，博士論文，國立政治大學企業管理研究所，2007 年。
- [16] Saaty, T. L., "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resources Allocation," McGraw-Hill, 1980.
- [17] Sahay, B.S. and Gupta, A.K., "Development of Software Selection Criteria for Supply Chain Solutions," *Industrial Management & Data Systems*, vol. 103, pp. 28-32, 2003.
- [18] Adebajo, D., "Classifying and Selecting e-CRM Applications: and Analysis-based Proposal," *Management Decision*, vol. 41, pp. 570-557, 2003.
- [19] Everdingen, Y., Hillegersber, J., and Waarts, E., "ERP Adoption by European Midsize Companies," *Communication of the ACM*, vol. 43, no. 4, pp. 27-31, 2000.
- [20] Seidmann, A. and Arbel, A., "Capacity Planning Benchmarking and Evaluation of Small Computer Systems," *European Journal of Operational Research*, vol. 22, pp. 347-358, 1985.
- [21] Min, H., "Selection of Software: The Analytic Hierarchy Process," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 22, no. 1, pp. 42-52, 1992.
- [22] Negash, S., Ryan, T., and Igbaria, M., "Quality and Effectiveness in Web-based Customer Support Systems," *Information & Management*, vol. 40, pp. 757-768, 2003.
- [23] 李聰穎、林義傑、詹榮茂與陳俊隆，「基因演算法應用於時間電價用戶契約容量選定」，明新學報，第 31 期，第 87-99 頁，2005 年。
- [24] 蕭煒騰，「應用電力線載波於家庭電能管理之研製」，碩士論文，國立高雄應用科技大學電機工程研究所，2009 年。
- [25] 劉勝良，「智慧型電能管理系統研製」，碩士論文，國立台灣大學電機工程學研究所，2001 年。
- [26] Hsiao, H.C., Hsiao, C.Y., Lin, M.C., Wu, Q.F. and Chan, T.C., "Forecasting the Optimal Contract Capacities in Industrial Distribution Systems," *Proceeding of the 11th Symposium on Electrical Power Engineering*, December 1990, pp. 215-220.
- [27] Yang, C.G., Shu, R.T., and Yang, G.K., "Load Management, Determination for the Optimal Contract Capacities," *Load Management Part II, Taiwan Power Company Internal Report*, pp.105-122, 1991.
- [28] 周育賜，「考量負載控制策略之最適契約容量設計與實現」，電機工程系博碩士班碩士論文，國立高雄應用科技大學，2008 年。
- [29] Ballou, D. P. and Pazer, H. L., "Modeling Data and Process Quality in Multi-Input, Multi-Output Information Systems," *Management Science*, vol.31, no.2, 150-162, 1985.
- [30] Wang, R.Y. and Strong, D.M., "Beyond Accuracy: What Data Quality Means to Data Consumers," *Journal of Management Information Systems*, vol. 12, no. 4, pp. 5-33, 1996.
- [31] Naumann, F. and Rolker, C., "Assessment Methods for Information Quality Criteria," *Proceedings of 5th International Conference on Information Quality*, pp. 148-162, 2000.
- [32] 溫琇玲，「智慧建築標章解說與評估手冊之研訂」，內政部建築研究所，2003 年。
- [33] Seddon, P.B. and Kiew, M. Y., "A Partial Test and Development of Delone and Mclean's Model of IS Success," *Australasian Journal of Information Systems*, vol. 4, no.1, pp. 90-109, 1996.
- [34] 余哲如，「應用資訊系統成功模式探討導入公務預算會計資訊系統之成效」，研發科技與資訊管理研究所碩士論文，國立勤益科技大學，2011 年
- [35] Shanks, G., and Corbitt, B., "Understanding Data Quality: Social and Cultural Aspects," *Proceedings of the 10th Australasian Conference on Information Systems*, 1999, pp. 785.
- [36] Sedera, D. and Gable, G. G., "A factor and structural equation analysis of the enterprise systems success measurement model," *Proceedings of the 25th International Conference on Information Systems*, Washington DC, USA, 2004.
- [37] 葉慈章與王志翔，「具身分鑑別的 RFID 所有權移轉」，明新學報，第 39 卷，第 2 期，第 143-156 頁，2013 年。
- [38] Xu, H.J., Norn, J.H., Noel, B. and Nord, G.D., "Data Quality Issues in Implementing An ERP," *Industrial Management & Data Systems*, vol. 102, no. 1, pp. 47-58, 2002.
- [39] Lee, Y. W., Strong, D. M., Kahn, B. K. and Wang, R. Y., "AIMQ: A Methodology for Information

- Quality Assessment,” *Information and Management*, vol. 40, no. 2, pp. 133-146, 2002.
- [40] Sabherwal, R., Jeyaraj, A. and Chowa, C., “Information System Success: Individual and Organizational Determinants,” *Management Science*, vol. 52, no. 12, pp. 1849-1864, 2006.
- [41] DeLone, W. H. and McLean, E. R., “Information Systems Success: the Quest for the Dependent Variable,” *Information Systems Research*, vol. 3, no. 1, pp. 60-95, 1992.
- [42] 張竣營, 「校園電能管理系統研製」, 電機工程學研究所碩士論文, 國立臺灣大學, 2003 年。
- [43] 蘇偉銘, 「智能插座與智慧型電力管理系統實作」, 碩士論文, 國立清華大學資訊工程學研究所, 2011 年。
- [44] 蕭盈璋, 「商業用戶空調負載控制策略推導與實現」, 博士論文, 國立高雄應用科技大學電機工程研究所, 2011 年。
- [45] 朱建華, 「智慧家庭節能資訊管理系統最佳化之整合研究: 多目標基因演算法與層級分析法」, 資訊管理學研究所碩士論文, 國立中興大學, 2012 年。
- [46] 周倩與林華, 「電腦網路與傳播問卷調查」, 中華傳播學會 97 年會暨論文研討會論文, 台北, 1997 年。
- [47] Roscoe, J. T., “Fundamental Research Statistics for the Behavioural Sciences,” 2nd edition. New York: Holt Rinehart & Winston, 1975.
- [48] Comrey, A. L., and Lee, H. B., “A First Course in Factor Analysis,” New York: Academic Press, 1973.
- [49] Gorsuch, R. L., “Factor Analysis,” NJ: Lawrence Erlbaum, 1983.
- [50] 張容瑞, 「影響智慧家庭採用電能資訊管理系統之因素分析-市場調查法」, 資訊管理學研究所碩士論文, 國立中興大學, 2012 年。

台電工程月刊徵稿啟事

* 為使本刊物之內容更臻完善, 歡迎有關火(水)力發電、核能發電、再生能源、輸變電、配電、電力系統、能源與環境、化學與材料、資訊與電腦、工程技術及其他等相關論著、技術經驗及譯者踴躍投稿, 以饗讀者。

* 投稿相關事宜, 若有任何疑問, 請聯絡我們, 謝謝您!

☎ (02)2360-1095 ✉ u117212@taipower.com.tw

CIM 標準應用於馬公二次變電所之實例說明

Practice of Common Information Model in Magong Secondary Substation

李明峯*
Lee, Ming-Feng

李嘉偉**
Li, Chia-Wei

陳伶志**
Chen, Ling-Jyh

甘凱文*
Kan, Kai-Wen

黃宗皇*
Huang, Tsung-Huang

章其鈞***
Chang, Chi-Juin

江鎮仁***
Chiang, Chen-Jen

(103~104 年度研究計畫論文)

摘 要

共同資訊模型(Common Information Model, CIM)定義電力系統的資料屬性及其關連介面標準化，使得不同廠家所發展的能源管理系統及配電管理系統得以方便做系統整合。這套資料模型本身與使用的程式語言無關，他使用物件導向的觀念，將電力系統內的構成單元轉化成類別，並且描述各類別間的繼承、關聯以及聚合的關係，以及各類別的屬性。這個方式提供了一個完全獨立於各個特殊專有資料標準和格式的整體電力系統的基礎。利用這種方式由於不需要在各專有格式之間互相轉換，所以簡化了軟體程式的互運性。本研究案引進 CIM 模式做為資料交換的標準，並使用馬公二次變電所之 SCADA 資訊作為驗證場域，以驗證資料的互運性。透過 CIM Adaptor 雙向轉換 CIM/XML 檔案，並整合安全資料傳輸機制，驗證符合資通安全規範下之 CIM 整合系統架構。

Abstract

Common Information Model (CIM), which define the components of a power system and standardize the connectivity interfaces between each component, is capable of integrating the operation of different systems. Using the objected-oriented concept in the programming language, this model is of language-independent system, which transforms the components of the power system into varied categories. This model involves the inheritance, relationship, and aggregation between varied categories as well as the parameters of each category. It provides a fundamental platform of whole power system and is fully independent of proprietary standards and formats in the data exchange. When using CIM, it is not necessary to change the formats between two application systems, simplifying the interoperability of those applications. This study introduces CIM as a standardized operation platform of data exchange, implements a pilot system at Magong Secondary Substation, and confirms its interoperability. CIM Adaptor transforms data readings from ICCP Server and CIM/XML in a bi-directional way, and also integrates with secured data transfer mechanism to comply with the requirement of information security.

關鍵詞(Key Words)：共同資訊模型(Common Information Model)、監控及資料擷取(SCADA)、可延伸標示語言(XML)、安全資料傳輸機制(Secured Data Transfer Mechanism)、金鑰管理(Key Management)。

*工業技術研究院

**中央研究院

***台灣電力公司資訊處

壹、前言

自北美、歐洲等國家陸續電業自由化以來，由於相連的電力網路由不同的電力公司維運，對於透過電力公司之間規律性的交換資訊以維持電力網路可靠度的需求日益增加。但是，傳統上電力公司使用不同的格式將各類的資料儲存在不同的媒體上。舉例來說，於資料庫中儲存資產及派工資訊、於控制系統中儲存電力系統拓樸資訊、在其他模擬系統中使用文字檔案。這些資訊在電力公司內部應用程式間或是與外部系統進行交換時，因為格式上的不一致，往往必須轉換資料格式。

電力公司現代的資訊架構中，諸如能源管理系統、資產管理系統等的大型應用程式必須經常性的彼此交換資訊，一般來說，都是透過客製化的私有結構儲存於內部資料庫中。在過去的年代，為了保證系統之間的互通性，大多是購買相同軟體供應商的系統整合方案或是自行撰寫轉譯程式以符合不同供應商間系統軟體的需求。但是自電業自由化以來，越來越多的電力公司摒除既往自行撰寫公司內部系統的方式，改以購買軟體供應商的商用軟體系統，這也導致了電力公司間要交換資訊時格式眾多，整合上有相當的困難度。因此，一個可以完整描述電力系統的資料模型便日趨重要。

台電未來將陸續汰換及新設智慧電網中各項資訊應用系統，如監控及資料擷取系統(Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA)及能源管理系統(Energy Management System, EMS)等。在該等系統間，為減少資料格式轉換處理，需要一套標準模型，以供各系統間資料交換。CIM 定義電力系統的資料屬性及關連介面標準化，使得不同廠家所發展的 EMS 及配電管理系統(Distribution Management System, DMS)得以方便做系統整合。因此，台電擬引進 CIM 模式做為資料交換的標準。

本計畫目標將以：

一、以台電澎湖現有 FDCS(Feeder Dispatch

Control System) 及 DDCS(Distribution Dispatch Control System) SCADA 系統中馬公二次變電所(Secondary Substation, SS)為驗證範例，建立 1 套每 5 分鐘採樣 1 次的類即時(Near Real-time)資料查詢系統，以驗證 CIM 的互運性(Interoperability)。

- 二、就台電現有之電力運轉狀況，提出 1 份有關台電日後採購 SCADA 系統規範中對於 CIM 標準引用之定型化條文。
- 三、基於資訊安全需求，提出台電 SCADA 系統引入金鑰交換管理制度可行性之建議。

貳、CIM 概述

一、何謂 CIM

能源管理系統是由許多不同的軟體子系統所構成，包含 SCADA、發電控制以及負載預測等。當系統資訊必須共享交換時，便需要進行整合。以下列舉幾個可能的整合情境：

- (一) 將不同供應商的應用程式整合成在一個系統裡面：在這個情境中，各個獨立建置的應用程式元件必須整合在一個系統中。這讓系統整合者無論是處理既有系統或是建立新系統，都可以更簡單的整合不同的元件形成一個新的系統。
- (二) 不同系統進行線上資料交換：控制中心需要和公司內或是公司外的不同系統進行通訊。關連性越獨立的系統越需要定義資料交換的機制。例如配電管理系統的資訊交換、公司內會計系統的資料交換或是和其他 EMS 之間。企業的整合方案可以滿足這方面的需求。
- (三) 整合各獨立系統並且共享某些資料：這必須是各供應商的套裝軟體有使用相同的模型資料。
- (四) 在不同系統中，相同的應用程式作序列化資料的交換：使用檔案交換的方式可以某種程度達到整合的目的。在資料的輸出、輸入方面採用共同協議後的格式。使用 FTP 與 XML

就是一個例子。

(五) 在既有系統中建立一個新的應用程式：這必須是軟體供應商或是能源公司採用預先定義的標準來開發一個既有系統中新的應用程式。

CIM 的制定是希望可以套用到不同的整合情境之中。當然，既有系統使用它們獨有的介面也必須配合新的標準來做修改。

CIM 最早是由 EPRI 所贊助的數個計畫中所產出。第一個計畫是 CCAPI (Control Center Application Programming Interface) 計畫，在該計畫中，希望可以制定一系列的 API 以供軟體供應商於自家的應用程式間或是不同軟體供應商間使用。但是，於制定 API 的同時，發現若是對於交換的資料若是不定義共同的資料格式，將無益於 API 的採用。因此，後續衍生的計畫便將重心由 API 轉移至資料模型^[1]。

使用 EMS-API 標準的一個目標是希望透過建立元件介面標準來提高軟體元件的重覆使用以及幫助控制中心系統建立時的整合需求。近年來，包含 EMS 的主要供應商以及其供應鏈的整個軟體產業，都開始將傳統上使用模組發展程式的觀念改變成使用物件導向的元件觀念開發。這其中比較被廣泛利用的包括：CORBA (Common Object Request Broker Architecture)、昇陽的 EJB (Enterprise Java Beans) 以及微軟的 DCOM (Distributed Common Object Modeling)。這些使用元件為基本單位的架構也簡化了軟體本身的整合以及不同系統的並行運作。這種多對多的整合架構，XML Web Service 則提供了另一種架構在 Internet 上的整合模式。XML Web Service 利用文件交換(Document Exchange)的方式讓不同應用程式在 Internet 上面通訊並且共享資料。這種方式與所開發的程式語言以及作業系統平台無關。

使用 EMS-API 的方式讓系統建置過程中的焦點不再是系統整合平台怎麼標準化，而是元件資料交換的介面以及存取的訊息。目標是希望遵循這套標準的應用程式都可以獨立撰寫並且在不同系統重複使用。

除了北美電力可靠度公司(North American

Electric Reliability Council, NERC)採用 CIM 於輸電網路的資訊交換外，近年來，歐洲輸電調度中心協會 (European Network of Transmission Systems Operators for Electricity, ENTSO-E)、歐洲、亞洲及南美洲多個國家都陸續採用 CIM 作為電力資訊交換的標準。

二、CIM 的組成

IEC TC57 負責制定電力系統管理及相關資訊交換的標準。這個委員會成立於 1965 年，目前主要負責的規範除 CIM 外，還包括 IEC 61850 及 IEC 60870-6/TASE.2。在 TC57 底下的工作小組 13、14、16 及 19 負責 CIM 相關標準的制定及維護。

CIM 包含 IEC 61970、IEC 61968 及 IEC 62325 三份標準。三份標準雖然有其制定的背景與使用情境，而且目前仍由不同的 IEC 工作小組進行編修中，但是由於三份標準都是基於相同的資料模型而且皆以 CIMug 為統一標準制定窗口，因此並不會發生衝突的情況。

IEC 61970 標準名稱為「Energy Management System Application Program Interfaces (EMS-API)」。IEC 61970 是由 ERPI CCAPI 計畫衍生而來，主要的目標是希望建立一個獨立於平台的資料模型，可以適應持續發展中的各種通訊服務。這份標準由 IEC TC 57 WG 13 負責制定，主要相關的技術包含 XML、RDF 及 OWL，最核心的資料模型規範於 IEC 61970-301。另外，IEC 61970-4XX CIS 標準是為了表示當整合其他獨立開發元件時該有的介面。雖然在 61970-1 中已經定義了大部份傳統應用程式及其功能在傳輸時的資訊，但是供應商可以依據自行的需求，在符合 EMS-API 的標準下，自行去包裝不同的元件介面。

CIS 主要定義了兩個元件介面：

- (一) 元件和其他元件交換資訊以及存取公開資料的介面。大部份會將這些部份以元件的事件、方法和屬性來呈現。
- (二) 元件和其他元件交換資訊的內容和訊息。通

常這稱為資訊交換模式。

雖然 CIS 文件在設計之初便已經獨立於目前市面上的技術，但是當要用特定技術實作的時候還是需要建立一套標準的對照方法。例如：當決定採用 Java 開發的時候，必須有一套方法將規範中定義的發行/訂閱服務轉換成 Java 的服務。這一部分的對照方法都定義在 61970-5XX 系列。

IEC 61968 的名稱是「Application Integration at Electric Utility – System Interfaces for Distribution Management」。在這份標準中，詳細定義了電力公司內任兩個系統間應該交換的 XML 訊息格式。所以，除了電網運作外，這份標準亦關注開票(Billing)與網路(Network)等面向。除了 IEC 61970-301 的物件模型外，IEC 61968-11 另外制定了本標準所需的物件模型。這份標準由 IEC TC 57 WG 14 負責制定。

IEC 62325 的名稱是「Framework for Energy Market Communications」。在這份標準中，主要是延伸相關 CIM 規範至電力交易市場的通訊。電力市場區分為「歐洲類型市場」與「美國類型市場」兩種類型。「歐洲類型市場」主要的特色為 Ahead Markets: Bilateral、Intra-Day Markets 及 Balancing markets，並且與 ENTSO-E 合作；「美國類型市場」主要的特色為 Day Ahead Markets with Security Constraint Unit Commitment (SCUC)、Hour Ahead Markets、Real Time Markets with Security Constraint Economic Dispatch (SCED)，並且與 ISO/RTD Council 及 ISO 計畫合作。這份標準由 IEC TC 57 WG 16 負責制定。

除了上述 3 份標準由 3 個 WG 負責外，TC57 WG19 擔負起長期互運性(Interoperability with TC57 in the long-term)的工作，並且作為整個 TC57 調和(Harmonization)的角色。

三、套件(Package)與類別(Class)

一般說來，SCADA、EMS、DMS 的應用程式元件都需要一個包括測量、網路連接、設備特性等的具體描述模型。CIM 具備這樣的特性，它提供了一個對於電力系統邏輯層次的描述。CIM

是一個抽象的模型，他描述了大部分傳統 EMS 應用程式和目前電力企業所需要的主要物件。這個模型包含了這些物件的類別和屬性以及各物件之間的關係。資料模型本身與使用的程式語言無關(Language-independent)，他使用物件導向(Object-oriented)的觀念，將電力系統內的構成單元轉化成類別(Class)，並且描述各類別間的繼承(Inheritance)、關聯(Association)以及聚合(Aggregation)的關係，以及各類別的屬性(Parameter)^[2]。這個模型都使用 UML(Unified Modeling Language)呈現出來。在 61970-301 中，將電力系統的元件分門別類成不同的 package，彼此之間有繼承和關聯的關係，如圖 1。

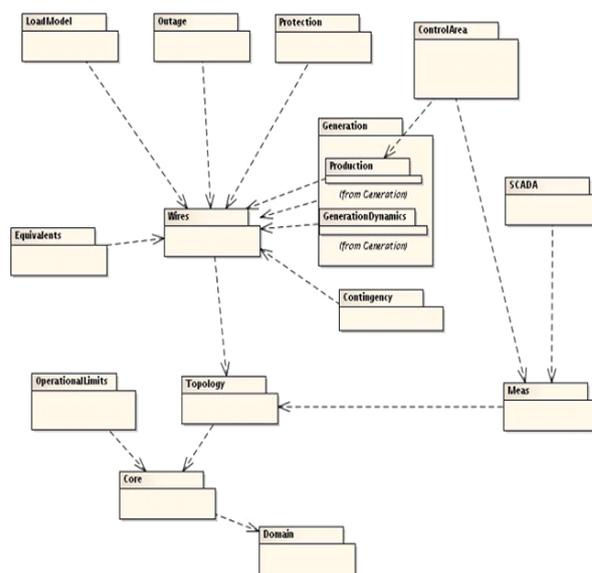


圖 1 IEC 61970-301 Package Diagram^[3]

整個 CIM 以 Wires package 為中心，它描述整個輸配電系統中最基本單元的電力特性，包含了 Transformer、Equipment Containment、InheritanceHierarchy、LineModel 等模型。

以下透過一個例子來說明如何將電力系統內的元件轉換成 CIM 的物件。圖 2 是一個簡易的單線圖，包括 generator、load、line 跟 busbar，共有 132kV、33kV 及 17kV 三區。

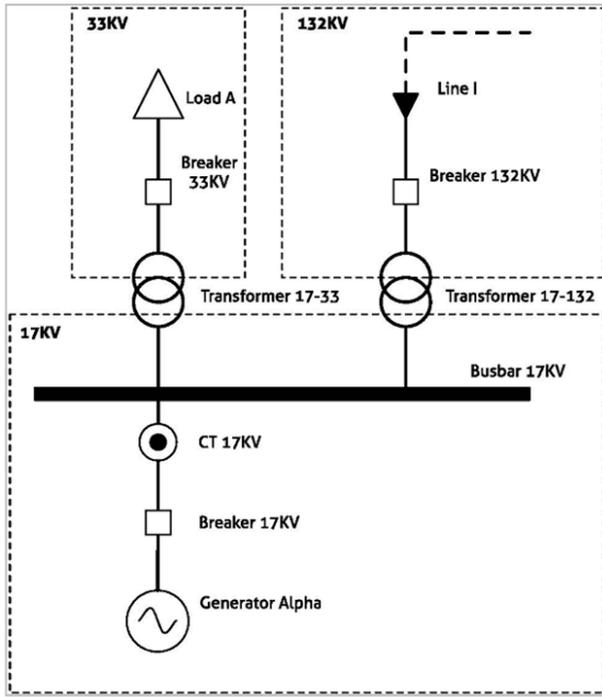


圖 2 簡易電力系統示意圖^[4]

依據 CIM 物件的定義，load、line、breaker 與 busbar 分別屬於 Wires package 的 Energy Consumer、ACLine Segment、Breaker 與 Busbar Section 四個 class。Generator 則屬於 Synchronous Machine class，而且必須要有一個 Generating Unit class 關聯。因此，除了 Transformer 外，所有單線圖上的元件轉成 CIM Class 可以圖 3 表示。

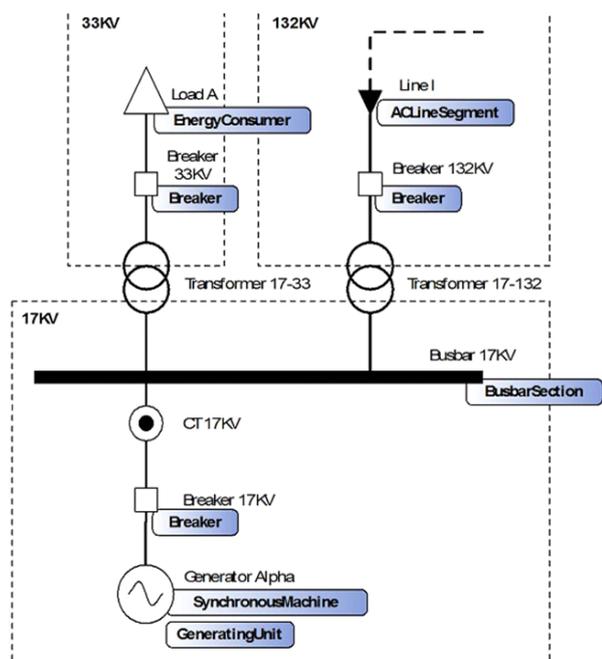


圖 3 部分電力元件 CIM 元件對應^[4]

在 CIM v15 的版本中，Transformer 包含幾個 class：Power Transformer、Power Transformer Ends、Transformer Mesh Impedance 及 Transformer Core Admittance。此外，Ratio Tap Changer (或是 Phase Tap Changer) 也必須包含在內。圖 4 是 Transformer 使用 CIM class 的表示方法。

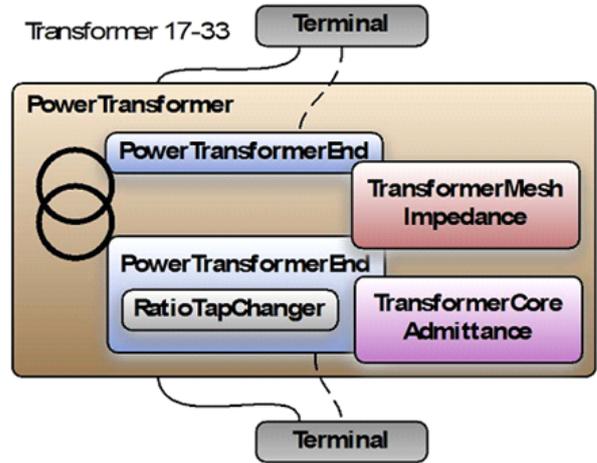


圖 4 CIM Transformer Class^[4]

圖 4 中的 Terminal 是為了用來表示單線圖中各元件間的連結關係。在 CIM XML 中，在表示電力系統網路中的元件時，摒除了直接描述元件間連結關係，CIM 引用了 Connectivity Node 及 Terminal 兩個物件。以下面簡單的例子作為說明。

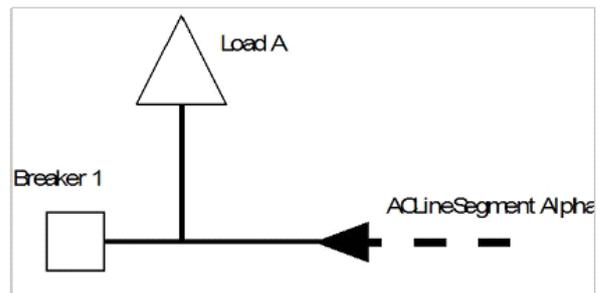


圖 5 簡單電路示意圖^[4]

在圖 5 中，包含 Load A、Breaker 1 及 AC Line Segment Alpha 三個部分，在 CIM 中分屬 Energy Consumer、Breaker 及 AC Line Segment 三個類別。依據一般對於連結的直接描述，我們會說 Load A 與 Breaker 1 及 AC Line Segment Alpha 相連、Breaker 1 與 Load A 及 AC Line Segment Alpha 相連，以及 AC Line Segment Alpha 與 Load A 及

Breaker 1 相連。也就是說，採用直接關聯的描述方式，如圖 6。

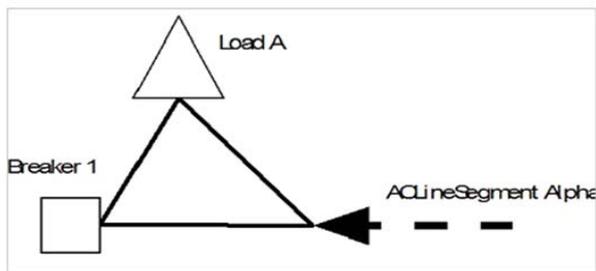


圖 6 直接關聯方式描述電路圖^[4]

但是，在 CIM 的規範中，不採用這種描述的方式，而是引進了 Connectivity Node 元件，如此，無論是 T 型或是星型的電路圖皆可以正確描述。在圖 7 中，相同電路圖的描述變成：Breaker 1、Load A 及 AC Line Segment Alpha 連結於 Connectivity Node I。這樣的描述方法比直接關聯的描述更加簡單且精確。

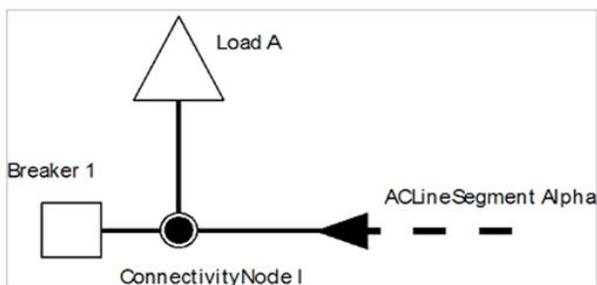


圖 7 採用 Connectivity Node 描述電路圖^[4]

此外，所有的元件並非直接與 Connectivity Node 連接，而是透過另一個 Terminal 物件。所有的元件其實是與 Terminal 相連接，而 Connectivity Node 可以和多個 Terminal 相連接。如圖 8 之表示方式。

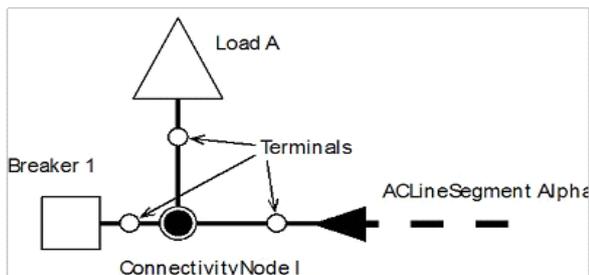


圖 8 ConnectivityNode 與 Terminal 的關係^[4]

Terminal除了表示連結外，線路上之電流與電壓量測也是定義於Terminal上。這樣的表示方式似乎有點多餘，但是若是Breaker 1的左側有另外的物件時，便可以看出為什麼需要Terminal元件，如圖9。

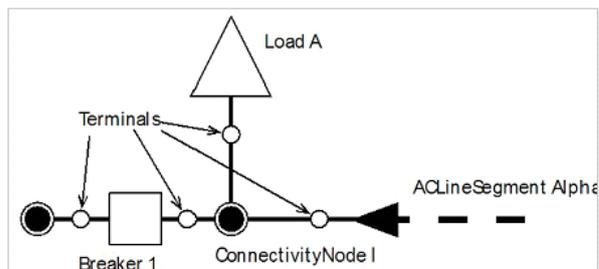


圖 9 單一 Breaker 有兩個 Terminal^[4]

當 Breaker 為斷開(Open)時，Breaker 兩側的電壓量測值便會不相等。如果沒有使用兩個 Terminal 來表示且量測值只關聯至單一元件時，便很容易造成誤解。此外，表示各個電壓等級區域為 Core package 內之 VoltageLevel class，其 BaseVoltage 屬性則為該區域的電壓。圖 10 則為單線圖轉成 CIM 表示的完整示意圖。

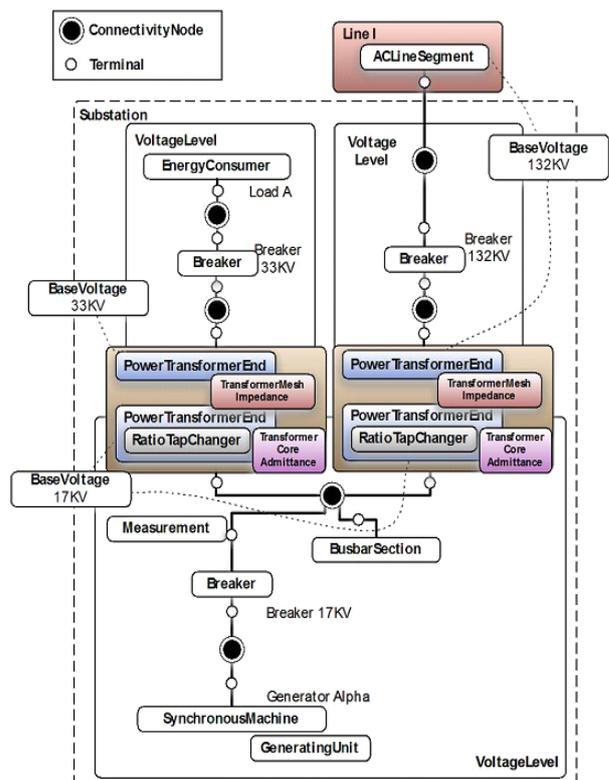


圖 10 電力單線圖對應 CIM Class 完整示意圖^[4]

參、驗證範例系統建置

一、系統架構

驗證範例系統之「資料擷取單元」利用 ICCP (Inter-Control Center Communication Protocol) 傳輸協定將 SCADA 即時資料及 IED(Intelligent Electronic Device)設定資料從既有系統讀出，並傳送至「CIM Adaptor」以作 CIM 物件轉換。後續透過台電之資料安全機制，將產出之 CIM 文字檔案放置於 OWB(One-way Box)之 FTP Server 上，並傳送至台電企業網路內之另一台伺服器。於該伺服器上，「CIM Adaptor」將 CIM 文字檔轉換成可讀之資料格式後，儲存於伺服器之資料查詢資料夾內，以供後續查詢。系統架構如圖 11。

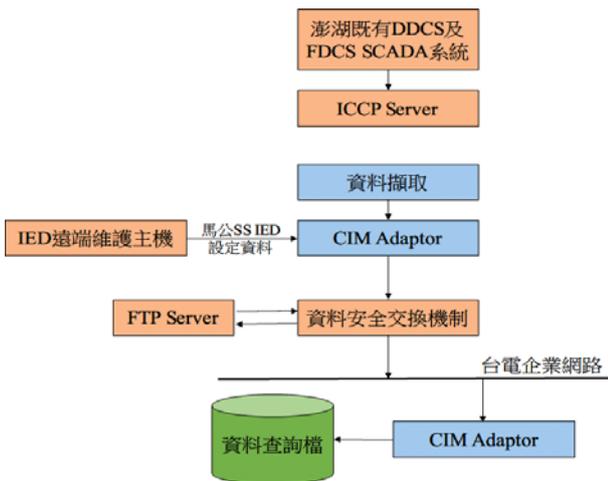


圖 11 驗證範例系統架構

由於資料讀取的需要，該伺服器上共有三張網卡，分別連結 OWB、ICCP Server 及 IED 設定資料(SEL)主機。實際之網路架構如圖 12。

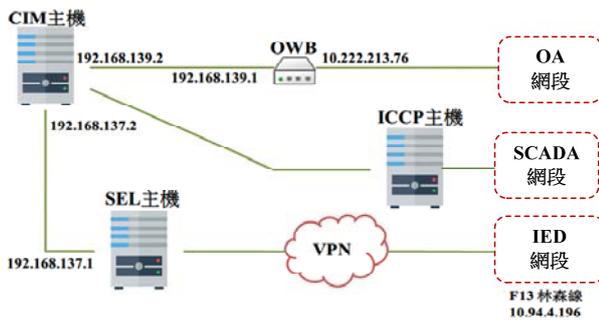


圖 12 伺服器(澎湖區處)網路配置

二、資料點位轉換

量測值屬於 Measurement 這個 package，其中有 Meas::Analog 及 Meas::Discrete 兩個類別來表示 AI 及 DI 的量測值。以 AI 點為例，下表 1 列出 CIM 中 AI 量測值具備的屬性。

表 1 Meas::Analog 屬性列表^[3]

name	type	description
maxValue	Float	Normal value range maximum for any of the MeasurementValue values. Used for scaling, e.g. in bar graphs or of telemetered raw values.
minValue	Float	Normal value range minimum for any of the MeasurementValue values. Used for scaling, e.g. in bar graphs or of telemetered raw values.
normalValue	Float	Normal measurement value, e.g., used for percentage calculations.
positiveFlowIn	Boolean	If true then this measurement is an active power, reactive power or current with the convention that a positive value measured at the Terminal means power is flowing into the related PowerSystemResource.
measurementType	String	inherited from: Measurement
phases	PhaseCode	inherited from: Measurement
unitMultiplier	UnitMultiplier	inherited from: Measurement
unitSymbol	UnitSymbol	inherited from: Measurement
aliasName	String	inherited from: IdentifiedObject
mRID	String	inherited from: IdentifiedObject
name	String	inherited from: IdentifiedObject

mRID 指的是該量測值之唯一識別碼，這部分後續將說明。Name 的部分在示範系統中我們使用的是台電 SCADA 標準點位名稱。Measurement Type(表 2)是說明量測的類別、phases(表 3)為相位、unit Multiplier(表 4)為倍率、unit Symbol(表 5)為單位，這 4 個部分於示範系統中亦有使用。至於 max Value、min Value、normal Value 及 positive FlowIn 這 4 個屬性非屬必須，於這次的系統中並未使用，後續台電可依實際狀況予以補齊，以供其他系統對於各量測值有更詳細的說明。

表 2 measurementType 列表^[3]

measurementType	61850 Name	description
Current	Amp	Current (r.m.s.) of a non-three phase circuit
ThreePhaseCurrent	AvAmps	Total current (r.m.s.) in a three phase circuit
PhaseCurrent	A	Measured phase current.
Frequency	Hz	Frequency
PowerFactor	PwrFact	Power Factor not allocated to a phase
ThreePhasePowerFactor	TotPF	Average power factor in a three phase circuit
ThreePhaseApparentPower	TotVA	Total apparent power in a three phase circuit
ThreePhaseReactivePower	TotVAr	Total reactive power in a three phase circuit
ThreePhaseActivePower	TotW	Total real power in a three phase circuit.
ApparentPower	VoltAmp	Apparent power in a non-three phase circuit
ReactivePower	VoltAmpr	Reactive power in a non-three phase circuit
Voltage	Vol	Voltage (r.m.s.) not allocated to a phase
ActivePower	Watt	Real power in a non-three phase circuit
Pressure	Pres	Pressure
Temperature	Tmp	Temperature
Angle	Ang	Angle between voltage and current
ApparentEnergy	TotVAh	Apparent energy
ReactiveEnergy	TotVArh	Reactive energy
ActiveEnergy	TotWh	Real energy
Automatic	Auto	Automatic operation (not manual)
LocalOperation	Loc	Local operation (not remote)
SwitchPosition	Pos	Switch position [2bits= intermediate,open,closed,ignore]
TapPosition	TapPos	Tap position of power transformer or phaseshifter
Operation Count	OperCnt	Operation count – typically for switches
LineToNeutralVoltage		Line to neutral voltage.
LineToGroundVoltage		Line to ground voltage.

上面 Meas:Analog 像是在定義每個點位的基本資料，而實際的量測值，則是透過 Meas::AnalogValue 與該量測值相關聯。

表 3 Core::PhaseCode 列表^[3]

literal	description
ABCN	Phases A, B, C, and N.
ABC	Phases A, B, and C.
ABN	Phases A, B, and neutral.
ACN	Phases A, C and neutral.
BCN	Phases B, C, and neutral.
AB	Phases A and B.
AC	Phases A and C.
BC	Phases B and C.
AN	Phases A and neutral.
BN	Phases B and neutral.
CN	Phases C and neutral.
A	Phase A.
B	Phase B.
C	Phase C.
N	Neutral phase.
s1N	Secondary phase 1 and neutral.
s2N	Secondary phase 2 and neutral.
s12N	Secondary phases 1, 2, and neutral.
s1	Secondary phase 1.
s2	Secondary phase 2.
s12	Secondary phase 1 and 2.

表 4 Domain::unitMultiplier 列表^[3]

literal	description
p	Pico 10 ⁻¹² .
n	Nano 10 ⁻⁹ .
micro	Micro 10 ⁻⁶ .
m	Milli 10 ⁻³ .
c	Centi 10 ⁻² .
d	Deci 10 ⁻¹ .
k	Kilo 10 ³ .
M	Mega 10 ⁶ .
G	Giga 10 ⁹ .
T	Tera 10 ¹² .
none	No multiplier or equivalently multiply by 1.

表 5 Domain::UnitSymbol 列表^[3]

literal	description
VA	Apparent power in volts amperes.
W	Active power in watts.
VAr	Reactive power in volts amperes reactive.
VAh	Apparent energy in volt ampere hours.
Wh	Real energy in watt hours.
VArh	Reactive energy in volt ampere reactive hours.
V	Voltage in volts.
ohm	Resistance in ohms.
A	Current in amperes.
F	Capacitance in farads.
H	Inductance in henrys.

literal	description
degC	Relative temperature in degrees Celsius. In the SI unit system the symbol is °C. Electric charge is measured in coulomb that has the unit symbol C. To distinguish degree Celsius from coulomb the symbol used in the UML is degC. Reason for not using °C is the special character ° is difficult to manage in software.
s	Time in seconds.
min	Time in minutes.
h	Time in hours.
deg	Plane angle in degrees.
rad	Plane angle in radians.
J	Energy in joules.
N	Force in newtons.
S	Conductance in siemens.
none	Dimension less quantity, e.g. count, per unit, etc.
Hz	Frequency in hertz.
g	Mass in grams.
Pa	Pressure in pascals (N/m ²).
m	Length in metres.
m2	Area in square metres.
m3	Volume in cubic metres.

在這邊依舊可以看到 mRID 及 name，原則跟 Meas::Analog 時相同，為了避免誤解，我們在

原本的點位名稱後加了「_V」。點位值量測到的時間記錄於 TimeStamp 屬性、讀值則存放於 value 屬性。

三、mRID 與 UUID

在 CIM 的規範內，每個 class 皆有三個屬性繼承於 Identified Object 類別，這三個屬性分別為 alias Name、mRID 及 name。name 及 alias Name 皆為人工可讀、以供辨識的字串，mRID 為一編碼，以區分 CIM 文件中的所有物件(表 6)。由於 CIM 之目的為系統資訊交換，因此 mRID 希望為全球唯一的編號。為達此目的，CIM 規範內建議使用通用唯一識別碼 (Universally Unique Identifier, UUID)。

表 6 Core::IdentifiedObject 屬性^[3]

name	type	description
aliasName	String	The aliasName is free text human readable name of the object alternative to IdentifiedObject name. It may be non-unique and may not correlate to a naming hierarchy. The attribute aliasName is retained because of backwards compatibility between CIM releases. It is however recommended to replace aliasName with the Name class as aliasName is planned for retirement at a future time.
mRID	String	Master resource identifier issued by a model authority. The mRID is globally unique within an exchange context. Global uniqueness is easily achieved by using a UUID for the mRID. It is strongly recommended to do this. For CIMXML data files in RDF syntax, the mRID is mapped to rdf:ID or rdf:about attributes that identify CIM object elements.
name	String	The name is any free human readable and possibly non-unique text naming the object.

通用唯一識別碼是一種軟體建構的標準，亦為開放軟體基金會組織在分散式計算環境領域的一部份，主要的規範以及實作方式記錄於 RFC 4122。UUID 的目的，是讓分散式系統中的所有元素，都能有唯一的辨識資訊，而不需要透過中央控制端來做辨識資訊的指定。如此一來，每個人都可以建立不與其它人衝突的 UUID。在這樣的情況下，就不需考慮資料庫建立時的名稱重複問題。目前最廣泛應用的 UUID，是微軟公司的全局唯一識別元(GUID)，而其他重要的應用，則有 Linux ext2/ext3 檔案系統、LUKS 加密分割區、GNOME、KDE、Mac OS X 等等。另外我們也可以在 e2fsprogs 套件中的 UUID 函式庫找到實作。

一組 UUID，是 UUID 的標準型式包含 32 個 16 進位數字，以連字號分為五段，形式為 8-4-4-4-12 的 32 個字元。範例：550e8400-

e29b-41d4-a716-446655440000，是故UUID理論上的總數為 $16^{32}=2^{128}=3.4\times 10^{38}$ 。若每奈秒產生1個UUID，要花100億年才會將所有UUID用完，也就是說，每秒產生10億筆UUID，100年後只產生一次重複的機率是50%。如果地球上每個人都各有6億筆UUID，發生一次重複的機率是50%。由於產生重複UUID並造成錯誤的情況非常低，是故大可不必考慮此問題。但是，機率也與亂數產生器的品質有關。若要避免重複機率提高，必須要使用奠基於密碼學上的假亂數產生器來生成值才行。

在UUID的規範中，也提出了幾種不同版本及變形：

(一) Version 1 (MAC+時間)

由於電腦上的 MAC 位址視為唯一，因此，概念上第一代的 UUID 便使用 MAC 位址加上以 100ns 為時間單位的時間戳記。雖然這種方式幾乎沒有機會重複，但是由於在 UUID 中洩漏了 MAC 位址以及編碼時的時間這兩項私有資訊，此外，隨著電腦的進步，有可能在 100ns 內產生兩筆資料，如此便破壞了唯一性。

(二) Version 2 (DCE Security)

跟 Version 1 相同，但是在時間戳記的前 4 個 byte，採用使用者個 POSIX uid 或 gid 取代。這在 Unix 系統中較常見。

(三) Version 3 (MD5 hash & namespace)

透過計算 URL、domain name 等名字與命名空間的 MD5 雜湊值(Hash Code)以取得 UUID。這個方式確保了相同命名空間中不同名字生成 UUID 的唯一性、不同命名空間中的 UUID 之唯一性，以及相同命名空間中相同名字會有相同的 UUID。

(四) Version 4 (Random)

這個版本完全採用隨機產生，但是相同名字執行兩次會取得不同的 UUID。

(五) Version 5 (SHA-1 hash & namespace)

和 Version 3 相同，只是雜湊值的計算方式採用 SHA-1。在 RFC4122 中，建議採用 Version 5 的方式，只是 160-bit 的 SHA

值只採用 128-bit。在 RFC4122 附錄 B 中有詳盡的範例。

未來台電 mRID 可依循 UUID 之編號方式，或是自行選定編號原則。若是採用 UUID，則建議採用 Version 5。

四、資料流與輸出檔案

在實作的時候，由於 ConnectivityNode、Terminal 及 Measurement 屬性等資料並不會經常變動，因此這三個部分獨立成單獨的檔案，於需要時再傳輸。而量測值的部分，由於時常變動，因此定期產生檔案傳輸。這樣做的好處，可以避免重複傳輸相同的資料，以減少單次單一檔案的傳輸量。

圖 13 為整體系統之資料流。CIM 主機(馬公)上之常駐程式，每 1 分鐘讀取 ICCP 主機及 SEL 主機上之點位量測資料，轉換成 CIM/XML 格式後，上傳至 OWB 之 FTP Server。藉由 OWB 之傳送機制，CIM 主機(台北)至 FTP Server 上讀取 CIM/XML 檔案，並將其紀錄於資料庫後存檔。

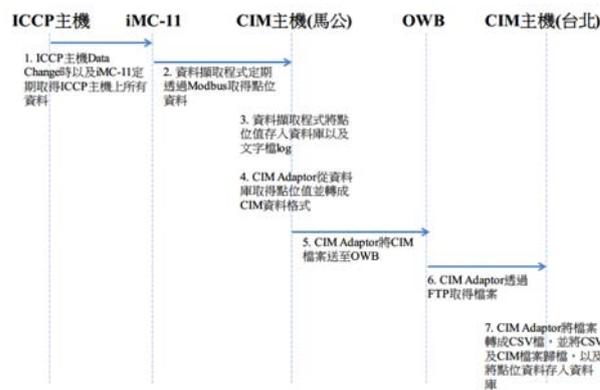


圖 13 驗證範例系統資料流

下圖 14 節錄部分 CIM 檔案以供參考。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<cim:Analog rdf:ID="7FB55ABF-73B0-4C8D-AA4E-040D592B4A24">
  <cim:IdentifiedObject.name>RA_610_MW</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:Measurement.phases rdf:resource="http://iec.ch/TC57/2010/CIM-schema-cim15#PhaseCode.ABC"/>
  <cim:Measurement.unitMultiplier rdf:resource="http://iec.ch/TC57/2010/CIM-schema-cim15#UnitMultiplier.M"/>
  <cim:Measurement.unitSymbol rdf:resource="http://iec.ch/TC57/2010/CIM-schema-cim15#UnitSymbol.W"/>
</cim:Analog>
<cim:AnalogValue rdf:ID="7FB55ABF-73B0-4C8D-AA4E-040D592B4A24_V">
  <cim:IdentifiedObject.name>RA_610_MW Value</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:MeasurementValue.timestamp>2015-03-20 09:25:00</cim:MeasurementValue.timestamp>
  <cim:AnalogValue.value>-16.578</cim:AnalogValue.value>
</cim:AnalogValue>
<cim:Analog rdf:ID="4DF2DE3D-2BF1-4D34-96AC-EFABA92D2336">
  <cim:IdentifiedObject.name>RA_610_MVAR</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:Measurement.phases rdf:resource="http://iec.ch/TC57/2010/CIM-schema-cim15#PhaseCode.ABC"/>
  <cim:Measurement.unitMultiplier rdf:resource="http://iec.ch/TC57/2010/CIM-schema-cim15#UnitMultiplier.M"/>
  <cim:Measurement.unitSymbol rdf:resource="http://iec.ch/TC57/2010/CIM-schema-cim15#UnitSymbol.Var"/>
</cim:Analog>
<cim:AnalogValue rdf:ID="4DF2DE3D-2BF1-4D34-96AC-EFABA92D2336_V">
  <cim:IdentifiedObject.name>RA_610_MVAR Value</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:MeasurementValue.timestamp>2015-03-20 09:25:00</cim:MeasurementValue.timestamp>
  <cim:AnalogValue.value>-5.184</cim:AnalogValue.value>
</cim:AnalogValue>
```

圖 14 CIM/XML 檔案(節錄)

五、系統整合架構建議

IEC 61968-100 (Application Integration at Electric Utilities - System Interfaces for Distribution Management - Part 100: Implementation Profiles)中說明中列舉了一般企業系統整合時常見的技术實施規範，明確說明在使用 Web Service、JMS 或是 ESB 時訊息內容的格式。圖 15 是 IEC 61968-100 的範疇。

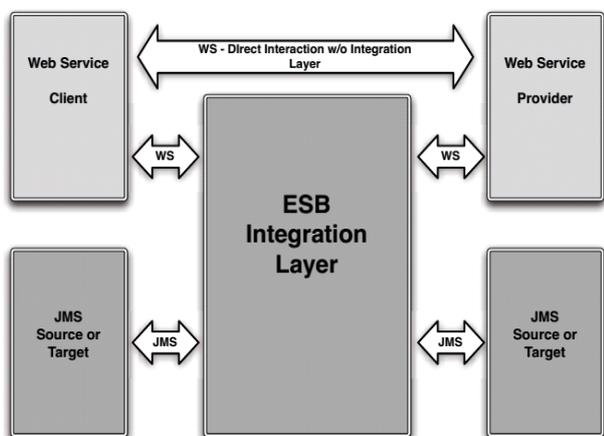


圖 15 IEC 61968-100 範疇^[5]

圖 15 中，CIM 訊息可以作為 Web Service 或 JMS 的訊息內容，ESB 居間可以當作訊息中介的角色，使得雙方可以使用不同的通訊方式。此外，ESB 也可以提供 publish/subscribe 的整合模式，並且提供訊息傳遞保證的管理機制。

總的來說，IEC 61968-100 綜整了以下幾個事項：

- (一) CIM 資訊交換的整合模式
- (二) 使用 Web Service 的介面設計
- (三) 使用 JMS 的介面設計
- (四) 定義標準化設計及相關的樣板

透過 ESB 來進行 CIM 資訊的整合，大體包含兩種 use case：request/reply message 與 event message。Request/reply 是由 Client 端發起，透過 ESB 將訊息轉給 Server 端，Server 端處理完畢後，再將結果回傳給 Client 端；Event 是由 Server 發起，透過 ESB 轉發給 Client 端。無論哪一種 use case，都必須定義訊息的 header 與 payload (圖 16)。

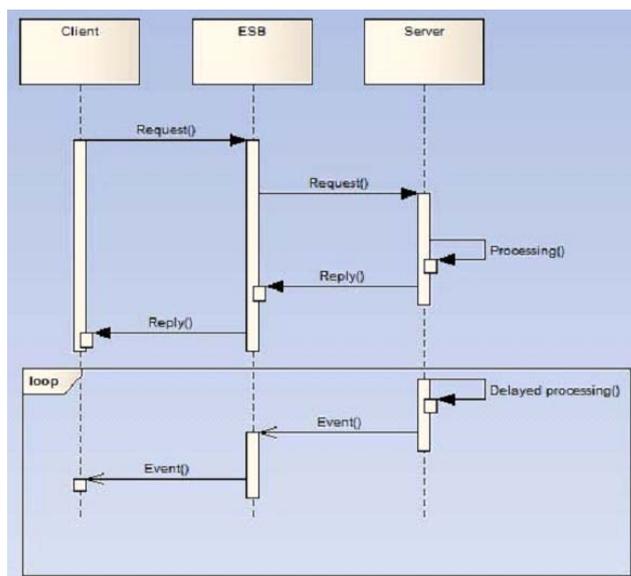


圖 16 交換訊息 Use Case^[4]

但是，當應用程式無法直接連結 ESB 或是其他應用程式時，就必須引入配接器(adapter)這個角色。台電目前的狀況便是如此，由於資訊安全因素，SCADA 網段獨立運作且不直接連結到企業網路上，如果需要資料交換時，依據「台灣電力公司資通安全作業規範」必須建立「單向傳輸實體隔離機制」，如驗證示範系統中之 OWB。

在圖 17 中，Adapter 接收來自 ESB 其他應用程式所發起的 Request 訊息，經過內部的轉換後，於 Server 中進行處理。待資料處理完畢後，再由 Adapter 進行資料轉換，以送出 Response 訊息。對於 Client 而言，整個通訊仍然維持雙向溝通，只是 Server 藉由 Adapter 完成雙向整合的目的。

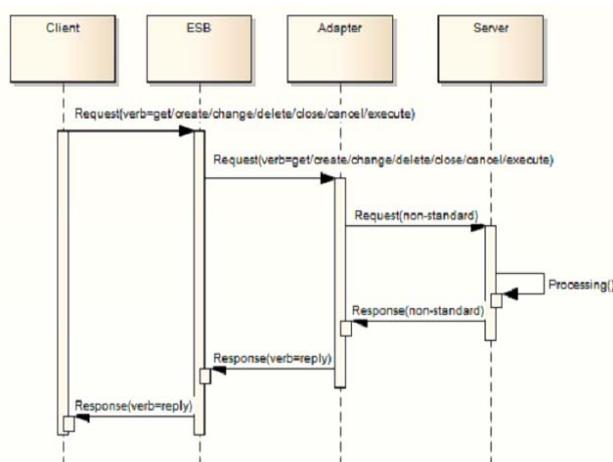


圖 17 使用 Adapter 進行整合^[5]

對於台電公司而言，為符合「台灣電力公司資通安全作業規範」之「單向傳輸實體隔離機制」內之需求，Server(SCADA系統)只能對外傳輸，因此，針對前述之Request/Response情境，SCADA系統無法自行完成，並且對於其他系統的Request訊息，亦無法由Agent向SCADA詢問。因此，必須由SCADA系統定期向Agent回報系統最新狀態(量測值及事件)，由Agent儲存這些歷史狀態紀錄，當其他系統需要資訊提出Request時，再由Agent代替SCADA系統進行回覆。因此，各SCADA系統進行系統整合時，除須連結SDTM外，亦須另行建立Agent程式與區處/調度中心之ESB整合。如圖18。

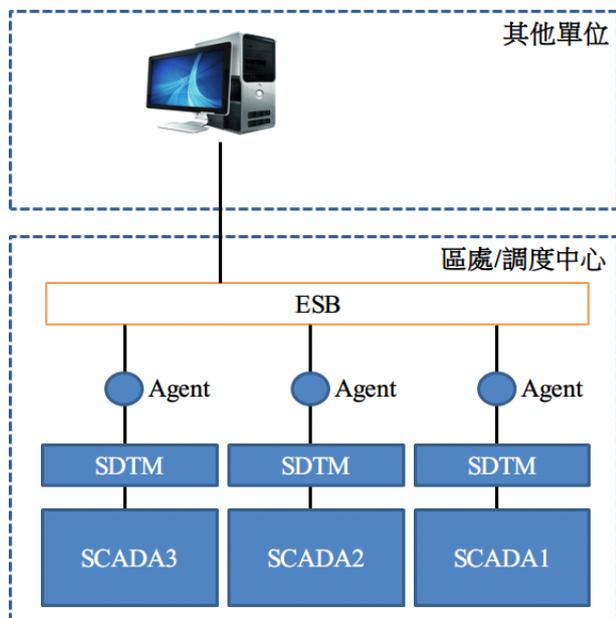


圖 18 台電公司系統整合示意圖(建議)

肆、結論與建議

本研究案依循研究規範之需求及時程循序進行，首重目標為驗證示範系統之建立，並依據系統建置之經驗，針對 SCADA 系統引用 CIM 之採購條文以及 SCADA 系統導入金鑰制度進行規劃及可行性建議。

針對後續台電引用CIM規範時，為有利相關工作之推展及加速系統整合，後續應針對 CIM內之mRID(UUID)、資料點位名稱、單線圖

繪製準則.....等成立專責單位進行規範之研擬。此外，本研究案僅於馬公二次變電站進行 CIM 示範系統的建置，其中所使用的點位資料類別及系統環境仍具有其限制性。建議後續除配電系統外，亦可納入供電系統、輸電系統、再生能源系統等，以擴大了解 CIM 之其他物件類別。此外，由於目前僅由馬公二次變電站之 SCADA 系統單向傳輸至台北資訊處，建議後續可進行兩個以上 SCADA系統間之 CIM 整合，以更進一步釐清整合過程中之詳細實施步驟，藉以確保系統間之互運性。

伍、參考文獻

- [1] Mathias Uslar and Michael Specht, The Common Information Model CIM, Springer
- [2] J. Simmins, "IntelliGrid Common Information Model Primer Second Edition," ERPI, Palo Alto, CA, USA, Tech. Rep. 3002001040, pp. 4-1-4-3 , Oct. 2013.
- [3] IEC : 61970-301 Ed.5: Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 301: Common information model (CIM) base, Dec. 2013.
- [4] J. Simmins, "IntelliGrid Common Information Model Primer Second Edition," ERPI, Palo Alto, CA, USA, Tech. Rep. 3002001040, pp. 5-7-5-18 , Oct. 2013.
- [5] IEC : 61968-100 Ed.1: Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management - Part 100: Implementation profiles, Jul. 2013.

台電公司建築資訊模型(BIM)工作規範 與標準契約之研究

A Study of Formulating the Building Information Modeling(BIM)
Standard Specification and Contract in Taipower

陳顯明*
Chen, Shen-Ming

林益民*
Lin, Yi-Min

許坤榮**
Hsu, Kun-Jung

吳崇弘**
Wu, Choung-Houng

陳慧如**
Chen, Hui-Ju

摘 要

本研究經由國內外公部門建築物導入 BIM 之經驗分析及其執行策略分析、國內外相關技術、軟體及標準之現狀與發展趨勢分析，結合台電公司導入 BIM 之成本效益評估與組織架構之探討，建立 BIM 在台電公司推行之責任分工與作業流程。並規劃適用台電公司於不同發包模式下之 BIM 工作規範及 BIM 標準契約。最後，探討台電公司建築物導入 BIM 於建築生命週期各階段執行之機制；建立 BIM 協同平台、圖件庫和資料庫之策略。以改善台電公司初步推行建築資訊模型配套制度之不足，提高各界面於實務上 BIM 運作及整合之能效。

Abstract

This research reviews the international experience of BIM use and focuses on a strategy of maximizing the value of implementing BIM both at the project-level and company-level in Taipower. The BIM procedures are formulated to develop strategic, organizational, execution, and procurement plans. The mechanism of execution strategies to include BIM in each phase of the building life-cycles is explored. The strategies of establishing the BIM implementation platform, component library, database are developed to satisfy the institutional and practice needs for BIM use in Taipower. Finally, the Taipower BIM Guide and BIM Standard Contracts are established to meet the requirements of building projects in Taipower.

關鍵詞(Key Words)：建築資訊建模(Building Information Modeling)、BIM 指南(BIM Guide)、BIM 契約(BIM Contract)、BIM 組織架構(BIM Organization Structure)、BIM 標準(BIM Standard)。

壹、前言

建築資訊建模(Building Information Modeling,

BIM)指在新建設施或經更新之設施生命週期中，為滿足各種使用者的需求，利用數位化、參數化、物件導向化、可互相操作性公開標準的資訊，連動性方式描述或形容建置模型，以呈現建築物物

*台灣電力公司營建處

**台賓科技有限公司

理及功能上特徵的過程或技術。建模(Modeling)指建築物在其生命週期中，幾何與非幾何資訊的建置、維護與應用的所有行為。建模過程所建立用來描述建築物之幾何與非幾何電子化資料，稱建築資訊模型(Building Information Model)。

台灣電力股份有限公司(以下簡稱台電公司)歷年之工程數量及預算執行額度，皆屬國內規模龐大之業主。台電公司每年都有相當數量的新建建築工程，如變電所、電廠廠房、行政大樓、營業區處、巡修及服務中心等。台電公司為管控這些工程的材料成本與工期，並降低營運成本，與世界先進之營建技術與管理接軌，可優先導入，進而應用這些先進的營建技術與管理，再推廣於全國。

貳、國內外 BIM 執行策略與案例分析

十年來，世界各國對 BIM 技術的推動有不同的作法(如表 1)，其發展與應用成果也有所不同，惟文獻多較針對各國政策推動層次之分析，較少揭露國外公部門推動案例的細節。有些國家 BIM 的發展應用是「由下而上」，如香港、日本。有些國家 BIM 的發展應用則是「由上而下」，如美國、新加坡、中國大陸。前者(由下而上)是指該國(或地區)的營建業界，先行應用 BIM 技術於許多工程個案中，後來為改善 BIM 運作與整合環境，逐步要求政府制訂相關政策與制度，以提升整體生產效力。後者(由上而下)是指，該國(或地區)的營建業界因為有少數業界先行應用 BIM 技術於少數工程個案，但政府認為 BIM 的推廣應用必須有健全的環境方能有效推動，也期望能改善行政效能以及快速提升該國營建生產力，因此主動制訂相關政策與制度。

一、國外公部門建築物導入 BIM 執行策略分析

在實務面，各國建築相關部門大多從操作面研訂 BIM 的工作規範。例如美國聯邦政府主管全美聯邦政府不動產資產管理的總務署

(General Service Administration, GSA) 是倡議公營項目採用建築資訊模型的先鋒。GSA 已建立一套建築資訊模型指引(BIM Guide Series)^[11]，提交供政府項目使用。自 2008 年起強制要求政府項目提交建築資訊模型，美國推動 BIM 的主要目的在於提升營建生產力與推動節能減廢。美國退伍軍人部(Dept. of Veterans Affairs)、以及較為積極的州政府和大學、新加坡等紛紛訂定自己 BIM 的工作規範^[2-12]。

2011 年 5 月底，英國內閣辦公室發佈英國政府將在 2016 年要求其公共工程導入合作式 3D BIM(Collaborative 3D BIM)應用之五年計畫，正式開啟了英國建築與營建產業邁向 BIM 世紀的序幕。目前英國在推動 BIM 上除了政府政策的支持之外，許多官方組織或民間團體也藉由舉辦各種 BIM 相關活動來推動 BIM 的發展。

在專業職業公協會而言，美國建築師協會(American Institute of Architects, AIA)及美國總承包商協會(The Associated General Contractors of America, AGC)分別製作了 BIM 標準附約供美國實務界參考^[13, 14]。此外，針對 BIM 所帶來的專業垂直整合之整合專案交付(Integrated Project Delivery)作業模式，美國建築師協會也制定了整合專案交付相關契約條文^[15]。

二、國內公部門建築物導入 BIM 案例及執行策略分析

在建築類別方面，我國中央及地方政府已陸續辦理運用 BIM 技術的試辦案例，包括內政部營建署、國立故宮博物院、臺北市政府、新北市政府、臺中市政府及金門縣政府等，均有推動 BIM 技術運用於公共工程之實際案例(表 2)。

就 BIM 預算經費而言，在我國內政部營建署建築物導入 BIM 的案例中，整體而言 BIM 預算經費約佔發包施工費的 0.2%(表 3)。

表 1 各國 BIM 倡導機構、推動方法及現況

國家	機構類別	倡導機構	推動方法及現況
美國	政府	美國聯邦政府總務署 (GSA)	美國聯邦政府總務署 (GSA) 是倡議公營項目採用建築資訊模型的先鋒。GSA 已建立一套建築資訊模型指引(BIM Guide Series)，提交供政府項目使用。自 2008 年起強制要求政府項目提交建築資訊模型。
	政府	建築科學研究院 Building SMART Alliance	National BIM Standard – United States™ Version 2, 2012.
	政府	美國陸軍工程師兵團	強制要求所有項目採用建築資訊模型。
	協會	美國建築師協會 (AIA)	制定 BIM 契約範本： 整合專案交付指南(2007) E202: Building Information Modeling Protocol Exhibit, 2008. AIA Draft Document E203-2012: Building Information Modeling and Digital Data Exhibit. Level of Development Specification for Building Information Models, 2013/8/22.
	協會	美國總承包商協會	制定 BIM 契約範本： Consensus docs 301: Building Information Modeling Addendum, 2008. The Contractor's Guide to BIM, ed.2,
	學校	賓州州立大學	制定：給設施業主的 BIM 規劃指南(2012) 專案執行計畫指南(2010)
	學校	喬治亞理工學院(GIT)	出版：Eastman, BIM Handbook, ed.2, 2011. ^[16]
加拿大	協會	加拿大建築資訊模型學會	該學會協助將 BIM 導入協調設計、建造及管理流程。
英國	政府	政府內閣辦公室 - 建造局	2016 將強制要求公營類別的建造專案採購建築資訊模型。英國已出版建築資訊模型標準，包括編號為 BS1192:2007、BS ISO29481-1:2010、BIP 2207 的文件。
中國大陸	政府	住房和城鄉建設部	建築資訊模型已列入 2011 年發布的「十二.五」計畫內。
	政府	北京市政府	制定民用建築資訊模型設計基礎標準
	學院	清華大學	出版：中國建築資訊模型標準框架，2011/12。設計企業 BIM 實施標準指南，2013/3。
日本	政府	國土交通省	發布官廳營繕工程開始導入 BIM 之計畫，2010/3。
	協會	日本建築師協會(JIA)	出版 BIM Guideline，2012/7。
南韓	政府	公營採購服務	南韓的公營採購服務強制要求在 2016 年起，所有超過 5 億韓圓的項目或公營項目，必須使用建築資訊模型。
新加坡	政府	屋宇及建造局(BCA)	經由 CORENET 提交實施 BIM 的法規審批。2015 年強制要求超過 5000 平方米以上的新建築物建照申請要提交建築資訊模型。 出版 Singapore BIM Guide，2013/8 等系列指引。
香港	政府	香港房屋委員會	香港房屋委員會(房委會)是制定和推行香港公共房屋計劃的法定機構，其首要任務是協助有需要的低收入家庭入住可負擔的居所。香港房屋委員會、香港鐵路有限公司、香港機場管理局已採用建築資訊模型。
	政府	建造業議會	出版香港建造業策略性推行建築資訊模型路線圖之最終草擬報告，2013/9。
	政府	發展局	發掘可有效應用建築資訊模型公營建造項目類別，並且正推動使用建築資訊模型的試點項目。

表 2 我國公共工程建築類運用 BIM 技術試辦案例

運用 BIM 技術案例	工程名稱
內政部營建署	1. 國立中央大學工程五館 B 棟大樓增建工程 2. 衛生福利部東區老人之家院舍整建工程 3. 國立故宮博物院南部院區興建-博物館建築及相關工程 4. 財政部臺灣省中區國稅局苗栗縣分局辦公廳舍新建工程 5. 臺灣桃園地方法院擴遷建辦公廳舍及檔證大樓新建工程 6. 行政院體育委員會國家運動選手訓練中心整建計畫 7. 臺灣彰化地方法院遷建辦公廳室工程 8. 中央警察大學充實警察應用體技教學設施新建工程 9. 台灣士林地方法院檢察署擴建辦公廳舍新建工程 10. 台江國家公園管理處行政中心暨遊客中心新建工程 11. 中央警察大學學員生宿舍大樓新建及整建工程 12. 國立臺灣藝術大學多功能活動中心新建工程 13. 台灣自來水公司科技、人文、生態辦公園區改建工程
國立故宮博物院	國立故宮博物院南部院區興建計畫
臺北市政府	1. 捷運工程萬大線設計標 2. 安康社區 D 基地興建公營住宅統包工程
新北市政府	1. 新北市三重、蘆洲、淡水國民運動中心興建統包工程 2. 新北市土城、中和國民運動中心興建統包工程 3. 新北市新泰國民運動中心興建統包工程 4. 新北市永和、汐止、樹林國民運動中心興建統包工程 5. 新北市立圖書館新建工程 6. 新北市立聯合醫院三重院區急重症大樓新建工程 7. 新北市綜合福利服務大樓新建工程 8. 台灣自來水公司科技、人文、生態辦公園區改建工程
臺中市政府	國軍新田營區新建工程
金門縣政府	金湖鎮市港段土地興建住宅新建工程

資料來源：行政院公共工程委員會

表 3 營建署導入 BIM 之工程及經費比例

工程進行階段	工程名稱	預算發包施工費(億元)	BIM 預算經費比例
規劃設計階段	衛生福利部衛生署草屯療養院急症醫療大樓擴建工程	2.6	含於規劃設計費中，未單獨估計
發包階段	臺灣桃園地方法院擴遷建辦公廳舍及檔政大樓新建工程	25.16	0.15%
施工階段	台灣士林地方法院檢察署擴建辦公廳舍新建工程及第一、二辦公大樓整修工程	6.04	0.20%
	中央警察大學體技大樓新建工程	2.83	0.22%
	國立中央大學工程五館 B 棟大樓增建工程	2.25	0.18%
	臺灣省中區國稅局苗栗縣分局辦公廳舍大樓興建工程	3.36	0.12%
	國立故宮博物院南部院區興建計畫	27.99	0.14%
	行政院體育委員會國家運動選手訓練中心整建計畫	21.17	0.09%
	司法院臺灣彰化地方法院遷建辦公廳室工程	15.47	0.16%
	衛生福利部東區老人之家院舍整建工程	3.51	0.43%

資料來源：內政部營建署

參、BIM 之成本效益評估

導入 BIM 軟體、硬體、教育訓練、及專案期間 BIM 應用之效益若涉及營運階段之成本效益，則生命週期中之多年期別將需使用前述折現分析。然若僅考慮設計、施工期間之成本效益，由於年期較短，加上折現率低而可暫予忽略短期資本成本，則可採未折現之成本效益概略評估之。由於上述理由，多數導入 BIM 之成本效益分析文章與報告，到目前為止多採未折現之成本效益概略評估，例如單純計算 3D 協調應用 BIM 讓施工階段錯誤減少之效益，多使用未折現之成本效益概略評估方法。

一、定性分析

由於台灣 BIM 之導入期間不長，國內經驗資料不足更甚於歐美 BIM 先行國家，因此以下的分析以國外定性或非貨幣化之量化分析為主。即使有少數可貨幣化之案例，由於情境不同、比較基礎不一，亦難達到自然科學之實驗研究控制變數之分析。從業主的角度來說，沒有導入 BIM 有以下常見的問題：

- (一) 專業間缺乏有效垂直溝通/協調/整合：只考慮自己的工作(階段性目標)。
- (二) 專業間缺乏有效水平溝通/協調/整合：各自設計(2D 圖面)各自施工(現場解決)。
- (三) 工程資料缺乏有效管理：常發生不正確/不一致/不透明、不易再利用。
- (四) 容易犧牲業主權益：專業分工資訊不對稱(成本/品質/工期/效率)。

導入 BIM 之後，將為專案帶來下列效果：

- (一) 視覺化溝通平台：當事人與專業間易於進行水平與垂直溝通/協調/整合。
- (二) 整合性資訊平台：確保資訊的正確性/一致性/透明化、易再利用(延伸至營運管理階段與其他類似案件)。
- (三) 全生命週期的管理：資料生產一次、使用多次多人多時。

(四) 增加工程設施功能：發揮永續環境、節能減碳的功能。

(五) 提升工程建設績效：成本(減少變更設計與數量不準)、效率、品質、安全。

Eastman 在 BIM Handbook 歸納各階段之預期效益如表 4。預計台電公司導入 BIM 之後，將帶來下列效益：

1. 規劃設計階段：提升設計效率及品質，並可加速設計/施工/使用單位之溝通。
2. 發包施工階段：預期將減少變更設計(契約變更)及施作後再拆除狀況，增加施工效率。
3. 總體效益：預期可降低整體工程成本，節省規劃設計施工時間。

表 4 BIM 各階段效益

階段表	效益
規劃階段	容易進行方案比較 增加建築績效與提高品質 提升團隊合作程度
設計階段	視覺化可協助設計 變更設計自動調整有關參數 可精確輸出 2D 圖說 容易進行跨領域整合設計 容易檢核設計內容之一致性 估價與設計可同時進行
施工階段	設計模型可快速協助預鑄組件之施作 變更設計時可快速連動調整相關參數 施工前可發現設計錯誤或漏項 設計與施工規劃可同步進行 可協助施工技術之改善 設計與施工可同步進行採購
營運階段	容易進行設施之測試與資訊之移交 較好之設施管理 設施操作與管理系統之整合

資料來源：Eastman(2011), BIM Handbook.

二、定量分析

一般而言，BIM 之貨幣化效益不易衡量，其替代方法為：於專案實施中針對 BIM 將產生之效益予以定量之分析。如 University of Colorado-Denver, Health Services Center, Research

Complex 2 (RC2)，這是一棟 11 層、540,000 SF 的生物醫學研究設施 (biomedical research facility)。該建築相同的 RC1 完工之後，RC2 選擇承商的準則為必須使用 BIM。使用 BIM 的 RC2 採用 IPD(Integrated Project Delivery，整合專案交付模式)之交付方式，結果顯示採用 BIM 有如下的幾項好處：

- (一) 比原先預期減少了 37% 的疑義澄清(RFIs)；
- (二) 在施工前階段增加了 RFI，讓基礎工程階段減少了 74% 的 RFIs；
- (三) 在鋼構工程階段減少 47% 的 RFIs；
- (四) 由於較少的變更設計，故較少工程進度的延宕。

肆、台電導入 BIM 之組織架構探討

BIM 對營建產業的影響非僅止於技術的提升，更是對營建全生命週期流程的全面革新。為使 BIM 技術能在全生命週期過程中發揮最大效益，除了流程的調整之外，組織架構的配合也相當重要。透過組織的調整，讓 BIM 與台電公司傳統技術與制度無縫接軌，並與台電公司的 BIM 規劃藍圖相互參照，方能使技術與管理步伐一致。

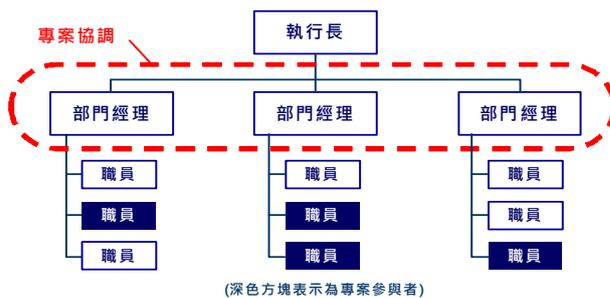
一、各類型組織態樣

根據 2013 年出版之 PMBOK Guide(Project Management Body of Knowledge Guide，專業管理知識體指南)^[17]，組織態樣大致上可分為「功能式組織」、「專案式組織」及「矩陣式組織」，其中矩陣式組織又可再細分為「弱矩陣式組織」、「平衡式矩陣組織」及「強矩陣式組織」。本研究將各類組織態樣與 BIM 策略連結，羅列出所有推動 BIM 可行的組織架構。各組織態樣之說明及優缺點分析如下：

(一) 功能式組織 (Functional Organization)

此為在不變動台灣電力公司現有組織架構下，以「任務編組」方式成立 BIM 推動與執行

小組，成員由各單位人力所組成。其優點為組織簡單、沒有重複活動、尊重功能單位的專業作用、專案成員有自己固定之單位歸屬。但由於功能式組織強調的是單位功能和技術專業，而非專案目標，因此常有狹隘、不全面的缺點，也因此導致此類組織反應緩慢、本位主義重、不注重客戶，也沒有明確的負責人員(如圖 1)。



資料來源：PMBOK(2013)

圖 1 功能式組織

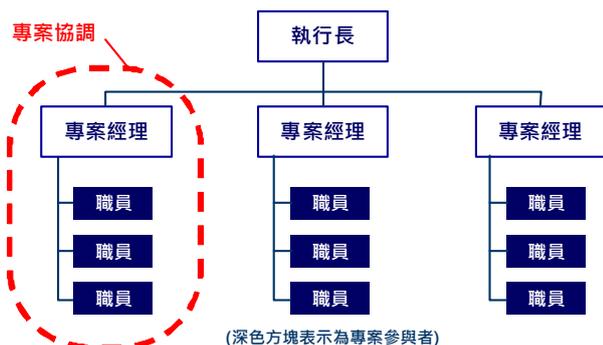
由於功能式組織分工明確，符合社會文化中「專業分工」的需求，因此多數大型組織仍以功能式組織為主，再以其他任務編組模式，彌補功能式組織的缺點。台電公司整體架構亦以功能式組織為主要分類基礎，總管理處下轄直屬之二十六個處室，各處室即是以功能導向分類，如發電處、供電處、電力調度處、營建處、核能發電處等。

(二) 專案式組織 (Projectized Organization)

此為修改台電公司現有組織架構，新成立一個 BIM 推動與執行單位，專職 BIM 之推動與執行。其優點為組織簡單、專案經理有充分的權力控制資源、向客戶負責、溝通效率高、決策速度快。但由於專案式組織無特定歸屬之特性，使成員在專案結束後有「無家可歸」，導致資源使用效率不高、專案間缺乏資訊交流與共享、決策時，注重專案目標超過技術問題(圖 2)。

(三) 矩陣式組織 (Matrix Organization)

矩陣式組織又可分為弱矩陣式組織 (Weak Matrix Organization)、平衡式矩陣組織 (Balanced Matrix Organization) 及強矩陣式組織 (Strong Matrix Organization)。

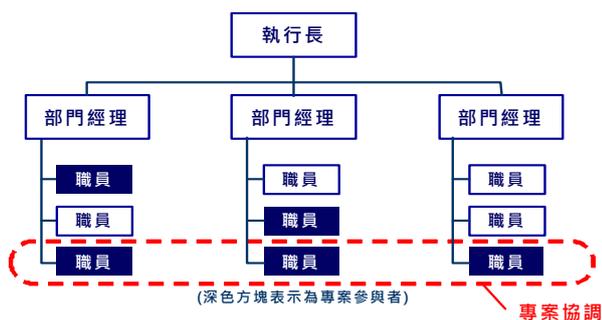


資料來源：PMBOK(2013)

圖 2 專案式組織

1. 弱矩陣式組織 (Weak Matrix Organization)

此形式亦無須變動現有組織架構，以「任務編組」方式成立 BIM 推動與執行小組，成員由各單位人力所組成。專案由各功能單位之人員負責，無經理人員涉入；決策與影響力低(圖 3)。



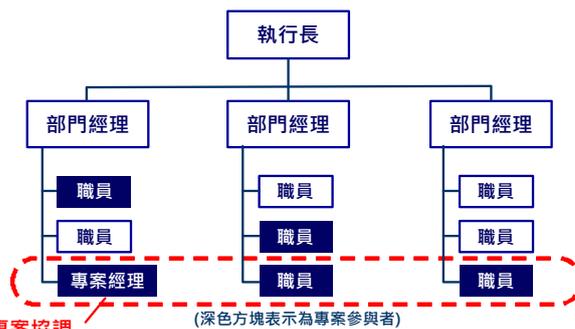
資料來源：PMBOK(2013)

圖 3 弱矩陣式組織

2. 平衡式矩陣組織 (Balanced Matrix Organization)

此形式亦無須變動現有組織架構，以「任務編組」方式成立 BIM 推動與執行小組，成員由各單位人力所組成。專案由各功能單位之人員負責，但已具有專案經理人統籌規劃，惟其仍受功能單位決策影響；人員決策與影響力中低(圖 4)。

台電公司營建處建築組，目前一般房屋建築自辦設計即採用平衡式矩陣組織之運作模式，由建築專業人員作為專案經理，負責統合及協調機電、結構等專業人員，以達到專案整合的效果。



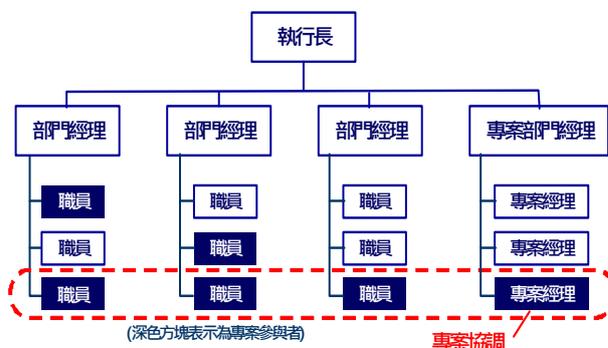
資料來源：PMBOK(2013)

圖 4 平衡矩陣式組織

3. 強矩陣式組織 (Strong Matrix Organization)

專案由各功能單位人員組成，並由專案辦公室之專案經理負責統籌規劃；其決策向專案主持人報告，不受功能單位決策影響；人員決策與影響力中高。

因為台電公司有許多大型專案，因此亦有些單位採強矩陣式組織的運作模式，如水力工程、火力工程及核能工程計畫，均由專案單位的專案經理負責統籌及協調其他單位的專業人員(圖 5)。



資料來源：PMBOK(2013)

圖 5 強矩陣式組織

此組織模式有以下之優點：有效利用資源、功能專業知識可供所有專案使用、資訊流豐富，促進學習和知識交流、注重客戶、功能單位是專案成員的「家」。但此組織模式也有以下之缺點：有兩個「老闆」，雙重匯報關係、需要平衡權力、當有很多專案同時執行時，分享稀有資源可能會帶來單位之間的問題。

二、公司導入 BIM 之組織架構

有關公司採用何種組織模式導入 BIM 的課題，賓州州立大學於 2012 出版的「業主 BIM 規劃指南」(BIM Planning Guide for Facility Owners)^[2, 3]有完整的整理與分類。該指南將導入 BIM 之組織模式分為四類，分別是顧問(Consultant)、工作小組(Within Working Group)、獨立的 BIM 實施團隊(Separate BIM Implementation Team)及 BIM 規劃委員會(BIM Planning Committee)。

(一) 顧問(Consultant)

對於初次導入 BIM 或 BIM 經驗較少的組織，聘請外部顧問來處理 BIM 的整合也是一種方式。但顧問需學習該組織的工作流程，讓 BIM 導入更加順利。

(二) 工作小組(Within Working Group)

此種方式將 BIM 整合工作由那些將要實施 BIM 的團隊負責。此種組織方式的優點為該工作小組成員對自身流程有最多經驗，但缺點是工作小組需發展新流程以發揮 BIM 最大效益，同時也須分配足夠時間來執行 BIM，如果小組成員仍維持同樣角色及責任，BIM 的推動將面臨困難。

(三) 獨立的 BIM 實施團隊(Separate BIM Implementation Team)

聘請或開展公司內部的 BIM 人才或團隊，若採用此方案，BIM 人力需了解組織的運作流程。然而，此方案須投入團隊教育訓練的成本。

(四) BIM 規劃委員會(BIM Planning Committee)

最好的作法是綜合上述選項。在初始階段，可聘請顧問公司協助進行 BIM 的策略規劃，並在此時成立 BIM 規劃團隊，團隊成員應包括 BIM 擁護者、BIM 管理倡議者，以及運作單位的 BIM 領導者。這個跨功能領導團隊應由突破傳統運作模式思考的人員組成；此外，規劃委員會成員不一

定要是運作單位的主管，成員們需在單位提出需求，並把 BIM 規劃委員會的觀念分享給各單位同仁。

三、台電公司導入 BIM 之組織期程建議

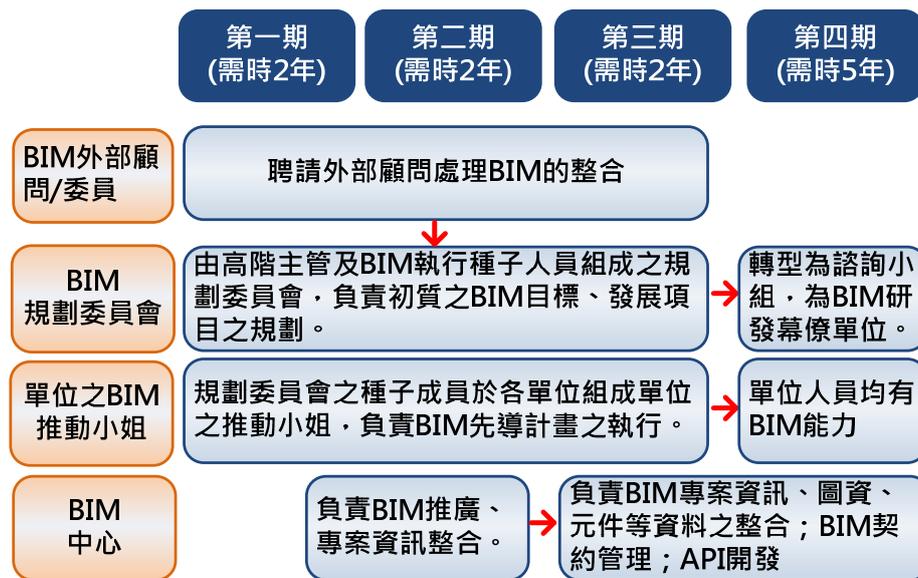
BIM 不只是技術的升級，而是全生命週期的管理與整合概念，在制度上必須適度調整，才能有效發揮 BIM 的功能。由於台電公司仍在 BIM 發展的初始階段，目前僅有部分先導計畫開始推動採用 BIM 技術，各單位人員無論在 BIM 技術、整合或管理觀念，仍待進一步的培訓與協助，方能使台電公司在導入 BIM 的過程中，與原有制度及技術無縫接軌。本團隊建議應參照賓州州立大學業主 BIM 規劃指南的模式，依台電公司 BIM 不同發展階段之需求，逐步推動 BIM 技術及管理的導入。依照導入流程及功能，將角色分為「BIM 外部顧問」、「BIM 規劃委員會」、「單位之 BIM 推動小組」及「BIM 中心」(如圖 6)。

(一) BIM 外部顧問

由於台電公司目前仍缺乏組織內推動 BIM 的技術及管理人才，BIM 知識的傳承仍需由外界的 BIM 專業人員協助導入及培訓工作，以利台電公司內部人員學習 BIM 相關知識。因此，在台電公司 BIM 政策推動初期，可敦聘外部 BIM 專業顧問加入規劃團隊，以提供 BIM 專業諮詢。另一方面，BIM 知識非短期之內一蹴可幾，外部顧問的聘用應為跨時程的安排，不應侷限於發展初期。

(二) BIM 規劃委員會

台電公司於 BIM 發展初期，應成立一層級較高、具決策與統籌性質的規劃委員會，規劃委員會的成立目的在於確認 BIM 推動方向與組織發展一致、規劃及制定組織的 BIM 目標，更重要的是，由上而下提供 BIM 發展資源，以利 BIM 技術的推廣與落實。



資料來源：本研究自繪

圖 6 台電 BIM 組織發展期程建議

在規劃委員會中，建議由決策層級的高階主管擔任委員會主委，統籌規劃 BIM 發展目標及資源分配，而委員會的其他參與成員應包括各單位之 BIM 種子人員，負責 BIM 技術的學習、應用與推廣。這些種子人員在取得規劃委員會的資訊與授權後，將 BIM 政策的發展方向帶至各自所屬的功能單位落實，並負有將 BIM 技術推廣予其他單位同仁的責任。

在台電公司的 BIM 技術發展較為成熟後，BIM 規劃委員會可於第四期轉型為幕僚性質的諮詢小組，作為決策者在 BIM 領域的專業顧問小組。該諮詢小組的工作內容將由原先的公司 BIM 政策規劃及資源統籌，轉變為 BIM 發展議題研究，以隨時掌握 BIM 最新趨勢，協助台電公司及早因應技術及環境的變遷。

(三) 單位之 BIM 推動小組

各單位應各自組成 BIM 推動小組，負責 BIM 先導計畫的推動與執行。其推動小組成員應至少有一位為規劃委員會的成員，方能將高階主管的 BIM 政策規劃有效傳達至各執行單位，使管理與執行層級的

資訊流通且目標一致，以利 BIM 政策的推展與落實。

BIM 推動小組另一個重要的任務為：單位內的 BIM 技術推廣。BIM 推動小組內的種子成員是台電公司導入 BIM 技術的首波培訓重點人員，同時也是 BIM 先導計畫的執行人員，因此對 BIM 技術的操作及應用最為熟悉，BIM 推動小組成員應將 BIM 技術知識於單位內推廣之，以達到 BIM 組織發展第四期「單位人員均有 BIM 能力」的目標。另一方面，BIM 推動小組需蒐集單位內推動 BIM 所需之資源及實務上面臨的困難，並於規劃委員會中提出，以達到由下而上的反饋效果。

(四) BIM 中心

台電公司於 BIM 導入初期，若冒然成立一 BIM 專責中心，將可能讓 BIM 中心與其他單位技術及資訊難以分享，因此建議於 BIM 組織發展第二期時，再成立 BIM 中心。部分 BIM 種子人員移轉至 BIM 中心，負責 BIM 專案資訊之整合，並逐步建置台電的 BIM 資料庫。

為因應未來 BIM 發展更趨成熟而產

生其他需求，在組織發展第三期開始，BIM 中心應加入採購及契約專業人員、資訊人員、資料庫管理及規劃人員等，協助 BIM 新工作規範及契約之修訂。因為組織人員 BIM 技術的提升、國內大環境 BIM 成熟程度提高，台電公司未來將可能新增其他 BIM 應用項目，此時便須有採購及契約專業人員的介入，因應新的 BIM 技術調整契約內容。另外隨著台電公司人員對 BIM 技術的熟練程度提高，BIM 中心應有資訊人員的加入，利用 BIM 軟體提供的應用程式介面 (Application Programming Interface, API) 開發符合台電需求的外掛程式，加快 BIM 技術應用的效率。為使未來台電公司專有的 BIM 元件、圖資有統一管理的資料庫，資訊人員及資料庫管理規劃人員應共同合作，健全 BIM 的資料庫管理機制，以利後續設施維護及知識管理。

組織的層級將影響組織的權力、資源及影響力，因此在規劃台電公司下的 BIM 組織時，應同時釐清各階段的各種組織位於台電公司的何種層級。如前所述，BIM 規劃委員會為一具有決策及資源分配功能的 BIM 前期推動組織，因此該委員會的主管應為台電公司的高階主管，建議應設置於總經理室底下，由總經理負責統籌規劃台電 BIM 政策，並確定各 BIM 先導計畫之資源及主責單位。在組織發展後期，BIM 規劃委員會轉型為諮詢小組，成為總經理室下的幕僚單位。

單位之 BIM 推動小組的目標在於將 BIM 規劃委員會之決策落實於各單位，並負有在單位內推廣及領導 BIM 技術的責任，因此推動小組之組織層級置於各單位中，以達到最佳溝通效果。

而在組織發展期程第二期開始，規劃成立 BIM 中心，此時 BIM 中心為一資源、資訊統籌中心，另外也肩負 BIM 契約管

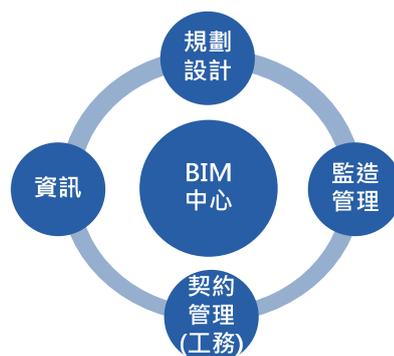
理、資料庫管理的責任，BIM 中心的位階應與其他功能單位相當。

四、台電公司導入 BIM 組織之規模與編制建議

如前所述，組織的規模與編制無絕對的良窳，端視組織文化、習慣及對 BIM 的需求而定，在組織編制上，業主與設計師、承包商等的發展方向各有不同，因此亦須由業主的角度設計 BIM 單位。

台電公司多係以業主角執行工程專案，透過採購發包程序，由設計師與承包商承攬台電工程。因此在 BIM 單位的編制上，與設計師或施工廠商略有差異，應較著重於規劃設計階段及監督層次的專案管理功能。

以專案管理功能為核心的 BIM 單位設計，搭配台電公司在採購流程的習慣，本研究建議 BIM 單位編制應區分為四大領域：規劃設計、監造管理、契約管理及資訊整合。規劃設計即在採購發包前階段進行，包括是否適合採用 BIM 的評估、BIM 估價、專案 BIM 應用項目決定等，規劃設計成員應含建築、結構及機電專業人員。監造管理則係於專案開始後，BIM 專業人員負責設計及施工過程的監督與管理，監造管理成員應含建築、結構及機電專業人員。契約管理則由台電公司法務及工務相關人員負責，業務內容包括 BIM 智慧財產權之管理，新增專案 BIM 應用項目的權責分配等。資訊整合人員則負責 BIM 資料結構的設計、資料庫建置與維護管理、資訊整合等內容。台電公司 BIM 中心編制建議示意圖如圖 7。



資料來源：本研究自繪。

圖 7 台電公司 BIM 中心功能需求

在 BIM 組織員額方面，根據前述美國的調查，受訪公司的 BIM 中心編制員額多數在 5 至 20 人的範圍之間；而台灣的調查中，多數的受訪公司其 BIM 中心員額在 5 至 15 人之間。一般而言，BIM 中心的員額以 5 至 20 人之間為主，其編制端視該公司之組織規模、業務量及業務需求來安排，以符合該公司的 BIM 發展目標。

根據台電公司 BIM 中心功能需求結果，可以知道 BIM 中心應具備之功能包括規劃設計、監造管理、契約管理(工務)及資訊管理。在規劃設計及監造管理方面，須含有建築、結構、機電專業之人員，原則上建議應編制具有該專業之工程師，若工程師同時具有建築、結構或機電專業能力，則可視情況減少，反之，若專案數目眾多，考量人力負荷及產出因素，亦可視情況增加。

契約管理人員其主要工作內容在於負責契

約及採購相關業務，以及未來若台電公司欲新增 BIM 應用項目時，契約管理人員須制定相關規範因應之。初期推動時，BIM 契約及採購流程尚無變動，契約管理人員可編制 1 位即可，並視專案數量酌增。

資訊人員的主要職責在於設計資料結構，將每個專案的資訊整合為一標準格式檔案，並將其儲存至資料庫。初期規劃尚未有資料庫建置需求，因此 1 位資訊人員應可滿足現況要求，未來若個案逐步增加，並有資料庫建置需求時，建議建置 2 位以上資訊人員，以達到 BIM 資訊管理目標。

BIM 中心應設置一主管人員，負責統合及管理 BIM 中心之業務，適時清點 BIM 所須資訊並回報予上級管理單位，促進 BIM 技術之發展。

依照台電公司之需求，本研究研擬對應之職位編制及員額如表 5。

表 5 台電公司 BIM 中心組織員額編制

類別	需求員額	需求職位
主管	1 位	BIM 中心主任
規劃設計	4 位(依需求增加或減少)	建築工程師 結構工程師 機械工程師 電氣工程師
監造管理	4 位(依需求增加或減少)	建築工程師 結構工程師 機械工程師 電氣工程師
契約管理(工務)	1 位	契約及採購管理人員
資訊	1 至 2 位(依需求增加)	資訊整合工程師 資料庫建置與維護工程師

資料來源：本研究整理

伍、台電公司工作規範及標準契約制訂

BIM 工作規範涉及 BIM 技術在專案不同階段之實踐，包括 BIM 技術標準及權利義務的規定。以下分別說明 BIM 技術標準及工作規範之內容。

一、BIM 技術標準

BIM 技術標準包括資料定義、資料儲存與資料庫建立標準、命名標準、職責標準、資料交換、軟硬體配置標準、建模標準、製圖標準、模型交付標準及歸檔文件標準等。

(一) 資料定義

在 BIM 當中之資料定義包括幾何、空間關係、地理資訊系統、元件性質、元件數量等，這些資料可用於建築物全生命週期管理。BIM 之內容及詳細程度至少應包

括：

1. 幾何空間資料：BIM 元件之 3D 幾何形狀、尺寸、位置等資訊；
2. 物件屬性資料：BIM 元件之名稱、類別等資訊；
3. 物件構成資料：BIM 元件之功能特徵組成等資訊；
4. 提供物件參數：可根據 BIM 元件不同的應用領域，自行定義或增加 BIM 元件其他物件參數(幾何空間、屬性資料、構成資料等)；
5. 授權來源之資訊：BIM 元件使用授權、BIM 元件著作權、BIM 元件財產權說明等資訊。

(二) 資料儲存與資料庫建立標準

所有專案資料建議儲存至統一的資料庫進行管控，可確保資料版本正確性及一致性，並搭配命名標準加強搜尋資料的便利性。資料庫中資料夾架構依階層分為「專案」、「工作階段」、「工程階段」、「系統」，各階層說明如下：

1. 專案：每個專案建立獨立的資料夾。
2. 工作階段：分為個人進行、各專業團隊共享、跨專業發布、施工出圖與歸檔四個階段。
3. 工程階段：分為設計、施工、竣工三個階段。
4. 系統：依不同專業分為建築、結構、機電等資料夾。
5. 檔案種類：分為 BIM 模型、CAD、文件等三類。其中文件資料夾中儲存除了 BIM 模型、CAD 圖檔以外的電子檔案，例如廠商公文、疑義清單紀錄等。

(三) 命名標準

應建立命名標準之項目包括檔案、元件名稱、屬性欄位、圖紙、表格等。在專案開始之初，所有專案成員應對分區、樓層劃分等計畫達成共識，避免誤解命名意

義。命名標準應在足以讓使用者辨識其功能用途的前提下盡量簡潔，並參考台電 2D 圖檔命名原則：工程圖面管理作業程序書(DCD-QP-0008)1.4 版附錄 A「自辦設計(含建築工程委外設計)工程圖面編碼原則」。

範例 1：DCE-011-x001 電氣組-新天輪發電廠設計圖-xx股第 1 張圖。

範例 2：DCH-025-005-001 水工組-立霧溪工程-總佈置圖-第 1 張圖。

範例 3：DCA-A01-941-001 建築組-自辦設計-西元 2001 年出圖-枋山地區-第 001 張圖。

(四) 職責標準

BIM 專案中應至少具備以下三種角色，BIM 專案經理、BIM 模型經理及 BIM 建模人員。各角色應負 BIM 一定範圍之職責。

1. BIM 專案經理：執行 BIM 專案的主要管理者，此人須有相關工程經驗及累積至少 3 年的 BIM 管理經驗，並且具有規劃專案 BIM 發展及協同作業軟體之相關能力。主要工作為協調工程專案成員與 BIM 專案成員之間的溝通、整合及會議討論。
2. BIM 模型經理：其職責應包括但不限於下列項目：
 - (1) 帳戶及權限管理；
 - (2) 安全管理；
 - (3) 備份及還原管理；
 - (4) 軟硬體之維護管理；
 - (5) 依照 BIM 工作執行計畫書要求，執行相關事項。
3. BIM 專業協調人：可依專業特性分類(建築、結構及機電)，在專案執行期間，每一個設計及施工專業領域須指定專門人員負責本身專業及與其他專業領域之 BIM 整合作業，可與 BIM 建模人員同一人。
4. BIM 建模人員：主要負責 BIM 模型之建置與修正，並配合產出 2D 參考圖說，可

與 BIM 專業協調人同一人。

(五) 軟硬體配置標準

在採用 BIM 技術後，執行 BIM 的流程將產生大量的協調與合作工作，因此各專業團隊應採用一致的軟硬體，以提高 BIM 專案的協同作業潛力，並在專案初期對不同應用軟體間的交互操作性進行檢查確認。除非有特殊情況，使用協力廠商軟體時，引入該軟體的人員應確保該軟體符合本文件定義的所有標準。

在軟硬體的建議配置上，本研究主要以營建處為範例說明：

1. BIM 軟體：

(1) 建模軟體：

A. 建築、變電站等：Revit, ArchiCAD, Tekla, AECOsim.....

B. 其他特殊目的(電廠、洞道、輸配電等)，以目前使用中之 3D 為主。

(2) 模型展示軟體：Navisworks, BIMsight, PDF.....

(3) BIM 協作平台系統：ProjectWise, Autodesk Vault, Graphisoft BIM server, Open source BIMserver.....

2. 建模軟體之硬體規劃：

以硬體需求最高的 Autodesk Revit 2015 為例：

(1) 作業系統：Microsoft® Windows® 7(64 位元)以上版本。

(2) CPU：多核心 Intel® Xeon® 或 i-Series 處理器或採用 SSE2 技術的 AMD® 等效，建議 i7 等級以上。

(3) 記憶體：8 GB RAM 以上，彩現則建議在 32GB RAM 以上。

(4) 顯示卡：基本操作可選用一般 3D 繪圖卡，擁有處理 24 位元色彩的顯示卡，進階操作建議採用支援 DirectX® 11 且具備 Shader Model 3 的圖形卡。

(5) 視訊顯示器：1920 x 1200 或更高全彩

，可採用雙螢幕作業。

(6) 硬碟：5 GB 可用磁碟空間，彩現則建議可採用 SSD 固態硬碟。

(7) 連線能力：網際網路連線，以便進行授權註冊和下載必要元件。

(六) 建模標準

依照不同施工階段，應建置不同精細程度之 BIM 模型。精細程度定義包含元件種類數量、屬性欄位名稱與資料格式、時程資訊、成本資訊等。

BIM 模型建置的標準，應滿足工程專案在不同的生命週期階段，所要達到 BIM 應用項目之目標，在不同的工程生命週期，即使是同一個 BIM 應用項目也會有不同的達成目標與對應的作法。

1. 設計階段

(1) 3D 設計協調 (3D Construction Coordination)：於協調過程使用碰撞檢查軟體，透過比較 3D 建築系統模型來判別設計之衝突。

(2) 設計創建(Design Authoring)：使用 3D 軟體發展一個建築資訊模型。

(3) 設計檢討(Design Reviews)：檢視 3D 模型並提供他們的反饋意見來驗證各種設計層面。

2. 施工階段

(1) 3D 施工協調 (3D Construction Coordination)：於協調過程使用碰撞檢查軟體，透過比較 3D 建築系統模型來判別工地現場之衝突。

(2) 分期規劃(4D 建模)(Phase Planning (4D Modeling))：規劃階段性的整建、改建、新建或在建築工地現場展示施工順序及空間需求。

(3) 成本估算(Cost Estimation)：協助產生精確的數量計算和估算案件整體生命週期的成本。

3. 營運階段

竣工模型(As-built Model)：與完工後實體設施相同之模型，包含施工及製造資訊。

(七) 製圖標準

圖紙上的線型式、字型、圖框等均應規定，以避免圖面混亂。

模型之平、立、剖面圖應直接從 BIM 模型產生 2D 圖紙，以確保 BIM 模型與 2D 圖紙之一致性。從 BIM 模型產生的 2D 工程圖／詳圖應標明。圖紙需求應配合模型輸出之標準，如文件命名、線型、字體、標題欄、符號、文字樣式及列印要求等。

(八) 模型交付標準

與建模標準相同，依照不同施工階段，廠商應提供不同精細程度之 BIM 模型。不同階段的 BIM 模型中，各種元件所應包含的資訊量是不同的。根據業主需要，於契約或執行計畫書中應說明每一階段須包含哪些元件，以及元件必須攜帶的資訊。

1. 依階段繳交設計模型、施工模型、竣工模型。
2. 模型建置、模型使用及模型檢核報告書。
3. 聯合模型檔案架構說明。
4. BIM 模型資訊之內容與詳細度說明。

(九) 歸檔文件標準

檔案命名標準與命名標準相同，檔案放置位置同資料儲存與資料庫建立標準，歸檔文件須有版本管控機制。

1. 模型空間劃分

每一棟建築物以獨立模型檔案建立及提交為宜，惟亦可依特定需求將建築物劃分為多個部分，其劃分方式由專案團隊成員間共同協議產生。建築機電設施系統得以分樓層或系統之方式交付。

2. 模型分區原則

若模型涉及範圍廣大、且棟數較

多，則模型之檔案容量甚大。為兼顧電腦效能及操作之便利性，必要時將進行檔案拆解，分別將檔案拆解成不同樓層、不同區域、或不同棟，再由一個總檔將全部模型連結起來，形成一個完整的檔案。原則上，建模時以土建模型為基準，建立機電與空調 BIM 模型，分為土建模型、機電模型及空調模型等多個檔案。

3. 專案資料夾結構

模型依據 BIM 作業流程、及專業發展階段儲存於不同的資料夾，並設定工作權限以防檔案被誤用、修改、刪除、或被不相關人員取用(圖 8)。



資料來源：本研究自製

圖 8 專案資料夾架構

二、BIM 契約應探討之法律議題

由於 BIM 技術為營建業帶來的是整個作業流程及協作關係的改變，同樣也影響了原有當事人的權利義務關係，BIM 在實務上涉及建築生命週期不同階段參與者間之互動，影響參與人風險分擔、權利與義務之公正性。BIM 模型應有的法律效力為何、創造 BIM 模型製作者應負擔哪些責任、BIM 模型著作權的歸屬等議題，仍待各界討論後，逐步形成我國 BIM 法律相關議題之共識。

2013 年王明德等人^[18]針對 BIM 法律議題進行研究，該研究綜覽國外 BIM 法律議題相關文獻，再以歸納法的方式，將法律議題分為四大類別，包括 BIM 契約文件之效力與優先順序、BIM 的智慧財產權、BIM 專案參與人的權利義務關

係、BIM 工具的運作與管理，四大問題及細項子題如表 6。

表 6 BIM 導入之法律議題^[18]

法律議題	議題細項
BIM 契約文件之效力與優先順序	1. 專業服務、設計流程的定義 2. BIM 設計是產品或服務工具 3. 模型法律位階問題
BIM 的智慧財產權	1. 誰是著作人 2. 努力創新的計價 3. 資訊蒐集是否受智慧財產權保護 4. 商業秘訣如何受到保護 5. 廠商在採購契約授與業主之智慧財產權範圍為何 6. 元件庫如何受到保護
BIM 專案參與人的權利義務關係	1. 注意義務標準的改變 2. 參與人投資之風險 3. 風險承擔的計價 4. 交付 BIM 設計的問題 5. 其他模型參與人是否仰賴模型的正確性
BIM 工具的運作與管理	1. 電子資訊的控制 2. 記錄與檔案保存 3. 資訊控制的計價 4. BIM 管理人是否承擔額外的責任 5. BIM 模型管理人的風險問題 6. 資料不當使用問題 7. 資料遺失問題 8. 資訊所有權與保護問題
共通性議題	1. 契約應如何設計 2. 缺少契約範本的問題 3. 保險的問題

三、國內外 BIM 契約及工作規範條文架構比較

前段已說明 BIM 於執行過程中，其契約可能牽涉之法律議題，易言之，於制定契約範本時，應將這些可能發生爭議之處列入考量，盡可能於契約範本中約束之，以避免灰色地帶或契約爭議產生。我國雖仍處在 BIM 開發階段，但近年來實務與學術界已開始應用 BIM 技術於專案中，也有契約或工作規範之擬訂。

本研究蒐集國內外 8 個 BIM 契約或工作規範，擬約單位涵蓋學術及實務組織，發包模式包括傳統設計標、傳統施工標及統包標等，大致上可看出目前國內外 BIM 契約或工作規範發展趨

勢及著重之內容。這八個契約/工作規範分別為賓州州立大學 OPP 契約、捷運萬大線工作規範附錄、台北市和平國小專案 BIM 工作規範、新北市永汐樹運動中心、中央研究院環境變遷研究大樓新建工程 BIM 工作規範、台大 BIM 中心工程專案應用建築資訊模型契約附件範本、AIA BIM 條約、Consensus Docs BIM Addendum。

大部分的契約或工作規範，不超過總則、專案 BIM 需求、專案交付需求、資料權益責任及 BIM 價值時程等架構。根據整理結果，多數之 BIM 契約或工作規範條文內容，均包括條約概要、定義(各項 BIM 相關專業用語之定義)、模型建置規範、要求繳交之各階段模型、驗收及審核方式、智慧財產權，以及計價條款。

綜覽此 8 份 BIM 契約及工作規範之文獻後，本研究歸納幾個國內外在 BIM 議約時之特點：

- (一) 相較於國外之契約條款，我國國內之契約或工作規範，較重視技術規定之擬訂，易言之，對於 BIM 實施過程之程序與細節規範之強度較強；國外之契約或工作規範則將重點放在交付之項目及 BIM 可發揮之功能。
- (二) 智慧財產權幾乎是國內外各契約或工作規範的規定項目之一，顯見 BIM 模型、元件等著作權之歸屬，是國內外均相當關注的議題。
- (三) 國內實務或研究文獻，多數有給付相關規定，顯示我國實務上 BIM 與傳統營建流程目前仍偏向獨立區分之現況。
- (四) 目前對於應採「契約」或「工作規範」之形式規範 BIM 工作項目，我國尚未有明確之習慣。原則上「契約」僅概括性規定雙方權利義務及應辦事項，有關技術性的細節則規定於「工作規範」，我國目前實務上多可發現兩者混用之模式，其優點是無論是原則性或技術性規定，均載於同一文件中，未來於適用時較有效率，亦比較不易發生契約與工作規範抵觸的問題。

四、台電公司 BIM 工作規範及標準契約之制訂

本研究透過問卷調查方式對台電公司內部人員進行「BIM 優先執行項目調查」，以了解台電公司人員對 BIM 應用項目之了解程度與推動意願，並將這些優先執行項目納入契約或工作規範當中，本調查最後回收 18 份問卷。

本研究依照本次調查結果，並考量國內 BIM 產業技術上之可行性後，撰擬應用項目之規定。在設計階段建議得採用之應用項目為「3D 設計協調」、「設計創建」、「設計檢討」；在施工階段建議得採用之應用項目為「3D 施工協調」、「分期規劃(4D 建模)」、「成本估算」；在營運階段建議得採用之應用項目為「竣工模型」。

綜觀 BIM 在台電公司實務上執行，最可能之模式為輔助技術服務案、工程承攬案、統包案等三種專案之執行，作為一輔助功能之技術，最可行的方式是將 BIM 契約或工作規範視為台電公司原有標準契約之附件，如此將可減少台電公司為導入 BIM 應調整之流程，亦可將 BIM 與專案傳統流程充分結合，為目前各方案中最具效益之作法。

BIM 契約或工作規範作為標準契約之附件，為使 BIM 契約或工作規範之名稱與台電公司原有之契約本文做一區隔，該 BIM 附件命名為「BIM 工作規範」，此工作規範涵蓋技術與法律面向，包含 BIM 技術標準、雙方權利義務、智慧財產權及計價給付等內容。

本研究根據台電公司實務上需求，將 BIM 工作規範區分為三種版本，分別為 C 版(適用於傳統標施工方應用 BIM)、D 版(適用於傳統標設計方應用 BIM)及 T 版(適用於統包標統包商應用 BIM)，其主要條文架構及說明如下：

- (一) 一般條款：概括性解釋 BIM 之定義及該工作規範之範圍。
- (二) 名詞定義：說明 BIM 工作規範內專有詞之意義、用途或範圍。
- (三) 專案執行 BIM 之要求：說明專案目標、專案應用項目、專案各階段要求、教育訓練等。

- (四) BIM 技術標準：說明 BIM 建模標準、資訊管理項目、人員要求、介面協調整合會議。
- (五) 專案交付需求：說明應繳交項目(如竣工模型、報告書等)、模型交付標準。
- (六) 專案 BIM 工作執行計畫書：說明應繳交 BIM 工作執行計畫書之時間、內容等。
- (七) 資料之所有權、權益及責任：規範智慧財產權歸屬、責任及信賴關係。

陸、BIM 各階段執行機制

一、規劃階段

BIM 於規劃階段應包括執行計畫書之撰擬。BIM 執行計畫書至少應包括 BIM 執行計畫書之一般說明(如專案簡介等)、建模詳細度、應用項目、專案流程及時程規劃等。

- (一) 一般說明：BIM 執行計畫書之一般說明應包括 BIM 專案計畫概要、專案資訊、專案主要連絡人、BIM 組織角色與分工。
- (二) 應用項目：BIM 執行計畫書之應用項目應包括 BIM 專案目標/BIM 應用項目。描述對 BIM 模型和設施資料如何發揮槓桿作用，使專案價值最大化進行描述(例如，BIM 設計建模，BIM 設計分析，3D 設計協調、3D 施工協調等等)。
- (三) 專案流程：BIM 執行計畫書之專案流程應包括 BIM 程序設計、BIM 資訊交換、協同作業程序。這些程序圖為每個「BIM 應用項目」提供執行的詳細計畫，這些程序圖同時為每項活動界定了特定的資訊交換(Information Definition)，建立了整個執行計畫的基礎。執行計劃包括「BIM 應用項目」的概要總覽圖(第一層)、每「BIM 應用項目」的詳細圖(Detailed Map)(第二層)，並為每張圖上的元件提供適當的描述。
- (四) 建模詳細度：BIM 執行計畫書之建模詳細度應包括技術基礎設施、模型及資料庫結構、品質管制程序、專案可交付成果。

- (五) 技術標準：包括技術基礎設施(基本的軟硬體需求)及模型與資料庫結構。
- (六) 品質管制程序：BIM 模型品質管制檢查 (Quality Control Check)包括 BIM 專案標準規範中要求之品質管制檢查、視覺檢查、模型整合性檢查、模型 BIM 應用所需之檢查。
- (七) 專案可交付成果：BIM 執行計畫書之 BIM 交付成果應依設計階段、施工階段、竣工時分別提交建築 BIM 模型、結構 BIM 模型、機電 BIM 模型；及建築、結構、機電施工 BIM 模型及衝突檢查報告書。BIM 應用項目應規定模型交付格式以利交付成果之程序作業。

二、設計階段

(一) 委外設計執行機制

1. BIM 模型審查

委外廠商應於基本設計、細部設計階段連同 2D 圖說一併繳交 BIM 模型，業主應於 2D 圖說審查時同時審查 BIM 模型。

2. BIM 協調整合會議

若採分標方式時，BIM 協調整合工作應由最大標之 BIM 廠商負責執行，其執行內容與細節應參考 BIM 工作規範及 BIM 工作規範補充說明。BIM 協調整合工作包括建模啟始會議 1 次，並由 BIM 協調整合部門視需要每 2 至 4 週召開一次 BIM 協調整合會議，並通知業主或專案管理單位參加。會後 BIM 協調整合單位應將 BIM 協調整合結論作成紀錄，供後續 BIM 設計參考及依據。

若該專案牽涉營建處之跨部門議題，以致 BIM 協調整合不能達成決議，BIM 協調整合部門應備妥可能之解決方案及各方案之優缺點，陳營建處處長或授權主管副處長核定。

3. BIM 記錄保存

若採委外設計時，廠商應依照 BIM 工作規範之規定，設置一協同作業平台，供放置 BIM 相關資料，且台電具有隨時可查看之權限。於專案結束後，台電公司(營建處)應將該協同作業平台之資料放入內部之工作平台 Docushare 存檔，其保存期限最少應至工程竣工移交使用單位並至工程保固期滿為止。

(二) 自辦設計執行機制

BIM 設計主辦及主管受分派後，應即依本計畫/工程之總體預定進度訂定 BIM 設計文件預定頒發日期，並應列入 BIM 工作執行計劃書之時程表中，便於後續列管追蹤。

1. BIM 協調整合會議

BIM 協調整合工作應由 BIM 協調整合部門執行。BIM 協調整合工作包括建模啟始會議 1 次，並由 BIM 協調整合部門視需要每 2~4 週召開一次 BIM 協調整合會議。必要時由 BIM 協調整合部門視需要調整之。

對於應追蹤協調事項如認為較複雜，需與會辦單位及/或委辦單位開會討論方能解決時，視需求決定應參與會議之相關部門。填發開會通知單陳核後，由供應組登記發文。此外，會後應將 BIM 協調整合結論作成紀錄，供後續 BIM 設計參考及依據。

若跨部門之 BIM 協調整合不能達成決議，BIM 協調整合部門應備妥可能之解決方案及各方案之優缺點，陳營建處處長或授權主管副處長核定。

2. BIM 紀錄保存

BIM 設計過程中所有來往函件及所產生之簽辦、電文及表單紀錄，除規定正本稿件必須存供應組者外，BIM 設計部門應將資料分類放置於工作平台 Docushare，其保存期限最少應至工程竣工

移交使用單位並至工程保固期滿為止。

三、施工階段

在施工階段，台電應提出工程監造、變更設計、驗收方式及各項注意要點：

- (一) 工程監造以 BIM 建模檢核、BIM 模型建置期程管制、模型衝突檢討及 RFI 管制為主。
- (二) 變更設計以流程設計與管制方式為主。
- (三) 驗收方式採與實體工程驗收方式進行，以審查竣工模型、設備清單及模型資訊為主。

在估價方面，BIM 服務費用應以 BIM 工作內容做為預算依據，並以實際完成內容辦理 BIM 工作的估驗計價。BIM 服務費用可分為初步估算與詳細估算兩種方式：

(一) BIM 費用初步估算原則

初步估算可按樓地板面積或是工程造價的比例估算之，又根據建物使用的特性(例如住宅、辦公大樓、醫院等不同用途)會有不同的估算費用與比例。若以住宅為例，施工階段合理的 BIM 服務費用應在每米平方 50 至 100 元之間，若以工程造價百分比估算，約在 0.2~0.5% 之間，視其複雜度而定，建築與機電的模型建置費用約各佔 50%、50%，設計階段與施工階段的 BIM 服務費用差不多相同。

若設計階段之 BIM 模型可提供給施工階段使用，則施工階段的 BIM 服務費用約可降低 30%。辦公大樓的 BIM 服務費用約住宅的 1.5~2 倍，醫院則約為辦公大樓的 1.5~2 倍。若以工程造價百分比法估算 BIM 費用時，這裡所謂的工程造價應扣除大型設備費用後之工程合約金額，這些大型設備的建模費用另計，這些大型設備因為費用與建模細緻度無直接的關係，因此建模費用可依據建模細緻度與難易度，採用人時預估大型設備建模之費用。

(二) BIM 費用詳細估算原則

根據 BIM 的工作內容性質與特性，在

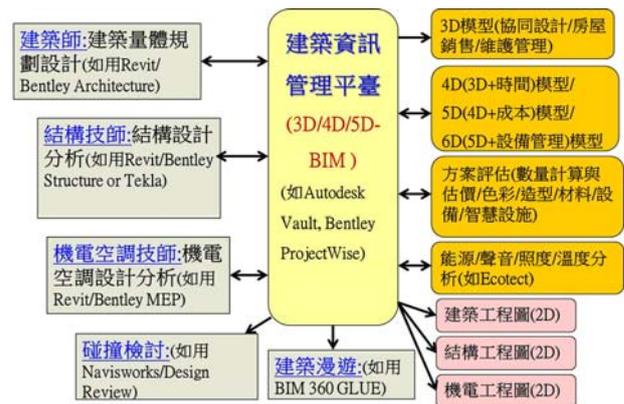
計價行為上大致上可以分為兩大類，一為一式計價性質的工作服務類，一為按時計酬的人時服務(包含顧問服務及模型修正服務)。一次性的建模屬於工作服務類，適合以一式計價的方式為之，一次性建模後的 BIM 服務則為按時計酬的人時服務，應以實際發生的期程與工作費估算之。

四、營運階段

規劃營運階段管理維護執行時，配合既有管理系統所需，可由 BIM 模型提供或轉換的資料內容與流程，並提供該流程之評估成效，作為日後持續進行流程檢討與改善之依據。此外，BIM 模型可提供視覺化實體模型，供營運階段管理維護使用，透過統計分析方式，回饋營運階段之管理重點、設備妥善率、維修記錄等資訊。

柒、BIM 協同平台、圖件庫和資料庫策略

BIM 的推廣與執行，需要技術、平台跟環境三者互相配合，創造一個有利於 BIM 的環境，台電公司未來才能從中享受 BIM 所帶來的成果與效益。圖 9 說明建築資訊管理平台運作流程。



資料來源：本研究自繪

圖 9 建築資訊管理平台運作流程

一、圖件庫與資料庫建立

資料庫是 BIM 圖件庫儲存的位置，在資訊技術的應用上，須先參考台電公司在既有 2D 作

業時對圖件庫原有的分類、元件特性、管理作業與流程，考量 BIM 技術的特性，逐步訂定新的 BIM 3D 圖件資料庫，作為後續台電公司發展 BIM 技術的基礎建設。

本研究根據台電的標單資料，提出圖件庫架構的建議如表 7 及表 8。

表 7 一般建築圖件庫

一般建築	建築部份	拆除工程
		土方工程
		泥水裝修工程
		門窗工程
		雜項工程
		木作工程
		設備工程
		景觀綠化工程
	結構體部份	結構體工程
	電氣部份	管線設備
		電器設備
		電信設備
		火警自動警報系統
		緊急廣播系統
		緊急逃生設備系統
		避雷系統
		門禁監視設備系統
	接地系統	
	機械部分	給水
		排水
		衛生設備
		消防設備
		空調通風設備
		電梯設備
		電動大門
		噴灌工程
	起重機設備	

資料來源：台電公司、本研究整理。

表 8 變電所及開關廠圖件庫

變電設備	變壓器	
	GIS	
變電所 附屬變電設備	電容器	
	電抗器	
	比壓器	
	避雷器	
	充電機	
	蓄電池組	
	配電盤	
	保護電驛盤	
	控制盤	
	電纜托架	
	電纜連絡線終端匣	
	電纜與 GIS 銜接設備	
	斷路器	
	空斷開關	
	比流器	
開關廠	G1 發電機主變迴路	
	TSU1 起動變壓器迴路	
	電纜終端匣	
	突波限制器	
	Link Box	
	避雷器	
	冷卻器	
	隔離開關	
	匯流排	
	有載分接頭切換器	
	套管	高壓套管
		中壓套管
		低壓套管

資料來源：台電公司、本研究整理

二、協同平台的建置與管理

協同平台的檔案資料區可分為個人工作區、公告區與歸檔區，個人工作區放置的是個人工作所需的檔案，公告區放置的則是目前最新核定版的檔案，而歸檔區則是存放因有最新核定版的檔案公告而將之前的核定版檔案歸檔的地方。

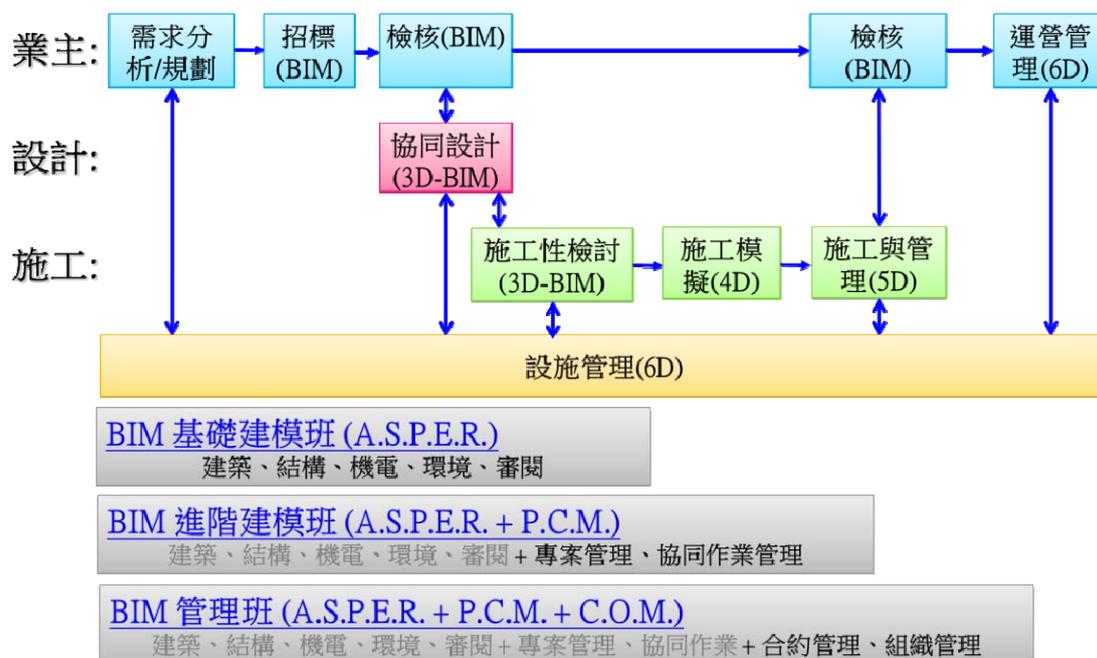
台電公司(營建處)的工程可分為委外設計工程與自辦設計工程兩大類，委外設計工程的公告區為廠商的協同作業區，由承攬廠商提供協同作業平台，於 BIM 工作執行計畫中說明，而委外

設計工程的歸檔區則設置在內部 DocuShare 平台中，由承辦人員將公告區過時的檔案放至歸檔區。

自辦設計工程的公告區與歸檔區則都在內部的 DocuShare 平台中，可分為廠商協同作業區與台電公司(營建處)內部的實體目錄區等。

三、人員培訓策略

BIM 相關的人員包含了：BIM 建模工程師、BIM 應用工程師、BIM 模型管理及 BIM 經理，其應具備職能及培訓項目如圖 10：



資料來源：本研究自繪

圖 10 BIM 人員培訓策略

- (一) BIM 建模工程師：BIM 建模工程師應具備基本的建模能力，主要的建模職能包括建築、結構、機電、能源環境及檢查審閱的軟體操作能力。
- (二) BIM 應用工程師：BIM 應用工程師除了須具備熟練的建模能力之外，更需進一步擁有模型應用能力，應培訓內容包括協同作業、元件應用與整合、施工圖輸出等進階軟體操作課程。
- (三) BIM 模型管理經理：BIM 模型管理經理的工作項目為直接管理各專案之 BIM 模型，因此需整合專案管理知識，協助規劃 BIM 協同作業時模型拆分方式、存檔名稱等。
- (四) BIM 經理：BIM 經理需了解整個專案的權利義務及時程管控，並規劃專案作業流程，培訓項目除了前述之模型應用能力外，另應學習契約管理及組織管理之職能。
- (五) 企業 BIM 技術經理：企業級的 BIM 技術經

理指推動與規劃組織 BIM 發展之專業 BIM 人員，應具備更高階的組織管理能力及專案管理能力。

捌、結論與建議

本研究由文獻分析開始，探討國內外之 BIM 技術發展，並分析我國與美國的 BIM 成功案例。其次，再規劃台電公司導入 BIM 時程，以及台電公司導入 BIM 技術對應之組織調整藍圖，並完成 BIM 工作規範、招標作業流程及 BIM 服務費用編列作業流程。接著，本研究試著建構台電公司導入 BIM 於建築生命週期各階段之執行機制，以及提出 BIM 協同平台、圖件庫和資料庫策略供台電公司參考，期能提出實務面的看法，降低台電公司導入 BIM 之阻礙。

台電公司發展 BIM 技術之後續建議如下：

- 一、建立 BIM 預算規劃資料庫；
- 二、適度調整 BIM 應用項目；
- 三、提高 BIM 中心層級；
- 四、考慮調整為機電標發包先於土建；
- 五、規劃電力管線審查與 BIM 技術接軌。

雖然本研究已規劃一系列嚴謹的導入方式及流程，但 BIM 技術導入並非一蹴可幾，唯有台電公司內部各專業單位一同努力，方可達到 BIM 導入的預期成效。

玖、參考文獻

- [1] "GSA BIM Guide, GSA BIM Guide Series 01-Series 08," ed, 2007.
- [2] "BIM Planning Guide for Facility Owners," ed. PA, USA: The Pennsylvania State University, 2012.
- [3] "BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.1.," ed. PA, USA: The Pennsylvania State University, 2011.
- [4] "Singapore BIM Essential Guide: BIM Adoption in an Organization," ed. Singapore, 2013.
- [5] "Singapore BIM Essential Guide: C&S Consultants," ed. Singapore, 2013.
- [6] "Singapore BIM Essential Guide: Contractors," ed. Singapore, 2013.
- [7] "Singapore BIM Essential Guide: MEP Consultants," ed. Singapore, 2013.
- [8] "Singapore BIM Guide (Version 1.0)," ed. Singapore, 2012.
- [9] "Singapore BIM Guide (Version 2.0)," ed. Singapore, 2013.
- [10] "Singapore BIM Guide: Architectural Consultants," ed. Singapore, 2013.
- [11] "Singapore BIM Guide: BIM Execution Plan," ed. Singapore, 2013.
- [12] "The VA BIM Guide. Version 1.0," ed. Washington, DC, USA: Department of Veterans Affairs, 2010.
- [13] "Building Information Modeling Protocol Exhibit," ed. Washington, DC: American Institute of Architects, 2008.
- [14] "The Constructors' Guide to BIM (Ed. 2)," ed, 2010.
- [15] "Integrated Project Delivery Agreement," ed. Washington, DC: American Institute of Architects, 2009.
- [16] C. Eastman, Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K., BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. N.J, USA: Wiley, Hoboken, 2011.
- [17] A Guide to the Project Management Body of Knowledge(PMBOK Guide), Fifth ed.: Project Management Institute, 2013.
- [18] 王明德、張陸滿、蔡奇成，「建築資訊模型之法律議題初探」，建築學報，第 84 期，第 19 頁，2013 年 6 月。

徵稿簡則

- 一、本刊歡迎電力工程相關之論述、譯述、經驗談及特約稿等。
- 二、來稿需簡潔明瞭、字數以不超過2萬字為原則（含圖、表；惟圖表篇幅以不超過全文20%為原則），並請附書面稿件乙份及微軟Word建檔之光碟片乙份。
- 三、來稿格式及章節編號等請依照所附之「稿件撰寫範例」撰寫。
- 四、文責自負；作者應簽署「台電工程月刊申請投稿暨著作財產權讓與聲明書」；譯稿請附原文及著作權人書面同意書。
- 五、文章一經採用著作財產權即屬本刊所屬之台灣電力股份有限公司所有，文章發表後酌致稿酬。
- 六、除另有聲明外，本刊對來稿有刪改權；無論刊登與否，恕不退稿。

稿件撰寫範例

促進台電公司學習型組織與網路化教學推廣導入之研究

A Study of Improvement of Learning Culture and Promotion of E-Learning in Taipower

楊世雄 *
Yang, Shyh-Shyong

楊中旗 **
Yang, George

蘇文華 ***
Su, Wally

(年度研究計畫論文~)

摘要

||.....(300 字以內扼要說明目的、方法、結果與結論).....||

Abstract

||.....||

* 台灣電力公司綜合研究所

** 育基數位科技公司

*** 勝典科技公司

關鍵詞(Key Words)：(3~7個)學習型組織(Learning Organization)、數位學習(E-Learning)、網路學習平台(E-Learning Platform)、學習內容管理系統(Learning Content Management System)、學習元件(Learning Object)。

壹、前言

貳、(章節請按下列順序編排)

- 一、.....
- 二、.....
- (一).....
- 1.....
- (1).....
- A.....
- (A).....
- a.....
- (a).....
- 參、.....
- 肆、.....

伍、誌謝

陸、參考文獻

- 圖書：請依作者姓名、書名、版次、出版地、出版者、出版年、起訖頁數順序書寫。
- 期刊：請依作者姓名、論文篇名、期刊名稱、卷或期號、起訖頁數、出版年順序書寫。
- 註1：數字用語：請依「公文書橫式書寫數字使用原則」，具一般數字意義者以阿拉伯數字表示。
- 註2：請提供稿費受款人及聯絡人姓名、通訊地址、電話號碼。
- 註3：請於文中適當位置，標註相關參考文獻編號並以[]上標表示。
- 註4：附圖、表之文字說明均請以中文打字。
- 台電內部網頁：<http://10.52.200.200/w/>本所刊物/台電工程月刊
- 台電外部網頁：<http://www.taipower.com.tw/>電力生活館/台電圖書/台電工程月刊

MONTHLY JOURNAL OF TAIPOWER'S ENGINEERING

Vol.811 March 2016

TRANSMISSION AND TRANSFORMATION :

Cost Estimation and Interface Division of Power Transmission.....Chang, Chung-Liang et al.....(1)

POWER SYSTEM :

Congestion Management and Corresponding Pricing Mechanism
in Typical Electricity Markets.....Wu, Yuan-Kang et al.....(7)

ENERGY AND ENVIRONMENT :

Planning and Research to Promote the Implementation of Environmental
Education Program.....Tsai, Hsien-Shiow et al.....(18)

The Prevalence of Household Appliances of Taiwan in 2013Lu, Tai-Ken et al.....(28)

A Study on Climate Change Adaptation Strategies for Taichung Power
PlantWen, Huan-Cheng et al.....(38)

INFORMATION AND COMPUTER :

A Study of Key Factors of the Adoption Willingness of Electricity
Green Button APP and Electricity Information Management System.....Hsu, Jyh-Yih et al.....(54)

Practice of Common Information Model in Magong Secondary
Substation.....Lee, Ming-Feng et al.....(70)

ENGINEERING TECHNIQUES :

A Study of Formulating the Building Information Modeling(BIM)
Standard Specification and Contract in TaipowerChen, Shen-Ming et al.....(81)



GPN : 2003700005
定價：新台幣100元