

# 區域電力負載與氣候相關性研究-多元線性迴歸模型

## The Study on the Relativity between Regional Power Load and Climate -Multiple Linear Regression Model

李政峰

國立高雄應用科技大學企業管理系副教授

jfllee@cc.kuas.edu.tw

藍宏偉

國立高雄應用科技大學高階經營管理研究所研究生

u553949@taipower.com.tw

### 摘要

電力調度作業程序上須考慮到氣候因素對負載變化的影響性，經由負載特性調查研究顯示氣候因素對負載變化的影響會因用戶屬性不同而異，因此電力調度亦須考量區域性的負載特性，所以氣候因素對區域性負載特性的影響性就顯得很重要了；由於各變電所低壓側負載狀態代表各區域的負載特性，所以透過對它的研究可以瞭解各區域的負載特性；又因變電所的負載特性受其地理、產業等因素影響，所以透過對各變電所的電力負載分析，將可同時整合出各項影響因素，進而建立一個完整的區域性電力負載與各項影響因素相關性之模型。

本文研究台灣電力公司區域性電力負載對溫度及相對溼度等氣候因素的相關性，研究對象為台灣北、中、南三個地區所取樣之區域性變電所，並分別研究它們在夏季與冬季的電力負載特性；多元迴歸模型等統計程序被應用在本文以建立區域性電力負載與各項影響因素相關性之模型，建置完成之模型被應用在分析北部區域性負載在冬季的低溫高負載現象與全系統在夏季時負載對溫溼度的敏感性分析；經由統計程序建置的各種推估結果將可供電力公司瞭解區域性電力負載與氣候的相關特性，並可有效提昇電力調度之負載預測作業的準確性。

**關鍵字：**區域性負載、迴歸模型、相關性研究

**Key words:** regional load, regression model, relativity study.

### 壹、緒論

#### 一、研究背景動機

臺灣地處亞熱帶國家，地形上又居黃海與太平洋交界處，所以北部地區冬季受東北季風與冷鋒影響寒冷且潮溼，另因臺灣中央山脈與中國大陸沿海高山的白努利效應，造成臺灣海峽沿岸縣市冬季海風強勁寒冷多雨，夏天則炎熱多雨；台南以南的高屏地區則因地處北迴歸線以南，所以夏天溼熱冬天則呈乾暖之氣候，也因為這些因素造就臺灣本島一年四季溫溼度的強烈地域特色。這些地域氣候特性對電力業者在發電、輸電與配電業務執行上有何影響，一直是電力業者關心的議題。

台灣各區域產業分佈有其特色，這些產業特色會影響區域電力負載特性，如住宅類與商業類負載特性就會有所差異，同樣的商業類與工業類也會有所差異，所以如何整合區域的產業特性與氣候特性，進而研究出可有效提昇電力調度負載預測作業之準確性是電力業者很重視的議題。

台電系統的供電網路在需求端而言依電壓等級可分為超高壓變電所(E/S)、一次變電所(P/S)、配電變電所(D/S)與二次變電所(S/S)等4級，其中E/S的電壓等級最高為345KV，所以其供電範圍最廣，而S/S的二次側電壓等級最低(11.4/22.8KV)，所以此類變電所最靠近負載端；由於一個變電所的供電範圍可能為數十萬用戶或數萬用戶，所以本文以變電所之負載為區域負載之取樣資料。變電所的負載會受地理位置的區域性影響，亦會受特殊產業因素如加工出口區與科學園區等影響，因此直接取樣屬性相當明確之變電所的負載，做為本文分析依據之取樣範本。

圖 1 是北部取樣變電所 (E/S) 夏季(7月)與冬季(1月)單日月平均溫度差異比較圖，由圖可知兩者差異性很大，以全日溫度最高的 13:00 而言，夏季為 33°C 而冬季為 17°C 兩者的溫度差約為 16°C，全日最低溫夏季發生在 05:00 約為 27°C，冬季發生在 07:00 約為 14°C 兩者相差約 13°C；圖 2 為北部取樣 E/S 夏季(7月)與冬季(1月)單日月平均溼度差異比較圖，由圖可知兩者差異性也很大，全日溼度最大夏季發生在 05:00 約為 76%，冬季發生在 07:00 約為 86%，兩者相差約 10%；全日溼度最低夏季發生在 12:00 約為 62%，冬季發生在 14:00 約為 77%兩者的溼度差約為 13%。

圖 3 是北部與中部取樣變電所冬季單日月平均溫度比較圖，由圖可知兩者全日各時刻點之溫度差異性不大，圖 4 是北部與中部取樣變電所冬季單日月平均溼度比較圖，由圖可知北部的相對溼度全日均高於中部。圖 5 是北部與中部取樣變電所夏季單日月平均溫度比較圖，全日各時刻點之溫度差異性不大，圖 6 是北部與中部取樣變電所夏季單日月平均溼度比較圖，由圖可知中部全日均高於北部，此情形與冬季之情況不同。圖 7 是北部與南部取樣變電所冬季單日月平均溫度比較圖，由圖可知南部全日均高於北部，圖 8 是北部與南部取樣變電所冬季單日月平均溼度比較圖，由圖可知北部之值全日均高於南部。圖 9 是北部與南部取樣變電所夏季單日月平均溫度比較圖，由圖可知兩者全日各時刻點之溫度差異性不大，圖 10 是北部與南部取樣變電所夏季單日月平均溼度比較圖，由圖可知南部全日之值高於北部，此情況也與冬季不一樣。

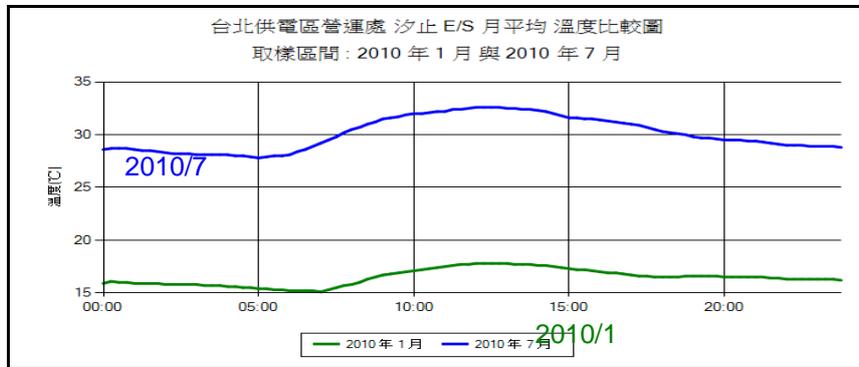


圖 1 北部取樣 E/S 變電所夏季與冬季溫度差異比較圖

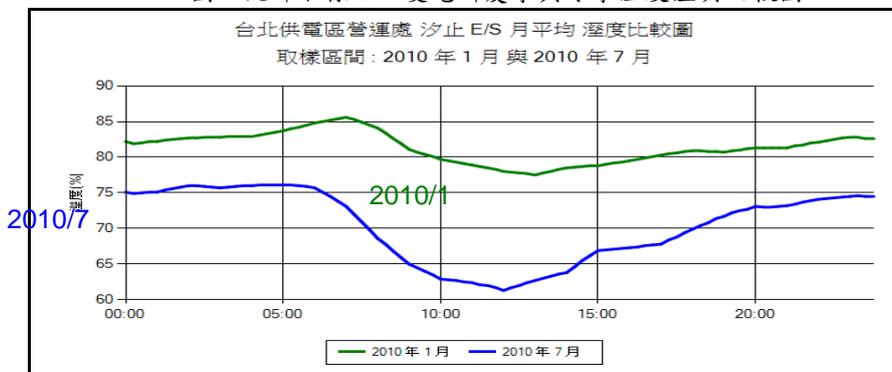


圖 2 北部取樣 E/S 變電所夏季與冬季溼度差異比較圖

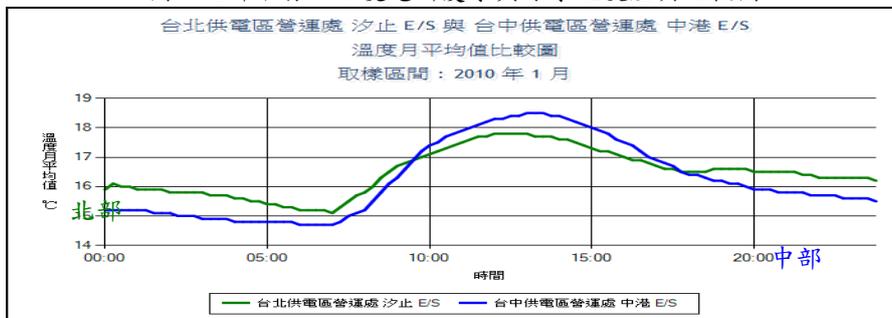


圖 3 北部與中部冬季溫度比較圖

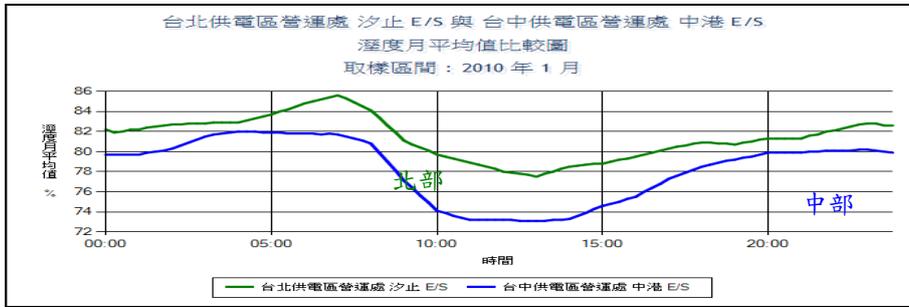


圖 4 北部與中部冬季濕度比較圖

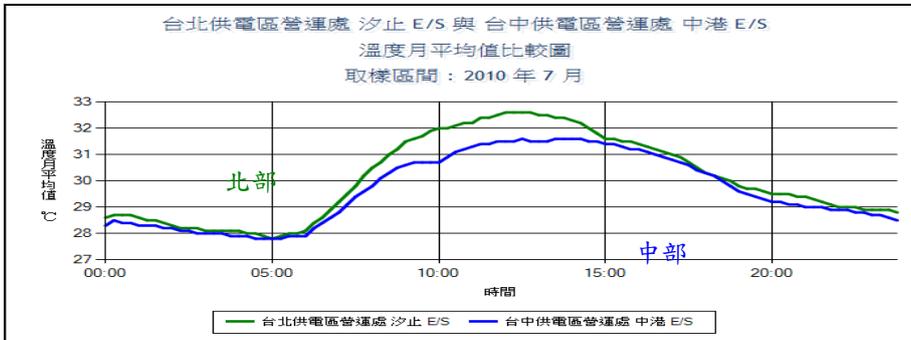


圖 5 北部與中部夏季溫度比較圖

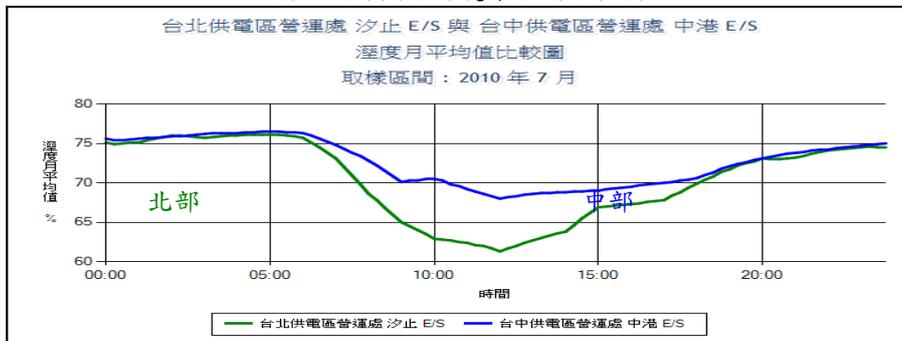


圖 6 北部與中部夏季溼度比較圖

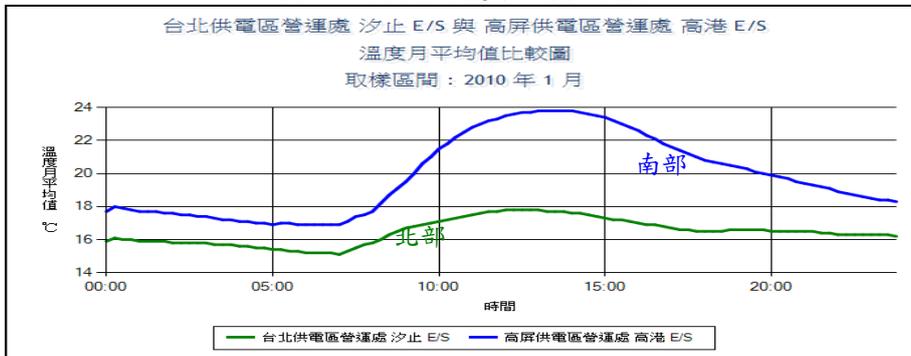


圖 7 北部與南部冬季溫度比較圖

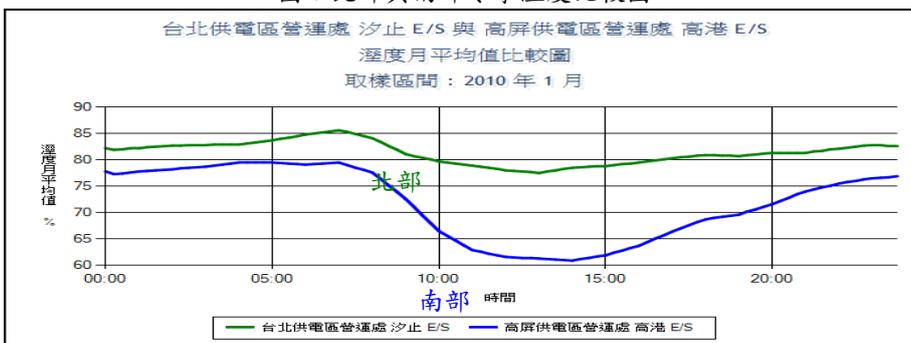


圖 8 北部與南部冬季濕度比較圖

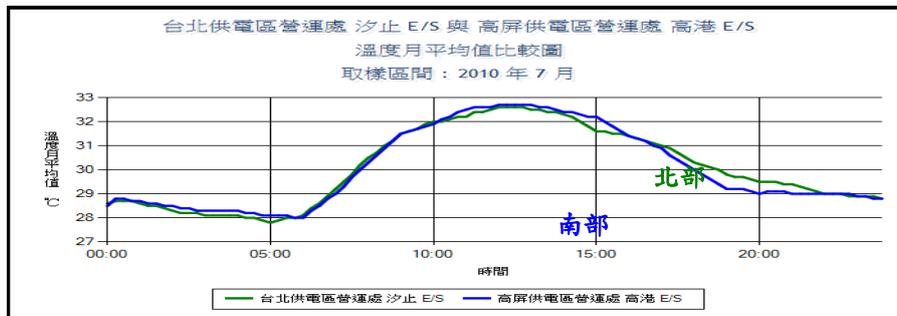


圖 9 北部與南部取樣變電所夏季單日月平均溫度比較圖

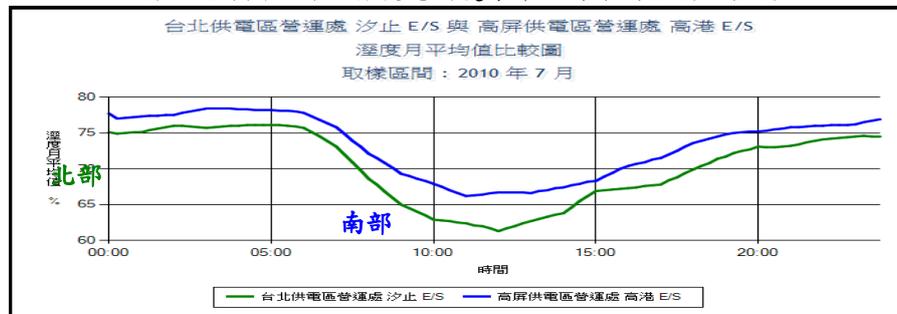


圖 10 北部與南部取樣變電所夏季單日月平均溼度比較圖

臺灣的北、中、南三區氣候因地理位置關係有明顯差異，自 1990 年開始台電公司為瞭解終端用戶的負載特性，持續進行電力負載特性調查研究（台電公司,1998），並進而應用於輸、配電端之負載組成推估、線路損失推估、負載預測與用戶負載成長變化等分析。依據負載特性研究發現共有 6 種契約類別用電之負載與氣候有較密切之關係，這 6 種分別為高壓綜合非營業、高壓綜合營業、低壓綜合營業、低壓綜合非營業、表燈營業與表燈非營業等。在負載特性研究中經常以住宅、商業與工業類型用戶作為歸類比較分析，依據研究發現住宅、商業用戶，其負載特性與溫度的關係相對強烈；而工業用戶其負載與氣候關係相對偏低（台電公司,1992）。

輸配電網絡之結構係由各級變電所主變壓器引出之饋線供電，同一饋線將供應不同用電性質的用戶，因此變電所電力負載與氣候的關係雖可以從不同用電性質用戶類別比例量粗估其負載特性（莊武雄,2004）（陳亦杰,2006）（黃仁鵬,2004）。但台灣因受地形影響（北、中、南三個地區）除季節性氣候具明顯差距外，另因輸配電路供電長度的關係常需跨越溫差較明顯的區域，致使代表區域性負載特性的變電所之負載特性亦顯得較複雜。

台灣電力公司為能提供穩定的供電品質與降低設備裝置成本，一向非常重視電力負載的預測與調度；由以往對終端用戶負載特性調查結果可以窺見氣候因素對電力負載行為的影響性很大（黃鐘慶 et al,2008）（黃鐘慶 et al,2009）。為擴大研究母體之範圍本文將區域性的氣候特性與負載特性整合，以切入研究區域性的負載特性受氣候影響之情形，並藉由建置各種統計模型，推估區域性與全系統電力負載對溫、溼度等氣候因子的變化敏感性。

## 二、研究目的

本文主要在研究台灣本島區域性負載與氣候的關係，藉以觀察與探討區域用戶群組之電力負載與氣候的關連性，另外針對不同區域負載型態用戶群組進行季節性時間因子的影響分析，以瞭解其間的差異性。

本文將對區域性電力負載在高溫與低溫時的反應情形做深入分析，透過統計程序建置區域性電力負載對溫度與相對溼度等氣候因子的線性多項式迴歸模型，建置之各項統計模型將被應用在敏感性分析。

本研究成果預期效益如下：

- 一、建立台灣本島區域負載與氣候關係之分析程序與結果。
- 二、建立北部地區具低溫高負載現象之區域性負載特性模型。
- 三、建立區域性負載對溫溼度敏感性分析模型，並進而推估全系統的負載對溫溼度敏感性。
- 四、提昇電力調度負載預測的準確性及可靠度，維持合理備轉容量、燃料供應規劃最佳化，藉以降低發電成本。

### 三、研究對象與研究範圍

本文研究對象係以台灣電力公司輸電系統各級變電所 E/S、P/S 與 D/S 為研究對象。台灣電力公司變電所依其供電電壓等級分為超高壓變電所(E/S)、一次變電所(P/S)與配電變電所(D/S)與二次變電所(S/S)四者，四者間之關係為 E/S 供電給 P/S 或 D/S，故 P/S 與 D/S 兩者較接近用戶端。本文將自各區域取樣具代表性的變電所研究與分析其特性。

本文將以夏季與冬季的時間區分法分別研究取樣區域的負載與氣候因子間的關係，在夏季將著重於推估溫度與溼度在尖峰供電時段對負載影響的敏感性，在冬季則將著重於分析北部地區低溫時負載會隨之增加的低溫高負載現象。

## 貳、文獻探討

### 一、台電系統區域用戶負載結構分析

國立中山大學研究團隊與台灣電力公司綜合研究所曾在 2006 年的「區域負載密度及負載參差率調查研究」（台灣電力公司,2006）合作研究計畫中引用台灣電力公司的資料對區處負載結構作深入分析，文中指出整個電力系統以 345kv 與 161kv 兩個電壓等級輸電線路構成電力輸送主幹線，透過 E/S、P/S、D/S 與 S/S 等不同等級變電所與用戶連接並輸送電力，圖中顯示整個輸電系統之架構，而電力輸送的過程則以變壓器作為電壓高低轉換之設備，因變壓器均裝置於變電所，所以觀察變電所的負載變化可以瞭解其供電範圍用戶群組的負載特性。

對系統營運者而言，區域、用戶群組的負載特性將會影響區域或整個電力網路負載調度，例如季節變換、工作日與非工作日之差別等，所以瞭解區域、用戶群組的負載特性是一個很重要的課題。台灣電力公司的區域分群以 24 個區營業處最具代表性，每個區營業處有其地理、氣候、人文與產業結構之特性，所以各區營業處之用電負載結構有著不一樣的特色，一般研究上會把各群組的用電負載約略分為住宅、工業與商業用電三個種類，由圖 11、12、13 可以看出，在台灣本島用電負載是以住宅與工業用電比例較重，商業用電在各區處比例相對較低。表 1 顯示 24 個區處三種負載種類近年夏季單月之平均用電比例，由此表可以更明確看出 24 個區處的各项比例值。

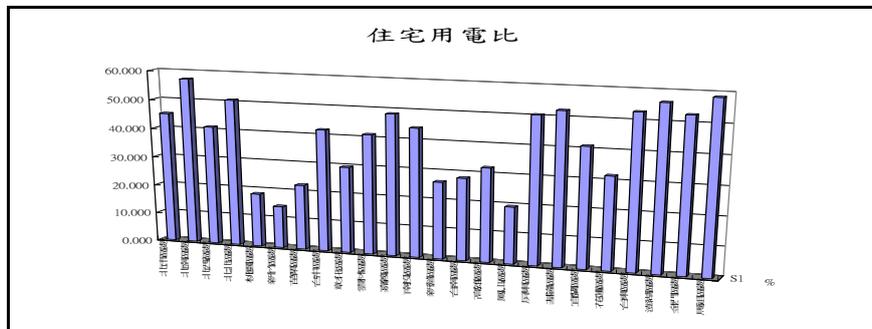


圖 11 區域負載的住宅用電比例

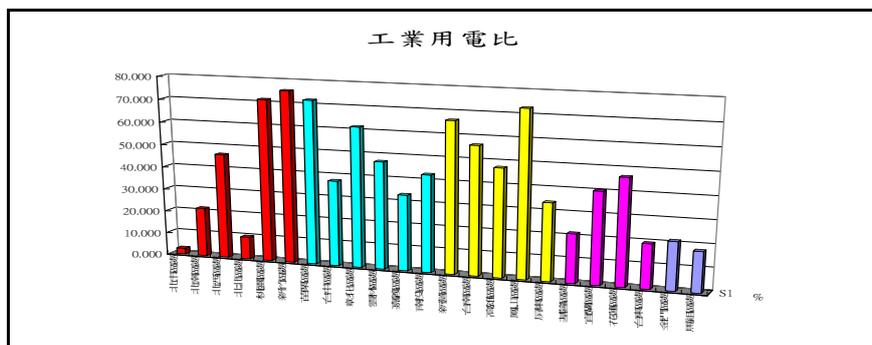


圖 12 區域負載的工業用電比例

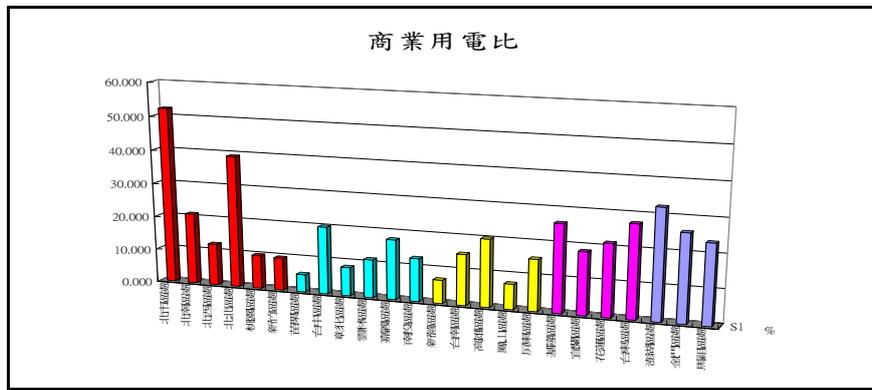


圖 13 區域負載的商業用電比例

表 1 24 個區處三種負載種類用電比

區處 編號	區處名稱	住宅用電比(%)	工業用電比(%)	商業用電比(%)
00	北市區處	45.159	2.534	52.307
01	北南區處	57.348	21.552	21.100
02	基隆區處	52.415	21.520	26.065
03	宜蘭區處	41.207	40.282	18.511
04	桃園區處	18.528	71.558	9.914
05	北西區處	41.205	46.461	12.335
06	新竹區處	14.564	75.726	9.710
07	台中區處	42.173	37.717	20.109
08	彰化區處	29.814	61.694	8.492
09	嘉義區處	48.709	33.462	17.829
10	台南區處	28.372	56.516	15.111
11	高雄區處	32.295	47.582	20.123
12	屏東區處	50.586	34.103	15.310
13	花蓮區處	31.936	46.651	21.413
14	台東區處	53.028	19.485	27.487
15	澎湖區處	56.383	11.037	32.580
16	北北區處	50.829	9.913	39.258
17	南投區處	44.355	42.838	12.806
18	鳳山區處	19.613	72.890	7.497
19	雲林區處	41.349	47.277	11.375
20	新營區處	26.582	66.444	6.973
21	苗栗區處	22.618	72.132	5.250
22	金門區處	52.842	21.183	25.975
23	馬祖區處	58.651	17.731	23.618

## 二、電力負載與氣候關係研究文獻探討

有關電力負載與氣候關係之研究，近年來在學術界提出相當多探討，歸納前述研究中所應用的方法有：統計、類神經與 ARIMA 轉化模型等方法，其中真正以台灣電力公司系統負載為研究母體的，以國立中山大學陳

朝順教授與國立高雄應用科技大學黃鐘慶博士所主持的相關研究為主，故本文將以前面兩位教授這幾年在此方面的研究結果作為探討的參考。其中黃鐘慶(1995)在"用戶端負載模型推導與溫度敏感度分析"一文中以台灣地區溫度特性為基礎，針對台灣電力公司用戶端個別用戶的電力負載對溫度變化的敏感性作分析，並建立住宅、工業與商業典型屬性用戶的電力負載與溫、溼度之多元迴歸模型，依據該文之研究顯示在臺灣地區個別用戶之電力負載與溼度之相關係數相對偏低，所以該文只提出個別用戶電力負載與溫度之迴歸模型，並據以推估電力負載對溫度的敏感性；黃鐘慶(1995)於"用戶 ARIMA 轉移函數模型於短期負載預測之應用"文中以 ARIMA 轉移模型應用於個別用戶的負載對溫度之關係模型，進而應用於短期負載預測上；J.C. Hwang(2001)又在"Assessment of Air Condition Load Management by Load Survey in Taipower"一文中提到以台電系統負載特性為分析基礎，針對個別用戶的空調操作策略對整體負載管理的影響性分析，並以個別用戶與行業別為研究母體的負載與氣候關係探討；而陳朝順(2001)在"Temperature Effect to Distribution System Load Profiles and Feeder Losses"一文中曾以台電公司某區處的配電與饋線之負載特性與溫度關係做深入研究，由於該研究係以實際電力系統的情況做分析，所以其內容相當具有代表性，該文以 3 條在住宅、工業與商業用戶上不同比重之饋線，建立個別饋線負載與溫、溼度之多元迴歸模型，並藉以探討其相對之溫度敏感性。由於文中之取樣時間區間只有夏季(6 月~9 月)樣本，所以對溫度相對較低之冬季月份就無法探討，但該文以饋線為研究主體，比較能符合電力業者對系統特性瞭解之需求。另 C.S. Chen et al. (1997) 也在"Temperature Adaptive Switching Operation for Distribution System"文中以饋線操作為研究主體，提出因應溫度變化的配電系統較適開關操作策略；陳朝順(2000)在"台電系統負載需求之溫度敏感度分析"文中以台電系統中契約類別為研究母體，觀察每個母體的負載特性對溫度的敏感性，最後推估整個台電系統的負載對溫度敏感性。

由以上的文獻探討可以得到幾個研究特性：

1. 研究母體：黃博士以個別用戶、行業別與契約別用戶群組為研究主體，陳教授則以饋線為研究母體，進而以契約別用戶群組為基礎推估整個系統之特性，其研究主體均在需求端。本文的研究主體則在輸電端的 (E/S)、(P/S)與(D/S)，由於這些變電所的供電範圍相當廣，所以本文擬研究、分析這些變電所的電力負載與氣候相關性。
2. 樣本取樣時間：前述文獻裡樣本取樣時間只有夏季或只有一年，如此樣本之代表性只能代表某一時段的特性，若能增加取樣時間相信更能反應研究母體的特性；所以本文將自台灣電力公司調度處電能管理系統 (EMS) 取得變電所近 5 年的負載資料，結合中央氣象局之氣候資料做分析研究，相信更能準確掌握電力負載與氣候間之關聯性。
3. 分析方法：前述文獻大都以多元迴歸模型為研究方法，此法的優點是可以輔以用戶屬性資料解釋電力負載之行為特性，所以本文亦將採用此法對變電所做相關的研究。

## 參、研究方法

### 一、實證模型

本研究主要運用多元迴歸模型(Multiple Regression Model)來分析區域性電力負載與氣候(溫度與溼度)的相關性，以下將此模型做一介紹：

#### (一)多元迴歸模型(Multiple Regression Model)

多元線性迴歸又稱複迴歸模型 (Douglas C. Montgomery,1999)，(Trevor Hastie, Robert Tibshirani,1999)，(林清山,1975)，(陳順宇,2000)，(LAPIN,2000)，(Amir Aczel,2009) (顏月珠,1994)，常應用於變數符合常態分配的資料處理，而模型中，以區域性電力負載  $Y_i$  為應變數，並且與自變數  $X_i$  進行複迴歸模型的設立。

本文複迴歸模型設立如下：

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \varepsilon_j \dots\dots\dots(1)$$

$Y_i$  為應變數， $i=1, \dots, n$ 。

$\beta_j$  為模型估計係數， $j=1, 2, 3$ ， $\beta_0$  為常數截距項。

$X_{ji}$  為自變數， $i=1, \dots, n$ ， $j=1, 2, 3$ 。

$\varepsilon_j$  為殘差值， $i=1, \dots, n$ 。

(二)檢定

$$\begin{cases} H_0 : \beta_i = 0, i = 1, \dots, n \\ H_1 : \beta_i \neq 0 \end{cases}$$

$\beta_i$  為解釋變數之估計係數

$$t = \frac{\hat{\beta} - \beta}{S_{\hat{\beta}}} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{在顯著水準 } \alpha \text{ 下，若 } P \text{ 值} < \alpha \text{ 或 } \left| \frac{\hat{\beta} - \beta}{S_{\hat{\beta}} / \sqrt{n}} \right| > t_{n-1, \alpha/2}, \text{ 則拒絕 } H_0$$

表示解釋變數顯著異於 0，變數具有解釋能力。

模型各變數定義如下：

應變數：

區域性電力負載

自變數：

溫度

相對溼度

季節性因素

二、研究假說

本文貳、文獻探討所提出的參考文獻明確論述係以住宅、商業與工業屬性的低壓個別用戶之負載與溫、溼度關係為研究範圍。本研究則依該論述為基礎，並擴及以 E/S 之大區域型負載為研究範圍，又為便於有效比對，歸納具相同屬性的 E/S 變電所研究其負載對溫、溼度的特性是否與同類型的低壓個別用戶之負載屬性亦具相關性，本研究據此訂定下列四大假說：

假說一：商業屬性之個別用戶電力負載與氣候條件呈正相關，則具商業屬性的區域性變電所是否亦呈正向顯著的影響。

假說二：住宅屬性之個別用戶電力負載與氣候條件呈正相關，則具住宅屬性的區域性變電所是否亦呈正向顯著的影響。

假說三：工業屬性之個別用戶電力負載與氣候條件之相關性因其生產方式與產品種類而有所不同，則具工業屬性的區域性變電所是否亦呈此種關係。

假說四：北部地區具住宅與商業屬性之個別用戶在冬季低溫時會啟動除溼與暖器設備，此情形造成低溫高負載的現象，則北部地區具住商混合屬性的區域性變電所是否亦呈此關係。

肆、實例驗證分析

一、假說一：商業屬性之個別用戶電力負載與氣候條件呈正相關，則具商業屬性的區域性變電所 是否亦呈正向顯著的影響。

實例驗證說明：

高屏供電區四維 D/S 的供電範圍在高雄市市區，依據台灣電力公司用戶資訊系統(Customer Information

System)的用戶屬性資料統計，此區域用戶以高壓綜合營業與低壓綜合營業用戶用電居多佔 76.5%，所以此區域供電為典型之商業屬性。圖 14 是高屏供電區營運處四維 D/S 變電所負載對溫度散佈圖，由圖可知此變電所之負載與溫度成正相關特性，圖 15 是高屏供電區營運處四維 D/S 變電所負載對相對溼度散佈圖，由圖知負載與相對溼度間的相關性應較低，由圖 16 可看出此變電所負載與溫度間的調整 R<sup>2</sup> 值為 0.68，顯示兩者間的相關性強，由圖 17 可看出此變電所負載與相對溼度間的調整 R<sup>2</sup> 值為 0.151，顯示兩者間的相關性較低。圖 18 則為此變電所負載對溫度與相對溼度之多元迴歸關係，由圖知此調整 R<sup>2</sup> 值為 0.753，顯示可以由溫度與相對溼度來解釋負載的行為。

圖 19 則為此變電所在 2010/07/05 該天負載、溫度與相對溼度之標準化圖，圖中各項參數係以取樣區間內各參數最高值為母數，將各參數的取樣點數據除以該母數得到之數據，此圖之製作目的在於可同時了解 3 個參數彼此間的變化情形。由此圖的負載曲線可知此變電所是典型的商業類負載型態，觀察圖中負載與溫度的曲線可發現兩者皆在尖峰時段達到當天高值，圖 20（估算日期：2010/07/05（一般工作日），區間：近 10 天負載對溫、溼度敏感度分析）說明此變電所在該天負載對溫度與溼度的敏感性，由圖知在尖峰時段負載對溫度的敏感曲線(T.S.T)，約為 4MW，而負載對相對溼度的敏感曲線(T.S.H)約為 0.4MW，顯示在夏天溫度對負載的影響性較相對溼度來得大。

此分析證實假說一，對一個具商業屬性之區域性變電所，其電力負載與溫度之相關性就如商業屬性之個別用戶的電力負載與氣候條件一樣是呈正相關的，其電力負載對溫度與溼度的敏感性亦存在的。

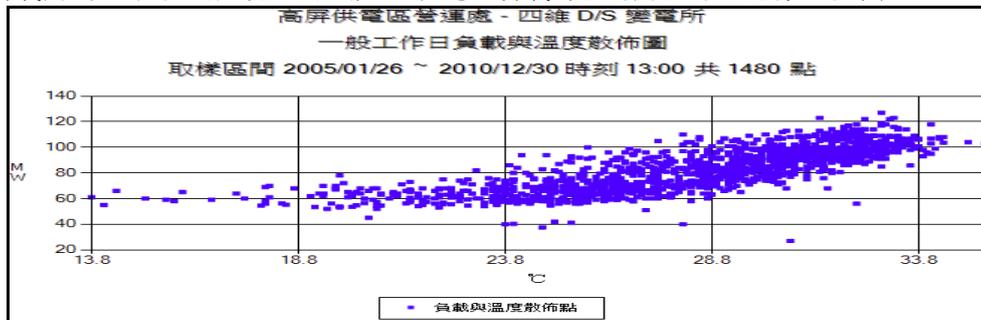


圖 14 高屏供電區營運處四維 D/S 變電所負載對溫度散佈圖

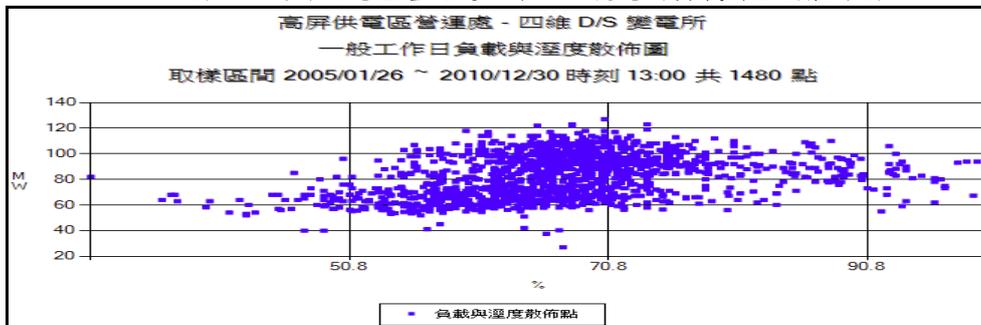


圖 15 高屏供電區營運處四維 D/S 變電所負載對溼度散佈圖



圖 16 高屏供電區營運處四維 D/S 變電所負載對溫度迴歸模型圖

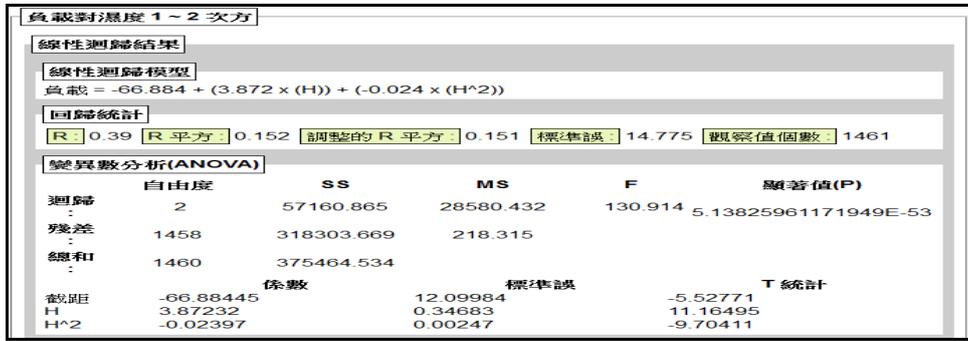


圖 17 高屏供電區營運處四維 D/S 變電所負載對濕度迴歸模型圖



圖 18 高屏供電區營運處四維 D/S 變電所負載對溫溼度迴歸模型

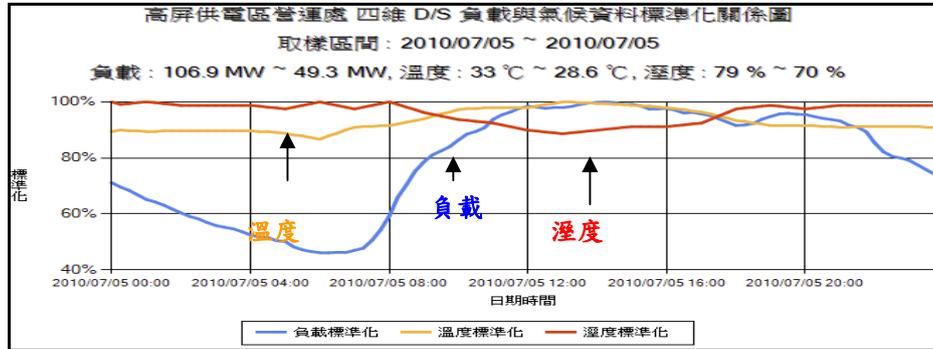


圖 19 高屏供電區營運處四維 D/S 變電所負載與溫溼度相對標準化圖

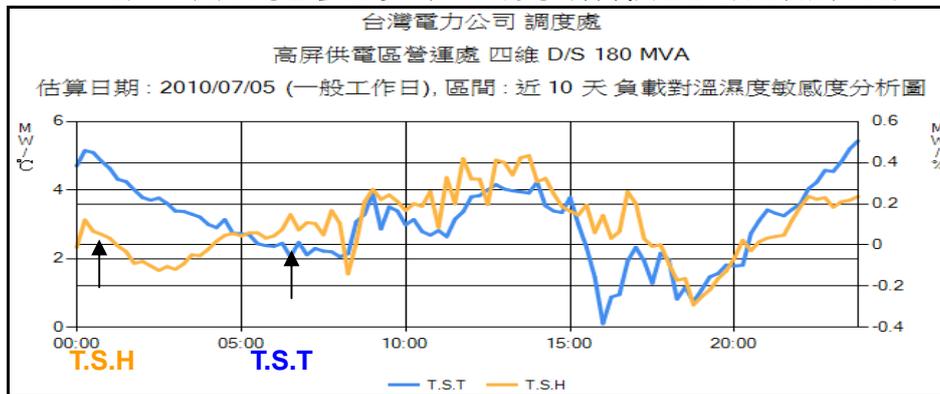


圖 20 高屏供電區營運處四維 D/S 變電所負載對溫溼度敏感性分析圖

二、假說二：住宅屬性之個別用戶電力負載與氣候條件呈正相關，則具住宅屬性的區域性變電所是否亦呈正向顯著的影響。

實例驗證說明：

台北供電區營運處的台北 P/S 供電範圍在台北市市區，依據台灣電力公司用戶資訊系統(Customer Information System)的用戶屬性資料統計，此區域用戶以低壓綜合營業與低壓表燈用戶用電居多佔 73.5%，所以此區域供電為典型之住宅屬性負載。圖 21 是台北供電區營運處台北 P/S 變電所負載對溫度散佈圖，由圖可知此變電所之負載與溫度呈正相關特性，圖 22 是台北供電區營運處台北 P/S 變電所負載對溼度散佈圖，由圖之負載

與溼度間的相關性應較低，在圖 23 可看出此變電所負載與溫度間的調整  $R^2$  值為 0.714，顯示兩者間的相關性較強，在圖 24 可看出此變電所負載與溼度間的調整  $R^2$  值為 0.076，顯示兩者間的相關性較低。圖 25 則為此變電所負載對溫度與溼度之多元迴歸關係，由圖知此調整  $R^2$  值為 0.716，顯示可以由溫度與溼度來解釋負載的行為。

圖 26 則為此變電所在 2010/07/05 該天負載、溫度與溼度之標準化圖，由圖的負載曲線可知此變電所是典型的住宅類負載型態，觀察圖中負載曲線在離峰時段達到當天高值，而在尖峰時段負載則較低，圖 27 說明此變電所在該天負載對溫度與溼度的敏感性，由圖知在尖峰時段 10:00 其 T.S.T 約為 15MW，而 T.S.H 約為 0.2MW，顯示在夏天時溫度對負載的影響性較溼度來得大。

此分析證實假說二，對一個具住宅屬性之區域性變電所，其電力負載與溫度之相關性就如住宅屬性之個別用戶的電力負載與氣候條件一樣是呈正相關的，其電力負載對溫度與溼度的敏感性亦存在的。

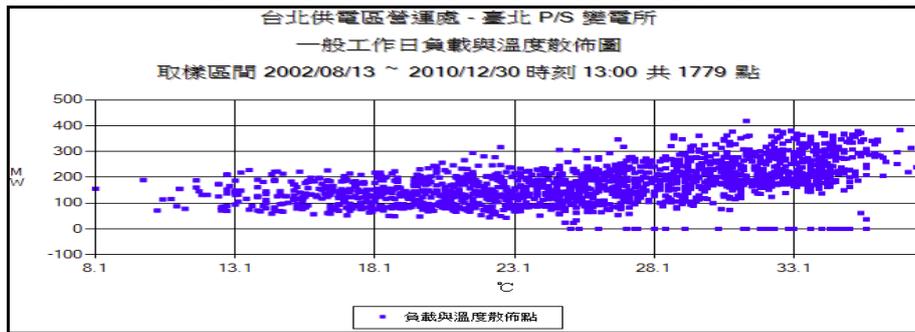


圖 21 台北供電區營運處台北 P/S 變電所負載對溫度散佈圖

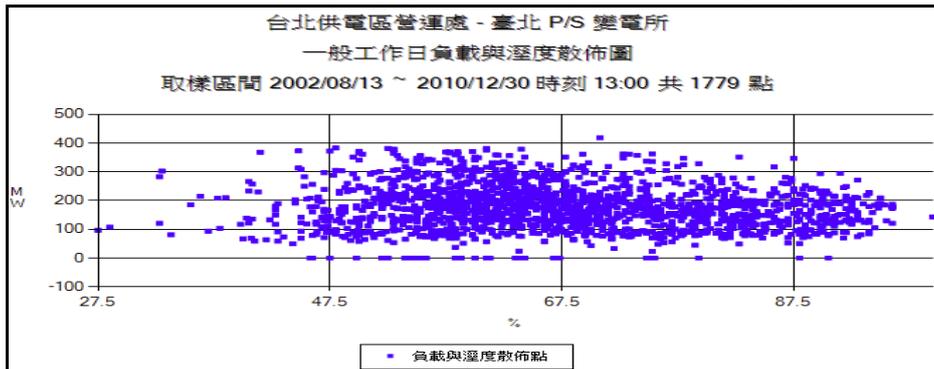


圖 22 台北供電區營運處台北 P/S 變電所負載對溼度散佈圖



圖 23 台北供電區營運處台北 P/S 變電所負載對溫度迴歸模型圖

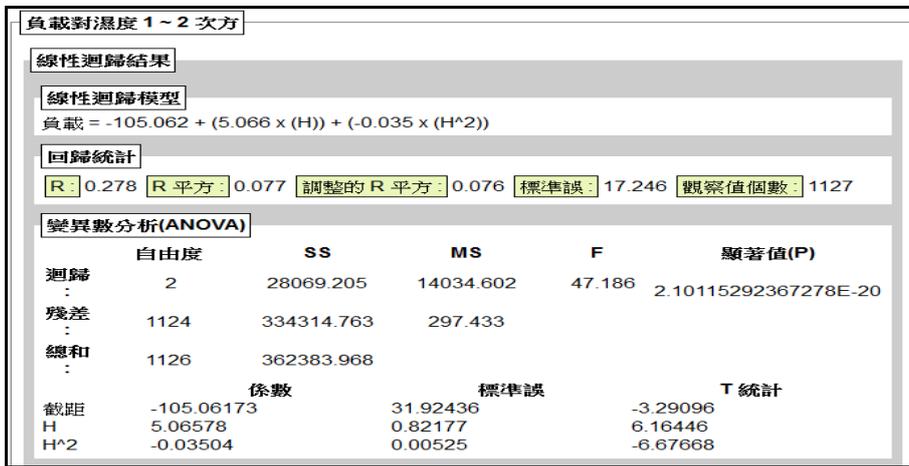


圖 24 台北供電區營運處台北 P/S 變電所負載對溼度迴歸模型圖

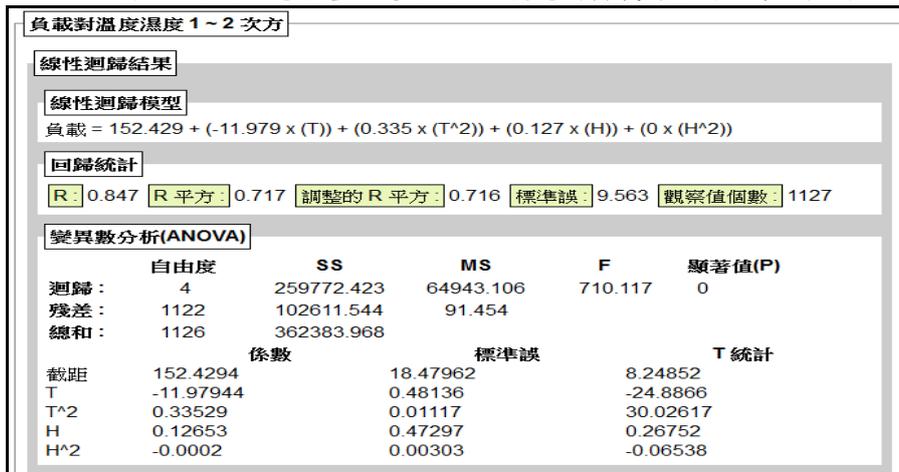
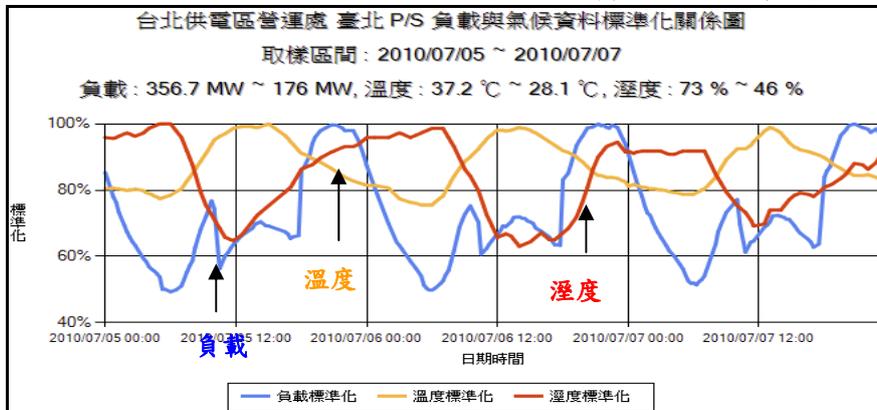


圖 25 台北供電區營運處台北 P/S 變電所負載對溫溼度迴歸模型圖



三、假說三：一般工業屬性的個別用戶電力負載與氣候條件之正相關性較低，則具工業屬性的區域性變電所是否亦呈此種關係。

實例驗證說明：

圖 28 是新桃供電區營運處龍潭 E/S 變電所負載對溫度散佈圖，由圖可知此變電所之負載與溫度不成正相關特性，圖 29 是新桃供電區營運處龍潭 E/S 變電所負載對相對溼度散佈圖，由圖知負載與溼度間的相關性應較低，在圖 30 可看出此變電所負載與溫度間的調整 R<sup>2</sup> 值為 0.096，顯示兩者間的相關性較低，在圖 31 可看出此變電所負載與溼度間的調整 R<sup>2</sup> 值為 0.022，顯示兩者間的相關性較低。圖 32 則為此變電所負載對溫度與溼度之多元迴歸關係，由圖知此調整 R<sup>2</sup> 值為 0.157，顯示無法由溫度與溼度來明確解釋負載的行為。

圖 33 則為此變電所在 2010/07/05 該天負載、溫度與相對溼度之標準化圖，由圖的負載曲線可知此變電所是典型的工業類負載型態，其一天尖峰負載發生在離峰時段而非尖峰時段，這是因為工業用戶參與台電公司時間電價方案所致，圖 34 說明此變電所在該天負載對溫度與相對溼度的敏感性，由圖知此變電所負載對溫度與相對溼度之敏感性均相當低，在離峰時段其 T.S.T 值甚至為負值，這是因為在此時段溫度雖降低了而負載卻因用戶採用時間電價方案而作負載增加調整的緣故。

此分析證實了假說三，對一個工業屬性較強的區域性變電所，其電力負載對溫、溼度的相關性與工業屬性個別用戶的電力負載與氣候條件之正相關性較低，所以其電力負載對溫、溼度的敏感性相對較低；因此在電力調度上，此類區域著重的將是產業發展對其負載成長與否的影響。

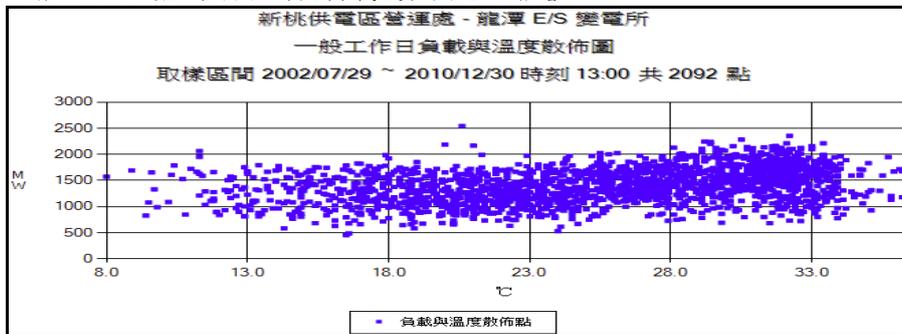


圖 28 新桃供電區營運處龍潭 E/S 變電所負載對溫度散佈圖

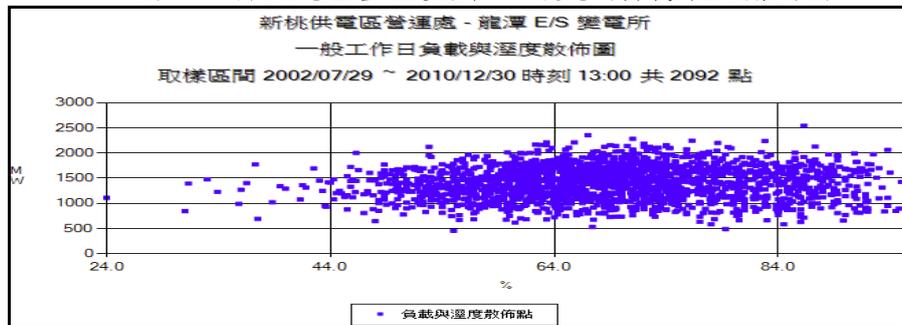


圖 29 新桃供電區營運處龍潭 E/S 變電所負載對溼度散佈圖

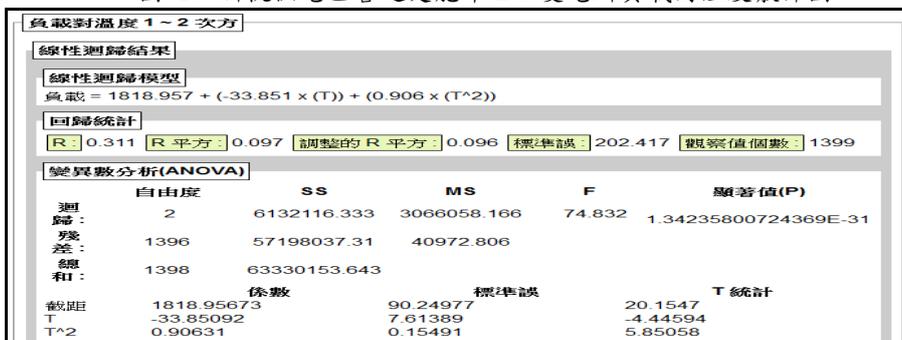


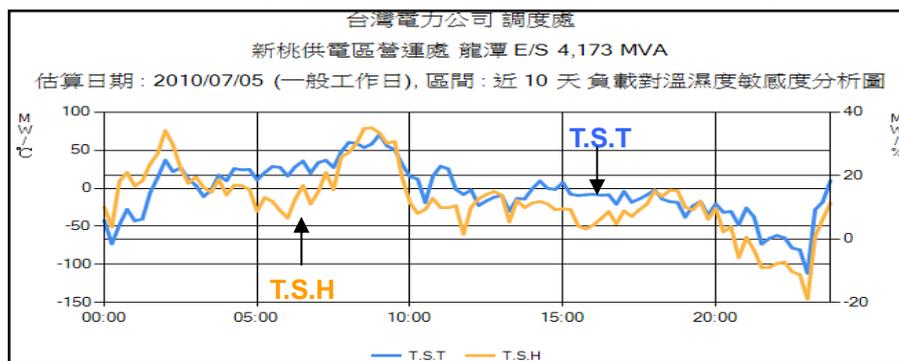
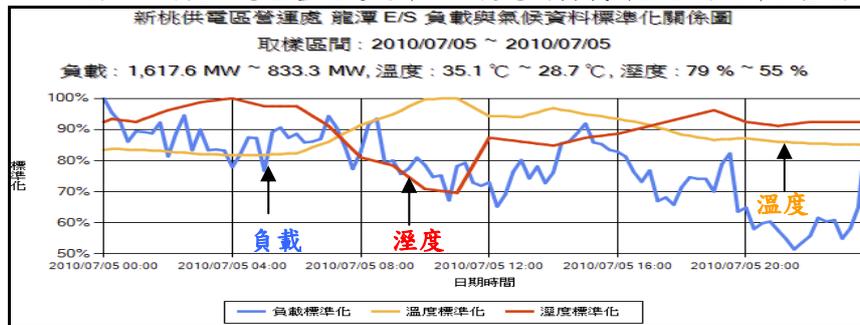
圖 30 新桃供電區營運處龍潭 E/S 變電所負載對溫度迴歸模型圖



圖 31 新桃供電區營運處龍潭 E/S 變電所負載對濕度迴歸模型圖



圖 32 新桃供電區營運處龍潭 E/S 變電所負載對溫濕度迴歸模型圖



四、假說四：北部地區住宅屬性之個別用戶在冬季低溫時會啟動除溼與暖器設備，此情形造成低溫高負載的現象，則北部地區具住宅屬性的區域性變電所是否亦呈此關係？

實例驗證說明：

圖 35 是台北供電區營運處城中 P/S 2010/12/13(一)~2010/12/19(日)單日總負載 (MWH) 圖，由圖可知在 12/13~12/15 的用電量是逐日增加的，在 12/16 日後才又逐日降低用電量，但圖 36 的城中 P/S 2010/12/13(一)~2010/12/19(日) 溫度分時圖可發現 12/13~12/16 其溫度是逐日下降直到 12/17 才反轉升高，另比對圖 37 的城中 P/S 2010/12/13(一)~2010/12/19(日) 溼度分時圖可發現在溫度較低時其溼度反而較高，由圖中可看出

12/13~12/16 的溼度是相對偏高的；為瞭解負載、溫度與溼度三者間的變化關係我們可觀察圖 38 的三個曲線，圖中三個區線都是取各參數在取樣區間內的最大值為分母，再以每筆值除以該分母得到的百分比，由此圖可清楚看出在 12/13~12/16 四天溫度持續降低而溼度持續偏高，觀察 12/14 與 12/15 兩日的負載曲線明顯高於 12/13 與 12/16，分析此現象的原因可能是因為此變電所轄區用戶會在此氣候條件下使用暖氣或除溼機等設備而致負載升高。

為更清楚瞭解這三天的負載與氣候條件間的互動關係，我們可觀察圖 39 的城中 P/S 2010/12/13~2010/12/16 四天單日分時負載圖，由圖可知 12/15 與 12/14 的負載大於 12/13 與 12/16，再觀察這 4 天的離峰負載相差不大，但尖峰時段的負載就有較明顯差異，此現象或可推估為用戶在白天工作時間使用電暖器或除溼機等設備，由此可推估在溫度持續降低或溼度持續增加的情況下，就容易出現低溫高負載的現象。

由圖 40 可以看出城中 P/S 負載對溫度的散佈情況，在 20°C 左右，其負載約在 50MW~80MW 之間，平均值為 54MW 而標準差為 20MW，而在 14°C 時其負載平均值為 60MW 標準差為 10MW，也就是負載並沒有因為溫度持續降低而大幅減少，反而略呈增加的情形，但在 10°C 時其負載平均值 35.4MW 而標準差為 1.5MW，表示低溫高負載現象並不會因溫度太低而持續增加，圖 41 說明此變電所在高溼度情況下，其高負載量的點也很多。

由圖 42 可知在 2010/12/15 該天尖峰時段溫度與溼度的走勢相反，而圖 42 則可看出負載對溫度的敏感性 T.S.T. 為負值，表示溫度升高時負載量會降低或可解釋為溫度降低時負載量會升高，如在 10:00 時溫度降低 1°C 時負載會增加 1MW，相對的 T.S.H. 的值則為正值，表示溼度增加時其負載會增加，且當溼度增加 1% 時其負載將增加 0.25MW。

此分析驗證了假說四，對一個具住商混合屬性的區域性變電所，其電力負載特性亦具有低溫高負載的現象。

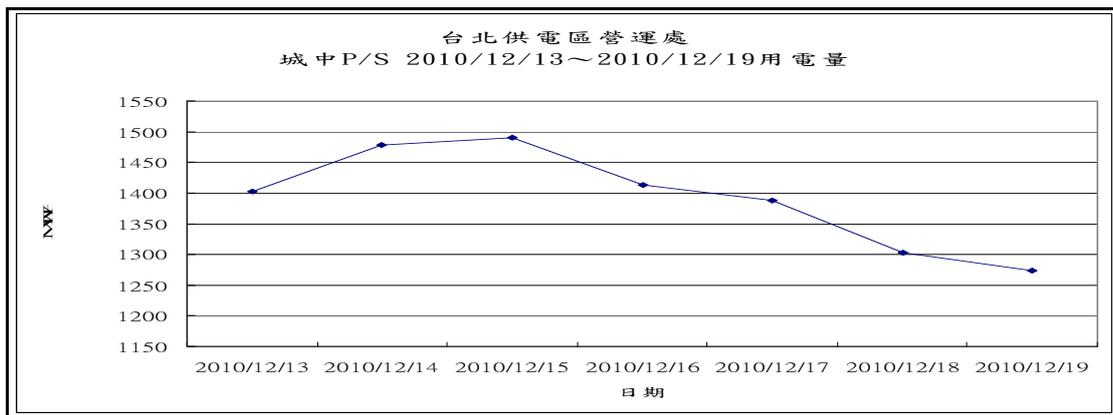


圖 35 台北供電區營運處城中 P/S 單日總負載 (MWH)

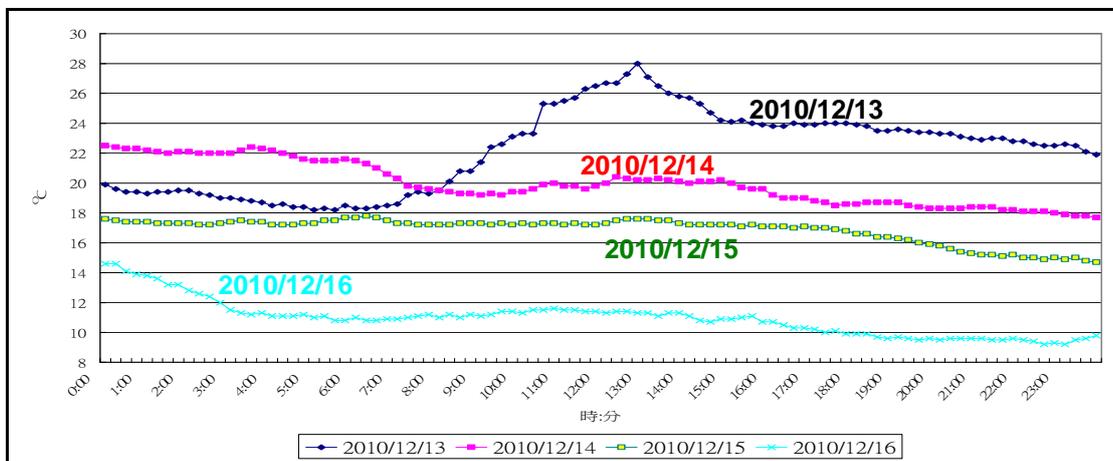


圖 36 台北供電區營運處城中 P/S 單日溫度圖

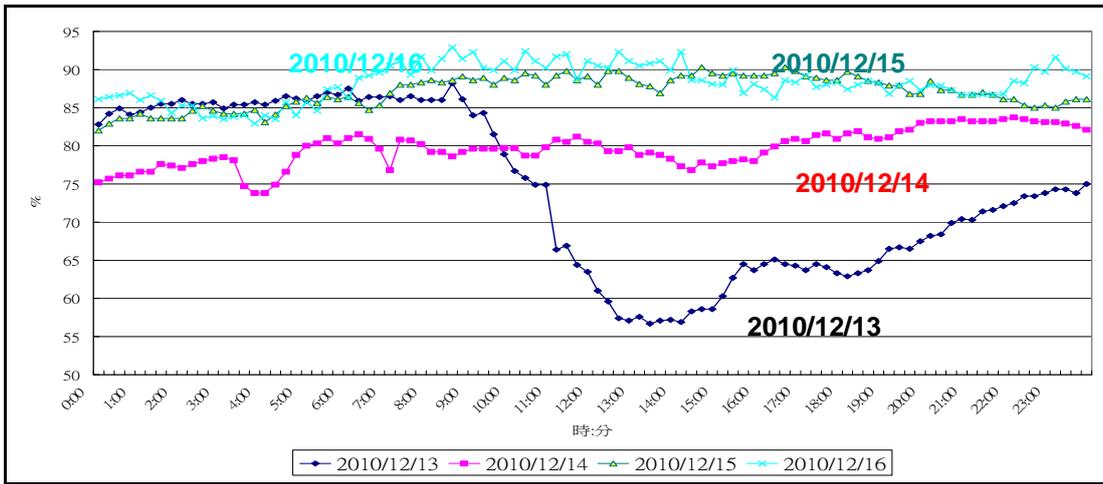


圖 37 台北供電區營運處城中 P/S 單日溼度圖

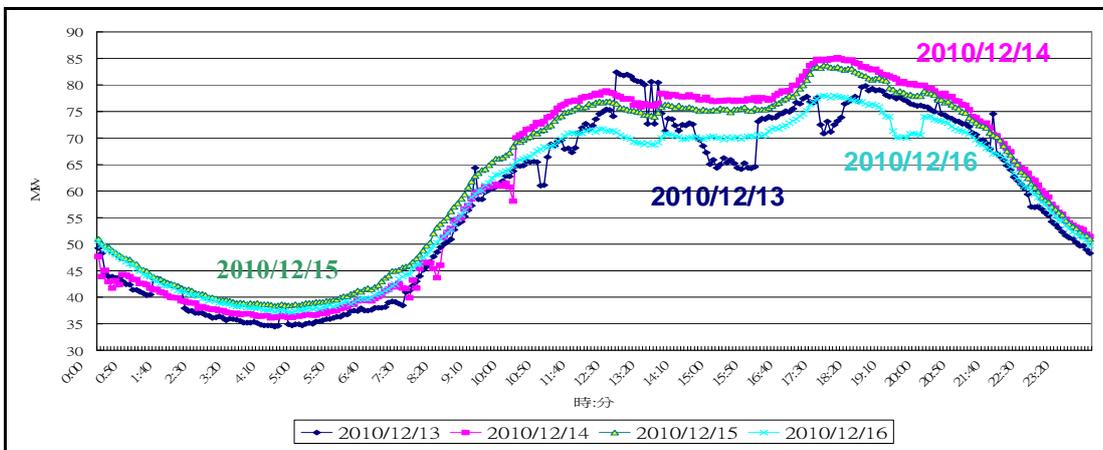


圖 38 台北供電區營運處城中 P/S 單日負載圖(MW)

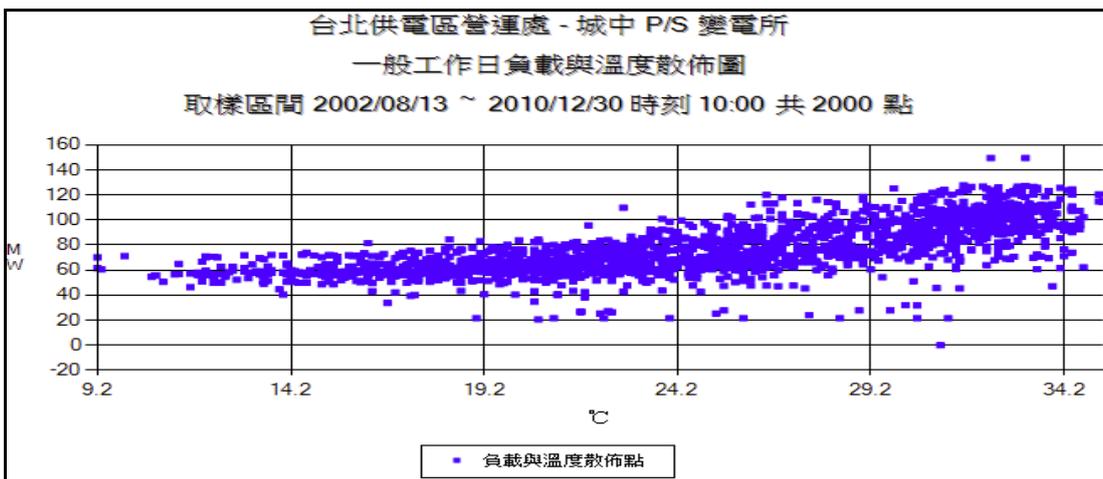


圖 39 台北供電區營運處城中 P/S 負載對溫度散佈圖

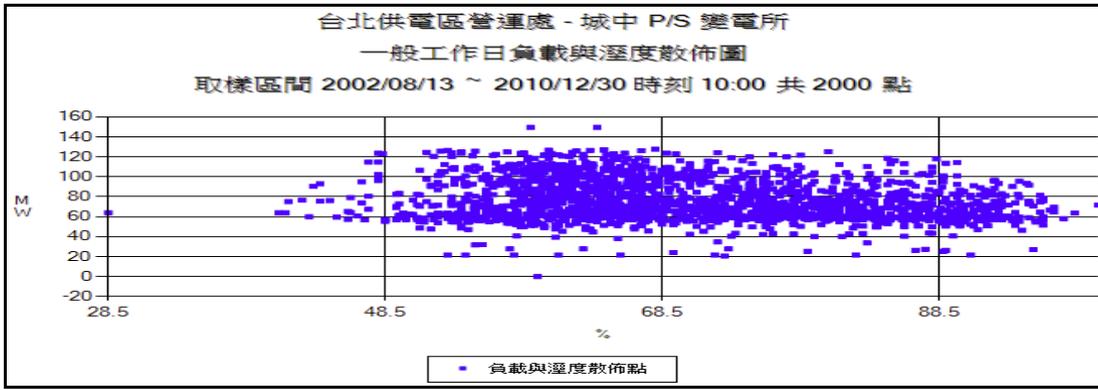


圖 40 台北供電區營運處城中 P/S 負載對溼度散佈圖

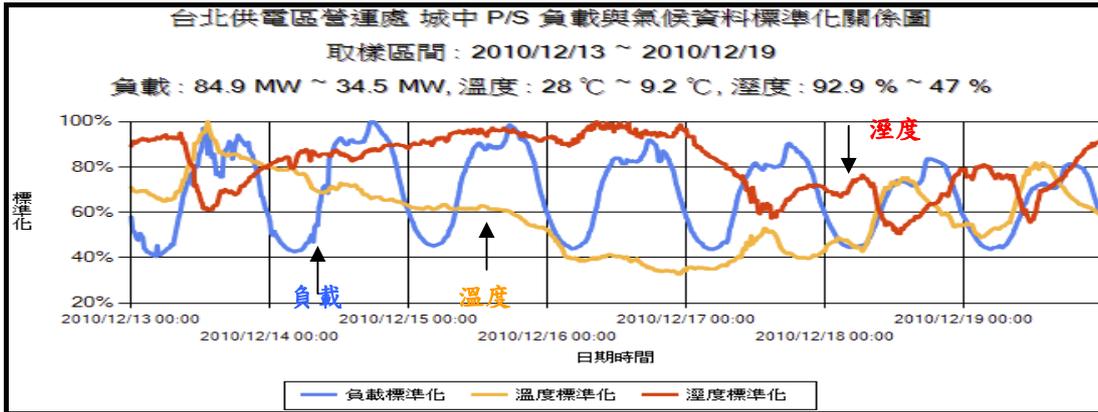


圖 41 台北供電區營運處城中 P/S 負載與溫溼度相對標準化圖



圖 42 台北供電區營運處城中 P/S 負載對溫溼度敏感性分析圖

## 伍、結論

本文以超高壓變電所所代表的區域性負載行為為研究母體，成功建立區域性負載與氣候因子間之多元性迴歸模型，亦成功引用個別用戶負載特性研究結果來輔助說明區域性負載特性；在收集與分析的樣本區域中，可以看出氣候因素對負載變化的影響性是多樣化的，在夏季時往往於當日最高溫度發生後 1~2 小時內會出現當日最高負載，氣候因素對住宅與商業屬性之區域性負載變化影響較大，而對工業屬性較明顯之區域負載影響性較小，此研究結果也驗證以個別用戶負載對氣候特性調查結果引申對區域性負載對氣候特性之研究假說。

此研究發現北部地區在冬季寒冷氣候情況下有明顯之低溫、高負載情況，此情況往往發生於住、商混合之區域，以目前分析發現發生之氣候條件為溫度約在 17°C 以下而溼度約在 75% 以上，受溫度下降與溼度上昇因素影響進而導致負載增加，增量約為該區域變電所裝置容量之 0.25%，唯經本文研究中部區域負載的低溫高負

載現象並不明顯，另南部區域因冬天溫度仍偏高所以沒有低溫高負載之現象；綜合三個地區之特性，北部低溫高負載現象所增加的負載往往被南部所稀釋，所以若以全系統層次而言，冬天的低溫高負載現象相對不明顯亦即不會在系統總負載造成明顯的負載變化。

由於台電公司實施需量用戶時間電價方案，導致需量用戶利用此方案調整夏季製程以降低電費的支出，依據 2010 年業務處統計資料，夏季(7 月份)高壓電力與特高壓電力兩個契約類別之月用電量佔所有用戶用電量約 60%，所以此兩契約類別用戶的負載調整機制對全系統的負載特性影響很大，相對的也間接影響尖、離峰時段負載對溫、溼度敏感度的差異性，由本文的研究可以看出此影響顯示在夏季離峰時段其 T.S.T 值會相對較尖峰時段大。唯此現象在冬季的影響性相對不明顯；由此分析得知台電公司的負載管理機制對負載與氣候的相關性有很大的影響。

本文的研究母體係為超高壓變電所所代表之區域性負載，依據台灣電力公司的供電網絡可以看出 E/S 之供電範圍相當廣，往往涵蓋住宅、商業與工業屬性之區域性特性，因此在分析負載對溫、溼度之敏感性時，會受大區域性內小區域個別負載特性差異影響，進而造成敏感性推估值的誤差，要消除此方面的誤差應該以各區營業處所轄二次變電所(S/S)之小區域性負載為調查母體，因為 S/S 之供電範圍較小且是最靠近負載點的變電所，所以以 S/S 為調查母體應該可以大幅度降低上述誤差的可能性，當然若能以饋線端(FCDS)之負載為調查母體，將可大幅提升推估之精確度。

### 參考文獻

- [1] 台灣電力公司。負載用電與氣候資訊相關性之研究。期末報告,2010/9。
- [2] 台灣電力公司。需求面管理與整體資源規劃研究。研究報告，1998/10。
- [3] 台灣電力公司。電系統負載特性調查研究分析。研究報告，1992~2008。
- [4] 莊武雄。負載特性資訊系統在負載組成推估之應用。國立高雄應用科技大學，碩士論文，2004。
- [5] 陳亦杰。力高壓事業需量用戶網路服務系統發展研究。國立高雄應用科技大學，碩士論文，2006。
- [6] 黃仁鵬。料庫系統理論 使用 Oracle。初版，博碩文化發行，2004。
- [7] 黃鐘慶、黃怡詔、陳忠義、方建智、鄭鈞騰、黃佳文、楊新全、黃敬婷。用戶服務資料倉儲需量資料轉置系統發展研究。中華民國第二十九屆電力工程研討會,2008/12。
- [8] 黃鐘慶、黃怡詔、林士修、魏榮輝、陳忠義、方建智、黃佳文、王念中。負載組成推估資料超市發展研究。中華民國第三十屆電力工程研討會，2009/11。
- [9] 台灣電力公司。區域負載密度及負載參差率調查研究。期末報告,2006/9
- [10] 黃鐘慶、陳朝順。用戶端負載模型推導與溫度敏感度分析。中華民國第十六屆電力工程研討會，pp.668-672, 84/11。
- [11] 黃鐘慶、陳朝順。用戶 ARIMA 轉移函數型於短期負載預測之應用。中華民國第十六屆電力工程研討會，PP.626-630, 84/11。
- [12] J.C. Hwang,。Assessment of Air Condition Load Management by Load Survey in Taipower。IEEE TRANS.on POWER SYSTEM VOL.16, NO.4, 11/2001, pp910-915。
- [13] C.S. Chen, M.S. Kang, J.C. Hwang, C.W. Huang。Temperature Effect to Distribution System Load Profiles and Feeder Losses。IEEE TRANS.on POWER SYSTEM VOL.16,NO.4,11/2001,pp916-921。
- [14] C.S. Chen, J.C. Hwang, C.W. Huang。Application of load survey systems to Proper Tariff Design。IEEE Trans.on Power systems, Vol.12, NO.4, pp.1746~1751, 1997/11。
- [15] 陳朝順，康漢松，黃鐘慶，黃佳文。台電系統負載需求之溫度敏感度分析。中華民國第二十一屆電力工程研討會,pp126-130,2000/11。

- [16] Douglas C. Montgomery。APPLIED STATISTICS and PROBABILITY for ENGINEERS。Second Edition, John Wiley & Sons, Inc, 1999
- [17] Trevor Hastie, Robert Tibshirani。The Elements of Statistical Learning。Spring, 2001
- [18] 林清山。多變項分析統計法。東華書局, 1975
- [19] 陳順宇。多變量分析。華泰書局, 2000
- [20] LAPIN。Modern Engineering Statistics。International Thomson Publishing Asia, 2000
- [21] Amir Aczel。Complete Business Statistics。The McGraw-Hill Companies, Inc, 2009
- [22] 顏月珠。統計學。三民書局, 1994
- [23] 台灣電力公司。台灣地區家用電器普及狀況調查報告。2010/01
- [24] 台灣電力公司。2010 各契約類別月售電量統計。2010