

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

高階醫務工程與管理碩士在職專班

碩士論文



台灣醫院能源管理之研究
-以中部某區域醫院為例

研 究 生：郭柏均

指 導 教 授：洪堯勳 博士

中 華 民 國 一 〇 五 年 六 月

**A Study on the Energy Management of Hospital in Taiwan
at a Regional Hospital in Central Taiwan**

By
Po-Jun, Kuo

Advisor : Dr. Jau-Shin, Hon

A Thesis
Submitted to Tunghai University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Health Administration

June 2016
Taichung , Taiwan

東海大學

工業工程與經營資訊學系高階醫務工程與管理碩士在職專班

碩士學位論文口試委員會審定書

本系 郭柏均 君

所提論文 台灣醫院能源管理之研究-以中部某區域醫院為例

合於碩士資格水準，業經本委員會評審通過，特此證明。

口試委員：

洪奕勳

鄭辰仰

陳建良

指導教授：

洪奕勳

系主任：

郭柏均

中華民國 一〇五年 六月 三十日

東海大學

工業工程與經營資訊學系高階醫務工程與管理碩士在職專班

碩士學位論文指導教授推薦書

本系 郭柏均 君

所提論文 台灣醫院能源管理之研究-以中部某區域醫院為例

係由本人指導撰述，同意提付審查。

此致

工業工程與經營資訊學系

指導教授

洪欽勳

日期 年 月 日

台灣醫院能源管理之研究-以中部某區域醫院為例

學生：郭柏均

指導教授：洪堯勳博士

東海大學工業工程與經營資訊學系高階醫務工程與管理碩士在職專班

摘 要

依經濟部能源局統計資料指出，全國屬於能源大用戶（801kW 以上）的醫院計 145 家，其能源使用占非製造業大用戶總能源 14.9%，高居非製造業第 1 位。面臨醫療健保制度與健保財政緊縮下的衝擊，各項支出費用的控制是醫院生存競爭中必要的措施。在不影響醫療品質的前提下，合理的提升能源使用效率，節約能源，藉此減少醫院在整體能源費用上的支出。

本研究分析我國醫院能源消耗使用量，同時收集彙整醫院在電力、空調及熱源設備等各項節約能源方法及相關資料加以分析彙編，提供日後各醫院作為節約能源管理及設計規畫之參考。並以個案醫院耗能設備進行節能評估提出改善計畫，提出具體建議改善方案共 7 項。1.訂定合理契約容量。2.提高冷凝水回收率。3.回收排氣廢熱預熱空氣。4.增設熱泵加熱熱水系統。5.空調冰水主機並聯使用。6.修正泵浦揚程。7.平衡區域泵浦水量。預估可節約用電 707,811kWh/年，減少熱能 54.2kLOE/年，節省金額 267.4 萬元/年，減碳量 455.2 公噸 CO₂/年，節能率 8.75%。本文所提方法確具可行性，相關成果應具實務採行之參考價值。以期將醫院由能源高度耗用者反轉為環境保護者，降低醫院能源成本，達成醫院永續經營目標。

關鍵字詞：電力能源指標、醫院節能

A Study on the Energy Management of Hospital in Taiwan at a Regional Hospital in Central Taiwan

Student : Po-Jun, Kuo

Advisor : Dr. Jau-Shin, Hon

Master Program for Health Administration
Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

Based on the statistics information of Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs, There are 145 hospitals are megawatt energy users (above 801kW) in Taiwan, the energy consumption is 14.9% of megawatt energy users in nonmanufacturing industry, the highest in nonmanufacturing industry. Face with the impact of national health insurance system and the fiscal contractions, controlling of the expenditure is necessary measures for existing. In the condition of not affecting Healthcare Quality, through improving efficiency of energy use reasonably and saving energy use in order to reduce the expenditure on overall energy expenses.

This study analyzes the energy consumption in hospitals in Taiwan, and collects energy saving methods and other relative information in electricity, air conditioning system, and heat equipment at the same time, to provide the reference on energy saving management and design and planning in hospitals. Based on the equipment in the hospital in this study, develop 7 improvement plans. 1. Make a reasonable capacity in contract. 2. Increase the steam condensate recovery rate. 3. Recover exhaust-gas waste heat to preheat air. 4. Add heat pump system. 5. Use chiller machines together. 6. Revise pump head. 7. Balance the capacity of regional pumps. It is estimated to reduce annual electricity consumption of 707,811 kWh, reduce annual thermal energy consumption of 54.2 kLOE, reduce annual expenditure of 2,674,000 dollars, reduce annual CO₂ emissions of 455.2 tons, saving rate 8.75%. The plans in this study are practicable, and the outcomes are valuable for implementation and reference. Expect to turn hospitals from intensive energy users to environment protectors, cutting down the expenses of energy, in order to achieve sustainable operation.

Key words: Electricity Energy Index, Hospital Energy Saving.

誌謝

本論文承蒙恩師 洪堯勳教授悉心指導，能如期完成。感謝恩師在學業或工作都給予學生亦師亦友的鼓勵及關懷，在此謹獻上最高敬意與感激。再者也誠摯感謝口試委員 唐傳義教授、陳建良教授、鄭辰仰教授口試時給予本論文建議與指正，對於論文內容不完善之處提供許多精闢的看法，讓本論文內容更為完整。

在職場上，感謝澄清綜合醫院中港分院工務室施福原主任的督促與支持鼓勵，使得我有再進修的動力；在兩年的求學過程中，感謝所屬工作團隊施福原主任、黃政義課長、王任賢組長及單位內同仁等，因為有你們在各自工作崗位上的負責努力、不斷的創新、付出與執行工作上的改善措施，也使得我在論文寫作過程中比別人擁有更多的資料來源，職場上有你們的全力相挺，讓我在工作上無後顧之憂也有充裕的時間進修，謝謝你們。

感謝家人長久以來無論在學業或工作上都給予我全力的支持與鼓勵，家人無怨的付出都讓我備感溫馨，更讓我能夠毫無後顧之憂地在課業上衝刺。

對未來，我更具信心，在人生的道路上因為有您們相伴，生活也將更充實、精彩。最後，懷著感恩的心情，將此篇論文獻給所有關愛我的師長、職場上的夥伴及親愛的家人，謹致上最誠摯的謝意！

郭柏均 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊學系

中華民國一〇五年六月

目錄

摘要.....	i
ABSTRACT.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	v
圖目錄.....	vi
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究流程.....	2
第二章 文獻探討.....	4
2.1 醫院的耗能現況調查.....	4
2.2 醫院能源節能探討.....	12
第三章 個案醫院耗能現況及節能措施.....	40
3.1 個案醫院概述.....	40
3.2 能源用戶概述.....	40
3.3 電力系統.....	41
3.4 空調系統.....	42
3.5 熱能系統.....	44
第四章 研究結果.....	48
4.1 成立能源管理委員會.....	48
4.2 節能改善執行單位-工務室.....	50
4.3 選定節能改善項目.....	52
4.4 電力、空調、熱源系統節能效益分析結果.....	54
第五章 結論與建議.....	67
參考文獻.....	69

表目錄

表 2.1 非製造業大用戶申報 2014 年能源使用量統計表(依建築物分類統計).....	5
表 2.2 非製造業大用戶單位面積年耗電量密度比較表.....	10
表 2.3 非製造業分類大用戶單位面積耗電需量密度比較表.....	11
表 2.4 訂定契約容量策略分析比較.....	14
表 2.5 契約容量之訂定.....	16
表 2.6 台灣電力公司電價表(高壓、特高壓供電).....	17
表 2.7 基本電費計算表.....	18
表 2.8 超約部分基本電費.....	19
表 2.9 契約容量之訂定.....	20
表 2.10 台灣電力公司電價表(高壓、特高壓供電).....	21
表 2.11 基本電費計算表.....	22
表 2.12 超約部分基本電費計算表.....	23
表 2.13 時間電價之電費計算表.....	23
表 2.14 高壓供電尖離峰價差分析.....	27
表 2.15 不同熱源產生熱水之熱值比較.....	38
表 2.16 各類型設備製熱的效率值換算為每產生單位熱能所需消耗的能源成本.....	38
表 3.1 個案醫院已實施的節能措施.....	41
表 3.2 個案醫院電費資料表.....	42
表 3.3 冰水主機設備規格表.....	42
表 3.4 冰水泵設備規格表.....	43
表 3.5 冷卻水泵及冷卻水塔設備規格表.....	43
表 3.6 B2 及 4F 冰水主機設備規格表.....	43
表 3.7 冰水主機暫態效率.....	44
表 3.8 鍋爐設備規格.....	44
表 3.9 鍋爐設備能源使用狀況.....	45
表 3.10 熱水及天然氣用量表.....	45
表 4.1 2015 年預計節能評估項目.....	53
表 4.2 101~103 年個案醫院超約次數、罰金與電費費用統計.....	54
表 4.3 個案醫院 103.09~104.08 電費表(改善前).....	55
表 4.4 個案醫院 103.09~104.08 電費表(改善後).....	56
表 4.5 各空調主機運轉耗能統計.....	56
表 4.6 冰水機之冰水泵.....	58
表 4.7 冰水機之冷卻水泵.....	58
表 4.8 個案醫院區域泵全年耗電量估算.....	59
表 4.9 冰水主機所需水量與區域泵頻率設定值.....	60
表 4.10 區域泵全年耗電量估算表.....	61
表 4.11 103.09~104.08 個案醫院熱水用量.....	64

圖目錄

圖 1.1 平均電力單價漲幅	1
圖 1.2 本研究之流程及架構	3
圖 2.1 非製造業大用戶家數與能源使用量統計圖	6
圖 2.2 非製造業大用戶之電能使用分布統計圖	7
圖 2.3 非製造業大用戶節約量、節約率分布統計圖	8
圖 2.4 非製造業大用戶單位面積年耗電量密度比較圖	9
圖 2.5 建築物分類大用戶單位面積耗電須量密度比較圖	12
圖 2.6 2014 年醫院能源費用支出佔比	13
圖 2.7 契約容量與用電時間	16
圖 2.8 契約容量與用電時間	19
圖 2.9 需量契約容量與用電時間	20
圖 2.10 空調系統示意圖	28
圖 2.11 各主機之性能曲線	29
圖 2.12 空調系統最佳節能示意圖	30
圖 2.13 鍋爐系統流程示意圖	36
圖 2.14 熱泵主要構造	38
圖 3.1 醫院能源使用占率分布圖	40
圖 3.2 冰水主機效率量測	44
圖 3.3 鍋爐用氣及用水關係曲線圖	45
圖 3.4 臥式煙管鍋爐	46
圖 3.5 鍋爐規格	46
圖 3.6 鍋爐使用壓力	46
圖 3.7 給水槽溫度	46
圖 3.8 鍋爐排氣含氧量曲線圖(30 秒紀錄一筆)	47
圖 3.9 鍋爐排氣溫度曲線圖(30 秒紀錄一筆)	47
圖 3.10 鍋爐燃燒效率檢測	47
圖 4.1 能源管理委員會組織圖	49
圖 4.2 能源管理委員會組織圖	51
圖 4.3 泵浦之 Q-H 特性曲線圖	60
圖 4.4 冷凝水回收率與鍋爐效率關係圖	62

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

隨著人類經濟活動的快速成長，與科技之進步，土地使用之密集化與高層化，及人們對生活舒適度要求的提昇，建築物之耗能量也漸逐漸升高。全球能源價格持續高漲及全球氣候變遷問題，節約能源已成各國一致之重點工作。我國人口密度高、天然資源蘊藏不豐富且能源有 97% 以上仰賴進口，自產能源供不應求，隨著全球暖化問題，溫度上升導致台灣夏季尖峰時段的空調需求會危及供電系統導致限電危機，為避免限電問題的發生，如何有效利用能源、減少浪費為政府首要目標。

依台灣電力公司資料顯示平均電價逐年上漲，94 年至 104 年電費漲幅為 42.9%，如圖 1.1 所示。

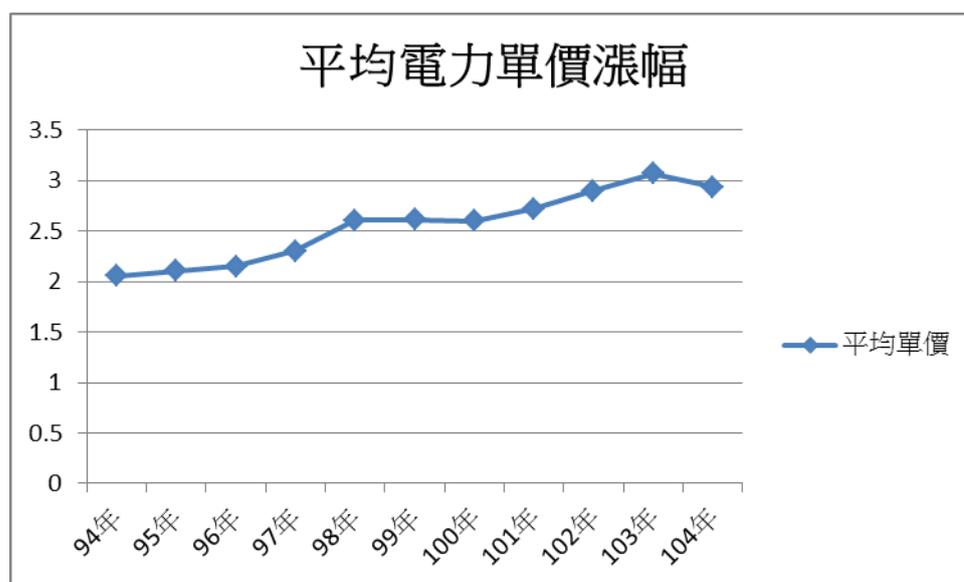


圖 1.1 平均電力單價漲幅

醫院建築為所有建築物中最複雜及安全要求最高者，醫院不只是單純提供治療服務而已，近年來民眾對於醫療品質與環境要求日益嚴格，除了提供良好醫療技術，亦需提供舒適明亮安全就醫環境，醫院全年 24 小時運轉，需要大量的能源用於診斷、醫療、監視，及其他如食物儲存飲食供應及洗衣設備等進而造成醫院對能源需求日益趨增。

但健保財政緊縮，開源有限，各醫療院所均朝向節流努力，因而如何有效節約能源亦是醫院經營重點之一。

依醫院節能輔導案例統計顯示，若落實電力、照明、空調、事務設備等方面節能改善，約有 10-20 % 之節能潛力。因此加強各級醫院節約能源推廣及宣導，可落實全民節約能源共識，以提昇能源使用效率，減少能源費用支出，提升國家整體競爭力。(綠基會醫院節能技術手冊)

有鑑於此，本研究將對個案醫院建築物進行實際耗能監測，找出節能方法與省能對策。

1.2 研究目的

本論文研究目的在針對個案醫院能源耗用情形，提出主要耗能設備進行負載管理、控制及改善，並分析節能效益。針對醫院電力、空調、熱源節約能源的領域之改善，有助醫院了解使用電力狀況與降低設備運轉成本，讓醫院可依用電負載特性、狀況，訂立合理契約容量，抑制尖峰負載，節省電費支出，促進醫療產業經由節約能源管理手法，提高能源使用效率及節省醫院固定能源費用的支出，在減少成本支出的同時，也需維持高品質的醫療水準。

故本文的研究問題與目的為：

1. 探討現有用電契約容量與其他耗能設備差異。
2. 探討設備節能後之成本效益與碳排放量。
3. 降低能源耗用量進而節省營運成本。

1.3 研究流程

本研究流程如圖 1.2 所示，共分為下列七項步驟，茲分述如下：

1. 研究動機與目的：

根據上述章節所說明之研究背景動機與目的，來確立研究問題。

2. 文獻探討與回顧

主要在回顧醫院耗能現況調查以及醫院能源節能探討之相關文獻，並且針對本研究所需探討之相關主題以及相關研究方法進行文獻探討。

3. 個案醫院能源資料蒐集(背景資料收集及整理)

本研究以中部某區域教學醫院為對象，蒐集整理院內各系統歷年能源使用資料。

4. 能源資料統計與分析

針對公用系統(電力系統、空調系統、熱能系統)等設備，進行掛錶量測，並對耗能數據進行分析。

5. 節能策略探討

依分析結果提出節能改善方向。

6. 研究結果與分析

依結果提出節能改善方向評估各設備節能效益。

7. 結論與建議

本論文之研究成果比較分析及結論，並提出未來研究發展方向。

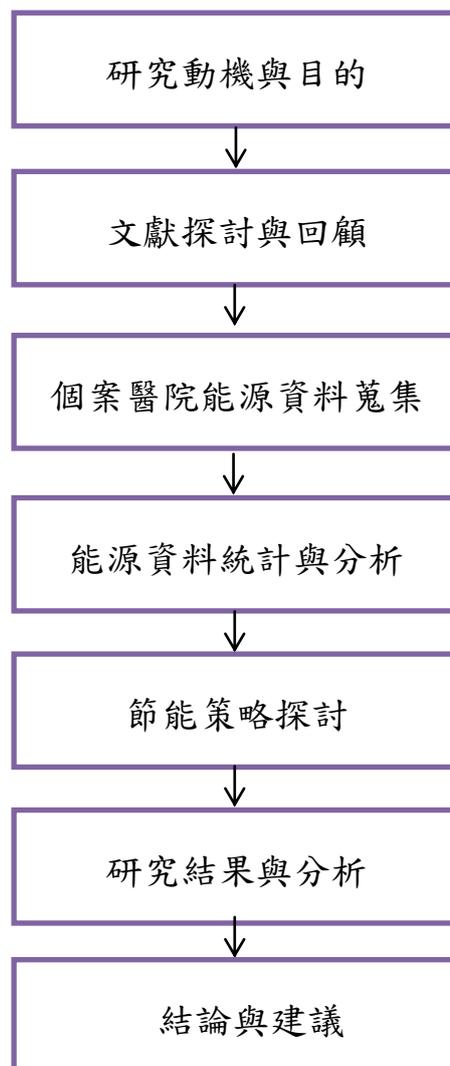


圖 1.2 本研究之流程及架構

第二章 文獻探討

2.1 醫院的耗能現況調查

依據衛生福利部統計(2016年)資料顯示：結至民國 2015 年底全國醫院家數共 486 家，經評鑑合格之醫院占 86.4%，其中屬醫學中心者 19 家、區域醫院者 82 家、地區醫院者 319 家。

經濟部能源局委託台灣綠色生產力基金會調查 2015 年非製造業能源大用戶(契約容量 800Kw 以上)申報統計紀錄共 1,427 家。以了解國內工商各行業於各項能源使用狀況；用戶中依非製造業主要建築物分類進行能源使用量總和統計，如表 2.1 所示，其中以 145 家醫院之能源使用量最大，約占非製造業大用戶總能源使用量之 14.9%，其次是 249 所學校占 14.4%。(綠基會 2015 查核年報)本次共計調查 145 家醫院佔全國 486 家醫院比例為 29.8%。

但若以個別家數能源使用量平均比較，每家醫院使用量平均約佔全國能源使用量 0.1028%，每家學校使用量平均約佔全國能源使用量 0.058%，醫院個別用戶使用能源量卻遠高於學校類別，顯示醫院為國內非製造業建築物中使用能源最大宗之類別。

非製造業之各分類大用戶能源使用狀況，經統計並說明如圖 2.1~2.3。

表 2.1 非製造業大用戶申報 2014 年能源使用量統計表(依建築物分類統計)

建築物用途	大用戶家數	電力	燃料油	液化石油氣	天然氣	汽油	柴油	合計	占比
		(千度)	(公秉)	(公噸)	(千立方公尺)	(公秉)	(公秉)	(千公秉油當量)	(%)
學校	249	2,169,461	1,702	211	9,006	821	3,752	555	14.4
辦公大樓	204	1,308,412	0	13	1,562	46	129	327	8.5
醫院	145	2,144,013	14,956	384	17,070	330	4,911	572	14.9
量販店	108	782,813	0	125	1,749	7	21	197	5.1
百貨公司	95	1,493,032	10	433	11,325	0	12	384	10.0
旅館	89	704,228	10,343	1,406	21,436	79	1,725	213	5.5
政府機關	92	416,924	610	1,757	303	249	647	108	2.8
車站及軌道	61	2,014,885	117	0	0	0	4	501	13.0
電信網路機房	66	1,022,341	6	0	26	0	258	254	6.6
國防機關	37	263,766	233	108	210	529	792	67	1.7
研究機構	28	499,118	30	0	1,868	85	271	126	3.3
展覽館	27	189,930	0	25	118	93	56	47	1.2
複合式商場	31	187,748	2000	51	2,578	0	7	52	1.3
汙水處理廠	16	348,024	0	23	664	0	40	87	2.3
倉儲	18	105,939	9	6	0	250	1,448	28	0.7
航空站	8	293,222	0	0	0	51	97	73	1.9
其他	153	975,402	568	268	5,542	516	10,337	260	6.7
合計	1,427	14,919,259	30,584	4,809	73,457	3,057	24,507	3,851	100

註1：辦公大樓：建築物用途以辦公用途為主之能源用戶。

註2：其他建築類型包括：KTV、文化中心、石化原料倉儲、安養院、冷凍冷藏倉儲、批發市場、其他、原水加壓站、員工宿舍、高爾夫球場、停車場、教育訓練中心、港口碼頭、焚化廠、超級市場、郵局、會議中心、資源回收處理廠、遊樂場、零售市場、電視台、圖書館、廣播電台、影城、餐廳、檢驗機構、營建工地、療養院、殯儀館、職訓中心、體育場、體育館(有供應空調)、靈骨塔、隧道及道路等類型。

註3：統計期間為 2014 年 1 月至 12 月。

註4：統計對象僅含達到「中華民國 104 年 10 月 12 日經能字第 10404604710 號」之能源使用數量基準之表列行業能源用戶。

1. 2014 年建築物分類大用戶家數與能源使用量統計

非製造業大用戶中，學校為最多；能源使用量則以醫院家數最多。明顯看的出來，醫院家數僅占學校的 58.2%，但能源使用量卻高出學校。

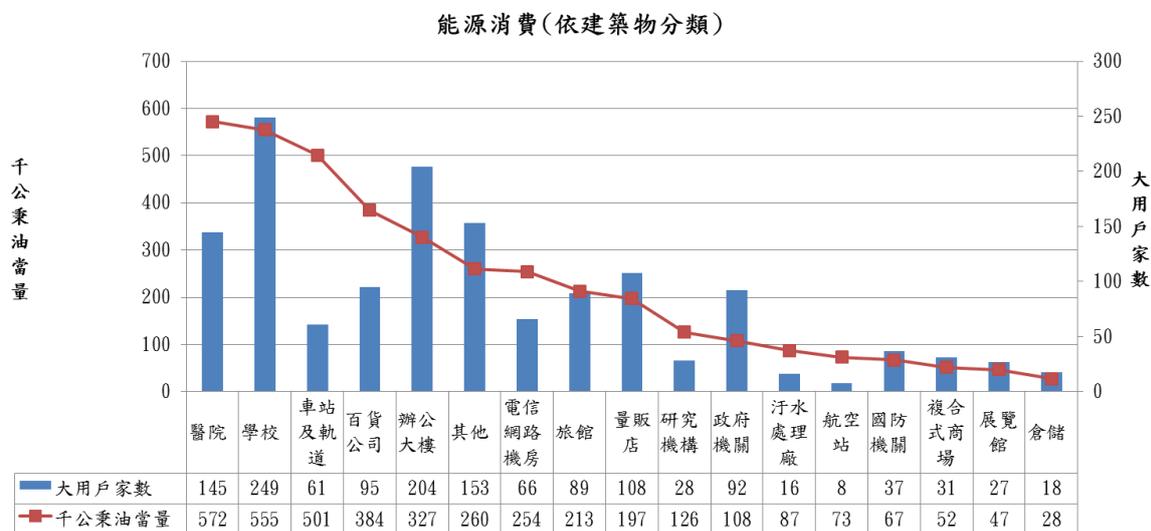


圖 2.1 非製造業大用戶家數與能源使用量統計圖

- 註1：辦公大樓：建築物用途以辦公用途為主之能源用戶。
- 註2：其他建築類型包括：KTV、文化中心、石化原料倉儲、安養院、冷凍冷藏倉儲、批發市場、其他、原水加壓站、員工宿舍、高爾夫球場、停車場、教育訓練中心、港口碼頭、焚化廠、超級市場、郵局、會議中心、資源回收處理場、遊樂場、零售市場、電視台、圖書館、廣播電台、影城、餐廳、檢驗機構、營建工地、療養院、殯儀館、職訓中心、體育場、體育館(有供應空調)、靈骨塔、隧道及道路等類型。
- 註3：資料來源-台灣綠色生產力基金會 2015 年非製造業能源查核年報，本計畫調查研究，統計時間為 2014 年 01 月至 12 月。
- 註4：統計對象僅含達到「中華民國 104 年 10 月 20 日經能字第 10404604710 號」之能源使用數量基準之表列行業能源用戶。

2. 2014 年建築物分類大用戶之電能使用分布統計

空調耗電在各建築物分類中佔比都是最大的，其中醫院類占最多 49.65%(因醫院 24 小時運作環境控制需求)；而照明耗電佔比中，以百貨公司類 28.23% 最高(因商業行為照明需求較高品質)。(綠基會 2015 查核年報)

電力流向(依建築物分類)

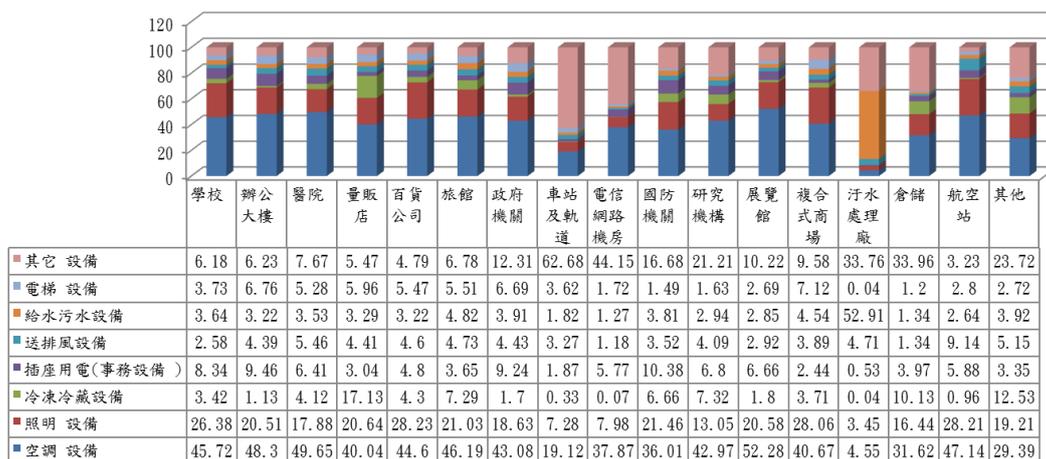


圖 2.2 非製造業大用戶之電能使用分布統計圖

註：資料來源-台灣綠色生產力基金會 2015 年非製造業能源查核年報，本計畫調查研究，統計時間為 2014 年 01 月至 12 月。

3. 2014 年建築物分類大用戶節約能源量、節約率

建築物分類大用戶中以學校之節約量最大 8136 公秉油當量，其次為醫院 6768 公秉油當量；而節約率則以研究機構 3.38% 為最大、其次則為展覽館之 3.06%。

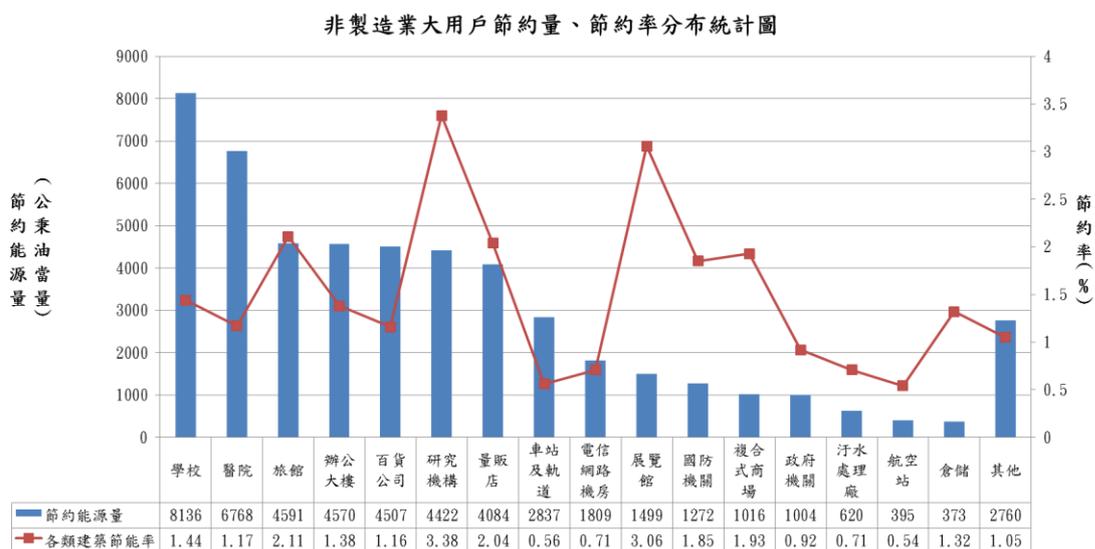


圖 2.3 非製造業大用戶節約量、節約率分布統計圖

註：資料來源-台灣綠色生產力基金會 2015 年非製造業能源查核年報，本計畫調查研究，統計時間為 2014 年 01 月至 12 月。

4. 2014 年建築物分類用電參考指標統計

由建築物年耗電量密度參考指標，可了解建築物之耗能狀況，同時藉由與同儕比較可以分析該建築物是否為節能建築？

2014 年建築物分類之單位面積年耗電量密度統計電力能源指標 EUI(Energy Use Intensity)為單位面積年耗電量密度(kWh/m²*yr)，是以建築物之年用電量除以總樓地板面積而得(綠基會 2014 查核年報)。

$$EUI(kWh/m^2*yr)=\text{年用電度數}/\text{樓地板面積}$$

依據填報資料，統計建築物分類之單位面積年耗電量密度值，提供參考比較。如表 2.2 及表 2.3 所示，其中量販店(一般)是單位面積年耗電量密度最高之建築類型、其次為百貨公司、購物中心。

由醫療類建築單位面積年耗電量密度比較表中(如表 2.2)可知，經 2014 年調查醫學中心、區域醫院和地區醫院總數共 114 家，醫療院所之年均耗電量其中醫學中心年均耗電量為 287.5kWh/ m²*yr、區域醫院為 231.7kWh/ m²*yr、地區醫院為 166.3kWh/ m²*yr。以各醫院耗電總量與同儕評估節約電力效益，在經由平均值、最小值與標準差相較顯示，醫院在節約能源的部分尚有努力的空間。(綠基會 2014 查核年報)。

非製造業大用戶單位面積年耗電量密度比較圖

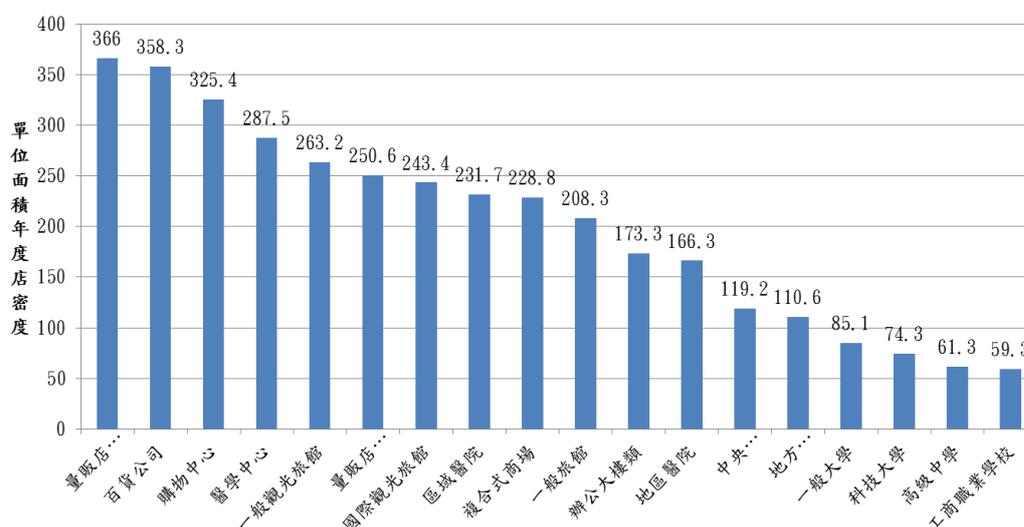


圖 2.4 非製造業大用戶單位面積年耗電量密度比較圖

表 2.2 非製造業大用戶單位面積年耗電量密度比較表

建築物類別		統計樣本 (家)	平均值 (kWh/m ² *yr)	最小值 (kWh/m ² *yr)	最大值 (kWh/m ² *yr)	標準差
主類別	次類別					
政府機關類	中央 (一般行政)	29	119.2	33.6	225.6	52.3
	地方 (一般行政)	23	110.6	43.3	193.2	35.2
學校類	一般大學	61	85.1	41.8	133.4	22.4
	科技大學	53	74.3	43.2	145.6	18.8
	高級中學	42	61.3	30.7	95.9	17.8
	工商職業學校	21	59.3	22.3	105.3	27.1
辦公大樓類		112	173.3	92.8	306.2	41.6
旅館類	國際觀光旅館	50	243.4	112.2	570	78.5
	一般觀光旅館	20	263.2	104.3	416.8	104
	一般旅館	11	208.3	1749.3	251	22.2
百貨商場類	購物中心	16	325.4	169.6	554.1	100.8
	百貨公司	46	358.3	241.5	577.4	69.5
	量販店 (一般)	72	366	147	738.6	114.9
	量販店 (無冷凍冷藏)	6	250.6	176.9	331.9	69.8
	複合式商場	21	228.8	103.1	379.7	82.7
醫院類	醫學中心	21	287.5	216.4	444.1	54
	區域醫院	66	231.7	148.8	483.5	52.9
	地區醫院	27	166.3	65.2	314.4	56.6

註1：資料來源取樣 697 家超過 800kW 之能源大用戶研究統計，統計期間為 2014 年 01 月至 12 月。以上統計納入各分類建築之停車場面積進行耗能指標演算。

註2：資料來源-台灣綠色生產力基金會 2015 年非製造業能源查核年報，本計畫調查研究，統計時間為 2014 年 01 月至 12 月。

5. 2014 建築物分類大用戶單位面積耗電需量密度

DUI(Demand Use Intensity)為單欸面積耗電需量密度(W/m^2)，是以建築物之用電最高需量除以總樓地板面積而得(綠基會 2015 查核年報)。

$$DUI(W/m^2)=\text{尖峰容量}(W)/\text{樓地板面積}$$

該指標可做為建築物電力尖峰附載之設計量參考，避免新測時有過大容量之設計。

經彙整統計建築物分類用戶 DUI 值(如表 2.3 及圖 2.5)，可知各級醫院單位面積耗電須量密度分別最高醫學中心、其次為區域醫院、地區醫院。並可得知醫院部分調查醫學中心、區域醫院和地區醫院有數共 114 家，醫療院所之單位面積耗電需量，其中醫學中心單位面積耗電需量為 $51.7W/m^2$ ，區域醫院為 $44.8W/m^2$ ，地區醫院為 $35.6W/m^2$ 。以單位面積耗電需量與同儕比較，評估節約電力效益在 DUI 平均、最小值與標準差相較顯示，顯示區域醫院及地區醫院在能源使用方面尚有很大節能空間。

表 2.3 非製造業分類大用戶單位面積耗電需量密度比較表

建築物類別		統計樣本 (家)	平均值 (W/m^2)	最小值 (W/m^2)	最大值 (W/m^2)	標準差
主類別	次類別					
政府機關類	中央 (一般行政)	29	44.1	10.8	70.3	14
	地方 (一般行政)	23	43.7	18.4	72.5	11.6
學校類	一般大學	61	85.1	41.8	133.4	22.4
	科技大學	53	26.5	14.7	59.8	7.2
	高級中學	42	35.4	15.8	69.7	11.6
	工商職業學校	21	35.1	10.3	65	17.2
辦公大樓類		112	51.9	25.9	118.4	13.5
旅館類	國際觀光旅館	50	48.8	23.1	110.6	15.6
	一般觀光旅館	20	30.4	24.6	124.4	26.9
	一般旅館	11	49	33.6	72.1	11.6
百貨商場類	購物中心	16	77	44.5	124	21.4
	百貨公司	46	90.2	49.9	135.5	17.1
	量販店 (一般)	72	77	33.9	161.8	25.2
	量販店 (無冷凍冷藏)	6	67.3	38	105	25.7

建築物類別		統計樣本 (家)	平均值 (W/m ²)	最小值 (W/m ²)	最大值 (W/m ²)	標準差
主類別	次類別					
	複合式商場	21	60.5	25.5	113.6	21
醫院類	醫學中心	21	51.7	39.7	86.2	10.4
	區域醫院	66	44.8	26.9	88.1	9.7
	地區醫院	27	35.6	17.2	57.1	10.4

註1：資料來源取樣 697 家超過 800kW 之能源大用戶研究統計，統計期間為 2014 年 01 月至 12 月。以上統計納入各分類建築之扣除室內停車場面積進行耗能指標演算。

註2：資料來源-台灣綠色生產力基金會 2015 年非製造業能源查核年報，本計畫調查研究，統計時間為 2014 年 01 月至 12 月。

建築物分類大用戶單位面積耗電需量密度比較圖

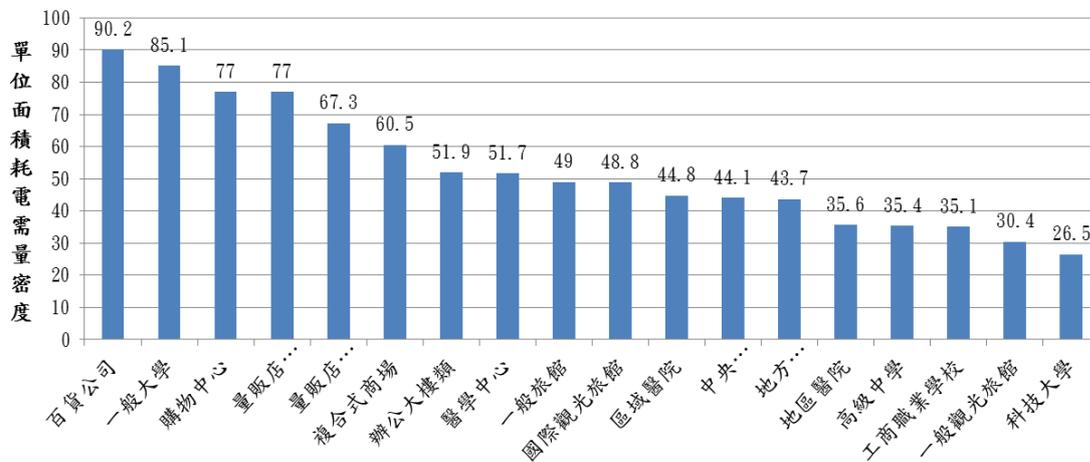


圖 2.5 建築物分類大用戶單位面積耗電須量密度比較圖

2.2 醫院能源節能探討

以下為本研究彙整國內各家醫院常見在電力、空調、熱源方面等相關節約能源管理手法及改善應用方法，提供各醫院作為醫院建築規劃與管理於節約能源方面之改善參考。

一般醫院對於節約能源管理，主要對象有下列各項：電力系統節約能源管理、空調系統節約能源管理、熱源系統節約能源管理。

2.2.1 電力系統節約能源管理

依能源局統計分析指出 2014 年醫院建築主要能源費用支出項目(圖 2.6)，分別為電力、燃油、瓦斯、氣體、水，其中電力佔總能源支出比例高達 90% 以上，故欲節省醫院整體能源費用支出，應落實有效管理電力設備

為首要項目，其方法為配合電力公司各項優惠電價措施、加強設備負載管理、提升能源使用效率，藉以改善整體電力系統。

2014醫院能源費用支出佔比

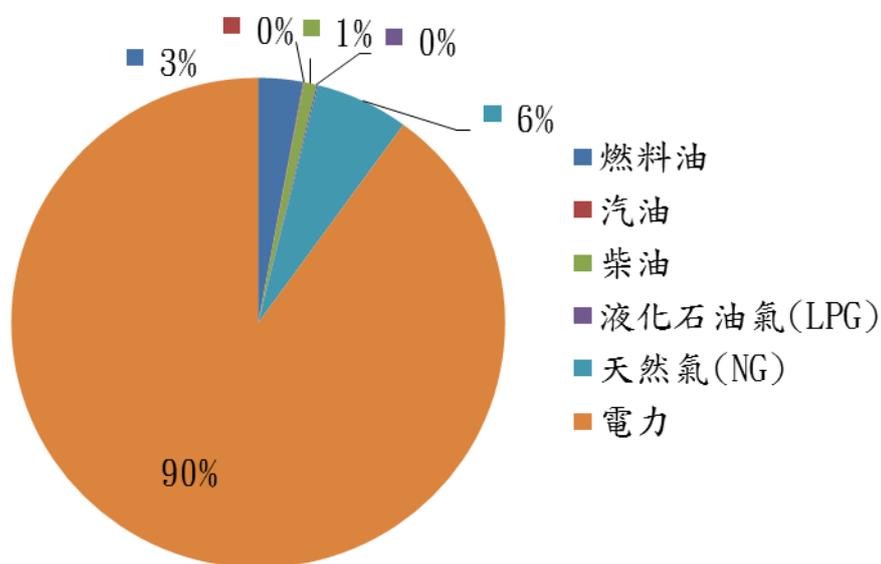


圖 2.6 2014 年醫院能源費用支出佔比

電力系統節約能源管理的基本方法須先將提高電力系統供電品質使其穩定，再將各種用電負載詳細查核，分析用電負荷變化，配合電力公司之電價結構，謀求妥善的負載系統規劃與操作，使其達到最經濟的方式。

電費計算方式：電費=基本電費+流動電費-功因調整費+超約附加費

- 基本電費=契約容量(kW)×每 kW 單價
- 流動電費(非時間式)=用電度數(kWh)×每 kWh 單價
- 流動電費(時間式)=尖離峰+週六半尖峰流動度數(kWh)×每 kWh 單價
- 功因調整費=80%以上每增加 1%，電費折扣 0.15%；80%以下每減少 1%，電費增加 0.3%。
- 超約附加費：
 1. 在契約容量 10% 以下部份按二倍計收基本電費。
 2. 在契約容量 10% 以上部份按三倍計收基本電費。
 3. 超約附加費部份不給與功因折扣。

以下為常見之電力節約能源管理方法：調整台電用電需量，契約容量

合理化、選用合理時間電價、提高功率因數、善用離峰電力。

2.2.1.1 調整台電用電需量，契約容量合理化

電力公司對大用電戶的計費方式和家庭用戶不同。家庭用戶只計算用電度數(kWh)，大用電戶除了用電度數外，必須自行訂定契約容量(kW)。「契約容量」為電力公司與用戶雙方約定以最高用電需量瓦數，並以契約容量作為計算電費之依據。電力公司按契約容量準備供應電力之供電設備，同時要求用戶依契約容量使用電力，以確保電力系統供電之安全。

「需量契約容量」為用戶與台灣電力公司雙方約定 15 分鐘平均有效功率之最高需量值，其中「需量契約容量超約用電」為當用戶之最高需量超出其所申請的契約容量時稱之。超出部分在契約容量 10%之內，每瓦計收 2 倍基本電費；超出部分在契約容量 10%以上，每瓦計收 3 倍基本電費。(台灣電力公司 <http://www.taipower.com.tw/>)。例舉以下狀況為示範：

1. 某用戶自訂契約容量(100kW)，全年適用。
2. 冬天，實際用電較少(50kW)，仍按照契約容量(100kW)計收基本電費。
3. 夏天，超約用電(130kW)，除照常計收基本電費(100kW)外，超出部分(30kW)會被罰款 2-3 倍。
4. 實際支付基本電費和罰款為： $100 + 10 \times 2 + 20 \times 3 = 180$ 。

這個是電力公司為了讓用電戶能夠落實履行需量契約容量合約，防止用戶集中在短時間用電，增加電力公司供應電力的不確定因素，造成發電機超載或必需限電，如果將契約容量訂為 150 kW 則不會罰款；反之，契約容量如訂為 100 kW，雖然有三個月被罰款，但是總電費還是較為節省(如表 2.4)。

表 2.4 訂定契約容量策略分析比較

月份	需量(kW)	契約(150kW)	契約(100kW)
1-3	50	$100 \times 3 = 300$	$50 \times 3 = 150$
4-6	100	$50 \times 3 = 150$	$0 \times 3 = 0$
7-9	130	$20 \times 3 = 60$	(罰) $80 \times 3 = 240$
10-12	100	$50 \times 3 = 150$	$0 \times 3 = 0$
-	-	多付費 660 元	多付費 390 元

電力契約容量的訂定應以全年所繳的基本電費 + 超約罰款費用之總和

最低為最佳值，因此如何依照本身用電情形訂定合理的契約容量，實為降低醫院基本電費成本支出，最簡易直接可行的方法之一。

因此在考慮契約容量選定時，在夏季尖峰用電需求高時，契約容量會超約少量用電，接受被罰部分超約款項；但非尖峰季節月份尖峰需量低於契約容量，可節省契約容量基本電費比較符合經濟原則。

評估最佳契約容量應以其以往用電資料為基礎，應至少以完整一年週期以上之用電資料加以評估，並考慮用電習慣及未來是否會增加用電設備等相關資訊加以評估，藉以尋求最佳契約容量依據。

2.2.1.2 選用合理時間電價

我國電力電價結構分析我國高壓電電力電費計算方式：每月應繳電費主要包括基本電費與流動電費，其計算式為：基本電費（元/每瓩每月×契約容量）+流動電費（元/每度×用電度數）。主要是為分散台灣夏季尖峰整體用電負載需求量，鼓勵用戶將部分電力使用需求轉移到非尖峰用電時段使用，避免集中在夏季尖峰時段，造成電力公司發電機組負荷過大。用戶可依營業特性及能源使用情形選定不同時間電價流動電費計算標準。

1. 時間電價之說明

【二段式時間電價】

(1) 全年時間之劃分

可分為「夏月尖峰時間」、「夏月週六半尖峰時間」、「夏月離峰時間」、「非夏月尖峰時間」、「非夏月週六半尖峰時間」、「非夏月離峰時間」等時段，電價係依上述時段分別訂定。

(2) 契約容量與用電時間，如圖 2.7

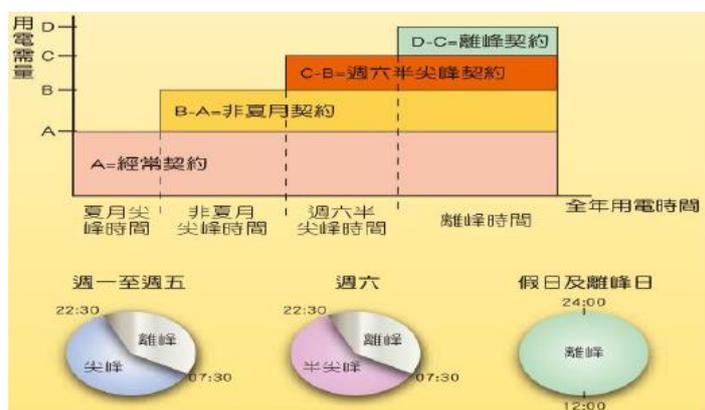


圖 2.7 契約容量與用電時間

(3) 契約容量之訂定，如表 2.5

- a. 經常契約容量：依用戶與台電公司約定之夏月尖峰時間用電最高需
量訂定。
- b. 非夏月契約容量：非夏月尖峰時間用電最高需量大於經常契約容
量，其超出部分另訂非夏月契約。
- c. 週六半尖峰契約容量：週六半尖峰時間用電最高需量大於經常契約
容量與非夏月契約容量之和，其超出部分另訂週六半尖峰契約。
- d. 離峰契約容量：離峰時間用電最高需量大於經常契約容量、非夏月
契約容量及週六半尖峰契約容量之和，其超出部分另訂離峰契約。

表 2.5 契約容量之訂定

用電時段	用電最高需量	訂定之契約容量	
夏月尖峰時間	A	經常契約	A
非夏月尖峰時間	B	非夏月契約	B-A
週六半尖峰時間	C	週六半尖峰契約	C-B
離峰時間	D	離峰契約	D-C

(4) 二段式時間電價

表 2.6 台灣電力公司電價表(高壓、特高壓供電)
中華民國 104 年 4 月 01 日起實施

單位：元

分類					高壓供電		特高壓供電		
					夏月(6月1日至9月30日)	非夏月(夏月以外的時間)	夏月(6月1日至9月30日)	非夏月(夏月以外的時間)	
二段式 實施 電價	基本 電費	經常契約			每瓩每月	223.6 元	166.9 元	217.3 元	160.6 元
		非夏月契約			每瓩每月	---	166.9 元	---	160.6 元
		週六半尖峰契約			每瓩每月	44.70 元	33.30 元	43.40 元	32.10 元
		離峰契約			每瓩每月	44.70 元	33.30 元	43.40 元	32.10 元
	流動 電費	週一至 週五	尖峰時間	07:30~22:30	每度	3.62	3.53	3.59	3.49
			離峰時間	00:00~07:30 22:30~24:00	每度	1.69	1.60	1.68	1.56
		週六	尖峰時間	07:30~22:30	每度	2.51	2.43	2.42	2.30
			離峰時間	00:00~07:30 22:30~24:00	每度	1.69	1.60	1.68	1.56
		週日及 離峰日	離峰時間	全日	每度	1.69	1.60	1.68	1.56

註：資料來源 台灣電力公司 <http://www.taipower.com.tw>

(5) 基本電費照下式計算：

a. 夏月基本電費：

夏月經常契約電價 $233.6 \times \text{經常契約容量} + \text{夏月週六半尖峰或離峰契約電價 } 44.7 \times [(\text{週六半尖峰契約容量} + \text{離峰契約容量}) - (\text{經常契約容量} + \text{非夏月契約容量}) \times 0.5]$ ；惟後項計得之值為負時，則按 0 計算。

非夏月基本電費 = $\text{非夏月經常契約電價 } 166.9 \times (\text{經常契約容量} + \text{非夏月契約電價}) 33.3 \times [(\text{週六半尖峰契約容量} + \text{離峰契約容量}) - (\text{經常契約容量} + \text{非夏月契約容量}) \times 0.5]$ ；惟最後一項計得之值為負時，則按 0 計算。

b. 案例：

表 2.7 基本電費計算表

案例	契約容量(瓩)				每月基本電費(元)	
	經常	非夏月	周六半	離峰		
一	100	0	0	0	夏月	$223.6 \times 100 = 22,360$
					非夏月	$166.90 \times 100 = 16,690$
二	0	0	60	40	夏月	$44.70 \times (60+40) = 4,470$
					非夏月	$33.30 \times (60+40) = 3,330$
三	100	20	0	0	夏月	$223.60 \times 100 = 22,360$
					非夏月	$166.90 \times (100+20) = 20,028$
四	100	0	40	20	夏月	$223.60 \times 100 + 44.70 \times [(40+20) - 100 \times 0.5] = 22,807$
					非夏月	$166.90 \times 100 + 33.30 \times [(40+20) - 100 \times 0.5] = 17,023$
五	100	20	50	40	夏月	$223.60 \times 100 + 44.70 \times [(50+40) - (100+20) \times 0.5] = 23,701$
					非夏月	$166.90 \times (100+20) + 33.30 \times [(50+40) - (100+20) \times 0.5] = 21,027$

【超約用電之計算（以高壓供電為例）】

a. 計收原則

(a) 當月用電最高需量超出其契約容量時，超出部分在契約容量 10% 以下部分按 2 倍計收基本電費，超出部分超過契約容量 10% 部分按 3 倍計收基本電費。

(b) 各時間之超約用電，其超出部分不重複計算，即週六半尖峰時間超出瓩數應扣除尖峰時間超出瓩數，離峰時間超出瓩數應扣除尖峰時間或週六半尖峰時間超出瓩數之較大者。

b. 案例：經常契約 100 瓩，非夏月契約 20 瓩，週六半尖峰契約 10 瓩，離峰契約 5 瓩，超約基本電費如下：

表 2.8 超約部分基本電費

用電月份	各時間最高須量 (瓩)			可用容量(瓩)			超約計費容量 (瓩)			超約部分基本電費 (元)
	尖峰	周六半	離峰	尖峰	周六半	離峰	尖峰	周六半	離峰	
7 月	110	146	140	100	130	135	10	6	0	$223.60 \times (10 \times 2) + 44.70 \times (6 \times 2) = 5,008.4$
1 月	124	139	159	120	130	135	4	5	15	$166.90 \times (4 \times 2) + 33.30 \times (5 \times 2) + 33.30 \times (14 \times 2 + 1 \times 3) = 2,700.5$

【三段式時間電價】

(1) 尖峰時間固定時間電價

a. 全年時間之劃分

可分為「夏月尖峰時間」、「夏月半尖峰時間」、「夏月週六半尖峰時間」、「夏月離峰時間」、「非夏月半尖峰時間」、「非夏月週六半尖峰時間」、「非夏月離峰時間」等時段，電價係依上述時段分別訂定。

b. 契約容量與用電時間，如圖 2.8

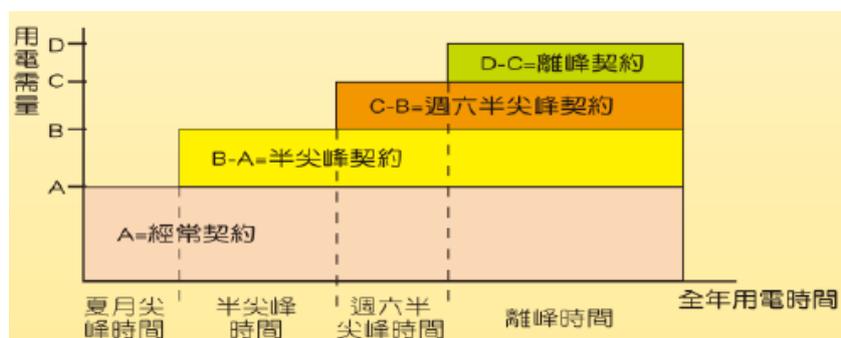


圖 2.8 契約容量與用電時間

c. 契約容量之訂定，如表 2.9

- 經常契約容量：依用戶與台電公司約定之夏月尖峰時間用電最高需求訂定。
- 半尖峰契約容量：半尖峰時間用電最高需求大於經常契約容量，其超出部分另訂半尖峰契約。
- 週六半尖峰契約容量：週六半尖峰時間用電最高需求大於經常契約容量與半尖峰契約容量之和，其超出部分另訂週六半尖峰契約。
- 離峰契約容量：離峰時間用電最高需求大於經常契約、半尖峰契約及週六半尖峰契約容量之和，其超出部分另訂離峰契約。

表 2.9 契約容量之訂定

用電時段	用電最高需量	訂定之契約容量	
尖峰時間	A	經常契約	A
尖峰時間	B	半尖峰契約	B-A
週六半尖峰時間	C	週六半尖峰契約	C-B
離峰時間	D	離峰契約	D-C

(2) 尖峰時間可變動時間電價

- a. 需量契約容量之訂定：比照尖峰時間固定之時間電價供電時間之劃分及其規定辦理。
- b. 流動電費計費時間
 - (a) 夏月尖峰時間：夏月（6月1日~9月30日）經台電公司指定日期之上午10時至12時，下午1時至5時止，視系統實際需要，於前一日下午4時前通知用戶，全年尖峰時間計30日，180小時。
 - (b) 夏月半尖峰時間：為夏月時間扣除指定之尖峰時間、週六半尖峰時間及離峰時間。
 - (c) 其餘時間之劃分與尖峰時間固定之時間電價相同。

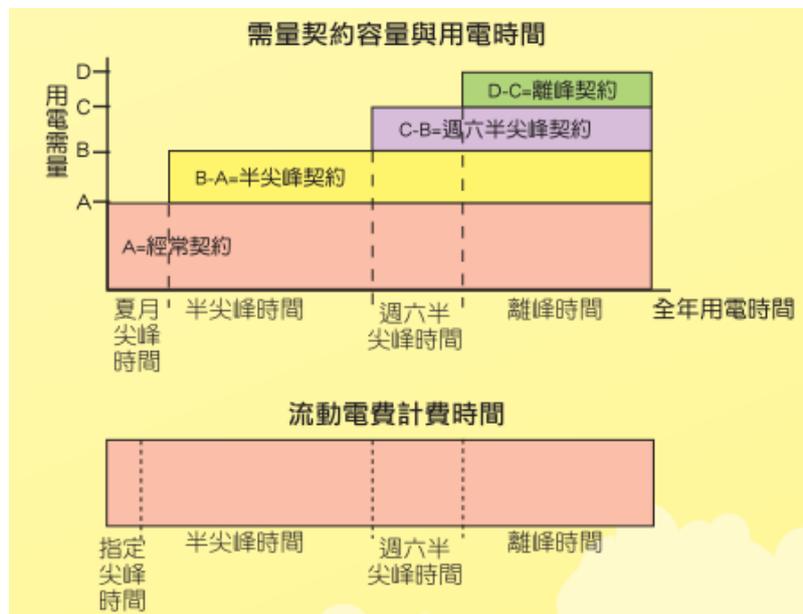


圖 2.9 需量契約容量與用電時間

(3) 三段式時間電價表：

表 2.10 台灣電力公司電價表(高壓、特高壓供電)

中華民國 104 年 4 月 1 日起實施

單位：元

分類					高壓供電		特高壓供電			
					夏月	非夏月	非夏月	非夏月		
					(6月1日至9月30日)	(夏月以外時間)	(6月1日至9月30日)	(夏月以外時間)		
三段式時間電價	基本電費	經常契約			每貳每月	223.6 元	166.9 元	217.3 元	160.6 元	
		非夏月契約			每貳每月	166.90	166.90	160.60	160.60	
		週六半尖峰契約			每貳每月	44.70	33.30	43.40	32.10	
		離峰契約			每貳每月	44.70	33.30	43.40	32.10	
	流動電費(尖峰時間固定)	周一至周五	尖峰時間	夏月	10:00~12:00 13:00~17:00	每度	4.76	---	4.73	---
				夏月	10:00~12:00 12:00~13:00 17:00~22:30	每度	3.15	---	3.13	---
			非夏月	07:30~22:30	每度	---	3.08	---	3.05	
			離峰時間	全日	每度	1.59	1.53	1.57	1.51	
		周六	半尖峰時間	07:30~22:30	每度	2.21	2.13	2.10	2.03	
			離峰時間	00:00~07:30 22:30~24:00	每度	1.59	1.53	1.57	1.51	
		週日及離峰日	離峰時間	全日	每度	1.59	1.53	1.57	1.51	
		三段式時間電價	流動電費(尖峰時間可變動)	周一至週五	尖峰時間	夏月(指定30天)	10:00~12:00 13:00~17:00	每度	7.87	---
夏月(指定30天)	10:00~12:00 12:00~13:00 17:00~22:30					每度	3.15	---	3.13	---
夏月(指定以外日期)	07:30~22:30				每度					
非夏月	07:30~22:30				每度	---	3.08	---	3.05	
離峰時	00:00~07:30			每度	1.59	1.53	1.57	1.51		

		間	22:30~24:00					
	周六	半尖峰時間	07:30~22:30	每度	2.21	2.13	2.10	2.03
		離峰時間	00:00~07:30 22:30~24:00	每度	1.59	1.53	1.57	1.51
	周日及離峰日	離峰時間	全日	每度	1.59	1.53	1.57	1.51

註：資料來源 台灣電力公司 <http://www.taipower.com.tw>

(4) 基本電費之計算（以高壓供電為例）

a. 計算公式

夏月每月基本電費 = 223.60 元 × 經常契約容量 + 166.90 元 × 半尖峰契約 + 44.70 元 × [(週六半尖峰契約容量 + 離峰契約容量) - (經常契約容量 + 半尖峰契約容量) × 0.5]；惟後項計得之值為負時，則按 0 計算。

非夏月每月基本電費 = 166.90 元 × (經常契約容量 + 半尖峰契約容量) + 33.30 元 × [(週六半尖峰契約容量 + 離峰契約容量) - (經常契約容量 + 半尖峰契約容量) × 0.5]；惟後項計得之值為負時，則按 0 計算。

b. 案例：

表 2.11 基本電費計算表

案例	契約容量(瓩)				每月基本電費(元)	
	經常	半尖峰	周六半	離峰		
一	100	0	50	0	夏月	$223.6 \times 100 = 22,360$
					非夏月	$166.90 \times 100 = 16,690$
二	0	0	90	10	夏月	$44.70 \times (90+10) = 4,470$
					非夏月	$33.30 \times (90+10) = 3,330$
三	100	0	40	20	夏月	$223.60 \times 100 + 44.70 \times [(40+20) - (100 \times 0.5)] = 22,807$
					非夏月	$166.90 \times 100 + 33.30 \times [(40+20) - (100 \times 0.5)] = 17,023$
四	100	20	60	30	夏月	$223.60 \times 100 + 166.90 \times 20 + 44.70 \times [(60+30) - (100+20) \times 0.5] = 27,039$
					非夏月	$166.90 \times (100+20) + 33.30 \times [(60+30) - (100+20) \times 0.5] = 21,027$
五	100	20	50	10	夏月	$223.60 \times 100 + 166.90 \times 20 = 25,698$
					非夏月	$166.90 \times (100+20) = 20,028$

(5) 超約用電之計算 (以高壓供電為例)

a. 計收原則

(a) 當月用電最高需量超出其契約容量時，超出部分在契約容量10%以下部分按2倍計收基本電費，超出部分超過契約容量10%部分按3倍計收基本電費。

(b) 各時間之超約用電，其超出部分不重複計算，即半尖峰時間超出瓦數應扣除尖峰時間超出瓦數；週六半尖峰時間超出瓦數應扣除尖峰時間或半尖峰時間超出瓦數之較大者；離峰時間超出瓦數應扣除尖峰時間、半尖峰時間或週六半尖峰時間超出瓦數之較大者。

b. 案例：經常契約 200 瓦，半尖峰契約 20 瓦，週六半尖峰契約 10 瓦，離峰契約 5 瓦，超約基本電費如下：

表 2.12 超約部分基本電費計算表

用電月份	各時間最高需量(瓦)				可用容量(瓦)				超約計費容量 (瓦)				超約部分基本電費 (元)
	尖峰	半尖峰	周六半	離峰	尖峰	半尖峰	周六半	離峰	尖峰	半尖峰	周六半	離峰	
7月	201	223	234	245	200	220	230	235	1	2	3	4	223.60×(1×2)+166.90×(2×2)+44.70×(3×2)+44.70×(4×2)=1,740.6
1月	-	223	236	268	-	220	230	235	-	3	3	27	166.90×(3×2)+33.30×(3×2)+33.30×(24×2+3×3)=3,099.3

c. 案例說明

某特高壓電力用電用戶，假設其經常契約容量 20,000 瓦，用電最高需量不超過契約容量，平均功率因數 80%，某夏月用電度數如下表，就選用二段式或三段式（尖峰時間固定或尖峰時間可變動）時間電價之電費計算詳列如表 2.13：

表 2.13 時間電價之電費計算表

時間電價	某夏月用電度數				總用電度數
	尖峰度數	半尖峰度數	週六半尖峰度數	離峰度數	
二段式	4,534,358	-	1,001,801	4,759,841	10,296,000
三段式 (尖峰時間固定)	1,890,873	2,643,485	1,001,801	4,759,841	10,296,000
三段式 (尖峰時間可變動)	352,310	4,182,048	1,001,801	4,759,841	10,296,000

d. 應繳費用計算

(a) 選用二段式時間電價

基本電費：20,000×217.30=4,346,000 元

流動電費：4,534,358×3.59 + 1,001,801×2.42 + 4,759,841×1.68 =
26,699,236.5 元

應繳費用：4,346,000+26,699,236.5=31,045,237 元

(b) 選用三段式尖峰時間固定時間電價

基本電費：20,000×217.30=4,346,000 元

流動電費：1,890,873×4.73 + 2,643,485×3.13 + 1,001,801×2.10 +
4,759,841×1.57
=26,794,669.8 元

應繳費用：4,346,000+26,794,669.8=31,140,670 元

(c) 選用三段式尖峰時間可變動時間電價

基本電費：20,000×217.30=4,346,000 元

流動電費：352,310×7.82 + 4,182,048×3.13 + 1,001,801×2.10 +
4,759,841×1.57
=25,421,606.9 元

應繳費用：4,346,000+25,421,606.9=29,767,607 元

選用三段式尖峰時間可變動時間電價所繳交的電費較選用三段式
尖峰時間固定時間電價及選用二段式時間電價來的少。

(6) 經常契約容量未滿 500 瓩用戶得選按「二段式時間電價」或「三段式尖峰時間固定時間電價」計費；500 瓩以上用戶得選按「二段式時間電價」、「三段式尖峰時間固定時間電價」或「三段式尖峰時間可變動時間電價」計費，用戶選用計費方式後，以 1 年為一計算週期，1 年內不得申請改變計費方式；三段式時間電價用戶，選用期間超過 1 年時，須於每一計算週期夏月期間結束後，始得申請改變計費方式，故選用前請逐月評估全年效益，以維用電權益。

(7) 高壓及特高壓用戶如欲評估選按何種計費方式可較為節省全年電費，請先評估夏月及非夏月每月平均用電量及各時段(尖峰、離峰及週六半尖

峰)之用電百分比，洽台電服務人員據個案情況試算全年電費差異。

※本案例電費試算僅供比較參考，詳細計費規定概依台電公司營業規則及電價表辦理。(可自台電公司網站 <http://www.taipower.com.tw/>下載或瀏覽)

2.2.1.3 提高功率因數：

功率因數(簡稱功因)，是因為「交流電力系統」的電流和電壓相位不同而產生；直流電力系統電壓和電流永遠同相位，功率因數為 1，不成問題。交流負載多為電阻和電感之組合，電流落後電壓，其功率因數小於 1，平均值約為 80%。(經濟部能源局 節能技術手冊)

改善功率因數的好處，包含可釋放系統容量、減少線路電流、減少線路壓降、減少線路損失和節省電費。然而享受前面四個好處的受益對象是台電，所以依據公平原則，電力公司必須回饋功率因數高的用戶，減少其電費支出。

實際上，台電對於用戶功因是採取「獎懲並用」方式，用戶每月用電之平均功率因數不及 80%時，每低 1%，該月份電費應增加 0.3%；超過 80%時，每超過 1%，該月份電費應減少 0.15%。(台灣電力公司 <http://www.taipower.com.tw/>)。

因此加裝電容器組以自動控制操作，功率因數調整至 100%，可享有電費最大功因折扣回饋，以獲得電費之功因折扣及減少低壓線路因功因落後造成電力效率損失。

一般醫院建築裝設之負載，除了白熾燈屬於電阻性負載之外，其餘大多數負載為電感性負載像電梯、冰水主機、空調箱、小型送風機、泵浦、變壓器、日光燈、電冰箱等，皆含有電阻及電感成份，因此一般在配電盤設計為了改善功率因數，都設有調整功率因數用之高壓或低壓進相電容器，較新之設計都在低壓側總電源配電箱，採用自動功因調整器(APFR)，控制低壓進相電容器自動投入或切離，僅需調整功率因數用之高壓或低壓進相電容器自動功因調整器(APFR) (經濟部能源局 政府機關辦公室節能技術手冊)，自動將負載端功率因數改善，使功率因數保持在 98%~99%之間，每月可節省 2.7%~2.85%電費之支出。

2.2.1.4 善用離峰電力

台電公司推行夜間離峰電價之主要目的：

1. 電力供應與負載需求「必須隨時」保持平衡；無論電力供應超過或不足負載需求，台電電力系統都會崩潰，大家都沒電可用。
2. 由於電能無法儲存；夜間(離峰)用電少，電力公司發電容量過剩，高效率發電機成本低至 2 元/度，也不能多發電儲存；夏季下午(尖峰)用電多，所有發電機投入發電，最貴的天然氣發電成本每度高達 10 元也必須要發電，既使每度電只能賣 3 元也在所不惜。(經濟部能源局 學校節能技術手冊)

因為，台電公司於離峰(夜間)時段發電成本便宜，日間(尖峰)時段發電成本超高；所以台電公司為了降低日間尖峰用電需求量，鼓勵用戶調整作業時間將部分電力使用時段需求轉移至夜間離峰用電時段使用，更新設備或實施電力設備負載管理，藉以移轉部份用戶尖峰用電需求於離峰時段使用。

台電公司為反應尖峰、半尖峰、週六半尖峰、離峰時間不同之供電成本，分別就尖峰、半尖峰、週六半尖峰、離峰時間訂定不同費率；尖峰時間電價較高，離峰時間電價較低，藉以鼓勵用戶調整作業時間、因此實施相關離峰電力電價優惠措施，期許能降低台電公司整體尖峰用電負載需求，平衡台電發電廠供電結構系統。

為了節省用戶電費支出，用戶可以思考如何將部份設備用電作業時段轉移至夜間離峰時段使用，充份利用台電離峰時段較低廉之電力電價政策，藉以節省用戶電費支出，同時可以達到轉移台電公司尖峰負載用電至離峰時段目的。

舉例說明高壓供電尖離峰電價差如下：

高壓三段式夏月尖峰時間流動電費每度 4.76 元、二段式 3.62 元，高壓三段式夏月離峰時間流動電費每度 1.59 元、二段式 1.69 元，每移轉一度三段式可省 3.17 元、二段式 1.93 元。高壓三段式非夏月半尖峰時間流動電費每度 3.08 元、二段式 2.43 元，高壓三段式非夏月離峰時間流動電費每度 1.53 元、二段式 1.60 元，每移轉一度三段式可省 1.55 元、二段式 0.83 元。

表 2.14 高壓供電尖離峰價差分析

項目	夏月電價 元/度		非夏月電價 元/度		節省電費 元/度		尖峰：離峰 電價比	
	尖峰	離峰	半尖峰	離峰	夏月	非夏月	夏月	非夏月
二段式	3.62	1.69	2.43	1.60	1.93	0.83	1：0.467	1：0.658
三段式	4.76	1.59	3.08	1.53	3.17	1.55	1：0.333	1：0.496

2.2.2 空調設備節約能源管理

醫院空調系統的功能主要是將室內空氣的溫度、濕度、壓力、氣流、清淨度控制在適當的範圍內，以提高治療效果、防止疾病、減少感染並提供舒適、健康的醫療環境空間。

醫院空調開放時段，需視各不同服務功能區域作業時間而有不同，但大多數服務區域為全年 365 天、24 小時連續運轉，根據能源局統計指出一般空調系統耗電量約佔全醫院建築總電力能源消耗的 50% 左右，對於整體用電量需求造成很大的負擔。台灣各類建築物於日常生活中之耗能最大屬空調系統，亦是造成夏季尖峰負載最大原因，若能有效控制空調的使用，可有效降低瞬間尖峰負載，及全國耗電總量。(林啟發，2006)

因此必須在不影響醫療環境品質條件下提供一個穩定、舒適、健康的治療環境，醫院在成本控制的同時，也期望能維持高品質的醫療水準，同時又能減少空調資源的浪費，可達到節約能源的效果。

由於我國夏季區間(六月至九月)正值高溫的季節，經由台灣北部某案例之實測資料統計發現，空調耗能之分布係由低溫高濕處以帶狀方式延伸至高溫低濕處，且發生次數以在高溫低濕時占大部分。這樣的結果除了能了解台灣夏季白天氣候特性外，也發現在高溫低濕下之空調耗能有相對較高的情形(施順鐘，2005)。由此可知，氣候因素(如溫度、相對溼度等)改空調系統的用電量，也直接影響了夏季尖峰耗電量的變化。

2.2.2.1 空調系統概述

為使室內熱負荷能夠順利移轉、釋放至大氣中，必須藉由空調設備的運轉來達成，當室內與大氣間之溫度差越大者，相對地所需做的工(耗能)也越大。空調系統能針對室內空間作溫度、濕度、清淨度及氣流之調節，了解空氣調節的過程，以達到節能舒適、安全及健康的工作環境。

空調系統設備必須具備熱處理及氣體交換兩種功能，亦即空調為了控制溫度、濕度而必須具備熱處理的功能，為調節氣流，清淨度而具備換氣的功能，故整體而言，空調設備必須能展現熱處理及換氣的能力，為滿足上述兩者之功能，可藉由各式各樣的變化來組合成一設備系統，以獲得所要求的空調目標。有關冷凍空調系統循環(如圖 2.10 所示)，相關定義說明如下(李靖男，1997； 經濟部能源局，2006； 林文祥，2009)：

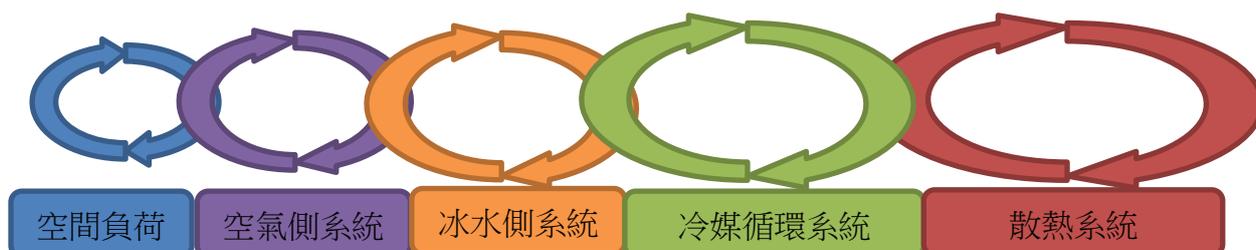


圖 2.10 空調系統示意圖

1. 空間負荷：空調區域內之空氣會因為人員、設備、外氣及日照等所產生的熱負載，使室內空氣溫濕度上升亦即增加空調負載。
2. 空氣側系統：由終端設備(例空調箱)風車將空調區域內空氣(例 30°C/80%)經由風管運送到終端設備之冷卻盤管與冰水做熱交換亦即冷卻除濕過程，此時空氣變成乾燥且低溫的狀態(例 25°C/60%)，再經由風管回到空調區域吸收由人員、設備、外氣及日照等所產生的熱負載，持續循環之系統稱為空氣側系統。
3. 冰水側系統：空氣中之熱負載經過終端設備冷卻盤管與冰水進行熱交換後，造成冷卻盤管中的冰水溫度上升(7°C 變成 12°C)，透過冰水泵將此冰水經由冰水管送至冰水主機之蒸發器中與冷媒進行熱交換(降溫冷卻過程)，變成 7°C 冰水後，再回到冷卻盤管中與空氣熱負載進行熱交換，如此反覆循環稱為冰水側系統。
4. 冷媒循環系統：由壓縮機、冷凝器、膨脹裝置及蒸發器組成(例冰水主機)，經冰水側系統熱交換後之冷媒由低溫低壓液態變成高溫低壓氣態，再經由壓縮機加壓變成高溫高壓氣態冷媒，送至冷凝器與冷卻水進行熱交換後變成低溫高壓液態冷媒，再經由膨脹裝置降壓變成低溫低壓液態冷媒，再回到蒸發器與冰水進行熱交換，如此反覆循環稱為冷媒系統。

5. 散熱(冷卻水)系統：經冷媒循環系統中冷凝器熱交換後之冷卻水溫度會上升(例 32°C 變成 37°C)，透過冷卻水泵將升溫後之冷卻水，經由冷卻水管送至冷卻水塔，利用冷卻水塔風扇及散熱片將冷卻水降溫後，再回到冷凝器與冷媒進行熱交換，如此反覆循環稱為冷卻水系統。

2.2.2.2 醫院空調節能技術運用

以往空調設計者對於大型建築物之空調系統設計較不精確，為防止空調容量不足，常造成超量設計，若未能建立空調主機台數搭配運轉策略，亦是造成國內高耗能因素之一(梁正穎，2008)。

傳統式空調系統之設計，是選取最嚴苛之氣象條件，以計算尖峰空調負載(Peak Cooling Load)，再據此選擇空調系統設備容量，但是，事實上一年之中真正在此種氣象條件下運轉之時數並不多，導致系統於大部分的時間皆運轉於部份負載(Partial Load)之情形下，超量設計下造成運轉效率低落。各種主機在部分負載下，對用電輸入功率修正值非 1:1 的直線，若空調系統採取單一主機之設計方式，由下圖(圖 2.11)之各主機之性能曲線可看出，當負荷率偏低時，部分之空調主機的輸入功率卻未依比例下降，導致能源耗用量(耗電量)大增。

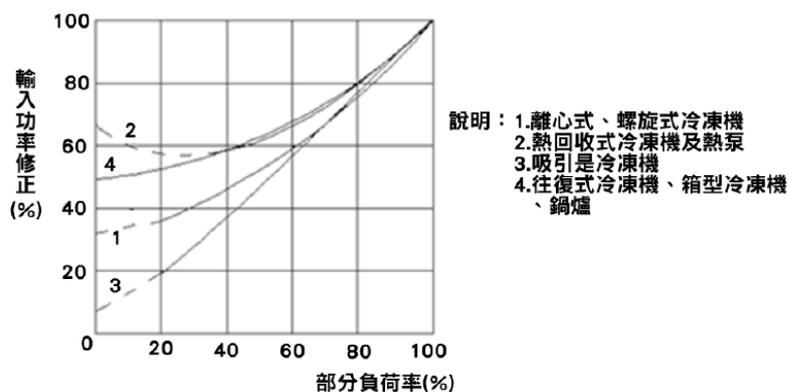


圖 2.11 各主機之性能曲線

而機齡達十年以上之舊型主機，更因性能劣化造成效率持續遞減；由於空調系統耗電量以空調主機佔最大比例(約 60%)，故低效率之主機是造成建築空調嚴重耗能的主因之一，亟待加以汰換更新。同時，冰水泵送側及空調送風側之系統設計亦由於未導入節約能源措施，導致整體建築耗能嚴重。

因此，為改善上述空調系統耗能不合理之問題必須利用省能策略(變風量系統、變水量系統、主機台數控制等)來進行節能。亦即可由一台大容量空調主機改選配多台小容量空調主機方式，試著以實施主機台數控制作為實現節能技術之一，以不同台數進行耗能分析後，再調配適當的空調主機容量。另依風機定律，可針對於區域泵及冷卻水塔散熱風扇等導入變頻控制技術，將原本的固定轉速之馬達改善為變速馬達，亦能達到省能效果。若再經過適當支負載管理策略下，使「空調循環系統所」產生的冷能，剛剛好可將「空調負荷」移除，也就最佳化的空調節能組態(如下圖 1.12)

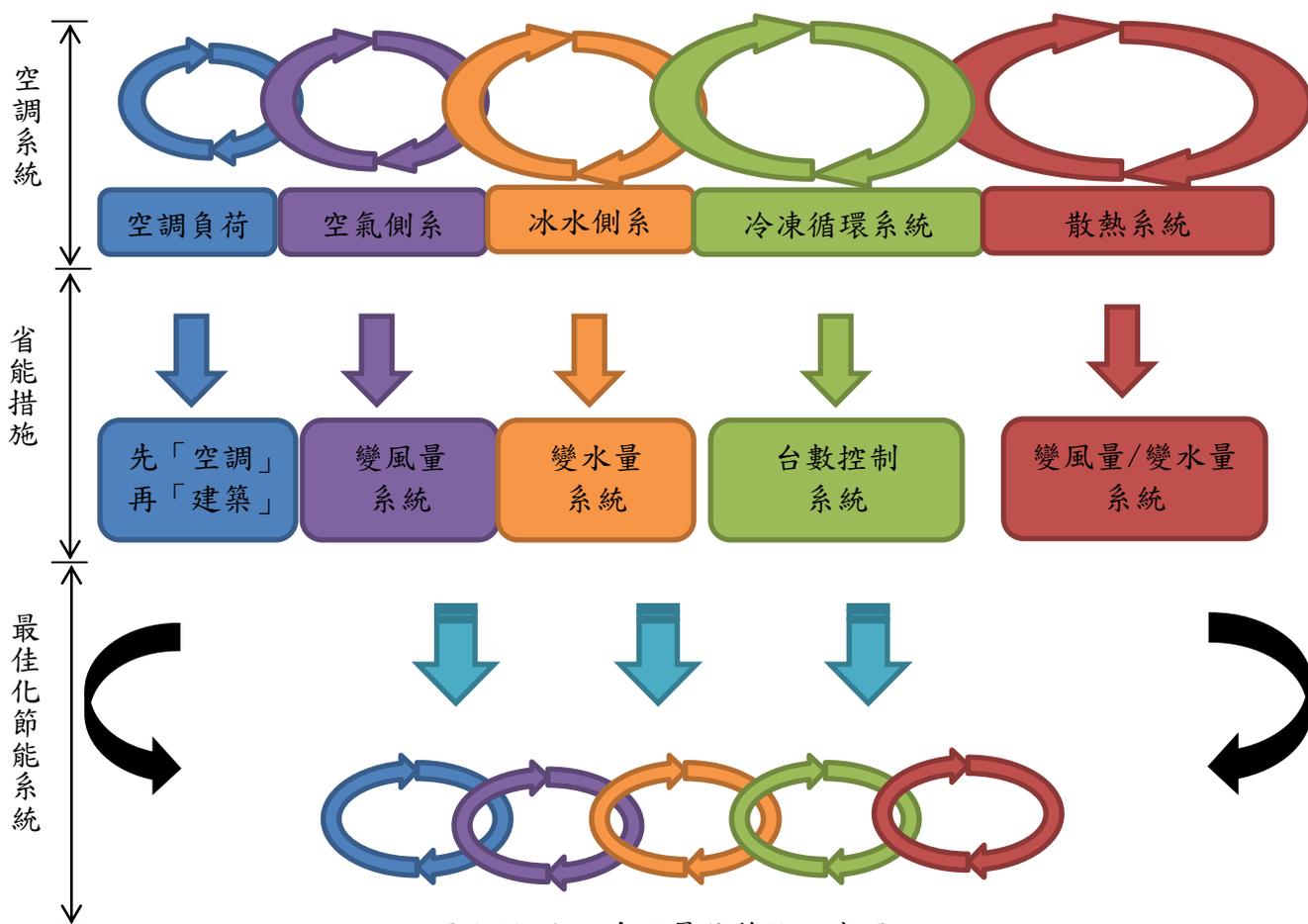


圖 2.12 空調系統最佳節能示意圖

以空調系統而言，冰水所搬運之熱能性質主要為顯熱(Sensible Heat)，其容量主要與冰水流量及溫度差有關，故常見之規畫有固定流量及變流量另兩大系統。在節能策略上，一般會採用變流量系統，因為依據泵相似定律可知，流量與轉速成正比，而軸動力則與泵轉速成三次方正比，如下式可知，亦即流量將依據空調負荷大小進行冰水流量調節，冰水流量降低時，管路之系統阻抗亦隨之下降，則冰水泵之耗電可因而減低。

$$P \sim N^3 \quad (\text{式中 } P: \text{軸馬力}; N: \text{泵轉速})$$

由上述分析之節能策略中可知，將固定流量改變為可變流量式達成節能效果之可行方案，而其關鍵則在於帶動風機或泵之電動機，但該電動機如何在固定電源頻率(60Hz)下產生變速功能，則是本研究策略運用的重要元件。

由交流電動機之額定轉速之計算如下式可知，若欲改變交流電動機轉速時，可改變定子之極數或交流電源之頻率，但定子極數在製造時就已被固定之機械結構，唯一可改變之條件只剩改變交流電源頻率。

$$N_s = \frac{120}{P} \times f \quad (\text{式中 } N_s: \text{定額轉速}; P: \text{級數}; f: \text{頻率})$$

舉例而言，一台 200RT 主機可供應 200RT 之冷房尖峰負載，但於部分負載時，如夜間時段，負載可能只有 70RT，此時負載率將僅有 35%，不但主機效率大減，甚至將導致湧浪(Surging)現象，對主機機件造成損害。

反之，若改採用二台 100RT 主機的設計方式，當負載為 70RT 之時，若關閉其中一台主機，另一台主機的負載率則可提高到 70%。如此一來，不但運轉中的主機效率提高，也可彈性地控制主機開啟台數，同時進行維修保養等工作。

一般來說，利用台數控制的省能效果通常發生於負荷率小於 50%的情況下，若以負荷率為 40%為例，只有一台主機時，耗能約為系統輸入功率的 50%，但若為二台主機時，僅須消耗輸入功率的 40%的能量，如此便可節省近 10%的耗電。若主機的負荷率小於 50%(大抵發生於春、秋季或夜間時段)的時間愈長，則台數控制之節能效果將愈明顯。

主機台數最佳化控制約可節省建築物空調 5%~10%之用電，但需依據長期之空調主機運轉資料，才能建立不同季節、不同熱負荷下之運轉策略。空調設備除了主機以外，還有冷卻水塔及水泵，這些設備通常隨著主機運轉而運轉，所以進行空調主機台數控制時，除了可節省主機耗能外，還可帶來其它相關設備的省能效果。

而空調系統主要耗能設備為：冰水壓縮主機、冰水循環水泵浦、區域循環水泵浦、冷卻水泵浦、冷卻水塔風扇泵浦、區域空調箱、送風機等設

備。以下為空調系統常見節約能源管理方法：

1. 中央監控調整冷房溫度。
2. 冰水主機合理負載運轉。
3. 調降冰水主機出水溫度。
4. 建立保養基準，落實保養作業。
5. 冰水泵、空調箱及冷卻水塔風扇採用變頻器控制。
6. 冷卻水塔冷卻水控制。
7. 空調開放時段控制。
8. 排風機合理開放時段。
9. 增設電動空氣簾。

以下針對上述節約能源管理方法進一步做詳細說明：

1. 中央監控調整冷房溫度：

依醫院各區域作業時間及所需空調環境條件不同，由中央監控系統調整空調設備分別設定各區域空調區域溫度設定及開放時間，避免工作人員隨意調整，除開刀房、產房、恢復室、加護病房等特定場所，因治療所需必須維持較低環境溫度外，其他區域為維持舒適度宜溫度設定在 26°C~28°C 之間，醫院空調環境因服務面積範圍較大及進出不特定人員中多且人員流通性大，因此室內環境空調溫度不宜設定過高，溫度設定過高容易造成室內空氣品質下降，溫度設定過低又會形成能源浪費，維持適當溫度的空調環境，既可維持舒適之環境品質又可降低空調主機負荷；同時經由中央監控電腦設定於人員下班後自動關閉空調，避免下班後因人員疏忽忘記關冷氣造成能源浪費，根據統計每當室內溫度每調高 1°C 時，約可減少 6%~8% 的空調主機耗電量。

2. 冰水主機合理負載運轉：

空調設備系統整體耗電量所佔比例，為醫院所有使用各項設備中耗電量最高一般約佔整體耗電量 45%~55%，而空調冰水主機之耗電量更佔空調系統總用電量 50% 以上(綠基會 2007 年查核年報)，因此提升冰水主機運轉效率對於整體節能之貢獻度特別顯著而直接，建議可央中央冰水主機空調系統，納入中央監控系統控制，依現場實際空調環境溫度設定需求，並搭

配空調泵浦加裝變頻器設備以及儲冰設備供應冰水調整冰水量輸出；調整啟、停空調主機數量，確保空調冰水主機設備能在高效率的狀況下運轉，減少因空調主機低負載運轉造成能源浪費。

3. 冰水主機出水溫度設定：

在不影響室內環境溫度的情況下，依季節性空調需求的不同，適度調高空調冰水主機冰水出水溫度，將空調冰水主機冰水出水溫度由 7°C 調高至 8°C~8.5°C，約可節省 6%~10% 的空調冰水主機運轉耗電量。

4. 建立保養基準，落實保養作業：

(1) 定期保養冰水主機及清洗冰水主機冷凝器：

訂定冰水主機周邊設備保養週期，如定期保養冰水主機及清洗冰水主機冷凝器等，避免熱交換器結垢影響熱傳效率，冰水管內之污垢會影響主機效率達 15% 以上，定期清洗可有效提升冰水主機效率。

(2) 改善冰水循環水水質：

冰水循環水以化學加藥處理方式達到防蝕，藉以改善冰水循環水質，以提高主機熱交換效率，節省用電量。

(3) 定期清潔冰水循環泵浦及冷卻水循環泵浦濾網：

訂定冰水循環泵浦等設備濾網清洗頻率，可避免因濾網阻塞造成蒸發器循環水量不足，同時也會造成傳熱效率不良，為提高冰水循環泵浦效率，循環泵浦等設備濾網需定期檢視及清洗濾網去除水垢污物。

5. 冰水泵、空調箱及冷卻水塔風扇採用變頻器控制：

在傳統空調設計中為確保能達到所需的冷房負荷，空調系統採超量的設計是常見的問題。而常見大部分的時間空調主機設備並非在滿仔需求下運轉，因而造成空調能源的浪費，因此空調系統採變頻流量控制則可達到節省冰水能源，運轉平順，亦能達到使用者要求舒適度的目的。

各類泵浦加裝變頻器：依美國 ASHRAE90.(1999 版)在空調設計方面規定，泵浦超過 10HP 者，至少有 50% 之流量可變流量，規劃以變頻器控制區域泵運轉，可以減少部分電力耗能達到節省能源。

6. 冷卻水塔冷卻水控制：

冷卻水塔冷卻水冷卻之原理係藉由空氣與水之熱交換，並促進水蒸發

而達到冷卻目的，水質所衍生的問題是傳統水冷式冷卻水塔最大的致命傷，根據經驗，水垢問題會使系統機組冷卻效率很快地降低，冷卻水塔之熱傳效率、操作運轉及使用年限取決於其循環水水質的好壞。而循環水質的好壞將決定水塔之結垢、腐蝕及菌藻孳生等問題之嚴重性。同時，這也是水塔排放循環水的主要原因。除此之外，許多冷卻水塔採用化學加藥處理循環水的方法來控制或抑制因水質惡化所產生的問題(經濟部能源局 學校節能技術手冊)。

(1) 冷卻水水處理：

一般冷卻水水處理辦法，以化學加藥處理方式藉以達到防蝕、抑垢及殺藻功能，乃最廣泛被採用的方法。補充水水質較好的系統，可以在較高的濃縮倍數下運轉；補充水水質較差的系統，則其操作時濃縮倍數往往較低，但是，以節約用水的觀點而言，儘可能在不影響操作及不破壞設備的情況下，提高其濃縮倍數，以達到節約用水之目的。

標準的冷卻水化學處理方式，乃利用一些結垢及腐蝕抑制劑(例如有機磷酸鹽)及一種或多種殺藻劑(如加氯等)來處理(經濟部能源局 學校節能技術手冊)。這些藥劑以自動加藥裝置，直接將藥劑注入循環水中，改善冷卻水水質，定期清潔冷卻水塔積垢及更新冷卻水塔散熱片，使水流分布均勻，提升冷卻水塔散熱能力，降低冷卻水溫度，改善主機效率，一般冷卻水溫每降低 1°C，主機可以減少 1.5~3%的耗電量。

(2) 冷卻水塔散熱風扇加裝電子式溫度控制器，控制開啟台數。

因醫院空調為需 24 小時全年連續性運轉之設備，故將冷卻水塔增設增加回水及入水溫度監測器納入中央監控系統連結調整風扇馬達啟動數量，依冷卻水塔之回水溫度控制冷卻水塔之風扇馬達開啟台數，減少冷卻水塔扇馬達耗電。

(3) 冷卻水塔風扇馬達設變頻器：

連接中央監控系統自動偵測冷卻水回水溫度與冷卻水出水溫度差，進而控制冷卻水塔風扇運轉頻率。

7. 空調開放時段控制：

全面檢討公共區域及走道等開放空間之空調溫度設定、空調開放時間(如夜間及停診時段關閉)及適度調高該區域空調溫度，以減少空調環境開放

面積，降低空調主機負荷，同時納入中央監控系統依據各區作業時段不同，設定定時空調開放時間以節約空調用電需求，並可減少因工作人員人為行為造成不必要之電力浪費，同時可以降低整體空調主機負荷需求。

8. 排風機合理開放時段：

排風機設置為排出部分室內髒空氣形成室內負壓，同時自動補進新潔淨空氣，以提高室內空氣換氣率，藉以維持醫院室內良好的空氣品質，在此前提下可以依各功能區作業環境不同(如診間、病房區、公共走道、停車場、公共廁所)，由中央監控系統依各功能區需求於不同時段，調整各排風機設備設定排風機自動啟、停機時間以節約能源(如夜間、停診時段、假日等離峰時段)，可避免不必要的電力及空調能源浪費。

9. 大門、急診及出入口通道設置空氣簾：

因醫院出入口多且人員進出相當頻繁，容易造成外面熱空氣直接進入醫院內部，影響醫院內空調環境溫度，增加空調負荷，若能於各出入口設置電動空氣簾，除可有效阻絕熱空氣直接從外面湧入提高院內環境溫度，同時亦可避免醫院內部冷氣外洩，進而可以降低空調冰水主機設備整體負荷減少用電量。

2.2.3 熱能設備節約能源管理

蒸汽為醫院熱能的命脈為最普遍的傳熱或動力媒質，其來源則由鍋爐經燃燒能源(含木柴、煤炭、重油、天然氣等)加熱水所產生，所耗用能源佔有相當高之成本比例。藉由燃料之燃燒產生熱量，加熱鍋爐原水，使其吸收熱量成為熱水或是蒸汽，進而提供醫院消毒、殺菌及病房熱水使用。其昂貴的燃料價格，已迫使用戶不得不注重和檢討整個蒸汽系統的效率問題。

為了提高能源使用效率和節約能源，本文將對鍋爐效率、冷凝水回收和改善排氣溫度等節能措施，做管理和操作上的改善提出探討，使整個蒸汽系統更有效率，進而達到節約能源降低成本，提升競爭力。

2.2.3.1 鍋爐系統及工作原理

所謂鍋爐，簡單而言係指一個設備，它藉由燃燒的過程，穩定連續的將燃料中的化學能轉變為熱能，此熱能再將水蒸發變成高溫高壓的蒸汽。鍋爐所使用的燃料目前較常用的都是一些化石燃料，例如固體的煤炭、液

體的燃料油、氣體的天然氣等;各種燃料都有它的優缺點，例如煤炭比較便宜，天然氣比較潔淨等。

鍋爐系統主要包含燃料及其輸送、燃燒器、爐膛、燃燒控制系統、預熱器、節煤器、集塵設備、排煙脫流、給水系統、汽水循環系統等，下圖(圖 2.13)則為鍋爐系統之示意圖。

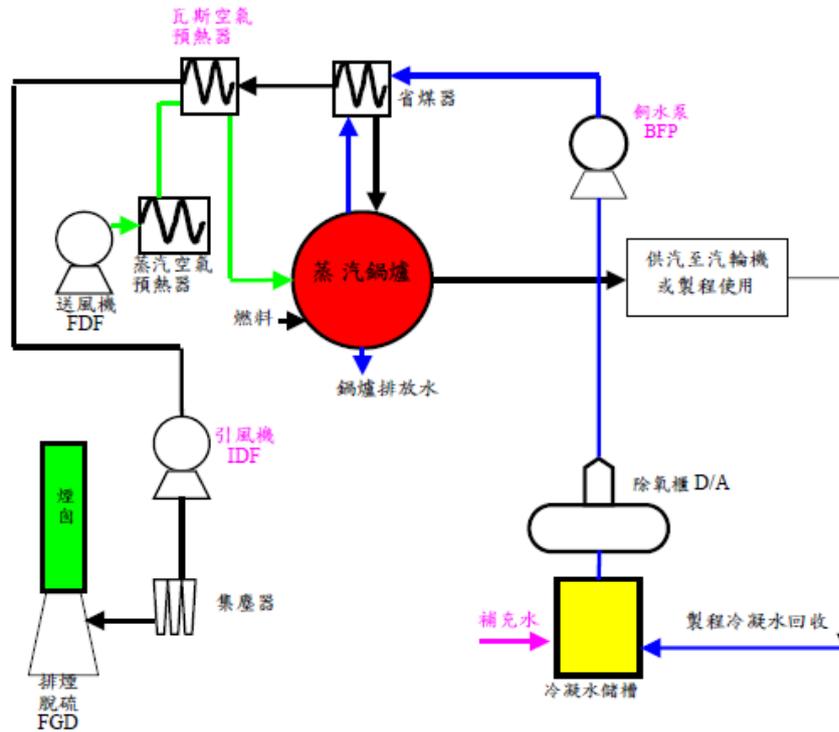


圖 2.13 鍋爐系統流程示意圖

2.2.3.2 鍋爐系統節能技術運用

鍋爐效率好壞直接影響到燃料消耗量大小，以下各點均對提高鍋爐效率有所幫助：

1. 降低排氣溫度：

排氣溫度一般比所產出蒸汽溫度高約 20°C-30°C，排氣溫度太高時，可能是傳熱面積不足、積垢或後燃現象等，一般降低排氣溫度的方法有提高熱傳效率或增加熱傳面積，如定期清潔爐膛，加裝空氣預熱器或節熱器等方法，另外更須注意使燃油霧化良好，避免後燃現象。

2. 減少排氣含氧量：

理想的鍋爐過剩空氣量，於高負載時，其排氣含氧量應在 3-5%之間，

過多的空氣量造成燃料一部份熱能為空氣所帶走，但空氣量不足則造成燃燒不完全排氣冒黑煙等問題，而不完全之燃燒可檢測煙囪排氣中一氧化碳含量多寡來判定。然而排氣含氧量亦隨鍋爐負載高低有所不同，因此鍋爐燃燒進氣量之調節，應於鍋爐高負載時(大火燃燒時)調降進氣量在最低量，此進氣量使鍋爐在高低負載變化時，空氣量不會有不足或過大的現象。

3. 加強保溫：

爐體保溫良否直接影響到鍋爐效率，保溫正常則爐體表面平均溫度將不超過室溫 30°C 以上，而鍋爐房風速及外氣溫度條件也會影響爐體表面熱散失量。

4. 改善飼水品質：

鍋爐水經蒸發濃縮後，爐水中不純物比例增加，常造成水側管路結垢、腐蝕等問題，通常鍋爐飼水均須先行軟化處理或儘量利用回收之冷凝水做為鍋爐飼水來改善水質。

5. 增設密閉式冷凝水回收系統：

一般多為開放式冷凝水回收系統，常使回收之高壓冷凝水至回收槽時，形成二次蒸汽排放掉，造成能源之浪費，如採用密閉式冷凝水回收系統或將高壓冷凝水先經蒸汽再生槽形成中壓蒸汽，可供中、低壓力蒸汽系統使用或提高鍋爐飼水溫度，以節約能源耗用。

6. 避免鍋爐經常低負載運轉：

由於爐體表面熱損失相對增加，使得鍋爐效率非常低，鍋爐如經常低負載或以小火運轉時，應考慮改小燃燒器或換小噴油嘴或更換容量較小之鍋爐，使得鍋爐有較佳之效率。

2.2.3.3 熱泵系統及工作原理

熱泵主要構造如下圖(圖 2.14)所示，冷媒蒸氣受壓縮機壓縮產生高溫高壓蒸氣，流入儲熱桶內的熱交換器排出熱能後凝結成冷凝液，再經膨脹裝置減壓後，流入蒸發器吸收大氣熱能，產生吸熱效應(冷氣效果)，此蒸氣再被壓縮機吸入繼續進行壓縮，構成一個循環迴路(朗肯循環)。簡單來說，大氣熱能在蒸發器處被吸收，然後在保溫桶的熱交換器被排出進行收集與利用，構成一個熱的移動過程，這就是熱泵的原理。

由自然界的能量不減原理，這些熱氣的能量(Q3)會等於輸入冷氣機的

電能(Q1)加上從環境所吸取的熱量(Q2)，即 Q3(獲得能量)=Q1(電能)+Q2(環境熱能)

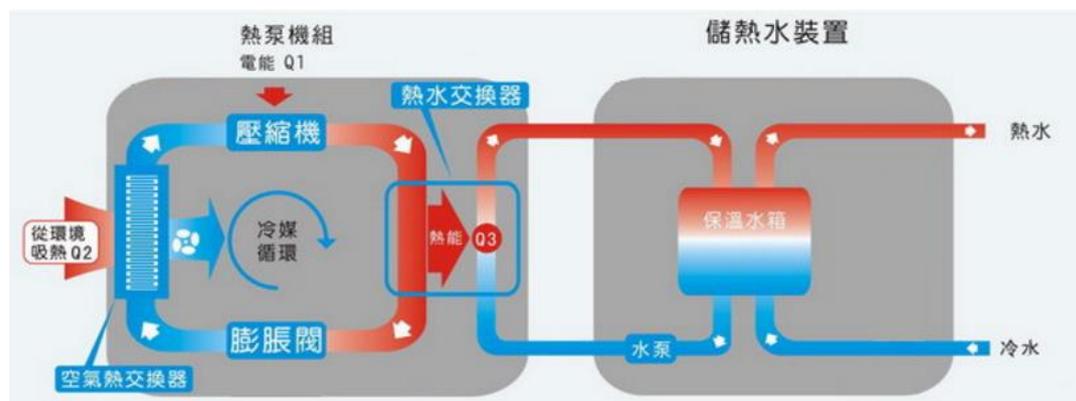


圖 2.14 熱泵主要構造

單純以設備製熱的效能而論，熱泵設備優於其他經常使用的傳統熱水設備，這可從製熱 COP 值做為省能效果判斷。熱泵機的 COP 值是所得熱能與輸入電能的比值，亦即 $COP = \text{所得熱能 (kW)} / \text{輸入電 (kW)}$ ，COP 值愈高，表示輸入等量的電所獲得的熱能愈多。但燃油或燃氣鍋爐等不以電能驅動，無法計算 COP 值，故可先就熱泵與各式熱水器相對能源的熱值做比較（如表 2.15），再將各類型設備製熱的效率值換算為每產生單位熱能所需消耗的能源成本（如表 2.16），將各類型設備產生每單位熱水所需的能源成本計算出來，即可瞭解熱泵的效益最高。

表 2.15 不同熱源產生熱水之熱值比較

加熱設備	熱值		平均熱效率 COP	產出熱值	
柴油鍋爐熱水器	8,816	千卡/公升	75%	6,612	千卡/公升
電熱水器	860	千卡/度	90%	774	千卡/度
液化瓦斯熱水器	12,000	千卡/公斤	75%	9,000	千卡/公斤
天然瓦斯熱水器	8,942	千卡/度	75%	6,707	千卡/度
熱泵熱水器	860	千卡/度	360%	3,096	千卡/度

註：熱值依中油公告值為準

表 2.16 各類型設備製熱的效率值換算為每產生單位熱能所需消耗的能源成本

各種熱源燃料費【1,000 公升冷水由 21°C 加熱至 55°C 成為熱水，熱量需要 $Q=m \times C_p \times (T_2 - T_1) = 1,000 \times 1.0 \times (55 - 21) = 34,000$ 千卡】									
設備 種類	熱量 需求	÷	產出 熱值	=	耗能	×	能源 單價	=	能源 費用
柴油鍋爐熱水器	34,000 千卡	÷	6,612 千卡/公升	=	5.14 公升	×	29 元/公升	=	149.06 元
電熱水器	34,000 千卡	÷	774 千卡/度	=	43.93 度	×	3 元/度	=	131.79 元
液化瓦斯熱水器	34,000 千卡	÷	9,000 千卡/公斤	=	3.78 公斤	×	30 元/公斤	=	113.4 元
天然瓦斯熱水器	34,000 千卡	÷	6,707 千卡/度	=	5.07 度	×	18 元/度	=	91.26 元
熱泵熱水器	34,000 千卡	÷	3,096 千卡/度	=	10.98 度	×	3 元/度	=	32.94 元

註：能源單價，近年能源價格變動大，可參考中油和台電電價表計算

第三章 個案醫院耗能現況及節能措施

3.1 個案醫院概述

個案醫院創立於民國八十五年迄今已二十年，為中部某一區域教學醫院。該院規模為急性病床總床 721 床，回溯過去三年資料統計顯示：其門診每年平均就診量約 402,113 人次(每月平均約 33,510 人次)；在住院部分，每年平均住院人數約 26,272 人次(每月平均約 2,190 人次)；急診每年平均就診量約 50,344 人次(每月平均約 4,195 人次)。

經統計分析該院在 2015 年全院能源設備使用占率分布如圖 3.1 所示。

由其全年能源使用占率分布圖，得知其中以電費占 92.8%為最高、其次為液氧占 4.57%、瓦斯占 2.08%、自來水占 0.5%及柴油占 0.01%。

因此，如何將能源消耗較多的設備(由於液氧用於呼吸器、麻醉機...等醫療照護設備，故無法以節能方式縮減耗用量)，諸如空調、電力、熱能等設備，提升其電力設備運轉使用效率之管理與落實有效降低能源使用量，的確是相當重要的課題。

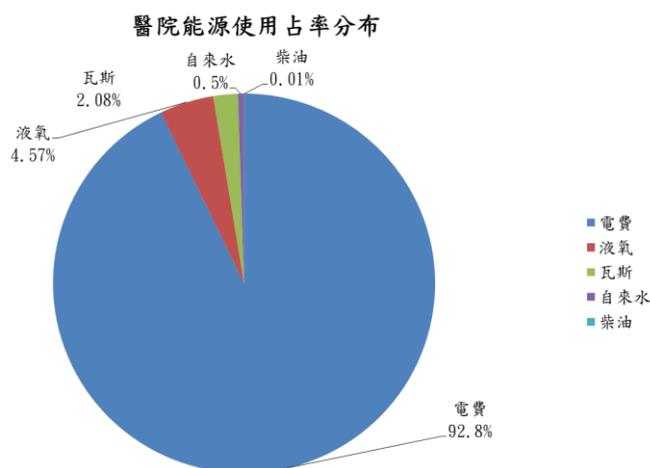


圖 3.1 醫院能源使用占率分布圖

3.2 能源用戶概述

個案醫院位於台中市西屯區，供電範圍總建物面積約 40,397 m²，總空調面積約 32,317.6 m²(空調面積約佔總樓地板面積 80%)，停車場面積約 3,512.6 m²，使用型態為區域醫院，建築物樓層 B4~18F。

能源使用，包含電力、天然氣、液態氧氣及燃料油，合計共 3,854 萬

元/年。其中電力及天然氣能源使用費用統計如下：

1. 電力方面：全年用電度數約 9930000 kWh，總電費約 3,057.7 萬元/年，平均電價 3.0 元/kWh。
2. 天然氣方面：全年用氣量約 220,294M3/年，總費用約 433 萬元/年，單價 20.14 元/M3。
3. 耗電指標：單位面積年耗電量指標 245.8 kWh/m²*yr。
4. 能源流向：

耗電指標：245.8 kWh/ m²*yr、47.53 W/m²。能源流向：電能：空調(63.7%) + 照明(9.6%) + 冷凍冷藏(0.4%) + 插座用電 (5.1%) + 送排風設備(0.08%) + 給排水設備(15.5%) + 電梯設備 (4.9%) + 其他(0.24%) + 鍋爐(0.13%)。

熱能：鍋爐(100%)。

目前個案醫院已施行的節能措施如表 3.1 所示：

表 3.1 個案醫院已實施的節能措施

節能措施	節能效益 減少耗電(kWh/年)、熱能 (kLOE/年)	節能效益 (萬元/年)	投資費用 (萬元)
手術室日光燈汰換為 LED 燈具	27471	7.6	10.7
自來水抽水機改變頻控制	16931	4.7	15
空調主機冰水水溫度進行調控	86892	24.4	0.5
汰換熱交換效率低空調箱	15592	4.4	85
電梯採高低樓層分區輸送	32850	9.2	2.4

3.3 電力系統

個案醫院為 11.4kV 高壓供電系統，採用三段式時間電價，目前契約容量 1,800 kW，依據最近一年電費資料顯示(103.9~104.8)，最高需量為 1,864 kW(103.10)，總用電度數 9,814,400 kWh，總電費 2,930.9 萬元/年，全年超約 3 次，平均電價 2.99 元/kWh，平均功因 100% (如表 3.2 所示)。電力系統設有功因調整器。

表 3.2 個案醫院電費資料表

項目 電費年月		經常契約容量 (kW)	功率因數 (%)	總用電度數 (kWh)	總電費 (元)	每度電費 (元)
103	8	1,800	99	950,400	3,201,296	3.37
103	9	1,800	100	946,800	3,205,553	3.39
103	10	1,800	100	865,600	2,466,846	2.85
103	11	1,800	99	806,400	2,296,980	2.85
103	12	1,800	99	706,800	2,105,890	2.98
104	1	1,800	100	690,000	2,038,886	2.95
104	2	1,800	100	621,200	1,771,336	2.85
104	3	1,800	99	745,200	2,176,215	2.92
104	4	1,800	99	787,600	2,116,673	2.69
104	5	1,800	99	862,000	2,227,455	2.58
104	6	1,800	100	888,800	2,810,269	3.16
104	7	1,800	100	943,600	2,892,011	3.06
合計	-	-	-	9,814,400	29,309,410	-
平均	-	-	100	817,867	2,442,451	2.99

註：以上資料依據電費單輸入，其中電費年月比實際用電年會晚一個月。

3.4 空調系統

1. 系統概述

(1) 院區中央空調設有 CARRIER 離心式冰水主機 500RT×2 台及堃霖螺旋式 300RT×1 台，管路並聯使用，冰水出水溫度設定為 9°C，冰水主機之設備規格如表 3.3 所示。

表 3.3 冰水主機設備規格表

主機編號	廠牌	年份	設備容量 (RT)	型式	冷媒種類	耗電 (kW)
CH1~2	Carrier	1995	500	離心式	-	361
CH-3	堃霖	2014	300	螺旋式	R-134a	275

- a. 運轉模式：夏季(6月~10月)運轉 1 台 500RT+1 台 300RT 供應，冬季則運轉 1 台 300RT 供應。
- b. 冰水系統：系統採一次/二次系統，設有一次冰水泵 30hp×3 台、25hp×2 台及二次冰水泵 60hp×3 台，其設備規格如表 3.4 所示。
- c. 冷卻水系統：設置有冷卻水泵 50hp×5 台並搭配有冷卻水塔

322RT×5 座，其風扇為 10hp×5 台，採手動溫度控制，訪測當日全開，設備規格如表 3.5 所示。

表 3.4 冰水泵設備規格表

編號	年份	廠牌	馬力 (hp)	流量 (LPM)	揚程 (m)	台數	備註
一次冰水泵							
CP-1~3	1995	川源	30	5,000	13	3	搭配 500RT 主機運轉，一台備用
CP4	-	-	25	3,000	20	1	300RT(舊有)
CP5	2014	-	25	2,370	25	1	300RT(新設)
二次冰水泵							
ZP-1~3	1995	川源	60	5,000	32	3	搭配主機運轉，一台備用

表 3.5 冷卻水泵及冷卻水塔設備規格表

編號	年份	廠牌	馬力 (hp)	流量 (LPM)	揚程 (m)	台數	備註
冷卻水泵							
CP-1~3	1995	川源	50	5,500	25	3	搭配 500RT 主機運轉，一台備用
CP4	2014	-	50	4,000	30	2	搭配 300RT 主機運轉，一台備用
冷卻水塔							
編號	年份	廠牌	馬力 (hp)	流量 (LPM)	揚程 (m)	台數	備註
CT-1~5	1995	良機	方形	322	10	5	

(2)另外單獨供應 B2 有冰水主機 45RT×1 台，4F 有冰水主機 25RT×1 台，設備規格如表 3.6 所示。

表 3.6 B2 及 4F 冰水主機設備規格表

編號	廠牌	年份	設備容量 (RT)	型式	冷媒種類	耗電 (kW)
B2F	Carrier	2006	45	渦捲式	R22	36
B4F	東元	2013	25	渦捲式	R22	19.6

2. 量測記錄

檢測中央空調 CH-1 500RT、CH-2 500RT 及 CH-3 300RT 冰水主機，測

得其暫態效率分別為 0.71 kW/RT、0.71 kW/RT、0.81kW/RT。B2F 45RT 及 B4F 25RT，測得其暫態效率分別為 1.09kW/RT 及 0.95 kW/RT。冰水主機效率檢測值如表 3.7，效率檢測情形如圖 3.2 所示。

表 3.7 冰水主機暫態效率

主機編號	設備容量 (RT)	冷卻流量 (LPM)	冷卻出水溫度(°C)	冷卻回水溫度(°C)	耗電 (kW)	負載 (RT)	效率 (kW/RT)	負載率(%)
NO.1	500	7005	33.6	30.8	230.9	348.7	0.71	65%
NO.2	500	6888	32.3	29	267.4	374.9	0.71	76%
NO.3	300	5331	31.3	29.4	136.1	162.3	0.81	54%
B2F	45	230	30.7	27.9	10.7	9.8	1.09	40%
B4F	25	433	10.5	12	12.2	12.9	0.95	29%

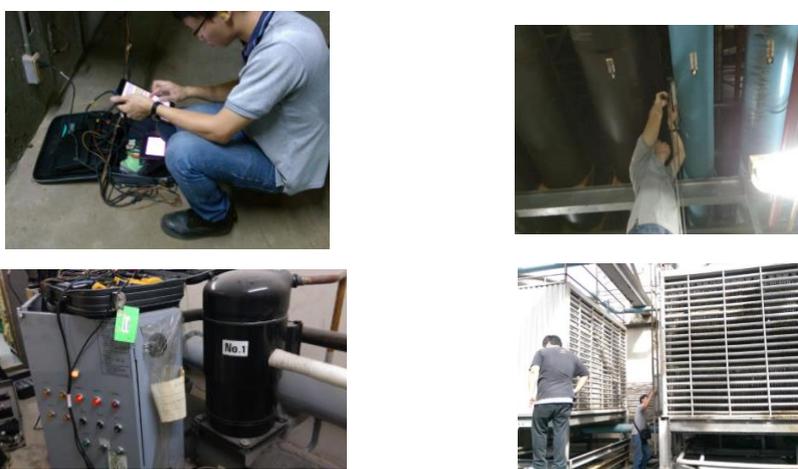


圖 3.2 冰水主機效率量測

3.5 熱能系統

1. 系統概述

(1) 設有正久貫流式蒸汽鍋爐 1,500kg/hr×4 台，如圖 2-4~2-7 所示，蒸汽使用壓力約 7kgf/cm²，使用燃料為天然氣，全年用氣量約 161,207M³/年(103 年 9 月~104 年 8 月)，總費用約 232.8 萬元/年，平均單價 14.44 元/M³。鍋爐設備規格如表 3.8 所示。

表 3.8 鍋爐設備規格

廠牌	型式	蒸發量(kg/hr)	壓力(kg/cm ²)	換熱面積(m ²)
正久	臥式煙管	1500	10	9.9

(2) 個案醫院之鍋爐用氣及用水資料，如表 3.9，由提供之資料用氣及用水正相關性不大，如圖 3.3，有探討空間。

表 3.9 鍋爐設備能源使用狀況

年度	月份	鍋爐補水量(M3)	瓦斯量
103	9	226	13,438
103	10	285	12,970
103	11	293	13,480
103	12	308	14,950
104	1	335	14,070
104	2	366	13,095
104	3	432	12,995
104	4	327	14,108
104	5	305	11,428
104	6	229	14,517
104	7	253	12,681
104	8	263	13,475
合計	-	3,622	161,207

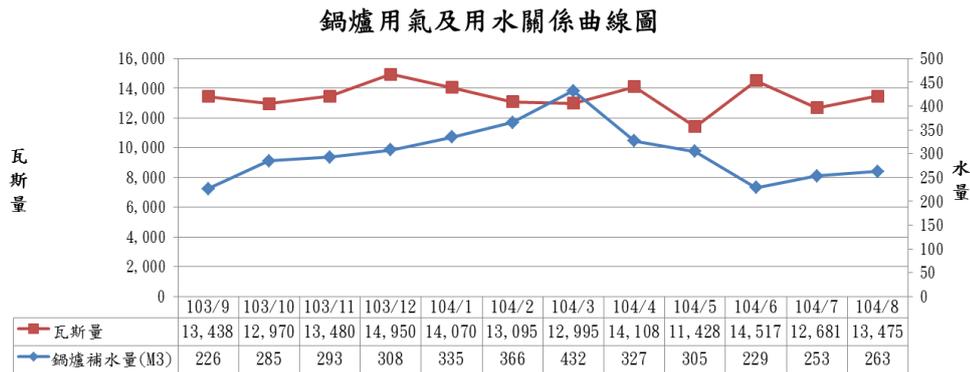


圖 3.3 鍋爐用氣及用水關係曲線圖

- (3) 目前鍋爐除 1 台為新購置，其餘 3 台使用已逾 20 年，使用狀況有 2 台故障停用，僅以 2 台交替運轉，鍋爐設置情形如圖 3.4~3.7 所示。
- (4) 蒸汽主要用於病房洗澡用熱水、消毒殺菌使用。
- (5) 由貴單位提供之熱水用量約 103,387 M³/年(103 年 9 月~104 年 8 月) 如表 3.10 所示，以加熱至 55°C 及蒸汽加熱轉換過程熱損失估算，所需使用之天然氣量約 55,019 M³/年(54.4kLOE/年)，約佔鍋爐總用量 34%，概估所需加熱熱水所需燃料費約 79.4 萬/年。

表 3.10 熱水及天然氣用量表

年度	月份	熱水(M ³)	天然氣用量(M ³)	佔比
----	----	---------------------	------------------------	----

年度	月份	熱水(M ³)	天然氣用量(M ³)	佔比
103	9	981	5,196	39%
103	10	1,133	6,001	46%
103	11	845	4,476	33%
103	12	913	4,836	32%
104	1	921	4,878	35%
104	2	770	4,079	31%
104	3	913	4,836	37%
104	4	836	4,428	31%
104	5	829	4,391	38%
104	6	758	4,015	28%
104	7	755	3,999	32%
104	8	733	3,883	29%
合計	-	10,387	55,019	34%

(6) 設有部分冷凝水回收，另外以 B2F 45RT 冰水主機設有熱回收供給鍋爐給水，給水槽供水溫度約 40°C。

(7) 有設置排氣熱回收加熱給水，給水進鍋爐溫度約溫度 80°C，排氣出口溫度約 250°C。



圖 3.4 臥式煙管鍋爐



圖 3.5 鍋爐規格



圖 3.6 鍋爐使用壓力



圖 3.7 給水槽溫度

2. 量測記錄

訪測當天開啟新購置鍋爐，以燃燒效率分析儀檢測鍋爐運轉狀況，鍋爐以小火運轉啟停頻繁大概啟動 1 分鐘、停爐 1 分鐘，稼動率約 50%，排氣含氧量介於 8%（啟動）~21%（停爐），如圖 3.8，排氣溫度介於 172°C

(停爐) ~379°C (啟動)，如圖 3.9，燃燒效率檢測情形如圖 3.10 所示。

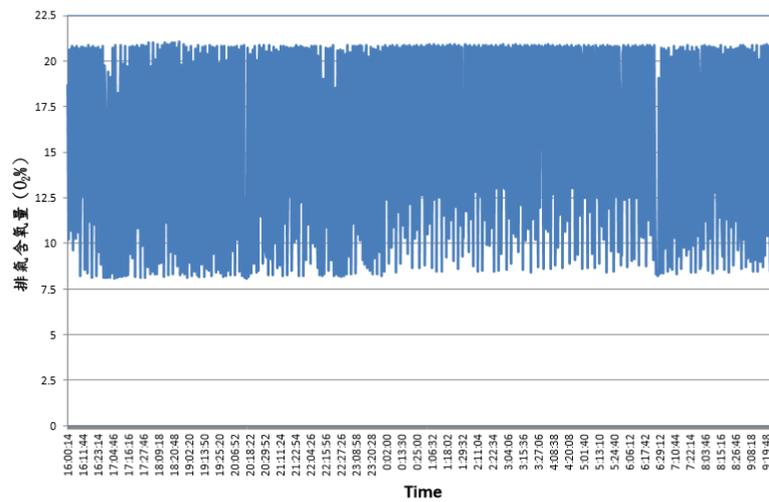


圖 3.8 鍋爐排氣含氧量曲線圖(30 秒紀錄一筆)

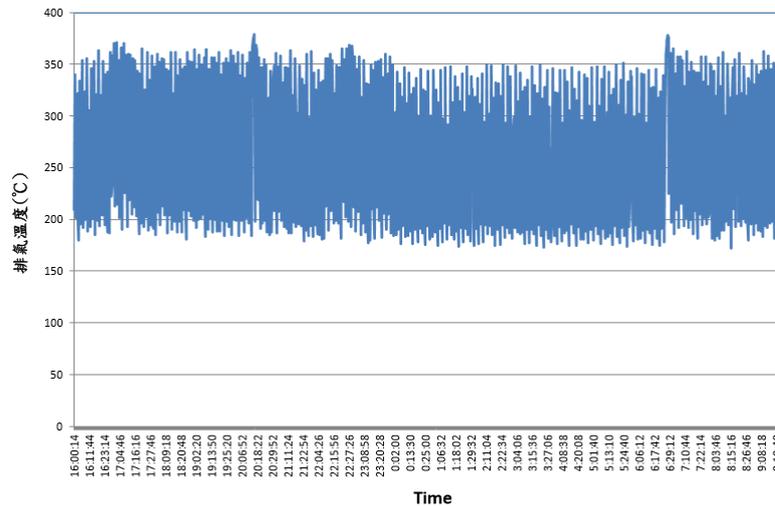


圖 3.9 鍋爐排氣溫度曲線圖(30 秒紀錄一筆)



圖 3.10 鍋爐燃燒效率檢測

第四章 研究結果

醫院建築因安全性要求高及為維持高品質醫療技術，各系統設備相對耗能，其運轉效率的高低將直接影響能源的耗用量。然而能源管理不單只在設備上進行改善，還須從運轉、保養、操作及工程上進行管理。並由單一部門擴大到全院一同進行參與。在組織架構方面可成立一個包含不同部門、專業領域的專責小組，以幫助指導與執行能源管理措施。制定可量測的能源管理年度目標，訂定適當的權責分工與追蹤機制，有系統的達成醫院能源管理之目標。

本研究中個案醫院為落實能源管理，促進能源合理與有效使用、杜絕能源浪費，並將能源管理落實於生活中，近年來成立能源管理委員會，執行有關能源管理事項。

4.1 成立能源管理委員會

會期為每半年召開會議乙次，討論及審查各項節能議題，期盼個案醫院在能源管理中不斷的努力，達到節能減碳的果效。每次開會議題包含：

1. 全院節約能源目標與工作計畫
2. 全院節約能源管制措施與方式
3. 節約能源教育訓練課程
4. 其他與節約能源相關事項
5. 制定次年度節能改善項目(每年年底討論乙次)

4.1.1 能源管理委員會組織架構

該委員會，納入人資部門、護理部門、總務部門、醫學工程部門、採購部門、會計部門、資訊部門、工務部門、放射線部門、開刀房部門、勞工安全部門、能源管理員等部門，共 17 人參與，其組織架構圖如 4.1 所示。

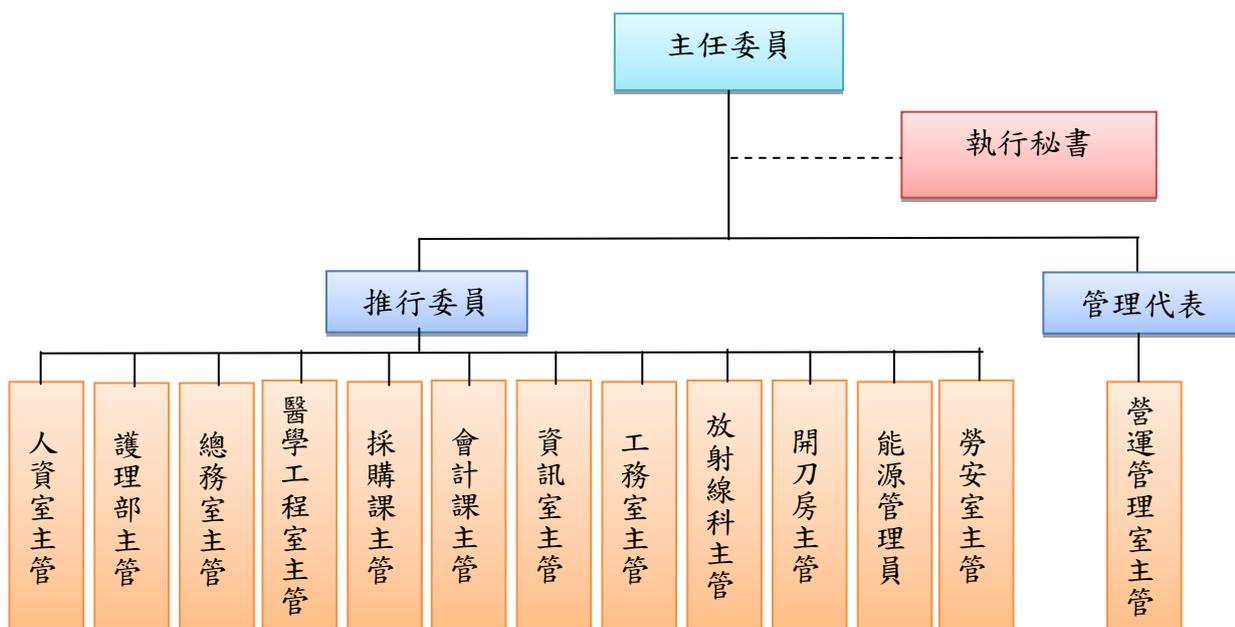


圖 4.1 能源管理委員會組織圖

4.1.2 管理權責界定

1. 主任委員(院長)

- (1) 提供能源管理系統所需之人力、物力、財力、技術等必要配合
- (2) 指派及授權能源管理代表
- (3) 核定及發布能源政策

2. 管理代表(營運管理室主管)

- (1) 研擬及宣達能源政策&能源管理手冊核定
- (2) 訂定重大能源使用設備評估基準
- (3) 核定重大能源使用設備，並決定改善能源績效之優先順序
- (4) 核准能源管理目標、標的及行動計畫
- (5) 協調部門間分工合作
- (6) 研擬及審核能源管理手冊
- (7) 核准及發布能源管理系統程序文件
- (8) 緊急事故處置之總指揮
- (9) 核定年度能源管理教育訓練計畫
- (10) 定期召開能源管理會議，檢討能源管理系統運作情形
- (11) 審核能源管理目標及行動計畫之推進狀況及達成情形
- (12) 主持能源管理審查會議

(13) 定期向主任委員報告能源管理績效，做為改進能源管理系統之依據

3. 推行委員(各科室主管)

- (1) 協助能源管理代表推動能源管理相關事務
- (2) 鑑別、登錄及管理全院應遵守的能源管理法規
- (3) 審查重大能源使用設備之評估結果
- (4) 登錄重大能源使用設備項目及改善能源績效之優先順序
- (5) 彙整各單位能源管理行動計畫之執行成果
- (6) 彙整及管理全院能源管理目標、標的及行動計畫
- (7) 彙整及管理各單位能源管理績效指標
- (8) 彙整與管理本院內、外部能源管理溝通意見
- (9) 管理及維護能源管理作業管制文件及相關記錄
- (10) 巡查各單位實施能源管理作業管制情形，並對不符合事項提出矯正與預防措施要求改善
- (11) 追蹤及審查各單位實施能源管理矯正與預防措施之改善成果
- (12) 協助召開能源管理審查會議，並負責完成會前準備事項

4.2 節能改善執行單位-工務室

工務室主要提供病患安全舒適之就醫環境，維護院內建物及其系統，使得設備正常運作。另外，亦需管理院內各項系統設備、執行各類能源節能為首要任務。

4.2.1 工務室組織架構

該單位共配置 10 名同仁，包含一名主任、兩名組長及七名技術員，各技術員分別負責不同系統之作業項目，其組織架構圖如 4.2 所示。

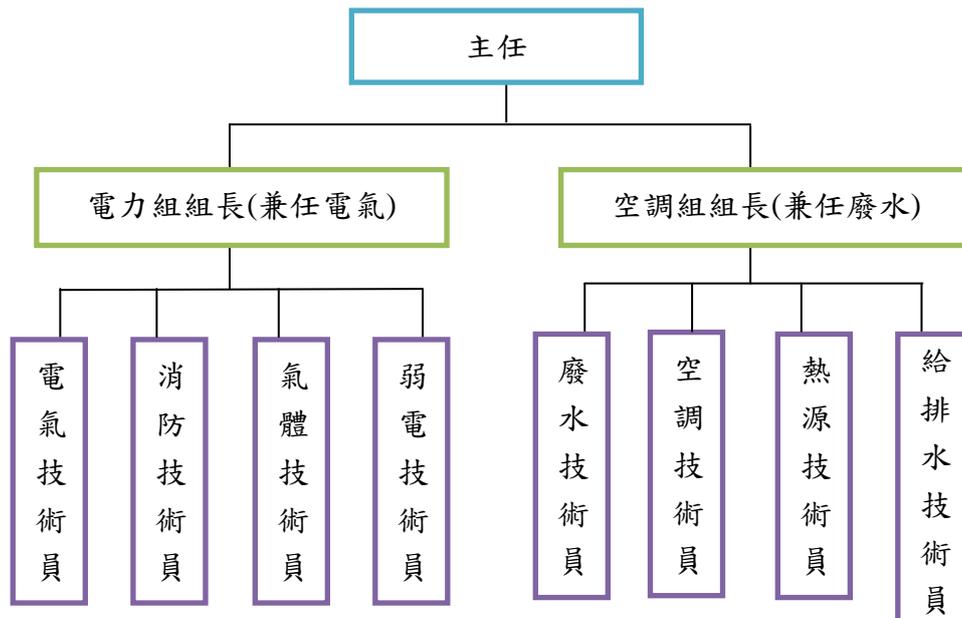


圖 4.2 能源管理委員會組織圖

- 註1：電力系統：管理高、低壓電力系統、發電機系統設備、不斷電系統設備、AVR 設備、各流程負載分配與管理及各項日常檢查程序執行。
- 註2：消防系統：消防設備檢修，管理中央受信總機、消防箱、防火區隔及偵測設備、灑水系統、泡沫系統、CO2 系統等設備各項日常檢查程序執行。
- 註3：氣體系統：專責管理醫用氣體之設備各項日常檢查程序執行。
- 註4：弱電系統：廣播設備、監視設備、監控系統、電話系統等系統設備以各項日常檢查程序執行。
- 註5：廢水處理：管理檢測水質以及設備操作和維護各項日常檢查及操作程序執行並兼任無障礙設施設備專責人員。
- 註6：空調系統：管理空調主機系統設備、區域空調設備、以及外氣、VAV、HEPA 等及恆溫恆濕系統設備各項日常檢查程序執行。
- 註7：熱源系統：蒸汽鍋爐、熱水鍋爐設備、高溫消毒設備等各項日常檢查程序執行。
- 註8：給排水系統：維護醫院自來水、中水、RO 水、以及飲用水設備及品質及各項日常檢查程序執行。

4.2.2 管理權責界定

1. 告知維護廠商有關本院的能源政策及相關配合事項。
2. 負責本院各項重大能源設備之能源績效監控及改善評估事宜。
3. 研擬本院每年度能源管理訓練計畫。
4. 協助各單位辦理能源管理訓練課程。
5. 負責內部能源管理意見回覆。
6. 負責與外部利害相關團體溝通本院能源管理資訊處理及回覆溝通意見。

7. 負責本院文件簽核流程與收發文管制。
8. 負責本院相關文件記錄與外來文件之保管。
9. 協助各單位推動能源管理行動計畫及處理節能改善提案。
10. 負責本院各項重大能源設備之改善評估事宜。
11. 負責本院各項能源使用設備之節能設計、操作、維護及保養。
12. 負責本院各項能源設備之採購事宜。
13. 告知供應商有關本院的能源政策及能源設備採購準則。

4.3 選定節能改善項目

參考國際標準化組織(ISO)於 2011 年 6 月 15 日所制定 ISO50001 能源管理系統國際標準內之制定程序書制定改善機會之優先順序。因考量不同產業及設備屬性，故個案醫院經委員會之委員歷經多次開會共同討論，並於每年最後一次會議中擬定次年度節能評估項目。決定改善方案的考量參考依據來自下列五項：

1. 改善成本(A)

依預估耗能改善成本判別等級得分

- 1 分： ≥ 250 萬元
- 2 分： ≥ 50 萬元 < 250 萬元
- 3 分： < 50 萬元

2. 回收年限(B)

依現行使用年限判別等級得分

- 1 分：0~3 年
- 2 分：3~5 年
- 3 分： ≥ 5 年

3. 法規要求(C)

依法規/要求程度判別等級得分

- 1 分：無適用之法規、規範、標章(標準)
- 2 分：有法規要求，且需遵行

4. 改善之難易度(D)

改善人員評估

- 1 分：均需委外施工
- 2 分：部分可自行施工，但部分需委外施工
- 3 分：自行改善即可完成

5. 建議的優先順序(E)

設備/系統負責人/能管員排定優先順序。

- 1 分：今年以後再行改善
- 2 分：期望或已預訂今年進行改善

依據上述各項評分後，將各項相乘(A×B×C×D×E)，即為該項總分總分高低排序第 1~2 名次者須優先選擇為年度進行能源改善行動計畫，但若有改善空間則也可列入年度能源改善行動計畫。

以 2015 年為例，原擬定 14 項改善方案，但評估各方面經營成本、回收年限...等，本論文能源數據蒐集來源有二種方式，分別為錶記法與實測法：(1)錶記法-應用於新設工廠或設備，於設計階段時已考量能源管理，一般作法於每一設備裝設分電錶或瓦時計，並長時間紀錄、量測建立能源使用數據。(2)實測法-既有工廠中未設置獨立分電錶或瓦時計，利用電力分析儀器進行設備各模式能耗量測，計算每一設備使用電量，並依據用電計算公式求得能耗數據，相關公式如下。

$$\text{三相用電量計算公式} = \sqrt{3} * V * I * \cos\theta * 10^{-3}$$

$$\text{單相用電量計算公式} = V * I * \cos\theta * 10^{-3}$$

V：電壓 I：電流 cosθ：功率因數(PF)

確定改善七項節能措施，分別為：(1)定合理契約容量、(2)提高冷凝水回收率、(3)回收排氣廢熱預熱空氣、(4)增加熱泵加熱熱水系統、(5)空調冰水主機並聯使用、(6)修正泵浦揚程、(7)平衡區域泵浦水量。

表 4.1 2015 年預計節能評估項目

節能項目	預估節能率	預估節能費用	投資費用	回收年限	得分	挑選
空調主機汰換為變頻主機	5%	146 萬	1000 萬	6.8 年	3	
區域冰水泵修改變頻冰水泵	1.3%	39 萬	120 萬	3 年	6	
自來水泵效能提升	0.9%	28 萬	56 萬	2 年	18	

節能項目	預估節能率	預估節能費用	投資費用	回收年限	得分	挑選
冷卻水塔汰換改為變頻風扇	0.7%	21 萬	45 萬	2.1 年	18	
消毒鍋蒸汽管路節能控制	22%	8.8 萬	12 萬	1.3 年	18	
廚房太陽能熱水系統	10%	15 萬	30 萬	2 年	9	
LED 燈具評估汰換	0.8%	25 萬	89 萬	3.5 年	24	
訂定合理契約容量	0%	0 元	0 元	立即	54	✓
提高冷凝水回收率	4%	9.3 萬	15 萬	1.6 年	18	✓
回收排氣廢熱預熱空氣	7%	16.3 萬	30 萬	1.8 年	18	✓
增加熱泵加熱熱水系統	63.2%	56.9 萬	160 萬	2.8 年	12	✓
空調冰水主機並聯使用	38%	12.6 萬	10 萬	0.2 年	18	✓
修正泵浦揚程	42.7%	61.9 萬	12 萬	0.2 年	18	✓
平衡區域泵浦水量	64.2%	105.6 萬	40 萬	0.4 年	18	✓

4.4 電力、空調、熱源系統節能效益分析結果

4.4.1 個案醫院電力系統節能效益分析結果

【改善措施一】訂定合理契約容量

1. 選擇理由：不需要投入任何費用，即可立即回收。

2. 現況說明：

(1) 個案醫院為 11.4kV 高壓供電系統，採用三段式時間電價，目前契約容量 1,800 kW，總用電度數 9,814,400 kWh，總電費 2,930.9 萬元/年，平均電價 2.99 元/kWh，平均功因 100%。

(2) 蒐集個案醫院 101 年至 103 年電費使用紀錄並整理出超約次數與罰金進行比較。

表 4.2 101~103 年個案醫院超約次數、罰金與電費費用統計

年度	契約容量(kW)	超約次數	超約罰金(元)	基本電費(元)	合計(元)
101	1800	7	242,376	4,132,350	4,374,726
102	1800	1	26,832	4,105,134	4,131,966
103	1800	5	128,716	4,013,280	4,141,996

(3) 依據個案醫院之最近一年電費資料顯示(103.9~104.8)，最高需量為 1,864 kW(103.10)，契約容量全年超約 3 次，以目前之用電狀況而言，契約容量訂定偏高。一年份電力通知單資料輸入如下表 4.3，其基本電費及超約罰金共計 4,065,155 元。

(4)

表 4.3 個案醫院 103.09~104.08 電費表(改善前)

年份	月份	尖峰最高 需量(kw)	半尖峰最高 需量(kw)	離峰最高 需量(kw)	經常契約 容量(kw)	半尖峰契約 容量(kw)	離峰契約 容量(kw)	基本電費 (元)	超約罰金 (元)	尖峰超約 罰金(元)	半尖峰超約 罰金(元)	離峰超約 罰金(元)
103	9	1,828	1,804	1,392	1,800	0	0	402,480	12,522	12,522	0	0
103	10	1,864	1,756	1,648	1,800	0	0	402,480	28,621	28,621	0	0
103	11	0	1,684	1,472	1,800	0	0	300,420	0	0	0	0
103	12	0	1,676	1,164	1,800	0	0	300,420	0	0	0	0
104	1	0	1,404	1,044	1,800	0	0	300,420	0	0	0	0
104	2	0	1,612	1,160	1,800	0	0	300,420	0	0	0	0
104	3	0	1,348	1,260	1,800	0	0	300,420	0	0	0	0
104	4	0	1,432	1,076	1,800	0	0	300,420	0	0	0	0
104	5	0	1,508	1,356	1,800	0	0	300,420	0	0	0	0
104	6	0	1,568	1,484	1,800	0	0	300,420	0	0	0	0
104	7	1,800	1,732	1,448	1,800	0	0	402,480	0	0	0	0
104	8	1,824	1,780	1,328	1,800	0	0	402,480	10,733	10,733	0	0
平均	-	1,609	1,319	總計			4,013,280	51,875	暫停容量		0.000	
基本電費及超約罰金總計								4,065,155	夏月折扣		1.000	
									非夏月折扣		1.000	

3. 改善方案

- (1) 契約容量訂定應考量繳交基本電費及超約附加費，以免契約容量訂定太高多繳付基本電費，訂定太低，則會因超約用電罰款 1~2 倍（超過契約容量 10% 以下部份按 2 倍計收基本電費，超過契約容量 10% 以上部份按 3 倍計收基本電費），因此合理契約容量應有部分超約，才能節省電費支出。
- (2) 個案醫院最近一年用電資料，經由電腦軟體試算，最適契約容量為 1,685kW，改善措施改善後，再依實際用電狀況及未來計畫新增之設備用電做適度調整，以減少電費支出。

4. 效益

(1) 效益：

最佳化後之契約容量如下表 4.4，重新計算基本電費及超約罰金共 4,016,811 元。契約容量重新訂定後，則全年可節省基本電費及超約罰金共 48,344 元。

表 4.4 個案醫院 103.09~104.08 電費表(改善後)

年份	月份	尖峰最高 需量(kw)	半尖峰最高 需量(kw)	離峰最高 需量(kw)	經常契約 容量(kw)	半尖峰契約 容量(kw)	離峰契約 容量(kw)	基本電費 (元)	超約罰金 (元)	尖峰超約 罰金(元)	半尖峰超約 罰金(元)	離峰超約 罰金(元)
103	9	1,828	1,804	1,392	1,685	0	0	376,766	63,950	63,950	0	0
103	10	1,864	1,756	1,648	1,685	0	0	376,766	82,397	82,397	0	0
103	11	0	1,684	1,472	1,685	0	0	281,227	0	0	0	0
103	12	0	1,676	1,164	1,685	0	0	281,227	0	0	0	0
104	1	0	1,404	1,044	1,685	0	0	281,227	0	0	0	0
104	2	0	1,612	1,160	1,685	0	0	281,227	0	0	0	0
104	3	0	1,348	1,260	1,685	0	0	281,227	0	0	0	0
104	4	0	1,432	1,076	1,685	0	0	281,227	0	0	0	0
104	5	0	1,508	1,356	1,685	0	0	281,227	0	0	0	0
104	6	0	1,568	1,484	1,685	0	0	281,227	0	0	0	0
104	7	1,800	1,732	1,448	1,685	0	0	376,766	51,428	51,428	0	0
104	8	1,824	1,780	1,328	1,685	0	0	376,766	62,161	62,161	0	0
平均		-	1,609	1,319	總計			3,756,876	259,935	暫停容量 0		
基本電費及超約罰金總計								4,016,811		夏月折扣 1.000		非夏月折扣 1.000

(2) 投資費用: 0 元。

(3) 回收年限: 立即。

4.4.2 個案醫院空調系統節能效益分析結果

【改善措施一】空調冰水主機並聯使用

1. 選擇理由：多數空調主機運轉效能低，造成大量能耗。並聯的目的是為
了要提高效能，減少能耗

2. 現況說明

(1) 院區中央空調設有 CARRIER 離心式冰水主機 500RT×2 台及堃霖螺旋
式 300RT×1 台，管路並聯使用，冰水出水溫度設定為 9°C。運轉模式：
夏季(6 月~10 月)運轉 1 台 500RT+1 台 300RT 供應，冬季則運轉 1 台
300RT 供應。

(2) 供應地下 2F 有冰水主機 45RT×1 台，地下 4F 有冰水主機 25RT×1 台。
經檢測供應地下 2F 及地下 4F 冰水主機其負載不高合計約 23RT。

(3) 由表 4.5 得知大型主機效率較高，亦表示較省電。

表 4.5 各空調主機運轉耗能統計

主機編號	設備容量(RT)	負載(RT)	效率(kW/RT)	負載率(%)
No.1	500	348.7	0.71	70%
No.2	500	374.9	0.71	75%
No.3	300	162.3	0.81	54%
B2F	45	9.8	1.09	22%
B4F	25	12.9	0.95	52%

3. 改善方案

由檢測結果得知大型空調主機效率遠遠高於小型空調主機，故將地下 2F 及 4F 空調冰水系統和大型空調主機並聯，以大型空調主機為主供應，小型主機為輔助備用機台，其主機效率會由約 1.0kW/RT 提升至 0.75kW/RT，且也可以省掉輔助泵浦耗電，減少空調耗電。

4. 效益

(1) 效益：

並聯冰水管路以大型主機供應冰水，全年以 8,760 小時估算，減少用電量約 142,000 kWh/ kWh/年，節省電費 42 萬元 /年。(以平均電費 2.96 元/kWh 估算)。

a. 減少耗電量

(a)減少主機耗電：

$$(45RT+25RT) \times (1.0 \text{ kW/RT} - 0.75\text{kW/RT}) \times 0.5(\text{參差因數}) \times 8,760\text{hr/年} = 76,650\text{kWh/年}$$

(b)減少泵浦耗電：

$$[(3\text{hp}+2\text{hp}) \text{ 冰水泵} + (3\text{hp}+2\text{hp}) \text{ 冷卻水泵}] \times 0.746\text{kW/hp} \times 8,760\text{hr/年} = 65,350\text{kWh/年}$$

b. 節省電費

$$(76,650\text{kWh/年} + 65,350\text{kWh/年}) \times 2.96 \text{ 元/ kWh} = 42 \text{ 萬元/年}$$

(2) 投資費用：約 10 萬

(3) 回收年限：約 0.2 年。

(4) 相當減少溫室氣體排放量：74 ton- CO₂/年 (以經濟部能源局公告 103 年度電力排放係數 0.521kg CO₂e/kWh 估算)。

【改善措施二】修正泵浦揚程

1. 選擇理由：泵浦揚程與耗電量有關，過大的揚程會產生較大的耗電量

2. 現況說明：

(1) 院區中央空調設有 CARRIER 離心式冰水主機 500RT×2 台及莛霖螺旋式 300RT×1 台，管路並聯使用，冰水出水溫度設定為 9°C。運轉模式：夏季(6 月~10 月)運轉 1 台 500RT+1 台 300RT 供應，冬季則運

轉 1 台 300RT 供應。

(2) 冰水機所搭配之冰水泵及冷卻水泵如下表 4.6~4.7：

表 4.6 冰水機之冰水泵

編號	年份	廠牌	馬力 (hp)	流量 (LPM)	揚程 (m)	台數	備註
一次冰水泵							
CP-1~3	1995	川源	30	5,000	13	3	搭配 500RT 主機運轉，一台備用
CP4	-	-	25	3,000	20	1	300RT(舊有)
CP5	2014	-	25	2,370	25	1	300RT(新設)

表 4.7 冰水機之冷卻水泵

編號	年份	廠牌	馬力 (hp)	流量 (LPM)	揚程 (m)	台數	備註
冷卻水泵							
CP-1~3	1995	川源	50	5,500	25	3	搭配 500RT 主機運轉
CP4	2014	-	50	4,000	30	2	搭配 300RT 主機運轉

3. 改善方案

- (1) 由上述冰水泵及冷卻水泵搭配狀況，500RT 冰水主機搭配輔助泵浦流量及揚程經計算搭配合理，但是 300RT 搭配之輔助泵浦揚程，有過大現象。
- (2) 300RT 冰水主機一次冰水泵，主要以克服主機蒸發器阻抗約 1kg/cm² 為主，目前選用之冰水泵揚程明顯偏高，另外冷卻水泵揚程也高於 500RT 冰水主機皆不合理，由於泵浦皆為新購，不建議直接汰換為小泵浦，建議以變頻器修正揚程（冰水泵修至 15M、冷卻水泵修正至 20M），依相似定律計算，一次冰水泵可降至 16hp，冷卻水泵可降至 27hp。

$$\text{一次冰水泵：} \left(\sqrt{\frac{M_1}{M_2}}\right)^3 = \left(\sqrt{\frac{15}{20}}\right)^3 = 0.65 \quad 25\text{hp} \times 0.65 = 16\text{hp}$$

$$\text{一次冰水泵：} \left(\sqrt{\frac{M_1}{M_2}}\right)^3 = \left(\sqrt{\frac{20}{30}}\right)^3 = 0.54 \quad 50\text{hp} \times 0.54 = 27\text{hp}$$

4. 效益

- (1) 效益：

使用變頻器修正泵浦揚程後，全年以 8,760 小時估算，減少用電量約 209,119kWh/年，節省電費 618,992 元(平均電費 2.96 元/kWh 估算)。

a. 減少耗電量

(a) 減少一次冰水泵耗電：

$$(25\text{hp}-16\text{hp}) \times 0.746\text{kW}/\text{hp} \times 8,760\text{hr}/\text{年} = 58,815\text{kWh}/\text{年}$$

(b) 減少冷卻水泵浦耗電：

$$(50\text{hp}-27\text{hp}) \times 0.746\text{kW}/\text{hp} \times 8,760\text{hr}/\text{年} = 150,304\text{kWh}/\text{年}$$

b. 節省電費

$$(58,815\text{kWh}/\text{年} + 150,304\text{kWh}/\text{年}) \times 2.96 \text{ 元}/\text{kWh} = 61.9 \text{ 萬元}/\text{年}$$

(2) 投資費用：約 12 萬

(3) 回收年限：約 0.2 年。

(4) 相當減少溫室氣體排放量：109 ton- CO₂/年(以經濟部能源局公告 103 年度電力排放係數 0.521kg CO₂e/kWh 估算)。

【改善措施三】平衡區域泵浦水量

1. 選擇理由：由於空調一年四季並非全都是在最大負載下運轉，在部分負載情況時，區域泵應當要配合季節變化而有所調整

2. 現況說明

(1) 院區中央空調設有 CARRIER 離心式冰水主機 500RT×2 台及莛霖螺旋式 300RT×台，管路並聯使用，冰水出水溫度設定為 9℃。運轉模式：夏季(6 月~10 月)運轉 1 台 500RT+1 台 300RT 供應，冬季則運轉 1 台 300RT 供應。

(2) 二次側冰水區域泵無變頻控制分配冰水量，皆以全載運轉，於負載較低時無法達到節能效果。

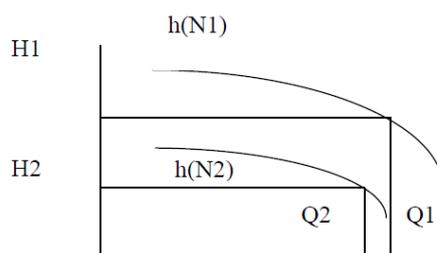
(3) 個案醫院區域泵全年耗電量估算如表 4.8。

表 4.8 個案醫院區域泵全年耗電量估算

編號	季節	額定馬力(hp)	耗電量(kW)	運轉時數(時/年)	耗電量(kWh/年)
ZP-01	夏	60	44.8	3,650	163,374
ZP-02	春秋冬	60	44.8	8,760	392,098
合計年總用電量					555,472

3. 改善方案

- (1) 從個案醫院現場的情況研判，現場空調負載日夜變動幅度較大，若供應固定流量的冰水，除造成水泵多餘的耗功以外，且造成混水之虞，因此於個案醫院之區域冰水泵裝設變頻器，以遠端壓差調控方式依據現場及季節變化調配區域泵流量。
- (2) 原理：如下圖 4.3，在葉輪運轉固定於 N1，如假設效率在此略成一定值時，軸動力因與 H、Q 成比例，故其變化量只為流量之減少率與揚程之增加率之乘積部份而已。若是改變葉輪轉速由 N1 降低至 N2，流量由 Q1 至 Q2。則此時 Q-H 特性曲線由 h(N1) 變至 h(N2)，揚程則由 H1 減至 H2，軸動力則為流量 Q1 時之(N1/N2)之三次方倍，換句話說，以變頻器控制轉速調整流量至 1/2 時，理論上軸動力則僅需 1/2 三次方，亦即只要 12.5% 之軸動力就夠了，實際上考慮變頻轉變效率(約 6% 全載損失)，約需 20% 軸動力，由下圖 4.3 此可知其節省電力之功效。



泵浦之 Q-H 特性曲線圖

圖 4.3 泵浦之 Q-H 特性曲線圖

- (3) 冰水主機於不同季節的負載率狀況下所需的水量與區域泵頻率設定值如表 4.9：

表 4.9 冰水主機所需水量與區域泵頻率設定值

主機噸數	主機負載	所需水量	區域泵浦額定水量	台數	建議最低頻率值
500RT*1 300RT*1	90%	7200	10000	2	45
300RT*1	90%	2700	5000	1	35
300RT*1	65%	1950	5000	1	35

註：區域泵所需水量 = 主機負載所需的水量 * $\frac{\text{運轉頻率值}}{60\text{Hz}}$

- (4) 經改善後，以一次側冰水供應量與二次側區域泵冰水供應量平衡，其

區域泵合理運轉模式、運轉頻率、耗電量及總耗電量如下表 4.10 所示。

表 4.10 區域泵全年耗電量估算表

季節	編號	區域泵耗電 (kW/台)	運轉台數 (台)	運轉頻率 (Hz)	運轉時數 (時/年)	耗電量 (kWh/年)
夏	ZP-01	18.9	1	45	3,650	68,985
	ZP-02	18.9	1	45	3,650	68,985
春秋冬	ZP-01	0	0	0	0	0
	ZP-02	11.9	1	35	5,110	60,809
合計年總用電量						198,779

4. 效益

(1) 效益：

以變頻器修正泵浦揚程後，全年以 8,760 小時估算，減少用電量約 209,119kWh/年，節省電費 42 萬元/年。(以平均電費 2.96 元/kWh 估算)。

a. 減少耗電量：

$$555,472\text{kWh/年} - 198,779\text{kWh/年} = 356,693 \text{ kWh/年}$$

b. 節省電費：

$$356,693\text{kWh/年} \times 2.96 \text{ 元/kWh} = 105.6 \text{ 萬元/年}$$

(2) 投資費用：約 40 萬

(3) 回收年限：約 0.4 年。

(4) 相當減少溫室氣體排放量：185.8 ton- CO₂/年 (以經濟部能源局公告 103 年度電力排放係數 0.521kg CO₂e/kWh 估算)。

4.4.3 個案醫院熱能系統節能效益分析結果

【改善措施一】提高冷凝水回收率

1. 選擇理由：冷凝水回收會影響到鍋爐燃燒的效率，隨著飼水溫度的增加，也相對會影響到鍋爐的能耗

2. 現況說明

(1) 設有正久貫流式蒸汽鍋爐 1,500kg/hr×4 台，蒸汽使用壓力約 7kgf/cm²，使用燃料為天然氣，全年用氣量約 161,207M³/年(103 年 9

月~104年8月)，總費用約232.8萬元/年，平均單價14.44元/M³。

(2)由個案醫院提供之熱水用量約103,387 M³/年(103年9月~104年8月)，以加熱至55°C及蒸汽加熱轉換過程熱損失估算，所需使用之天然氣量約55,019 M³/年(54.4kLOE/年)，約佔鍋爐總用量34%

(3)設有部分冷凝水回收，另外以B2F 45RT冰水主機設有熱回收供給鍋爐給水，給水槽供水溫度約40°C，顯示回收量很低。

3. 改善方案

(1)一般而言，冷凝水回收是提高鍋爐效率最顯著，且回收報酬率最大的方式，提高冷凝水回收率，不僅可節省燃料用量，更可確保較佳之鍋爐水質、保護鍋爐，也是水資源的節省，故個案醫院著手進行改善，僅需將供給熱水槽之冷凝水引入鍋爐飼水槽，與鍋爐補充軟水做充分混合，勿將潔淨且具備相當熱量之冷凝水直接排放掉，提升鍋爐效率降低燃料消耗。

(2)蒸汽主要用於病房洗澡用熱水及消毒殺菌使用，病房洗澡用熱水約佔34%，由於病房熱水間接加熱，冷凝水皆無污染，可以全部回收，回收後鍋爐效率約可提升4%。

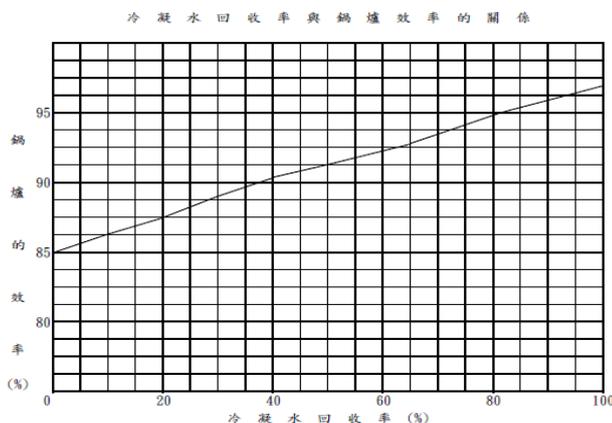


圖 4.4 冷凝水回收率與鍋爐效率關係圖

4. 效益

(1) 效益：

回收病房加熱熱水之冷凝水，改善後提昇鍋爐效率4%，節省燃料油約6,448 M³/年(約11.2kLOE/年)，節省燃料費9.3萬元/年。(以欣中103年9月~104年8月，平均單價14.44元/M³計算)

a. 節省耗電：

$161,207\text{M}^3/\text{年} \times 4\% = 6,448\text{M}^3/\text{年}$ (6.4kLOE/年)。

b. 節省天然氣費用：

$6,448\text{m}^3/\text{年} \times 14.44\text{元}/\text{M}^3 = 9.3\text{萬元}/\text{年}$ 。

(2) 投資費用：約 15 萬元。

(3) 回收年限：約 1.6 年。

(4) 相當減少溫室氣體排放量：12.1ton- CO₂/年 (以溫室氣體排放係數管理表 6.0 版，天然氣排放係數 1.879 ton-CO₂e/kM³ 估算)。

【改善措施二】回收排氣廢熱預熱空氣

1. 選擇理由：降低排氣溫度，有助於提高鍋爐燃燒效率

2. 現況說明

(1) 設有正久貫流式蒸汽鍋爐 1,500kg/hr×4 台，蒸汽使用壓力約 7kgf/cm²，使用燃料為天然氣，全年用氣量約 161,207M³/年(103 年 9 月~104 年 8 月)，總費用約 232.8 萬元/年，平均單價 14.44 元/M³。

(2) 有設置排氣熱回收加熱給水，給水進鍋爐溫度約溫度 80°C，排氣出口溫度約 250°C。

3. 改善方案

(1) 排氣溫度直接影響鍋爐效率，應藉由調整燃燒條件，使用適當的熱回收裝置，以降低排煙溫度，提升鍋爐效率，但排氣溫度需顧及酸露點，含硫份 0.5%，管壁溫度不得低於 80°C，避免腐蝕。

(2) 由於目前鍋爐進氣尚未加裝預熱裝置，而排氣廢熱直接排放於大氣，因此個案醫院設置空氣預熱器以回收排氣廢熱並利用排氣高溫與空氣換熱，提升燃燒空氣溫度，並降低排氣溫度。

(3) 排氣溫度每降低 20°C 可節省燃料使用約 1%，評估熱回收後，排氣溫度可由 250°C 下降至 110°C，預計可節省約 7% 之燃料用量。

4. 效益

(1) 效益：

改善後預估排氣溫度由 230 °C 降至 150 °C，節省燃料油約 11,284 M³/年(約 11.2 kLOE/年)，節省燃料費，節省燃料費 16.3 萬元/年。(以

欣中 103 年 9 月~104 年 8 月，平均單價 14.44 元/M³ 計算)

a. 節省耗能：

$$161,207\text{M}^3/\text{年} \times 7\% = 11,284 \text{M}^3/\text{年} \quad (11.2 \text{ kLOE}/\text{年})。$$

b. 節省天然氣費用：

$$11,284\text{m}^3/\text{年} \times 14.44 \text{元}/\text{M}^3 = 16.3 \text{萬元}/\text{年}。$$

(2) 投資費用：約 30 萬元。

(3) 回收年限：約 1.8 年。

(4) 相當減少溫室氣體排放量：11.2ton- CO₂/年 (以溫室氣體排放係數管理表 6.0 版，天然氣排放係數 1.879 ton-CO₂e/kM³ 估算)。

【改善措施三】增加熱泵加熱熱水系統

1. 選擇理由：熱泵的製熱效率遠遠高於蒸氣鍋爐，再者亦會產生空調效益，有助於降低空調耗能

2. 現況說明

(1) 設有正久貫流式蒸氣鍋爐 1,500kg/hr×4 台，蒸汽使用壓力約 7kgf/cm²，使用燃料為天然氣，全年用氣量約 161,207M³/年(103 年 9 月~104 年 8 月)，總費用約 232.8 萬元/年，平均單價 14.44 元/M³。

(2) 由個案醫院提供之熱水用量(表 4.11)約 103,387 M³/年(103 年 9 月~104 年 8 月)，以加熱至 55°C 及蒸汽加熱轉換過程熱損失估算，所需使用之天然氣量約 55,019M³/年(54.4kLOE/年)，約佔鍋爐總用量 34%，概估所需加熱熱水所需燃料費約 79.4 萬/年。

表 4.11 103.09~104.08 個案醫院熱水用量

年度	月份	熱水(M ³)	天然氣用量(M ³)	占比
103	9	981	5,196	39%
103	10	1,133	6,001	46%
103	11	845	4,476	33%
103	12	913	4,836	32%
104	1	921	4,878	35%
104	2	770	4,079	31%
104	3	913	4,836	37%
104	4	836	4,428	31%
104	5	829	4,391	38%

年度	月份	熱水(M ³)	天然氣用量(M ³)	占比
104	6	758	4,015	28%
104	7	755	3,999	32%
104	8	733	3,883	29%
合計	-	10,387	55,019	34%

3. 改善方案

(1) 熱泵系統是一種吸取大氣熱能或回收系統廢熱加以利用、產生熱水的高效能設備，平均製熱效率 COP 可達 3 以上。與其他各式熱水器相比，具有效率高、能源費用低、安全性高及環保等優點，因此可評估由水對水熱泵機組加熱提供，減少燃料費用支出。偶有不足時可由熱水鍋爐加熱，另外熱泵冷能可取代部份空調。

(2) 以熱泵全年平均 COP=3 推估，熱泵每度電約產生 2.58 Mcal/kWh，平均每度電費以 2.96 元/kWh 計。

a. 熱水使用所需熱能量(鍋爐產生)：

$$103,387,000\text{L}/\text{年} \times (55^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) = 342,771 \text{ Mcal}/\text{年}$$

b. 熱泵耗電：

$$342,771 \text{ Mcal}/\text{年} \div 2.58 \text{ Mcal}/\text{kWh} = 132,857 \text{ kWh}/\text{年}$$

$$132,857 \text{ kWh}/\text{年} \times 2,070 \text{ kcal}/\text{kWh} = 275,014 \text{ Mcal}/\text{年} = 30.6 \text{ kLOE}$$

$$132,857 \times 2.96 \text{ 元}/\text{kWh} \doteq 39.3 \text{ 萬元}/\text{年}$$

(3) 熱泵產生之空調效益：

a. 製冷 $\text{COP}_c = \text{COP}_h - 1 = 2$ ；($\text{COP}_c : \text{COP}_h = 2 : 3 \rightarrow$ 產生 1kcal 熱，可產生 2/3kcal 冷能)

$$\text{產生冷凍噸數} = 342,771 \text{ Mcal}/\text{年} \times (2/3) \div 3,024 \text{ kcal}/\text{RT} \doteq 75,567 \text{ RT}/\text{hr}-\text{年}$$

b. 空調效益：

$$75,567 \text{ RT}/\text{年} \times 0.75 \text{ kW}/\text{RT} \doteq 55,675 \text{ kWh}/\text{年}$$

相當台電發電所需耗能：

$$55,675 \text{ kWh}/\text{年} \doteq 115,247 \text{ Mcal}/\text{年} \doteq 12.8 \text{ kLOE}/\text{年}$$

$$55,675 \text{ kWh}/\text{年} \times 2.96 \text{ 元}/\text{kWh} \doteq 16.8 \text{ 萬元}/\text{年}$$

4. 效益

(1) 效益：

熱水由水對水熱泵機組加熱提供，節省熱能約 36.6kLOE/年，節省費用 56.9 萬元/年(平均電價以 2.96 元/kWh 計算)。

a. 熱能效益：

若採熱泵取代鍋爐加熱熱水部份，可節省熱能費用：79.4 萬元/年
— 39.3 萬元/年 = 40.1 萬元/年

b. 空調效益：

55,675 kWh/年(12.8 kLOE/年、16.8 萬元/年)

c. 總效益：A+B 項

(40.1 萬元/年 + 16.8 萬元/年) = 56.9 萬元/年

54.4 kLOE/年 — 30.6 kLOE/年 + 12.8 kLOE/年 = 36.6 kLOE/年

(2) 投資費用: 160 萬元。

(3) 回收年限: 2.8 年。

(4) 相當減少溫室氣體排放量：63.2ton- CO₂/年（以溫室氣體排放係數管理表 6.0 版，天然氣排放係數 1.879 ton-CO₂e/kM³ 估算）。

第五章 結論與建議

本論文收集對個案醫院能源使用情況，進行分析及探討，根據評估報告所提出改善項目，進行節能效益分析，並就電力系統、空調系統及熱能系統的投資回收年限進行估算，預估可節省用電 707,811kWh/年，節省熱能 54.2kLOE/年，節省金額 267.4 萬元/年，減碳量 455.2 公噸 CO²/年。

經由本研究分析：可知所謂節約能源並非不使用能源，而是透過有效的管理模式，以具體的行為或行動，確保有限能源可以達到最有效率的利用，在節省成本控制的同時，也期望能維持高品質的服務水準，例如提升設備工作效率、使用高效率節能產品及合理的使用能源，同時又能減少資源的浪費，可達到節約能源的效果。

醫院建築在節約能源規劃應用方面之建議：

1. 可依過去歷史資料選擇最適當契約容量和時最適當時間電價。
2. 朝向在電力、照明、空調等各方面之管理方法分析與規劃。
3. 平時具體落實良好的設備維護、保養規劃就是基本的節約能源及建立正確的操作及有效率且科學化的管理模式。
4. 適時導入使用新型省能設備、技術移轉、技術服務，員工教育訓練將更能有效節約能源。
5. 空調系統的節能改善往往僅對單一類別的次系統進行改善，但空調系統整體的運轉卻是環環相扣。個案醫院空調系統改善項目僅對於冰水側系統、冷媒循環系統、散熱系統進行節能改善，整體而言在空調系統整體運轉下尚有節能改善空間，建議爾後可將其他次系統列入節能改善項目之一，以達到整體最大節能效益。

目前醫院大多數是以工務部門在推動院內節能工作，但是當遇到要與現場醫護人員互動時，總是心餘力拙的現象發生，一般院內同仁並未將節能減碳工作視為自身的責任。能源管理必須採取系統化管理方式，所實施的節能管理皆應設有目標與方向，以符合持續改善的精神。所以建議醫院可導入能源管理系統 ISO 50001 制度。透過 ISO 50001 將管理流程嵌入醫院中並充分地運作，藉由一些準則與方法的建立，提供醫院必要程序的架構以及可依循的方式，在不影響現有運作下，將醫院能源使用效率提升到

最佳狀態，並與醫院運作策略和目標密切配合，再輔以 PDCA (Plan-Do-Check-Action) 的機制，進行醫院能源使用方式的持續性改善。未來在醫院發展新計畫時，例如空間擴建、引入重大儀器設備、公共設備修改，所有階段及流程均須將能源管理納入考量，且當流程變更時，能源管理亦需成為變更考量的一部分。

醫療機構是使用能源密度高的行業，訂定出節能目標與措施，達到能源、經濟及環境永續發展的目標，加強節約能源推廣與宣導，並落實醫院節約能源的共識是醫療機構的社會責任，共勉之。

參考文獻

1. 工業技術研究所能源與資源研究所 鍋爐系統 (Vol.經濟部能源局)。
2. 工業技術研究所能源與資源研究所 (2002)。醫院節能技術手冊。
3. 丘建豐 (2011)。醫學中心電力監控系統節能效益之研究 (碩士)。國立高雄應用科技大學,高雄市。
4. 台灣電力公司(2015)。時間電價與季節電價。from <http://www.taipower.com.tw>
5. 李靖男(1997)。冷凍空調系統之"奧運"標誌。中國冷凍空調雜誌, 35, 116-121。
6. 車鎮宇(2015)。台灣綠色能源產業之企業價值影響因素探討 (碩士)。朝陽科技大學, 台中市。
7. 林文祥(2009)。節能技術與案例介紹: 財團法人台灣綠色生產力基金會。
8. 林倫謙(2015)。以 *EnergyPlus* 建築全能耗分析軟體 探討建築之能源使用特性(碩士)。國立臺北科技大學, 台北市。
9. 林啟發(2006)。亞洲地區辦公室建築外殼節能計畫。國立成功大學。
10. 社團法人中華民國企業永續發展協會(2015)。能源與氣候政策白皮書。
11. 涂昭宏(2012)。LED 照明設備應用於醫院節能效益之評估研究以某區域教學醫院為例 (碩士)。嘉南藥理科技大學, 台南市。
12. 施順鐘(2005)。應用類神經網路於醫院空調短期電力預測 (碩士)。國立臺北科技大學, 台北市。
13. 范植賢(2003)。建築物能源管理診斷專家系統 (碩士)。國立臺北科技大學, 台北市。
14. 財團法人台灣綠色生產力基金會(2011)。空調空氣系統節能技術手冊: 經濟部能源局。
15. 財團法人台灣綠色生產力基金會,醫院能源管理系統建置指引 (2013)。
16. 財團法人台灣綠色生產力基金會, (2014)。2014 年非生產性質產業能源查核年報: 經濟部能源局。
17. 財團法人台灣綠色生產力基金會(2015)。2015 年非生產性質行業能源查核年報: 經濟部能源局。
18. 張佩宜(2010)。能源效率與節約能源: 以冷氣機為例(碩士), 國立中央大學, 桃園縣。
19. 張軒齊(2012)。能源管理系統應用在量販店冷凍冷藏系統之節能效益研究(碩士), 國立臺北科技大學, 台北市。
20. 梁正穎(2008)。建築耗能系統節能改善策略分析與應用。國立中山大學。
21. 莊育德(2003)。建築物能源管理實務分析(碩士), 中原大學, 桃園縣。
22. 郭賡隆(2016)。鍋爐系統節能規劃設計簡介(化工系, Trans.): 國立勤益大學。
23. 陳人睿(2010)。熱泵製冷製熱於醫院節能應用效益之研究(碩士), 中華技術學院, 台北市。
24. 陳世炎(2012)。ISO 50001 能源管理系統建置機制研究(碩士), 國立中央大學, 桃園縣。
25. 陳孟成(2011)。空調系統季節性負載管理策略節能探討(碩士), 國立勤益科技大學, 台中市。

26. 陳雍雍(2012)。醫院建築耗能特性之研究(碩士), 國立成功大學, 台南市。
27. 曾宣婷(2010)。國立成功大學節能績效指標之研究(碩士), 國立成功大學, 台南市。
28. 楊于昕(2015)。能源大用戶節能行為調查與能源效率市場推估 (碩士), 國立臺北大學, 新北市。
29. 楊冠雄(2008)。綠空調實踐與應用: 內政部建築研究所。
30. 經濟部能源局(2006)。高耗能建築無所遁形, 業主荷包不再白白失血—經濟部發布各類型建築用戶用電參考指標。
31. 歐志成(2009)。醫院電力能源管理(碩士), 國立高雄應用科技大學, 高雄市。
32. 簡坤煌(2012)。節能應用技術課程-蒸氣系統:財團法人台灣綠色生產力基金會。
33. 歷年醫療院所家數—按型態別分(2016)。衛生福利部統計處. from http://www.mohw.gov.tw/cht/DOS/Statistic.aspx?f_list_no=312&fod_list_no=5533