

國立交通大學

資訊學院 資訊學程

碩士論文



A Study on the Power Consumption of Computer
Application Software

研究生：張勇謙

指導教授：陳耀宗 教授

中華民國一〇〇年六月

電腦應用軟體耗能之研究
A Study on the Power Consumption of Computer
Application Software

研究 生：張勇謙

Student : Yung-Chien Chang

指導 教授：陳耀宗

Advisor : Yaw-Chung Chen

國 立 交 通 大 學
資 訊 學 院 資 訊 學 程
碩 士 論 文

A Thesis
Submitted to College of Computer Science
National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Computer Science

June 2011

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一 OO 年六月

電腦應用軟體耗能之研究

研究生：張勇謙

指導教授：陳耀宗

國立交通大學 資訊學院 資訊學程碩士班 摘要

由於世界各國積極開發工業生產，對電力需求與日劇增；造成地球表面大氣層中的溫室氣體逐漸增加；為了避免暖化效應更加擴大，於是「京都議定書」便應運而生，鼓勵各國積極投入節能減碳計劃，除了節省能源的消耗外，替代能源的開發也是一大目標，所有策略均是為了達到二氧化碳排放量縮減的目的，以降低溫室效應對地球的影響。

電腦已是本世紀人們工作與生活上不可或缺的基本配備，人們大量仰賴電腦工作，加上不當的使用習慣，例如：電腦不隨手關機，其所消耗的電能成為一項重要的能源浪費；因為電腦的耗電量相對於其他家電較小，所以一般人不會計較電腦用電量的多寡。早期電腦產品大都是桌上型電腦，缺乏行動力；為了便利人們的使用，於是筆記型電腦便應運而生；在強調節能減碳的今日，省電型行動電腦便應運而生，除了「輕、薄、短、小」外，其低耗電量也是目前設計的重心。

本論文旨在研究電腦在執行各項應用程式時所消耗的電能，藉以瞭解不同類型的應用程式與消耗電力的關係；同時也能瞭解不同類型的應用程式與排碳量的關係；再利用各機型電腦的相關硬體資訊找出一個可預估消耗功率的公式，期望透過本公式可預估各類型電腦在執行應用軟體時所需的平均消耗功率；目的在提供未來研發行動電腦之續航力的替代能源之耗能指標；針對不同需求提供行動電腦之電力能源開發之參考；以目前筆記型電腦的發展中，電池續航力已變成系統開發的一大訴求重點；同時也是消費者選購筆記型電腦時的一大指標。

**關鍵字：京都議定書、溫室氣體、耗電量、排碳量、再生能源
耗能推算公式**

A Study on the Power Consumption of Computer Application Software

Student : Yung-Chien Chang

Advisor : Dr. Yaw-Chung Chen

Degree Program of Computer Science
National Chiao Tung University

ABSTRACT

The demand of electrical is ever increasing because all the countries over the world exploit industrial development aggressively, and it causes the greenhouse gases to increase gradually. To prevent warming effect from becoming worse, the “Kyoto protocol” was initiated at the historical moment. The purpose of this protocol is to encourage various countries to invest in energy conservation and in reducing the carbon emission. Besides saving the consumption of the energy, the development of the alternative energy source is a great tool, too. All sorts of tactics are to achieve purposes that reduce the emission of carbon dioxide in order to lower the impact of the greenhouse effect on the earth.

Computers are the indispensable basic outfit in life for people to work with in this century. People are dependent on the computer to work in a large amount. Due to the habit of the improper use, such as not used to shut down the computer which is not in use, the electric energy consumed through this way has become an important waste of energy. Since the power consumption of the computer is relatively small comparing to other electrical home appliances, people usually will not care about the amount of the power consumption of the computer. Computer products are evolving from the earlier days to the notebook computers and nowdays pad computers and mobile PDAs. Due to the need of energy conservation and reduction of the carbon emission, the power-saving mobile computer is designed at the historical moment. In addition to the features of “light, thin, short, little”, its low power consumption is the main consideration for the design.

The purpose of this thesis is targeted at the studies in the following main concerns:

1. the consumption of the electric energy caused by carrying out commonly used application program,
2. the relationship between the application programs and their consumption of the electric energy

3. the relationship between the application programs and the emission of the carbon dioxide
4. to find the formula to calculate the power consumption of the electric energy by using the hardware specification in the computer
5. to be an indicator of battery endurance as a reference of designing the mobile computer in the future

Keyword: Kyoto protocol , **Greenhouse gas (GHG)**, Power Consumption, emission of the carbon dioxide, **Renewable energy**, formula to calculate the power consumption



誌 謝

首先要致上最深切的感激給我的指導老師陳耀宗教授，在他的熱心、包容心及耐心的指導下，讓一個已離開學生成涯多年再重回學校進修的我能夠組織化和系統化對研究論文的想法予以實現。

我還要感謝實驗室的學長、學弟們及吉勇、仁善、美亨、昌益、財盛、文慶等班上同學們，在課業學習上的支持和研究實驗中的協助、關心及鼓勵，讓我生活中隨時充滿活力與樂趣，謝謝你們。

最後要感謝我的父、母親、太太美吟及三個女兒湘菱、祐菱、瑋菱對我在寫論文期間的諸多包容及支持，才能讓我在工作之餘完成我的論文。因為有你們一路的關懷，及彼此的相互競賽及激勵，我才能一步一步走出自己人生的路。



目 錄

摘要	i
ABSTRACT	ii
誌謝	iv
目錄	v
表目錄	vii
圖目錄	ix
符號說明	xi
一、 緒論	1
1.1 動機與目的	1
1.2 論文架構	2
二、 背景資料	3
2.1 京都議定書	3
2.1.1 京都議定書的由來	3
2.1.2 京都議定書的主要內容	3
2.2 溫室氣體	5
2.2.1 溫室效應	5
2.2.2 溫室氣體的定義	5
2.2.3 溫室氣體的種類	6
2.2.4 各種溫室氣體的全球暖化潛勢(GWP)值	7
2.2.5 各種溫室氣體排放量在溫室效應中所佔的比重	8
2.3 國內的能源有關CO ₂ 排放量統計與分析	9
2.4 電力消耗對CO ₂ 排放量之轉換	13
2.5 應用程式與硬體設備之間的關聯	15
2.6 電腦在運行時的狀態	16
2.7 再生能源的發展	17
三、 研究方法	20
3.1 應用程式消耗電能研究方法	20
3.2 各類型應用程式消耗電能量測案研擬	21
3.3 各類型應用程式消耗電能量測模型建立	22
3.4 消耗功率推算公式之建立	23
3.4.1 推算公式一	25
3.4.2 推算公式二	26
3.4.3 推算公式三	27

3.5	機型係數之建立	27
四、	研究結果.....	28
4.1	樣本機之測量結果	28
4.2	應用程式對硬體因素之研究結果.....	30
4.3	應用程式之耗電研究結果	32
4.4	各推算公式之計算與驗證	33
4.4.1	驗證推算公式一	34
4.4.2	驗證推算公式二	39
4.4.3	驗證推算公式三	44
4.5	各推算公式分析比較	48
4.6	機型係數之推算	55
4.6.1	筆記型電腦.....	56
4.6.2	精簡省電型筆記型電腦	57
4.6.3	桌上型電腦.....	60
五、	結 論.....	63
5.1	討論與結論	63
5.2	未來工作	67
參 考 文 獻		68
附錄一、	大同DAE 基本型電子式電表基本規格	70
附錄二、	松大電子科技有限公司變電家電源監測器規格	71



表 目 錄

表 1：依區域分組各締約國之期許排放量限制或削減承諾值.....	3
表 2：六種溫室氣體之管制基準年.....	4
表 3：各國 1990 年二氧化碳排放量比例	4
表 4：幾種主要溫室氣體的特性.....	6
表 5：各種溫室氣體的GWP值	7
表 6：各種溫室氣體排放量在溫室效應中所佔的比重.....	8
表 7：燃料燃燒CO ₂ 排放量－參考方法.....	12
表 8：我國各年度之CO ₂ 電力排放係數表.....	13
表 9：量測電腦在執行各種應用程式時所消耗的電量記錄表範本.....	21
表 10：針將日常使用的應用軟體，擬訂出實驗測試項目表	21
表 11：各類型應用程式消耗電能量測統計表	22
表 12：本實驗所用電腦設備之硬體耗電參數表	23
表 13：樣本機之各測試項目於累積消耗電量所花費之時間測量值.....	28
表 14：樣本機之各測試項目每消耗 0.01 度電之所需時間	29
表 15：樣本機之各測試項目測量結果平均使用 1 小時之耗電量及排碳量	29
表 16：樣本機於各測試項目之CPU及DRAM平均使用率	31
表 17：樣本機之各測試項目使用 1 小時之耗電量及排碳量之排序表.....	32
表 18:公式一各型電腦消耗 0.01 度電力時之平均消耗電力之推算與實測對照表	36
表 19：公式二各型電腦消耗 0.01 度電力之平均消耗電力之推算與實測對照表	41
表 20：公式三各型電腦平均消耗電力之推算與實測對照表.....	46
表 21：筆記型電腦ASUS PRO88Q各公式推算值與實測值比較表	49
表 22：筆記型電腦ASUS W7S各公式推算值與實測值比較表.....	50
表 23：精簡省電型筆記型電腦ACER Aspire ONE各公式推算值與實測值比較表	51
表 24:精簡省電型筆記型電腦ASUS EeePC 1008HA各公式推算值與實測值比較表.....	52
表 25：桌上型電腦DELL 745 各公式推算值與實測值比較表.....	53
表 26：桌上型電腦ASUS D770 各公式推算值與實測值比較表.....	54
表 27：筆記型電腦ASUS PRO88Q加計機型係數後推算值與實測值比較表	56
表 28：筆記型電腦ASUS W7S加計機型係數後推算值與實測值比較表.....	57
表 29：精簡省電型筆記型電腦ACER Aspire ONE加計機型係數後推算值與實測值比較表	58
表 30:精簡省電型筆記型電腦ASUS EeePC 1008HA加計機型係數後推算值與實測值比較表	59
表 31：桌上型電腦DELL 745 加計機型係數後推算值與實測值比較表.....	60

表 32：桌上型電腦ASUS D770 加計機型係數後推算值與實測值比較表.....	61
表 33：推算各類型電腦之機型係數表.....	62
表 34：電腦執行各項軟體一天之用電量及排碳量.....	63
表 35：公司行號員工使用電腦之耗電量.....	65
表 36：推算各類型電腦之機型係數表.....	67
表 37：變電家(SPG-26MS電源監測器)規格表	72
表 38：變電家(SPG-26MS電源監測器)的控制按鈕功能說明	73



圖 目 錄

圖 1：各國 1990 年二氧化碳排放量比例圖.....	4
圖 2：溫室效應示意圖.....	5
圖 3：各種溫室氣體排放量在溫室效應中所佔的比重.....	8
圖 4：燃料燃燒CO ₂ 總排放量與人均排放趨勢圖.....	9
圖 5：各部門燃料燃燒CO ₂ 排放量趨勢(各部門不包括電力消費排放)	10
圖 6：各部門燃料燃燒CO ₂ 排放量趨勢(各部門包括電力消費排放)	11
圖 7：燃料燃燒CO ₂ 排放量－參考方法.....	12
圖 8：我國各年度之CO ₂ 電力排放係數表.....	13
圖 9：作業系統中軟體與硬體之介面圖.....	15
圖 10：核心IO結構	16
圖 11：各電腦之硬體耗電參數比較圖.....	24
圖 12：樣本機之各測試項目每消耗 0.01 度電之所需時間.....	30
圖 13：樣本機於各測試項目之CPU及DRAM平均使用率比較圖.....	31
圖 14：樣本機之各測試項目每小時的平均耗電量比較表.....	33
圖 15：樣本機之各測試項目每小時的平均排碳量.....	33
圖 16：公式一播放DVD消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(線性刻度)	37
圖 17：公式一播放DVD消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(對數刻度)	37
圖 18：公式一播放PPT消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(線性刻度)	38
圖 19：公式一播放PPT消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(對數刻度)	38
圖 20：公式二播放DVD消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(線性刻度)	42
圖 21：公式二播放DVD消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(對數刻度)	42
圖 22：公式二播放PPT消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(線性刻度)	43
圖 23：公式二播放PPT消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(對數刻度)	43
圖 24：公式三播放DVD消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(線性刻度)	47
圖 25：公式三播放PPT消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(線性刻度)	47
圖 26：筆記型電腦ASUS PRO 88Q 各公式推算值與實測值比較圖.....	50
圖 27：筆記型電腦ASUS W7S 各公式推算值與實測值比較圖.....	51
圖 28：精簡省電型筆記型電腦ACER Aspir ONE 各公式推算值與實測值比較圖	52
圖 29：精簡省電型筆記型電腦ASUS EeePC 1000HA 各公式推算值與實測值比較圖.....	53
圖 30：桌上型電腦DELL 745 各公式推算值與實測值比較圖.....	54
圖 31：桌上型電腦ASUS D770 各公式推算值與實測值比較圖.....	55
圖 32：筆記型電腦ASUS PRO88Q加計機型係數後推算值與實測值比較圖	56
圖 33：筆記型電腦ASUS W7S加計機型係數後推算值與實測值比較圖.....	57

圖 34：精簡省電型筆記型電腦ACER Aspire ONE加計機型係數後推算值與實測值比較圖.....	58
圖 35：精簡省電型筆記型電腦ASUS EeePC 1008HA加計機型係數後推算值與實測值比較圖.....	59
圖 36：桌上型電腦DELL 745 加計機型係數後推算值與實測值比較圖.....	60
圖 37：桌上型電腦ASUS D770 加計機型係數後推算值與實測值比較圖.....	61
圖 38：電腦執行各項軟體一小時耗電量及排碳量比較圖.....	64
圖 39：變電家(SPG-26MS電源監測器)外觀圖	71
圖 40：變電家(SPG-26MS電源監測器)按鈕位置圖	73



符號說明

Σ ：加總

R_p ：功率比例係數

P：消耗電力，單位為WATT

T0.01度：消耗0.01度電力所需時間，單位為分鐘。



一、 緒論

電影「明天過後」描述地球因天候變化造成氣候異常，紐約被冰封的場景，片尾最後由太空站中看到地球經過了天候的洗禮而變得清澈透明；看過此片之後深感自然的可敬，也點出了現在世界各地積極推動節能減碳工作之目的。

全球工業化的結果使得地球的生態環境逐漸受到影響，大氣層中堆積過多的二氧化碳等溫室氣體，引發了聖嬰現象；使得全球氣溫升高，臭氧層產生破洞，南、北極冰山逐漸分裂溶解，造成海平面上升，海洋面積擴大，陸地面積縮減；各地氣候也跟著改變，水災、乾旱、風災等等自然災害頻傳。

台灣是一個典型的海島型國家，早期以農立國，有著四季如春的氣候，空氣清新，水資源充足。然而隨著重在工業生產；伴隨而來的卻是綠地消失了，造成氧氣的製造速度遠低於二氧化碳的排放。以往春夏秋冬四季穩定的氣候，如今已變得年均溫升高，降雨量不穩定，有時無雨導致水庫乾涸，有時却大雨到河川暴漲；而且沿海地區之海岸線逐年縮減問題日益嚴重。縱觀各種現象之起因，歸咎於地球表層中溫室氣體含量增加。主因為在從事工業生產時，需要大量電力，而現行製造電力能源的方法，即是使二氧化碳排放量增加的原因之一。

基於上述的環境變化，世界各國開始著力於環境保護工程，於是「京都議定書」便應運而生。邀請各國參與節能減碳之協議，著手規劃減碳計劃；除了降低電力的消耗，達到節能減碳之目的外，替代能源的研發也是現今工業發展的主要方向，畢竟科技之進步，造就了現在的生活上的便利，同時也帶來了生活環境的變化，保護地球則是目前全世界共同的責任與義務。

1.1 動機與目的

國內在電腦工業的發展上已站上國際舞臺，從早期的組裝、代工，進步到現在的設計、製造、創新，在在顯示國內資訊業的進展。近年由於精簡省電型筆記型電腦（如：ASUS 的 EeePC）的開發上市，此類產品主打省電性及行動性，強調電池續航力；而 CPU 製造大廠 INTEL 也投入省電技術之研發，推出省電型 CPU 因應所需。然而強調行動力的行動電腦，電源是技術上的一大問題；電池續航力是目前行動電腦開發上最大的困擾。行動電腦的開發著眼點即強調行動力，輕、薄、短、小是設計的重點；但不管再怎麼先進的設計，在使用時總是會遇到電池電力不足時；若無法適時取得電力的補充，則行動電腦反成了數位包袱；應如何解決電力問題，便成為現今電腦工業發展的重要課題。

若能瞭解電腦在執行各種應用軟體所需消耗的電能，便能於電力不足時；適時透過替代能源之供電，來延續行動力，可否用太陽能電池或者手搖發電來供電呢？需多大的供應量方可因應所需？這是本論文的研究目的，希望透過實驗統計出各應用程式在執行時所消耗的電能，推導出一預估公式藉以瞭解電腦在不同工

作需求的耗電量，提供研發續航力之替代能源的參考資料。透過研究所得之數據也可了解到電腦在執行應用軟體時所產生的排碳量為多少，做為碳匯的計算參考。

1.2 論文架構

論文將從京都議定書、溫室效應開始，到電力與CO₂排放量之關係，進而說明各式再生能源的電力產生方式，從而解析國內的電力對CO₂的轉換計算。透過實驗統計筆記型電腦在執行各項應用程式時所需消耗的電能，進而產生一組數據，提供替代能源研究之參考，最後根據電腦硬體相關規格數據推導出推算消耗電力公式。

本論文的整體架構如下，第二章介紹與本論文相關的背景資料，包括溫室氣體效應，及國內官方公佈之電力消耗對CO₂轉換係數，電力消耗對CO₂轉換之計算方式，應用程式與硬體層面之間的關聯及再生能源的發展。第三章說明本論文用來分析應用程式消耗電能方法，首先說明針對電腦各設備消耗電能的因素，然後再講述分析各種軟體所需電量的比例，再列出消耗功率推算公式。第四章列出我們分析的結果包括應用程式對硬體因素，應用程式消耗電能之統計、測量資料及消耗電能的推算公式之驗證結果。第五章對本論文研究進行討論，提出結論，並說明未來可能的研究方向。



二、背景資料

2.1 京都議定書

2.1.1 京都議定書的由來

自從世界各國積極投入工業生產以來，電力能源逐年增加，為因應需求，著力於能源開發，傳統能源開發大都著重在石化燃料的使用，這已使地球表面的溫室氣體濃度急速增加，造成全球均溫上升、海平面上升及氣候變遷等現象，對水資源、農作物、自然生態系統及人類健康等各層面造成日益明顯的負面衝擊。為了降低人為溫室氣體的排放量，防止氣候變遷情形更加嚴重，聯合國於1992年於巴西里約召開的「地球高峰會」中通過的「氣候變化綱要公約」。這項氣候公約的終極目標是—「將大氣中人為溫室氣體濃度穩定在一個不會危及氣候系統的水準」。公約中要求參與締約的三十七個工業國率先負起責任，對「人為溫室氣體」(Anthropogenic Greenhouse Gas)排放做出全球性管制的宣示。期許於西元2000年將CO₂及其他溫室氣體排放量回歸各國1990年水準，1997年12月1日至11日，在日本京都召開「氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)」第三次締約國大會(COP3)，通過了「京都議定書」(Kyoto Protocol)，要求公約中的三十九個成員工業國各自訂出西元2008至2012年溫室氣體排放目標，藉以用來規範各工業國家對溫室氣體排放量之減量責任，為公約的發展歷程確立了一個重要的里程碑 [1]。

2.1.2 京都議定書的主要內容

1. 減量時程與目標值：

「聯合國氣候變化綱要公約」中對39個工業國家，將人為排放之六種溫室氣體換算為二氧化碳當量，要求與1990年相較，平均削減值5.2%，同時採差異性削減目標之方式，即依各國或地區之屬性訂定目標，對締約國之期許排放量限制或削減承諾，依區域分組列表，如表1，減量時程為2008至2012年，並以此5年的平均值為準 [1]。

表 1：依區域分組各締約國之期許排放量限制或削減承諾值

國家或地區	目標值
歐盟及東歐各國	減少 8%
美國	減少 7%
日本、加拿大、匈牙利、波蘭	減少 6%
冰島	增加 10%
澳洲	增加 8%
挪威	增加 1%

資料來源：[1]

2. 六種溫室氣體之管制基準年

表 2：六種溫室氣體之管制基準年

氣體	管制基準年
二氧化碳CO ₂ 、 甲烷CH ₄ 、 一氧化二氮N ₂ O	1990 年
氫氟碳化物 HFCs、 全氟化碳 PFCs、 六氟化硫SF ₆	1995 年

資料來源：[1]

3. 各國 1990 年二氧化碳排放量

表 3：各國 1990 年二氧化碳排放量比例

編號	國家	二氧化碳排放量比例
1	美國	36.1%
2	日本	8.5%
3	歐盟及東歐各國	24.2%
4	俄國	17.4%
5	加拿大	3.3%
6	澳大利亞	2.1%
7	其他國家	8.3%

資料來源：[1]

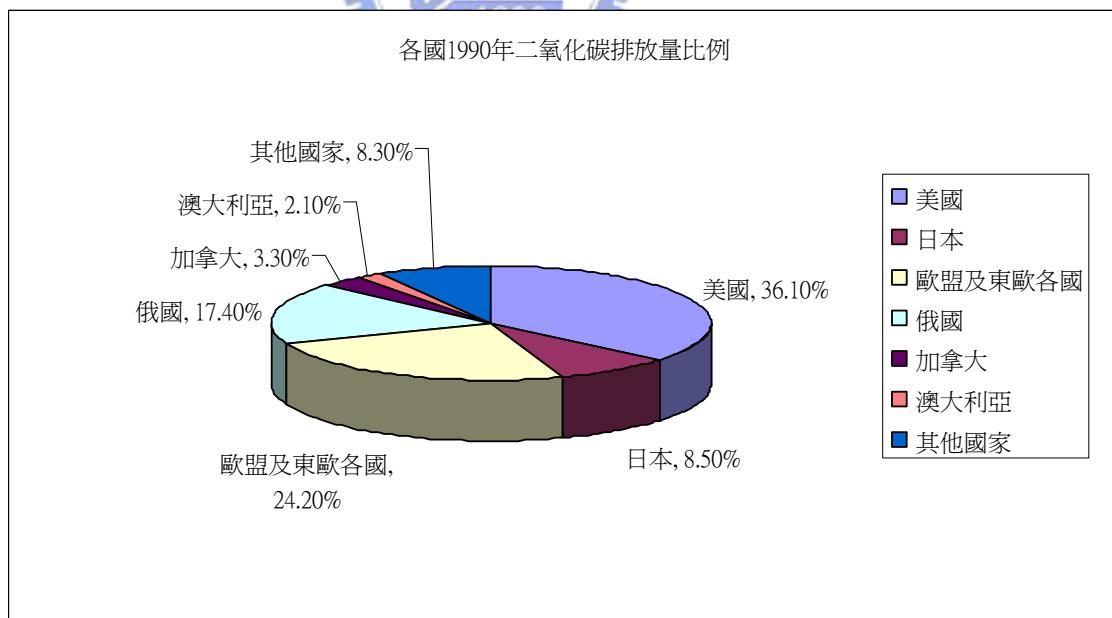


圖 1：各國 1990 年二氧化碳排放量比例圖

資料來源：[1]

2.2 溫室氣體

2.2.1 溫室效應

所謂的『溫室』，舉例來說它是由玻璃或透明塑膠布所製成，其特性為可讓短波輻射穿透並吸收部份長波輻射。白天的太陽光屬於短波輻射，因此可以穿透溫室的玻璃或透明膠布；然而當地球表面吸收了太陽的光與熱之後，部份玻璃或透明塑膠布吸收陽光轉以長波輻射之形式釋放出能量，使得能量無法完全穿出溫室，溫室即是利用此種特性維持室內溫度，以利作物生長，而這種作用便稱為『溫室效應』 [2]。如圖2所示之溫室效應示意圖。

在地球表面係由大氣層所包圍，大氣層中存在的溫室氣體就像溫室的玻璃片一樣，接受進入對流層的光線、紅外線與少部分的紫外線，地球表面吸收大量這類輻射熱能並轉為長波與紅外線反射回對流層，少數這類熱源逸散至太空，其中少部份則被溫室氣體吸收，使得空氣溫度升高，另少數輻射則反射回地表。在陽光照射地面時，發揮防止地面濕度、溫度散失的功能，使地面溫度不會下降得太快，地表平均溫度保持在攝氏十五度左右。[3]

溫室效應現像是來自石油及煤燃燒而排放過量的二氧化碳、燃燒化石燃料所產生的氮氧化物，被大量用於製造各種產品的CFCs、水田及掩埋場所排放的甲烷，以及臭氣等氣體的大量增加。這類氣體的增加會加速破壞大氣中自動調節地球溫度的能力；隨著溫室效應不斷增加的結果，使得地球溫度慢慢升高。

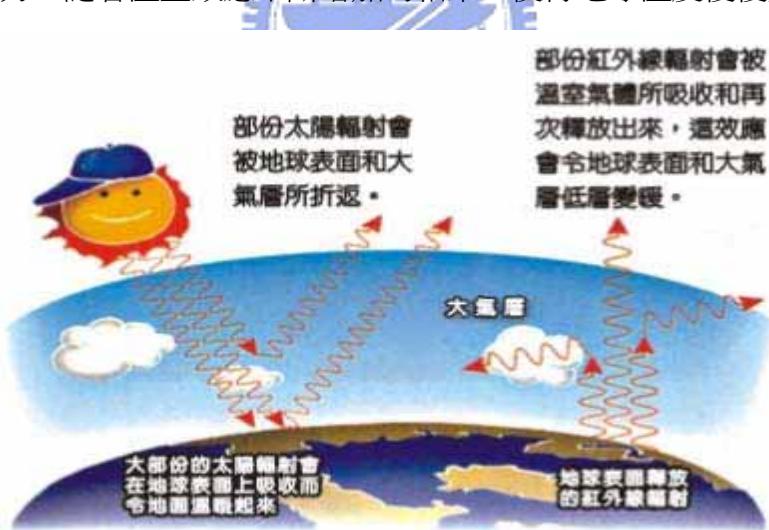


圖 2：溫室效應示意圖

資料來源：[2]

2.2.2 溫室氣體的定義

所謂的溫室氣體在我國工業研究院所出版住宅排放計量手冊中所提到：「溫室氣體是指凡是會阻擋太陽輻射熱自地球表面反射至大氣層的氣體統稱為溫室氣體」。因為地球表面大氣層中存在這些氣體，使地球表面的溫度不至於降到極點，讓我們可以舒適地在地球上生活。不過當溫室氣體過量時，地球表面溫度將上升，

全球溫度暖化致冰山開始溶解，海平面上升，部份海島型國家的面積會逐漸縮小，全球的氣候也可能會有變化，如降雨、雪量增加或年平均氣溫異常 [2]。

2.2.3 溫室氣體的種類

在京都議定書中所列主要管制六種溫室氣體包含有二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)、氧化亞氮(N_2O)、氫氟碳化物(HFCs)、全氟化碳(PFCs)與六氟化硫(SF_6) [1]，另外還有氟氯烴(HCFCs)與氟氯碳化物(CFCs)二種氣體則是由另一個國際環保公約蒙特婁議定書所管制。各溫室氣體的特性如表 4 所列。

表 4：幾種主要溫室氣體的特性

溫室氣體	源	匯	對氣候的影響
二氧化碳(CO_2)	(1) 燃料 (2) 改變土地的使用 (砍伐森林)	(1) 被海洋吸收 (2) 植物的光合作用	吸收紅外線輻射，影響大氣平流層中 O_3 的濃度
甲烷(CH_4)	(1) 生物體的燃燒 (2) 腸道發酵作用 (3) 水稻	(1) 和 OH 起化學作用 (2) 被土壤內的微生物吸取	吸收紅外線輻射，影響對流層中 O_3 及 OH 的濃度，影響平流層中 O_3 和 H_2O 的濃度，產生 CO_2
一氧化二氮(N_2O)	(1) 生物體的燃燒 (2) 燃料 (3) 化肥	(1) 被土壤吸取 (2) 在大氣平流層中被光線分解及和 O 起化學作用	吸收紅外線輻射，影響大氣平流層中 O_3 的濃度
臭氧(O_3)	(1) 光線令 O_2 產生光合作用	(1) 與 NO_x ， ClO_x 及 HO_x 等化合物的催化反應	吸收紫外光及紅外線輻射
一氧化碳(CO)	(1) 植物排放 (2) 人工排放 (交通、運輸和工業)	(1) 被土壤吸取 (2) 和 OH 起化學作用	影響平流層中 O_3 和 OH 的循環，產生 CO_2
氯氟碳化合物(CFCs)	(1) 工業生產	(1) 在對流層中不易被分解，但在平流層中會被光線分解和跟 O 產生化學作用	吸收紅外線輻射，影響平流層中 O_3 的濃度
二氧化硫(SO_2)	(1) 火山活動 (2) 煤及生物體的燃燒	(1) 乾和濕沉降 (2) 與 OH 產生化學作用	形成懸浮粒子而散射太陽輻射

資料來源：[3]

2.2.4 各種溫室氣體的全球暖化潛勢(GWP)值

每一種氣體所造成的暖化效應不相同，國際間用全球暖化潛勢 (Global Warming Potential，簡稱GWP) 表示該氣體相對於二氧化碳而言，其暖化強度為多少。各種溫室氣體的GWP值請參考表 5，國際間在計算溫室氣體排放量時，均利用GWP值轉換成二氧化碳當量(CO_2 equivalent) [4]。

例如：甲烷的全球增溫潛勢 (在 100 年的時段) 約為 23 (二氧化碳的 23 倍)，這意味著，排放 1 噸甲烷與排放 23 噸的二氧化碳所造成的暖化效應是相同的。[3]

基於上述概念，二氧化碳當量 ($\text{CO}_2\text{-eq}$) 通常用於碳排放審計，以評估各種溫室氣體的混合排放所造成溫室效應的總效果。對於某一重量的其他溫室氣體排放，二氧化碳當量是指產生與它相同變暖潛力所需的二氧化碳重量。二氧化碳當量可從溫室氣體的排放重量乘以該溫室氣體在特定時段內的全球增溫潛勢 (GWP) 而得出。因此，排放 1 噸甲烷 (GWP = 23) 相等於 23 噸二氧化碳當量。[3]

表 5：各種溫室氣體的 GWP 值

協議名稱	溫室氣體	大氣中壽命(年)	GWP(100 年)
京都議定書管制的溫室氣體	二氧化碳 (CO_2)		1
	甲烷 (CH_4)	12±3	23
	氟化烴 HFC-134a	13.8	1300
	氟化烴 HFC-152a	1.4	120
	氟化烴 HFC-23	260	12,000
	CF_4	>50,000	5,700
	C_2F_6	10,000	11,900
	氧化亞氮 (N_2O)	120/114	296
蒙特婁議定書所管制的化學品	六氟化硫 (SF_6)	3,200	22,2000
	氟氯碳化物 CFC-11	45	4,600
	氟氯碳化物 CFC-12	100	10,600
	氟氯烴 HCFC-22	11.9	1,700
	氟氯烴 HCFC-141b	9.3	700

資料來源：[4]

2.2.5 各種溫室氣體排放量在溫室效應中所佔的比重

表 6：各種溫室氣體排放量在溫室效應中所佔的比重

溫室氣體	在溫室效應中所佔的比重	原因
二氧化碳 (CO ₂)	55%	由於大量使用煤、石油、天然氣等化石燃料，全球的二氧化碳正以海年六十億噸的量增加中。
氟氯碳化物 (Chlorofluorocarbons , CFCs)	約 24%	目前增加的速率最高。如使用在冷氣機、電冰箱的冷媒、電子零件清潔劑、噴霧劑、滅火器等，都含有 CFCs 的作用，同時此類化合物也是破壞臭氧層的禍首。
甲烷 (CH ₄)	約 15%	產生自發酵與腐化的變更過程，主要來自牲畜、水田及掩埋場的排放。
氧化亞氮 (N ₂ O)	約 6%	係由燃燒化石燃料、微生物及化學原料分解所排放。
臭氧 (O ₃)		來自地面污染,如汽、機車、發電廠、煉油廠所排放的氮氧化合物，經光化學作用而產生臭氧。

資料來源：[21]

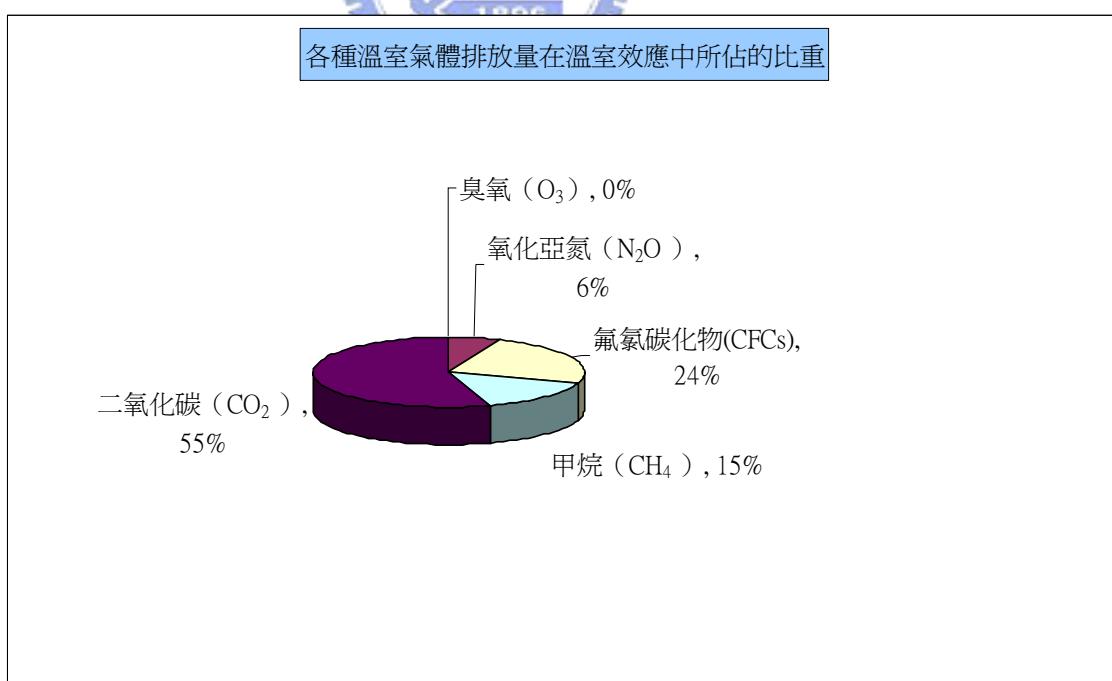


圖 3：各種溫室氣體排放量在溫室效應中所佔的比重

資料來源：[21]

由表 6 及圖 3 中可看出二氧化碳為溫室效應中溫室氣體排放量所佔比重最高

的氣體，所以在研討溫室氣體濃體的降低工作時，以二氧化碳（CO₂）為優先考量之目標。

2.3 國內的能源有關CO₂排放量統計與分析

隨著 IPCC 國家溫室氣體清冊指南及能源平衡表的更新，我國自1993 年起每年更新統計我國能源有關CO₂ 排放量。本次統計資料包括：(1)部門方法統計1990 至2009 年能源消費部門別CO₂ 排放量；(2)參考方法統計1990 至2009 年初級能源總供給CO₂排放量 [5]。各統計資料整理如下：

一、部門方法統計結果

我國 1990 年按部門方法計算之燃料燃燒CO₂總排放量為110,851千公噸，2000 年為215,488 千公噸，2007 年成長至262,787 千公噸，但2008 年減少至252,042 千公噸CO₂，而2009 年更減少至239,615千公噸CO₂。1990 至2009 年年平均成長率為4.1%，但自從2008 年較2007 年減少10,745 千公噸，即降低4.09%，首度呈現減少趨勢；至2009 年更較2008 年減少12,427 千公噸，進一步降低4.93%。

近兩年排放量降低趨勢，可歸因於2008 年之金融風暴導致產業活動降低，雖然2009 年各主要業別能源消費亦隨景氣復甦逐漸回升，但因政府自2008 年持續推動節能措施，能源消費維持負成長所致。1990 至2009 年間，以年度成長率來看，2000 年之10.29%為最高，其次為1991 年之8.2%，又正成長率部分以2007 年1.36%為最低。依主計處資料計算，1990 年人均排放量約5.5 公噸CO₂/人、2000年為9.7 公噸CO₂/人、2007 年為11.5 公噸CO₂/人，2008 年降為11.0公噸CO₂/人，2009 年更降為10.4 公噸CO₂/人。1991 至2009 年間人均排放量年平均成長率約為3.4%，但其中2009 年較2008 年減少5.2%。另CO₂ 排放密集度(即每單位GDP 之CO₂ 排放)，1990 為0.0207 公斤，2000 年為0.0214 公斤，2007 年為0.0203 公斤，2008 年降為0.0193 公斤，2009 年更降為0.0187 公斤，各年度排放量及相關指標如圖4所示 [5]。

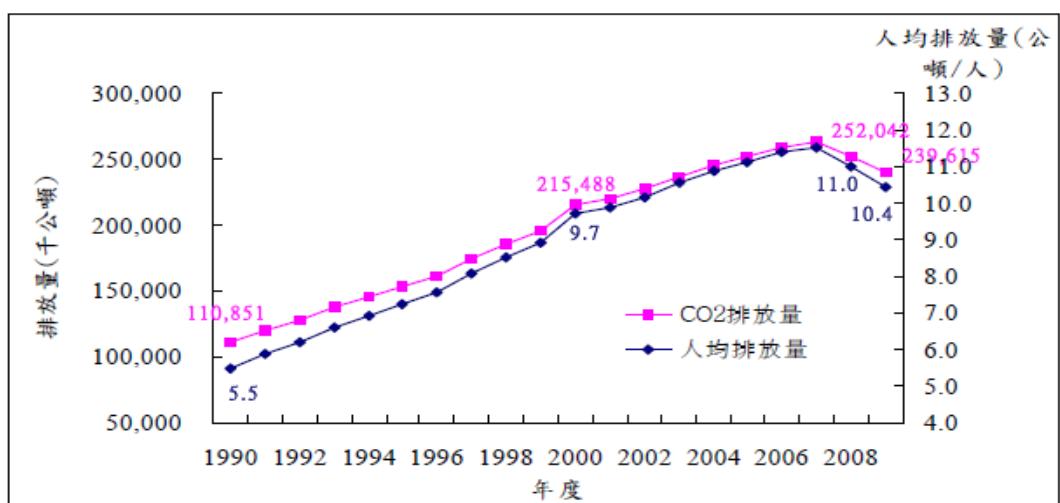


圖 4：燃料燃燒CO₂總排放量與人均排放趨勢圖

資料來源：[5]

就各部門之 CO₂ 排放量分析(不包括電力消費排放)，按能源、工業、運輸、住宅、服務業及農業等部門進行分類，在各部門不包括電力消費排放之下，各部門排放量、排放成長率及排放趨勢，分別如圖5所示。就各部門 2009 年排放狀況比較，能源部門之CO₂ 排放為158,011千公噸(占總排放的65.9%)，較2008 年(167,410 千公噸)減少5.6%。工業為38,093 千公噸(占總排放的15.9%)，較2008 年(41,086 千公噸)減少7.3%。運輸為33,447 千公噸(占總排放的14.0%)，則較2008 年(33,103 千公噸)成長1.0%。住宅為4,957 千公噸(占總排放的2.1%)，較2008 年(4,997 千公噸)減少0.8%。服務業為4,112 千公噸(占總排放的1.7%)，較2008 年(4,090 千公噸)成長0.5%。農業為994 千公噸(占總排放的0.4%)，較2008 年減少26.7%。2009 年各部門排放狀況分析，能源部門下降主要係因含碳能源(火力發電)占比減少，無碳能源(主要為核能)占比增加所致；其中火力發電占比減少係因機組調度及燃氣發電占比增加的影響；而核能發電占比增加主要是因為容量因素增加及小功率提升計畫所致。1990 年至2009 年整體年平均CO₂ 排放成長率為4.1%，至於各部門之年平均成長率依序為能源部門之5.9%、運輸3.2%、服務業1.8%、工業1.5%及住宅0.9%，而農業則減少-3.4 %。[5]

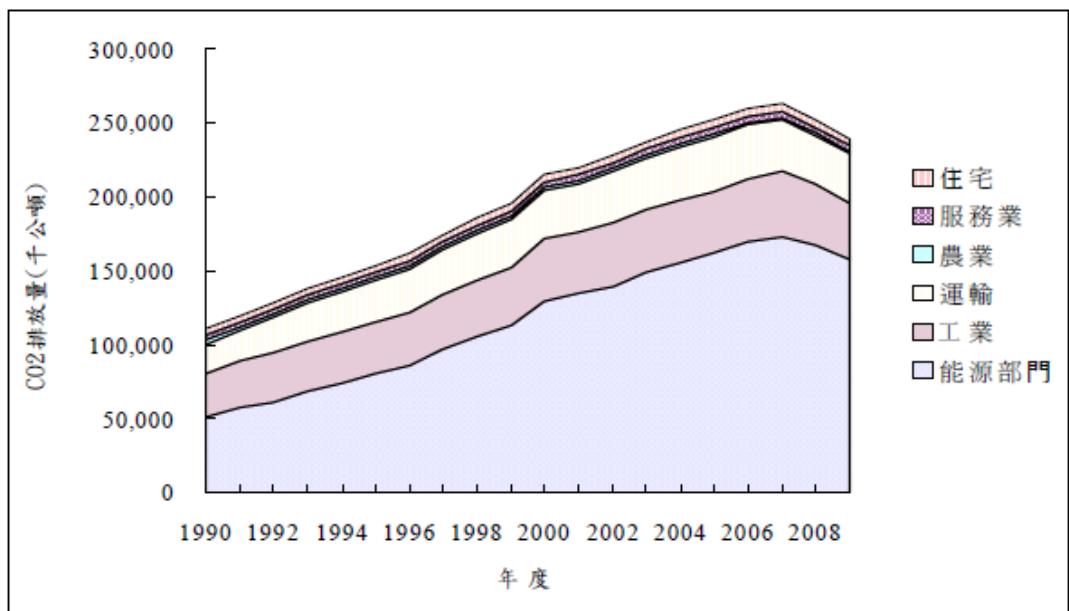


圖 5：各部門燃料燃燒CO₂排放量趨勢(各部門不包括電力消費排放)
資料來源：[5]

以部門方法統計各部門包含電力消費CO₂ 排放結果，其排放量與排放趨勢如圖6所示。2009 年工業排放110,546 千公噸，占燃料燃燒總排放的46.1%為最高，其次為服務業33,956 千公噸占14.2%，運輸為34,182 千公噸占14.3%，住宅為33,403 千公噸占13.9%，能源部門24,829 千公噸占10.4%，農業排放2,699 千公噸占1.1%為最低。工業部門因電機電子業、鋼鐵業能源消費2009 年存貨去化加速，產能逐漸增加，加上2009 年下半年後中國大陸、歐美及新興市場景氣回溫，對產品需求上揚，有效提振產品之增產動能，逐漸抵銷上半年金融風暴景氣急凍之影響，但全年能

源消費仍呈衰退趨勢；化學材料製造業在景氣復甦帶動石化產品需求下，能源消費僅小幅成長，總排放量仍較2008年減少。2009年與2008年各部門之CO₂排放量比較，工業減少7.6%，服務業減少4.1%，住宅減少0.7%，能源減少5.9%，農業減少13.0%，運輸則增加1.0%。[5]

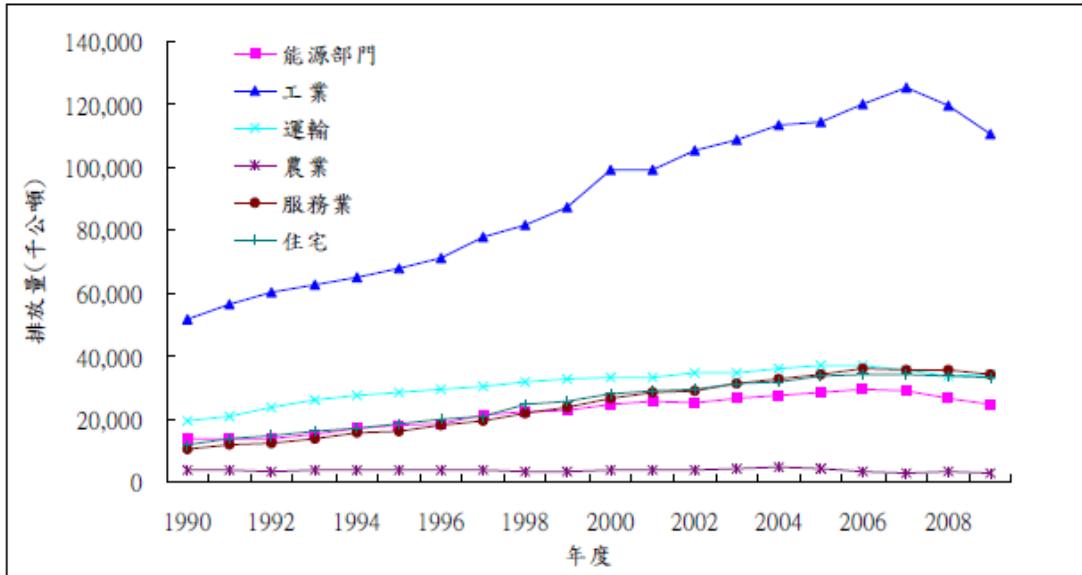


圖 6：各部門燃料燃燒CO₂排放量趨勢(各部門包括電力消費排放)

資料來源：[5]

二、參考方法統計結果

以參考方法計算我國能源燃燒之CO₂排放，由表7及圖7可知，1990年之CO₂排放量為111,379千公噸，2000年為220,619千公噸，2009年為244,123千公噸CO₂。1990年至2009年年平均成長率為4.2%，而其中2008年比2007年減少5.5%，2009年又比2008年減少4.1%。依照燃料型態進行分類，源自固體燃料燃燒的CO₂排放，由1990年的43,824千公噸CO₂，增加至2009年的150,338千公噸CO₂，年平均成長率為6.5%。來自液體燃料燃燒的排放，由1990年的64,625千公噸CO₂，增加至2009年的67,691千公噸CO₂，年平均成長率為0.6%。來自氣體燃料燃燒的排放，由1990年的2,931千公噸CO₂成長至2009年的26,094千公噸CO₂，年平均成長率為16.1%。三種燃料型態之CO₂排放占比，固體燃料CO₂排放由1990年的39.3%成長至2009年的61.6%，液體燃料CO₂排放由1990年的58.0%降至2009年的27.7%，氣體燃料CO₂排放由1990年的2.6%成長至2009年的10.67%。[5]

表 7：燃料燃燒CO₂排放量—參考方法

單位：千公噸CO₂

年別	固體燃料	液體燃料	氣體燃料	總計(千公噸)	成長率(%)
1990	43,824	64,625	2,931	111,379	3.2%
1991	47,752	68,011	5,233	120,996	8.6%
1992	56,557	68,018	5,304	129,879	7.3%
1993	62,024	73,885	5,156	141,066	8.6%
1994	64,580	76,068	7,031	147,679	4.7%
1995	66,918	80,556	7,451	154,926	4.9%
1996	76,112	79,889	7,844	163,845	5.8%
1997	87,244	81,541	9,084	177,869	8.6%
1998	95,594	84,612	11,553	191,759	7.8%
1999	100,081	88,408	11,503	199,991	4.3%
2000	118,506	89,089	13,025	220,619	10.3%
2001	125,374	84,385	14,491	224,249	1.6%
2002	135,285	82,843	16,492	234,621	4.6%
2003	142,802	80,732	16,738	240,271	2.4%
2004	146,638	86,009	18,637	251,283	4.6%
2005	149,582	84,714	20,905	255,202	1.6%
2006	156,904	84,427	21,652	262,982	3.0%
2007	163,915	81,988	23,525	269,428	2.5%
2008	157,817	71,405	25,448	254,670	-5.5%
2009	150,338	67,691	26,094	244,123	-4.1%

資料來源：[5]

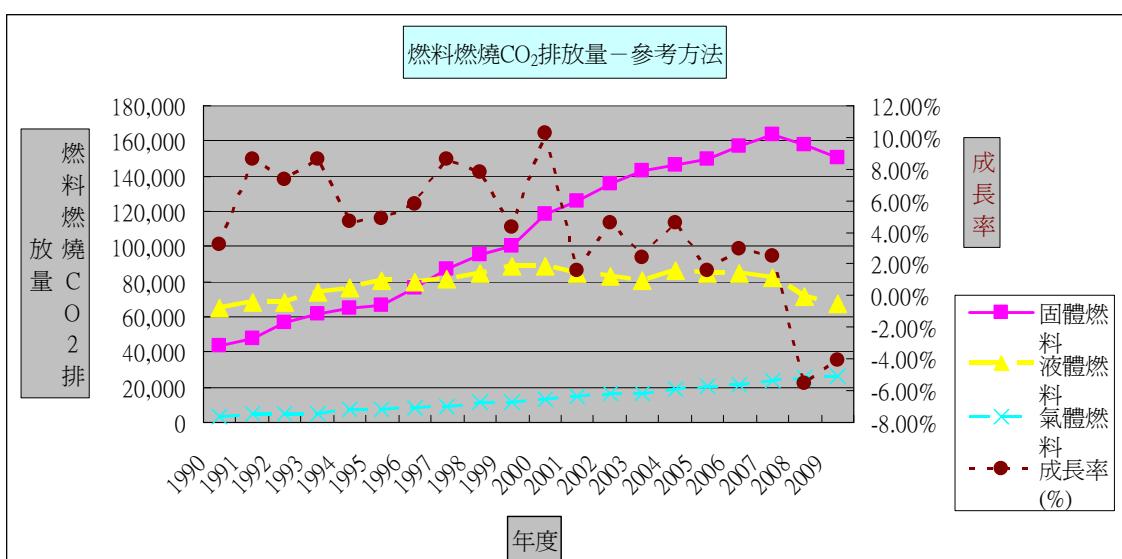


圖 7：燃料燃燒CO₂排放量—參考方法

資料來源：[5]

2.4 電力消耗對CO₂排放量之轉換

由台灣電力公司網站取得 94~98年我國CO₂電力排放係數，將其匯整成各年度所公告之我國CO₂電力排放係數如表8。[6]

表 8：我國各年度之CO₂電力排放係數表

年度	經濟部能源局網站公佈之我國CO ₂ 電力排放係數	經換算每秒消耗1W電力所排放的CO ₂
94	0.62公斤 CO _{2e} /度	0.172 mg
95	0.638公斤CO _{2e} /度	0.177 mg
96	0.637公斤CO _{2e} /度	0.176 mg
97	0.636公斤CO _{2e} /度	0.176 mg
98	0.623公斤CO _{2e} /度	0.173 mg

資料來源：[6]

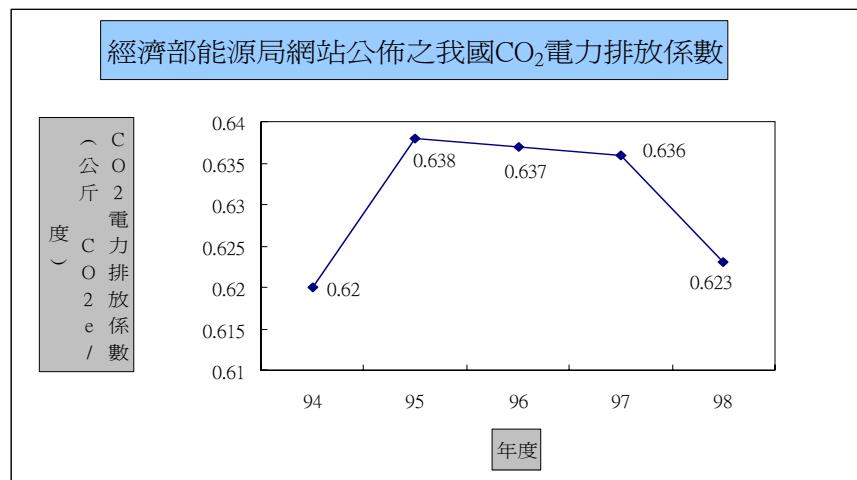


圖 8：我國各年度之CO₂電力排放係數表

資料來源：[6]

依據經濟部能源局公告之 98 年電力排放係數計算公式：[6]

$$\begin{aligned}
 \text{總GHG排放量} &= \text{綜合電業GHG排放量} - \text{扣廠用電量之GHG排放量} \\
 &+ \sum \text{民營電廠GHG排放量} - \text{扣除廠用電量之GHG排放量} \\
 &+ \sum \text{汽電共生業GHG排放量} - \text{扣廠用及自用電量之GHG排放量} \\
 &- \text{線損之GHG排放量}
 \end{aligned}$$

$$\text{年度電力排放係數} = \text{總 GHG 排放量} / \text{總銷售電量} \quad (2-1)$$

依台電公司對電能量計費方式之定義：

$$1\text{度電} = 1\text{千瓦}\cdot\text{小時}(\text{kw}\cdot\text{hr})$$

$$= 1000\text{瓦}(\text{W}) * 1\text{小時}(\text{hr}) = 1000\text{W}(\text{瓦}) * 3600\text{sec}(\text{秒})$$

由上式得消耗電量為：每秒1W所消耗之電力=1/3600000 度電

依CO₂電力排放係數得轉換公式為
每秒消耗 1W 電力所排放的CO₂=1/3600000* CO₂電力排放係數

本計算公式(2-1)適用範圍：於溫室氣體盤查或排放量化作業，計算所有因購買、使用電力所需間接承擔之溫室氣體排放量之各種用途均屬之。

各年度公告係數之調整項目說明如下：

1. 94 年度電力排放係數相關說明：

(1) 為保留未來與國際做法接軌之彈性，此計算結果「0.62 公斤CO_{2e}/度」尚為本局委辦計畫於國際資訊未及完備下之初步研究結果，僅限於研究參考使用，未來將視國際接軌之完整考量後予以更新修正。[6]

2. 95 年度電力排放係數相關說明：

(1) 採用 IPCC 2006 年版之排放係數，計修正碳轉化因數及一般事業廢棄物之排放係數數值。

(2) 修正垃圾焚化廠溫室氣體排放量計算方式，依熱平衡原則調整為 80% 廢棄物燃燒產生之溫室氣體由電力分擔。

(3) 依上述調整項目計算 94 年排放係數為 0.632 公斤CO_{2e}/度，95 年排放係數較 94 年成長 0.9%，主要係因燃煤發電比重增加、核能發電比重降低致使發電燃料結構的改變。[6]

3. 96 年度電力排放係數相關說明：

(1) 95 年排放係數為 0.638 公斤CO_{2e}/度，96 年排放係數較 95 年下降 0.15%，主要係因燃煤及燃油發電比重微幅降低致使發電燃料結構的改變。

(2) 我國電力排放係數計算將線損之 GHG 排放量予以扣除，考量本係數為提供能源部門以外之消費端使用，而線損為供應端之輸配電系統所產生，爰宜由供應端承擔，對消費端較公平合理。[6]

3.97 年度電力排放係數相關說明：

(1) 96 年排放係數為 0.637 公斤CO_{2e}/度，97 年排放係數較 96 年下降 0.16%，主要係因燃氣發電比重提高致使發電燃料結構的改變。

(2) 我國電力排放係數計算將線損之 GHG 排放量予以扣除，考量本係數為提供能源部門以外之消費端使用，而線損為供應端之輸配電系統所產生，爰宜由供應端承擔，對消費端較公平合理。[6]

4. 98 年度電力排放係數相關說明：

(1) 97 年排放係數為 0.636 公斤CO_{2e}/度，98 年排放係數較 97 年下降主要係因含碳能源（火力發電）占比減少，無碳能源（主要為核能）占比增加所致；其中火力發電占比減少係因機組調度及燃氣發電占比增加的影響；而核能發電占比增加主要是因為容量因素增加及小功率提升計畫所致。

(2) 我國電力排放係數計算將線損之 GHG 排放量予以扣除，考量本係數為提供能源部門以外之消費端使用，而線損為供應端之輸配電系統所產生，爰宜由供應端承擔，對消費端較公平合理。[6]

2.5 應用程式與硬體設備之間的關聯

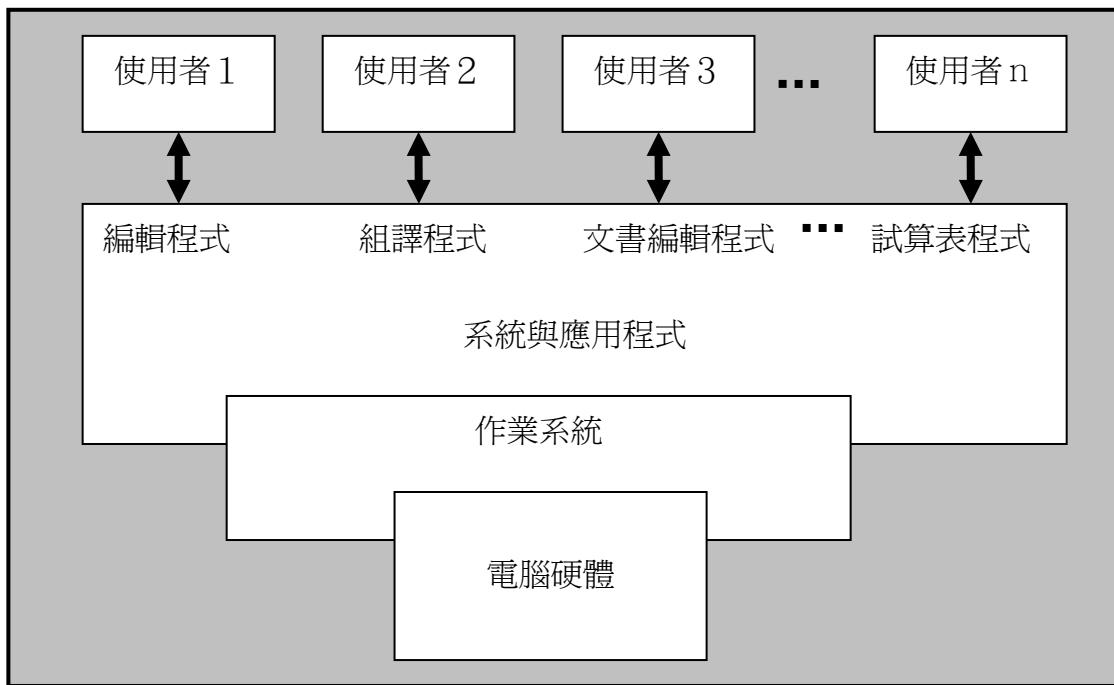


圖 9：作業系統中軟體與硬體之界面圖

資料來源：[7]

電腦系統的組成大致上可分成四個單元：硬體(Hardware)、作業系統、應用程式(application program)及使用者(user)。其中硬體包含了CPU、記憶體 Memory、I/O 裝置等，提供了基本的運算所需的資源，應用程式如文書處理式、試算表、編譯器和網頁瀏覽器等藉著有效運用硬體資源，來解決使用者的問題。而作業系統則控制和協調硬體資源，提供各個使用者的應用程式使用。以使電腦在執行應用程式時能正確地使用硬體資源[7]。由圖 9 中可見應用程式要使用硬體資源，需經由作業系統居間協調與調配；所以在不同作業系統中，同樣的程式所獲得的硬體效能也有所不同。所以本研究著重各項應用軟體的耗電量，採用不同電腦機型搭配相同業系統，將作業系統對本研究的影響降至最小。[7]

由圖 10 可看到各種 I/O 裝置與核心之間的聯繫得靠各裝置驅動程式及 I/O 核心子系統，其目的是提供 I/O 裝置標準化與統一化的介面，將 I/O 裝置的相異處封裝在裝置驅動器核心模組中，在系統內部為每種裝置量身訂做，外觀却為標準介面。裝置驅動器層的目的是在於將各裝置控制器間之相異點隱藏起來，不讓核心的 I/O 子系統觸及，正如 I/O 系統呼叫將裝置行為以少量且一般性的類別包裝起來，以達到隱藏應用程式與硬體相異點的目的。將 I/O 子系統獨立於硬體之外，可簡化作業系統發展者的工作，它亦有利於硬體發展者，他們不但可以設計與既存主機控制器介面相容的新裝置，還可以撰寫能安裝於廣受歡迎之作業系統上的裝置驅動程式，以驅動新硬體。[7]

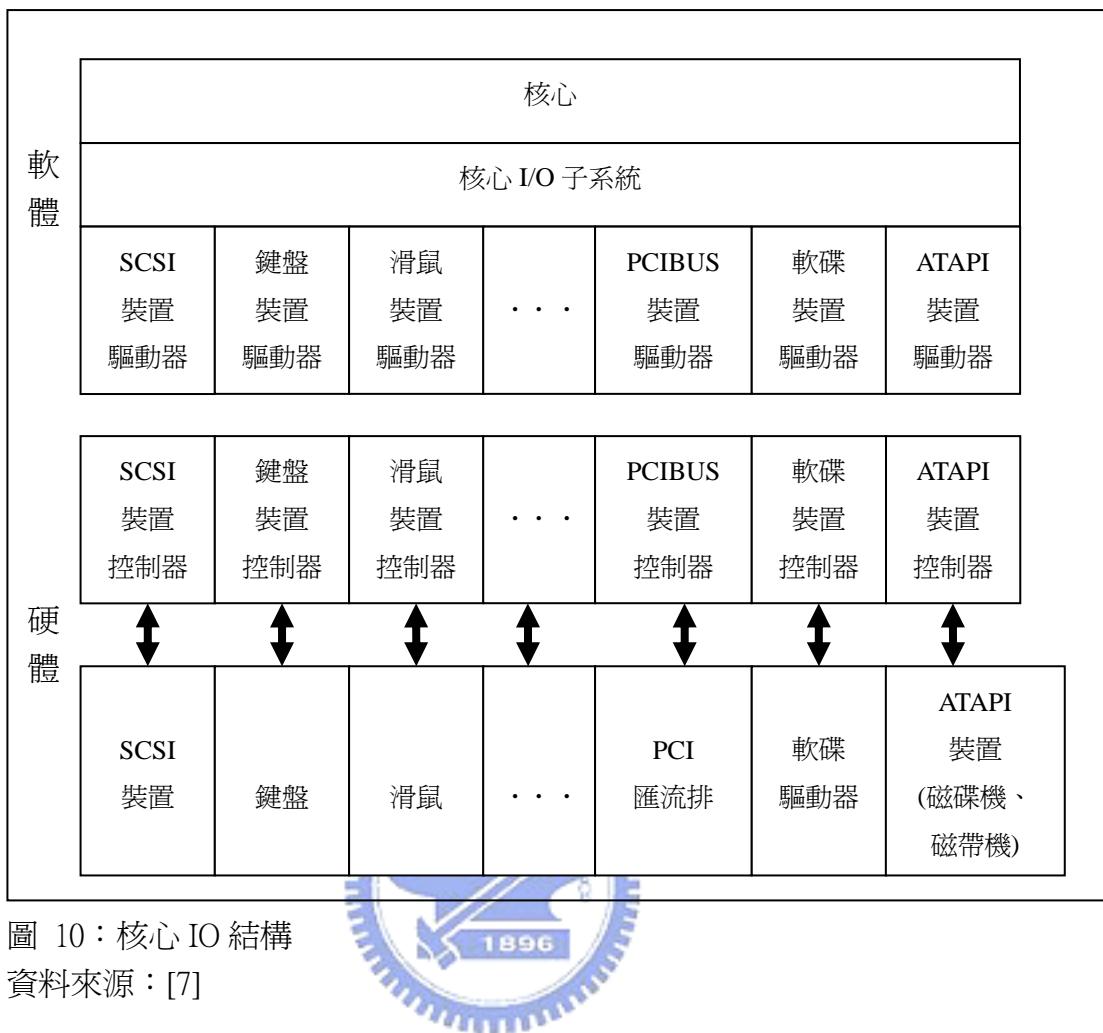


圖 10：核心 IO 結構

資料來源：[7]

2.6 電腦在運行時的狀態

電腦在運行時會處於幾種狀態：

1. 全機運作狀態

在使用者操作系統過程中，整部電腦處於運作狀態，此時所有設備零件均在工作中，整體耗電量是最大的，尤其是光碟機、硬碟機等具有馬達運轉的設備，在其全速運轉期間，耗電量是最大的。而 CPU 在全速運作中會產生熱量，為了充分地散熱以維持電腦的正常運作，CPU 風扇，機殼風扇會全速運轉以增加排熱量；這些都是電腦耗電量的主因。[8]

2. 待機狀態

電腦預設為經過一段時間都沒有接到使用者的操作訊息時，電腦認定使用者暫時離開操作，為了節省電能，所以會自動將現在所處理中的軟體環境及處理中的資料先行複製至硬碟中暫存區儲存，再將螢幕、硬碟機、CPU、風扇等耗電量大的設備暫時停止運作，藉以降低電腦耗電量。但在待機狀態中，為了要監控使用者是否已回來操作電腦，會保留鍵盤及滑鼠等輸入介面，此時使用者可透過鍵盤或滑鼠等輸入設備來喚醒電腦，CPU

在收到使用者操作訊息，便會先啓動 CPU、風扇、硬碟機、螢幕，再將原先儲存在硬碟中暫存區的資料回存至系統記憶體中，以便讓電腦回復待機前的狀態讓使用者繼續先前未完成的工作。[8]

3. 休眠狀態

電腦進入待機狀態後再經過一段預設時間仍沒有收到使用者的操作訊息時，電腦認定使用者不會馬上回來操作系統，便會進入休眠狀態。休眠狀態是由待機狀態轉入的，所以相關使用者的資料均已備存在硬碟暫存區中，此時便將整組電腦硬體設備電源關閉，僅留下主機板上電源；以便偵測使用者按下電源(POWER)開關或鍵盤上的 POWER 按鍵，透過暖開機流程再次啓動電腦系統硬體。以達到最低耗電量的目的。在休眠狀態中，部份應用軟體所執行的工作會直接中斷，以減少暫存區的儲存容量，所以進入休眠狀態的電腦，在喚醒時會有無法回復所有原本使用中的狀態。[8]

2.7 再生能源的發展

再生能源指的是來源無所匱乏的能源，要讓人類能在地球上永續發展，再生能源是必須的。然而單單使用再生能源並不保證能夠永續生存，這是因為再生能源會仍會產生污染或是製造廢棄物(例如太陽能電池中所使用的重金屬)，只有當再生能源所產生的廢棄物能被處理時我們才真的能夠永續生存。目前，人們所使用的再生能源技術包括太陽能、風能、地熱能、水力能、潮汐能、海洋熱能轉換、生質能。[9、10]

1. 太陽能

太陽能即是地球接收自太陽之輻射能，其直接或間接的提供地球上絕大部份之能量。太陽所傳到地球的總能量(到達上大氣層之總量)達 0.17×10^{18} W 之輻射量，因受到吸收、散射及反射等作用，其中大約 35% 被反射回太空去，18% 被大氣層所吸收，47% 到達地面，又其中 70% 是照射在海洋上。假設每人平均需要 103W，則一百億人才不過是需要 10^{13} W，因此只要將抵達地表太陽能的百分之一轉換成可用的能量，則滿足全球能源需求已是綽綽有餘。但是太陽能在先天上也有它的缺點：

- (1) 能量密度低，它是「稀薄的」(diluted)能源，需要廣闊面積才能收集到足夠人類使用的能量。
- (2) 太陽能是「間歇性的」能源，無法連續不斷地供應隨日夜、季節、氣候而變化，應用不易。因此太陽能必須加以儲存，以供夜晚或多雲日子使用，故有時需要其他種輔助之能源設備配合使用。[9、10]

其中前著由於技術的進步及材料改良，已能解決，而後者則靠能源儲存及配合其他能源應用來克服其困難。[9、10]

太陽能熱水系統

太陽能熱水系統是利用太陽能集熱器，收集太陽輻射能把水加熱的一種裝置，是目前太陽熱能應用發展中最具經濟價值、技術最成熟且已商業化的一項應

用產品，其應用範圍廣泛，包括：工業製程用水預熱和家庭、宿舍、旅館、醫院、餐廳、游泳池等的熱水使用。[9]

2. 風力

人類利用風能的歷史很早。遠在西元前，即已 發明利用風力轉動風車的裝置，而在十八、九世紀曾盛及一時。工業革命後，因石油、煤等 大量開採及電力的普及而逐漸沒落。近年來，能源危機逐漸凸顯，於是風力能又再度受到重視，歐美先進國家無不積極研究與利用。尤其科技進步，現代風力機與已往的風車，無論是性能、構造及發電效益上均有長足的進步。[9、10]

3. 水力

水力係目前唯一已被人類大量開發利用之再生能源。水力發電技術簡單而且完備，許多國家於水力發電之基礎工業，諸如水輪機、閥、水閘、發電機和相關電力設備等之製造，均已非常完善。水力開發對環境之衝擊較小，除了提供廉價電力外，且有下列之優點：管制洪水氾濫；提供灌溉用水；利於河流航運；提供尖峰時段電力調度。[9]

太陽能使大量海水蒸發，蒸發 1 公克之水約需 600 卡之能量，約有 4×10^{16} 瓦太陽能（佔全部之 23% ）用於此蒸發工作。蒸發後水進入大氣中形成雲層，然後形成雨水落下地面，陸地上雨水具有位能，位能即等於水之重量與海拔高度之乘積，即利用具有位能之水產生機械動力或電力。將雨水聚集於水壩之內，利用水位落差之能量帶動渦輪機或發電機而產生電力。[9]

4. 地熱能

多年來，人類對火山(volcanoes)、間歇泉(geysers)、噴氣孔(fumaroles)、溫泉和沸泥池(pools of boiling mud)等感到既新奇又恐懼，而這些景象散佈於世界各地，且大多發生在多地震地帶。地球內部情況全賴間接知識獲得，地球常視為由五個同心層所組成，首先，大氣層環繞著地球，然後是地殼(crust)，其後依次為地函(mantle)、液態地核(liquid core)和內部地核(inner core)。[9]

地熱能主要來自地球內部放射性元素衰變所釋出之能量，和儲存於地核熔岩之大量熱能，其依賴岩石之導熱性或藉助熔岩與水之向上移動而傳導至地球表面。地熱能之數量異常龐大，依粗略推算，地球之總熱含量約有 3×10^{27} 仟卡。開發技術上，吾人能經濟有效利用者，僅為地殼底下數公里深之熱源。地殼內之地熱能，主要儲存於岩石本身，而少部分則儲存在岩石孔隙(pores)或裂隙(fractures)之水中。地熱能乃一低能量密度之能源，必須經由大量岩石集取。目前，水是地熱能之主要輸送媒介。[9]

5. 潮汐能

將地球直徑與地球-太陽或地球-月球之距離相較顯然是微不足道，但是太陽或月球對地球各地之作用力(引力)略有差異。真實月球引力和平均引力之差值稱為干擾力(disturbing force)，干擾力之水準分量迫使海水移向地球-月球連線並產生

水峰。對應於高潮(high tide)之水峰，每隔 24 小時又 50 分鐘(即月繞地球一週所需時間)發生兩次，亦即月球每隔 12 小時又 25 分鐘即導致海水漲潮一次，此種漲潮稱為半天潮(semidiurnal tides)。潮汐導致海水平面之升高與降低呈週期性。每一月份滿月和新月的時候，太陽、地球和月球三者排列成一直線。此時由於太陽和月球累加之引力作用，使得產生之潮汐較平時為高，此種潮汐稱為春潮(Spring tides)。當地球-月球和地球-太陽連線成一直角，則引力相互抵消，因此而產生之潮汐較低，是為小潮(Neap tide)。[9、10]

各地之平均潮距不同，如某些地區之海岸線會導致共振作用而增強潮距，而其他地區海岸線卻會減低潮距。影響潮距之另一因素科氏力(Coriolis force)，其源自流體流動之角動量守恆。若洋流在北半球往北流動，其移動接近地球轉軸，故角速度增大，因此，洋流會偏向東方流動，亦即東部海岸之海水較高；同樣地，若北半球洋流流向南方，則西部海岸之海水較高。[9、10]

6. 壓電感測器

壓電感測器由壓電材料和封裝材料組成。“壓電”的意思是當對負載施加一個力時，感測器將會產生同施加力成比例的電荷。天然石英晶體是非常理想的壓電材料，但現在石英晶體可以在高溫高壓下進行人工合成。其他壓電材料也有不同的特殊應用。石英晶體在感測器內不同的排列將會產生不同的效果。這個效果可以通過石英晶體的不同切型來獲得。[11]

壓電效應可分為正壓電效應和逆壓電效應。

正壓電效應是指：當晶體受到某固定方向外力的作用時，內部就產生電極化現象，同時在某兩個表面上產生符號相反的電荷；當外力撤去後，晶體又恢復到不帶電的狀態；當外力作用方向改變時，電荷的極性也隨之改變；晶體受力所產生的電荷量與外力的大小成正比。壓電式傳感器大多是利用正壓電效應製成的。

逆壓電效應是指對晶體施加交變電場引起晶體機械變形的現象，又稱電致伸縮效應。用逆壓電效應製造的變送器可用於電聲和超聲工程。壓電敏感元件的受力變形有厚度變形型、長度變形型、體積變形型、厚度切變型、平面切變型 5 種基本形式。壓電晶體是各向異性的，並非所有晶體都能在這 5 種狀態下產生壓電效應。例如石英晶體就沒有體積變形壓電效應，但具有良好的厚度變形和長度變形壓電效應。[11]

7. 日本走路發電，乘客走過就能發電，日車站實驗「發電地板」

如果車站的地板也能發電，那應該會省不少電，日本國鐵「東日本」公司將在東京站進行「發電地板」實驗，希望能將乘客走過地板時所產生的能量，化為電力，開發「綠色能源」。日本國鐵公司表示，他們的「發電地板」，其實是把旅客進站之前的地板下，舖上一種特殊裝置，這種裝置能夠把旅客進站時所產生的振動，轉成能源儲藏起來，成為電力，提供車站使用。這是日本國鐵公司繼 2006 年秋天之後，第二次實驗「發電地板」，日本國鐵公司表示，希望能不斷提升發電效率，能真正有效地把這些能源，轉化給車站使用。[12][13]

三、研究方法

3.1 應用程式消耗電能研究方法

本研究著眼於一般使用者在使用電腦執行各項常用應用程式時，所消耗的電能為主要目標，以便在遇到電源不足時能適時找到替代能源完成既定工作，避免發生有電腦沒電無法完成工作之窘境。本研究主要是透過觀察量測法，實地記錄電腦系統在各種狀態中，及執行各類應用程式時所需的電能，如表 9。

一開始用瓦時計來量測，但在測量時發現，因為電腦耗電量太低，造成瓦時計完全不動，再試另一個規格之瓦時計，仍無法確實記錄。最後找到變電家－電源監測器，因其量測靈敏度較高，所以才能完成本研究之各項數據之量測。

本研究設計量測記錄電腦在執行各種應用程式時所消耗的電量，以做為日後開發替代能源的數據，原本計劃是以各種狀態量測 1 小時為基準來記錄耗電量。但實地量測後發現有時候因電腦的耗電量太低，無法啟動瓦時計計數最小值(0.01 度)，所以將實驗方法改為以讓瓦時計累計到 0.01 度的時間來記錄，例如休眠狀態，最後發現需持續量測到 2 至 3 小時才看到 0.01 度的數據。也有些實驗項目因耗電量大，所以不到 1 小時便消耗 0.01 度電量，所以實驗出來的數據便詳列各項實驗之時間及累計耗電量。

經比較各實驗記錄後，發現只記錄消耗 0.01 度電量的時間，看不出各項實驗間的差異性，為求實驗數據的可信度；將實驗的記錄數據改為從 0.01 度到 0.10 度之間，在做完所有目後發現到 0.03 度以後量測到各電量花費時間的變化量均等故本記錄表以 0.06 度，目的是要找到各實驗項目的時間穩定變化值。

另在電腦進入休眠狀態後，消耗電流值為 0.02A，消耗電能為 2WATT，量到消耗 0.01 度電時花費 159 分鐘(其中包含電腦開機，待機到進入休眠)，量到 0.02 度電時累積花費 460 分鐘(全程休眠)，在休眠期間電腦消耗電能的變化不多，所以未再量測下去。

在做休眠狀態量測時，量到 0.01 度中包含開機、進入系統、待機、進入休眠，當進入休眠時量得消耗功為 2 WATT，觀察到電腦主機的各項燈號，發現電腦在進入待機狀態及休眠狀態時仍會定時啟動硬碟運轉，但因螢幕未啟動，僅看到硬碟指示燈顯示有存取動作，也可聽到硬碟存取的聲音，此時耗電量會上升到 20 WATT，動作時間約 2 分鐘，屬於瞬間值，而且屬於週期性動作，對耗電量的時間累積值影響不大。

表 9：量測電腦在執行各種應用程式時所消耗的電量記錄表範本

實驗一不加電池, wlan off, 待機, 休眠								
No	工作	電壓(V)	111	電流 I(A)	消耗電能 (W)	累計時間(min)	時間(min)	耗電量 (W-min)
		A	C	D	E	F=C*E	G	H=G/(1000*60)
1	通電	0.02	2	0	0	0	0	0
2	開機	0.47	24	1	1	24	24	0.0004
3	進入 OS	0.45	24	2	1	24	48	0.0008
4	LCD OFF	0.36	20	13	11	220	268	0.0045
5	待機	1.13	7	21	8	56	324	0.0054
6	休眠	0.02	2	159	138	276	600	0.01
7	休眠	0.02	2	460	301	602	1202	0.02

3.2 各類型應用程式消耗電能量測案研擬

依使用者對電腦的使用習慣，針將日常使用的應用軟體及所需的電腦硬體，擬訂出下列的測試項目如表 10。

表 10：針將日常使用的應用軟體，擬訂出實驗測試項目表

分類	編號	測試項目	項目說明，(不加電池, WLAN ON 時強度 100%,54Mbps)
待機	1	休眠狀態	wlan off, 待機，進入休眠狀態
待機	2	待機狀態	wlan off, 待機，未進入休眠狀態
待機	3	待機狀態， 啓動 wlan	wlan on 100% 54Mbps，待機，未進入休眠狀態
資料處理軟體	4	PPT	wlan off, MS PowerPoint 2007 ,內含 52 頁圖文,換頁音效,自動換頁，每頁間隔 30sec, 音量 100%，內建喇叭
資料處理軟體	5	WORD	wlan off, MS WORD 2007 純文字內容
資料處理軟體	6	EXCEL	wlan off, MS EXCEL 2007 純文字內容
影音	7	MP3_1	wlan off, MP3，音量 100%，外接耳機
影音	8	MP3_2	wlan off, MP3，音量 50%，內建喇叭
影音	9	DVD	wlan off，外接式 dvd ,看 dvd 光碟影片,用軟體 POWER DVD 6,音量 100%
網路	10	FTP	wlan on ,FTP(交大 FTP SERVER)
網路影音	11	網路即時新聞	wlan on , hinet 網路影音即時新聞，電視台，音量 100%
網路影音	12	網路串流影片	wlan on , hinet adsl , kfsh , web mmv 長時間串流影音，音量 100%

各項目的出現時機說明如下：

- 1 · 待機狀態：依 MS-Windows 系統設計，當使用者未操作電腦時，只要閒置超過十分鐘，系統會自動進入待機狀態；當閒置超過二十分鐘，則會進入休眠狀態，所以本測試項目可分為進入休眠狀態及只待機未進入休眠狀態兩種項目。依 MS-Windows 系統預設是進入休眠狀態，目的是為了減少電力消耗，不需關閉電腦，當使用者返電腦工作時，只需經由滑鼠或鍵盤喚醒即可。另針對筆記型電腦的無線網路卡可以透過開關予以關閉，所以設計無線網路卡開啓及關閉兩種項目。
- 2 · 微軟套裝應用軟體(WORD、EXCEL、POWERPOINT)，針對現行目前大部分的使用者處理資料所需使用的軟體進行測量。依現行使用者安裝之 MS-OFFICE 2007 版本規劃。

3.3 各類型應用程式消耗電能量測模型建立

配合各項軟體所需硬體組件不同，其所消耗的電能也有所不同，以累積消耗電量所需花費時間為實驗之量測數據，以 0.01 度單位，量測每個單位消耗電能所花費的時間，記錄表如表 11 所示。藉以瞭解各應用軟體在累積單位消耗電能的時間差，以比較各種軟體對電能的需求量。

表 11：各類型應用程式消耗電能量測統計表

編號	測試項目	耗電量	0.01 度	0.02 度	0.03 度	0.04 度	0.05 度	0.06 度
		累積時間 (分)						
1	休眠狀態							
2	待機狀態							
3	待機狀態, 啓動 wlan							
4	PPT							
5	WORD							
6	EXCEL							
7	MP3_1							
8	MP3_2							
9	DVD							
10	FTP							
11	網路即時新聞							
12	網路串流影片							

3.4 消耗功率推算公式之建立

自表 11 中所列測試項目中，選擇二項測量過程中不較受人為因數影響之實驗項目，先依據實驗電腦機型之硬體規格，找出各項硬體之相關耗電資料；參考電腦執行各項軟體之環境，擬定消耗功率之推算公式。

測試基準電腦為筆記型電腦 Lenovo ThinkPad X61 加 SONY 外接式 DVD 光碟機，包含實驗用電腦設備共計 6 種類型，其硬體規格及耗電量整理如表 12，相關硬體資料可由各製造廠商網站尋獲。([14]-[19])

表 12：本實驗所用電腦設備之硬體耗電參數表

編號	類型	機型	CPU 型號	CP U 核心	CPU 頻率	CPU 消耗電量	CPU 電壓	顯示卡消耗功率	LCD 消耗功率	DVD 光碟機	電源供應器	輸入電源電力
1	筆記型電腦	Lenovo ThinkPad X61	Intel core 2 DUO T7100	2	1800 MHz	35 WATT	1.175 VOLT	13.5 WATT	4.7 WATT	外接式 10 WATT	65 WATT	75WA TT
2	筆記型電腦	ASUS PRO88 Q	Intel core 2 DUO T6500	2	2100 MHz	34.5 WATT	2.05 VOLT	17 WATT	5.3 WATT	10 WATT	65 WATT	65 WATT
3	筆記型電腦	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	2	2200 MHz	35 WATT	1.25 VOLT	13.5 WATT	6.0 WATT	10 WATT	90 WATT	90 WATT
4	精簡省電型筆記型電腦	ACER Aspire ONE	Intel atom core 1 N270	1	1600 MHz	2.5 WATT	1.15 VOLT	6 WATT	3.3 WATT	外接式 10 WATT	30 WATT	40WA TT
5	精簡省電型筆記型電腦	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom core 1 N270	1	1600 MHz	2.5 WATT	1.15 VOLT	6 WATT	3.3 WATT	外接式 10 WATT	40 WATT	50WA TT
6	桌上型電腦	DELL 745	Intel core 2 DUO E6300	2	1866 MHz	65 WATT	1.325 VOLT	外接式 30WATT	52 WATT	10 WATT	280 WATT	310 WATT
7	桌上型電腦	ASUS D770	INTEL core 2 QUA RD Q9400	4	2666 MHz	95 WATT	1.3625 VOLT	外接式 30WATT	34 WATT	10 WATT	300 WATT	330 WATT

資料來源：[14]-[19]

各項規格說明：

- 第 1 項 Lenovo ThinkPad X61 為筆記型電腦，其 DVD 光碟機為外接式，消耗電力為 10WATT，故總輸入電力為電源供應器電力加上 DVD 電源電力，本項目為整個研究中的基準機。
- 第 2 項 ASUS PRO88Q 及第 3 項 ASUS W7S 為筆記型電腦，無外加設備，故總輸入電力為電源供應器電力。
- 第 4 項 ACER Aspire ONE 及第 5 項 ASUS EeePC 1008HA 為精簡省電型筆記型電腦，其 DVD 光碟機為外接式，消耗電力為 10WATT，故總輸入電力為電源供應器電力加上 DVD 電源電力。
- 第 6 項 DELL 745 及第 7 項 ASUS D770 為桌上型電腦，其 LCD 螢幕為外接式，消耗電力為 30WATT，故總輸入電力為電源供應器電力加上 LCD 電源電力。
- 上表中所列各項數據均為廠商所列規格單中之數據，相關資料來源為各廠商網站。
- CPU 部分因為實驗內電腦均為 INTEL 製造，相關資料均可到 INTEL 網站找到細項規格。
- LCD 螢幕部分因筆記型電腦均為內建式螢幕，無法找到製造廠商相關資料，所以就以網路上所提供之 LCD 之規格表為依據整理而成。

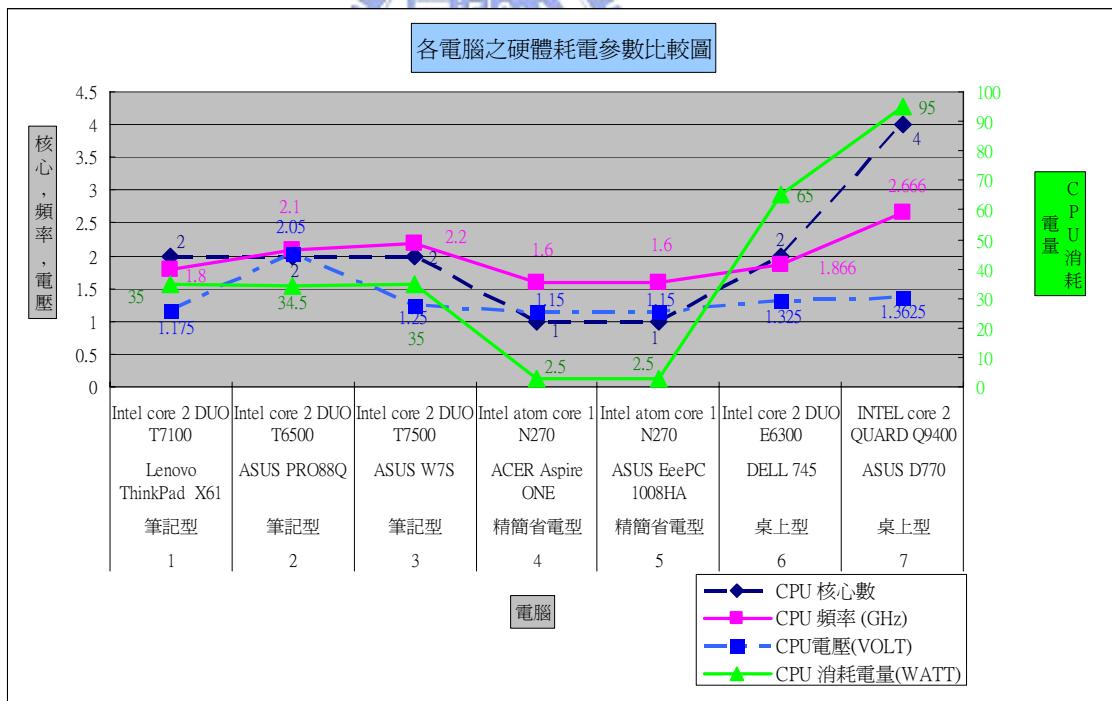


圖 11：各電腦之硬體耗電參數比較圖

在此推演出 3 個公式消耗功率推算公式，以透過樣本機之測量值為基準，進行推算各實驗機型電腦的消耗功率，再實際測量記錄測量值做比較，找出最適合的計算公式。

3.4.1 推算公式一

以電腦之電源供應器所提供的電能；納入 CPU 之相關參數，包含 CPU 工作頻率、消耗功率、工作電壓；再加入標準週邊設備顯示卡及螢幕之消耗功率。

功率比例係數：

$$R_P = X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER}$$

$$\text{推算消耗功率} : P_{FUN_OTHER} = P_{FUN_X61} \times R_P \quad (\text{式 3-4-1})$$

相關項次說明：

$$X_{f_CPU} = \frac{f_{CPU_OTHER}}{f_{CPU_X61}} : \text{目標機與 X61 之 CPU 頻率之比值}$$

$$X_{P_CPU} = \frac{P_{CPU_OTHER}}{P_{CPU_X61}} : \text{目標機與 X61 之 CPU 消耗功率比值}$$

$$X_{V_CPU} = \frac{V_{CPU_OTHER}}{V_{CPU_X61}} : \text{目標機與 X61 之 CPU 工作電壓比值}$$

$$X_{P_VGA} = \frac{P_{VGA_OTHER}}{P_{VGA_X61}} : \text{目標機與 X61 之 顯示卡 消耗功率比值}$$

$$X_{P_LCD} = \frac{P_{LCD_OTHER}}{P_{LCD_X61}} : \text{目標機與 X61 之 LCD 消耗功率比值}$$

$$X_{POWER} = \frac{P_{OTHER}}{P_{X61}} : \text{目標機與 X61 之 總輸入電力比值}$$

$$P_{FUN_X61} = \text{Lenovo X61 所測量之各工作項目消耗功率值}$$

式中之 OTHER : 表示欲推算之目標電腦

3.4.2 推算公式二

以電腦之電源供應器所提供的電能；納入 CPU 之相關參數，包括 CPU 核心數目、工作週期、消耗功率、工作電壓；加計準週邊設備顯示卡及螢幕之消耗功率

功率比例係數：

$$R_p = X_{CORE_CPU} \times X_{T_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER}$$

$$\text{推算消耗功率 } P_{FUN_OTHER} = P_{FUN_X61} \times R_p \quad (\text{式 3-4-2})$$

相關項次說明：

$$X_{CORE_CPU} = \frac{N_{CPUCORE_X61}}{N_{CPUCORE_OTHER}} \quad : \text{目標機與X61之CPU核心數比值}$$

$$X_{f_CPU} = \frac{\frac{1}{f_{CPU_OTHER}}}{\frac{1}{f_{CPU_X61}}} \quad : \text{目標機與X61之時脈週期之比值}$$

$$X_{P_CPU} = \frac{P_{CPU_OTHER}}{P_{CPU_X61}} \quad : \text{目標機與X61之CPU消耗功率比值}$$

$$X_{V_CPU} = \frac{V_{CPU_OTHER}}{V_{CPU_X61}} \quad : \text{目標機與X61之CPU工作電壓比值}$$

$$X_{P_VGA} = \frac{P_{VGA_OTHER}}{P_{VGA_X61}} \quad : \text{目標機與X61之顯示卡消耗功率比值}$$

$$X_{P_LCD} = \frac{P_{LCD_OTHER}}{P_{LCD_X61}} \quad : \text{目標機與X61之LCD消耗功率比值}$$

$$X_{POWER} = \frac{P_{OTHER}}{P_{X61}} \quad : \text{目標機與X61之總輸入電力比值}$$

$$P_{FUN_X61} = \text{Lenovo X61 所測量之各工作項目消耗功率值}$$

式中之 OTHER：表示欲推算之目標電腦

3.4.3 推算公式三

以電腦之電源供應器所提供的電能；納入 CPU 之相關參數，包含 CPU 核心數目、工作頻率、消耗功率、工作電壓。

功率比例係數 :

$$R_P = X_{CORE_CPU} \times X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{POWER}$$

$$\text{推算消耗功率: } P_{FUN_OTHER} = P_{FUN_X61} \times R_P \quad (\text{式 3-4-3})$$

相關項次說明：

$$X_{f_CPU} = \frac{f_{CPU_OTHER}}{f_{CPU_X61}} : \text{目標機與 X61 之 CPU 頻率之比值}$$

$$X_{f_CPU} = \frac{f_{CPU_OTHER}}{f_{CPU_X61}} : \text{目標機與 X61 之 CPU 頻率之比值}$$

$$X_{P_CPU} = \frac{P_{CPU_OTHER}}{P_{CPU_X61}} : \text{目標機與 X61 之 CPU 消耗功率比值}$$

$$X_{V_CPU} = \frac{V_{CPU_OTHER}}{V_{CPU_X61}} : \text{目標機與 X61 之 CPU 工作電壓比值}$$

$$X_{CORE_CPU} = \frac{N_{CPUCORE_X61}}{N_{CPUCORE_OTHER}} : \text{目標機與 X61 之 CPU 核心數比值}$$

$$X_{POWER} = \frac{P_{OTHER}}{P_{X61}} : \text{目標機與 X61 之總輸入電力比值}$$

P_{FUN_X61} = *Lenovo X 61* 所測量之各工作項目消耗功率值

式中之 *OTHER* : 表示欲推算之目標電腦

3.5 機型係數之建立

依 3.4 節各消耗功率推算公式，在實際計算後會發現因不同類型電腦（筆記型電腦、精簡省電型筆記型電腦及桌上型電腦）其硬體上的差異將導致推算值與實測值的差距會有不同；可依不同類型電腦，比較推算值與測量值之間的差距值，推算出一個機型係數，以調整推算結果與測量值的差距。於各公式中加入此數值重算出的預估推算值更接近實際量測值。透過機型係數可讓三個推算公式的推算值能更接近測量值，如此許三個推算公式都能應用於未來電腦之應用軟體耗電量之推算。

四、研究結果

4.1 樣本機之測量結果

本研究以一 Lenovo ThinkPad X61 為標準機型，做完整的測量。各項軟體每消耗 0.01 度所需時間的累積值如表 13 所示。

表 13：樣本機之各測試項目於累積消耗電量所花費之時間測量值

	耗電量	0.01 度	0.02 度	0.03 度	0.04 度	0.05 度	0.06 度
編號	測試項目	累積時間 (分)	累積時間 (分)	累積時間 (分)	累積時間 (分)	累積時間 (分)	累積時間 (分)
1	休眠狀態	159	460	761			
2	待機狀態	34	71	113	155	197	239
3	待機狀態,啓動 wlan	31	65	99	133	167	201
4	PPT	35	76	116	156	196	236
5	WORD	35	74	115	154	193	232
6	EXCEL	34	74	113	152	191	230
7	MP3_1	25	52	79	106	133	160
8	MP3_2	26	53	80	107	134	161
9	DVD	25	50	77	104	131	158
10	FTP	28	56	83	110	137	164
11	網路即時新聞	24	50	76	104	132	160
12	網路串流影片	22	44	66	88	110	132

將表 13 之累積時間表，計算出各測試項目，在每一段消耗 0.01 度耗電量所需的时间，如表 14。再從表 14 中，找出各測試項目消耗 0.01 度電力所需時間的眾數為此測試項目之基準值。做為後續研究之依據。

表 14：樣本機之各測試項目每消耗 0.01 度電之所需時間

編號	測試項目	耗電量	0.01 度	0.02 度	0.03 度	0.04 度	0.05 度	0.06 度	消耗 0.01 度電時間之眾數 (min)
		單段時間 (min)							
1	休眠狀態	159	301	301					301
2	待機狀態	34	37	42	42	42	42	42	
3	待機狀態, 啓動 wlan	31	34	34	34	34	34	34	
4	PPT	35	41	40	40	40	40	40	
5	WORD	35	39	41	39	39	39	39	
6	EXCEL	34	40	39	39	39	39	39	
7	MP3_1	25	27	27	27	27	27	27	
8	MP3_2	26	27	27	27	27	27	27	
9	DVD	25	25	27	27	27	27	27	
10	FTP	28	28	27	27	27	27	27	
11	網路即時新聞	24	26	26	28	28	28	28	
12	網路串流影片	22	22	22	22	22	22	22	

各測試項目採用眾數值，換算使用 1 小時之耗電量，依台灣電力公司公告之 98 年度電力排碳係數 0.623 公斤CO₂e/度為基準計算碳排值，如表 15。

表 15：樣本機之各測試項目測量結果平均使用 1 小時之耗電量及排碳量

編號	測試項目	消耗 0.01 度電之時間 (min)	換算 1 分鐘之耗電量 (度)	換算 1 分鐘之碳排值 (公克)	換算 1 小時之耗電量 (度)	換算 1 小時之碳排值 (公克)
1	休眠狀態	301	0.000033	0.020	0.0019	1.183
2	待機狀態	42	0.000238	0.148	0.0142	8.846
3	待機狀態, 啓動 wlan	34	0.000294	0.183	0.0176	10.964
4	PPT	40	0.000250	0.155	0.015	9.345
5	WORD	39	0.000256	0.159	0.0153	9.531
6	EXCEL	39	0.000256	0.159	0.0153	9.531
7	MP3_1	27	0.000370	0.230	0.0222	13.830
8	MP3_2	27	0.000370	0.230	0.0222	13.830
9	DVD	27	0.000370	0.230	0.0222	13.830
10	FTP	27	0.000370	0.230	0.0222	13.830
11	網路即時新聞	28	0.000357	0.222	0.0214	13.332
12	網路串流影片	22	0.000454	0.282	0.0272	16.945

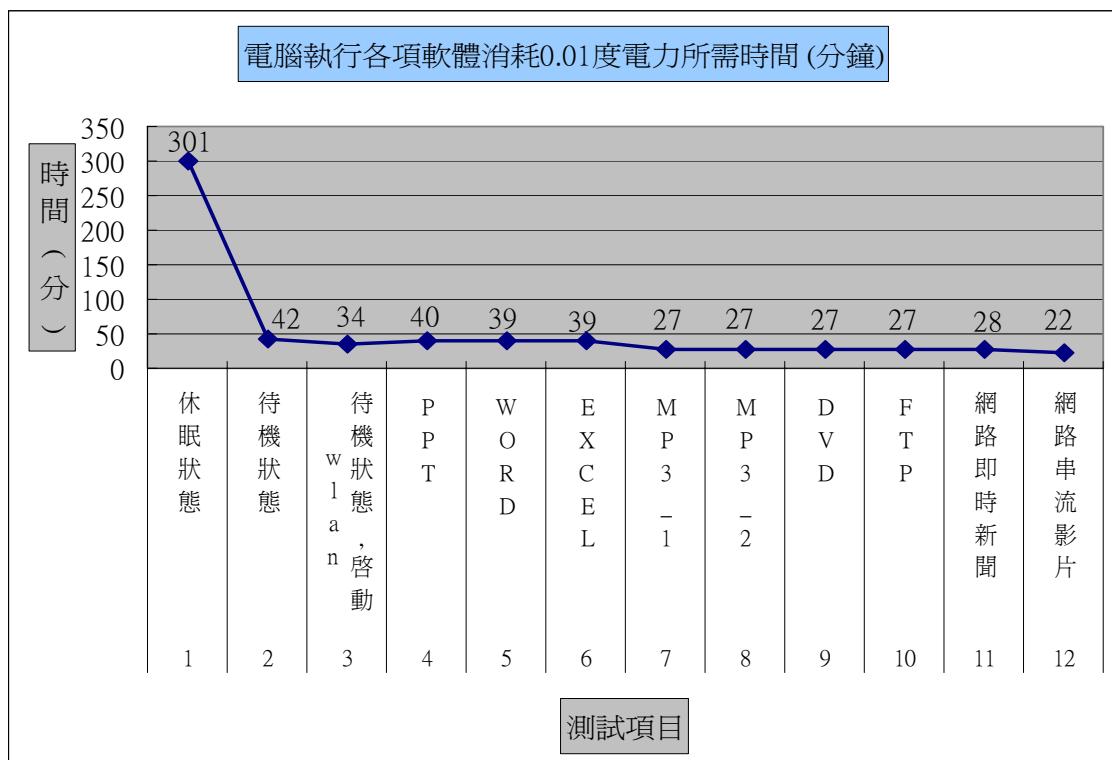


圖 12：樣本機之各測試項目每消耗 0.01 度電之所需時間

電力排碳量係數依台電公告的 98 年碳排值(0.623 公斤CO₂e/度)來計算各項目計算方式如下：

消耗 0.01 度電之平均數(min)的計算 = MODE() 函數計算

消耗 0.01 度電之眾數 (min) = INT((0.01/消耗 0.01 度電之平均數)*1000000)/1000000
(取小數後第六位)

換算 1 小時之耗電量(度)=INT((0.01/消耗 0.01 度電之平均數)*60*10000)/10000
(取小數後第四位)

換算碳排值(公克)=INT(換算 1 小時之耗電量*0.623*1000*1000)/1000
(取小數後第三位)

4.2 應用程式對硬體因素之研究結果

在一般運作狀態，整個電腦設備運作，包括 CPU、記憶體、硬碟機、螢幕、鍵盤、滑鼠及主機板上元件。

在使用 POWER POINT 播放簡報時，因為是使用檔案播放，且以一般使用者習慣為著眼點，所以未加入影音動畫片段，僅以純文字簡報為主，以記錄普遍性使用習慣為實驗目的。

在離線執行中，觀看 DVD 影片時，則因持續地使用了 DVD 光碟機、顯示卡、音效卡，加上 CPU 執行影像解壓運算 (MPEG2)，所以可看到耗電量是所有測試實驗項目中較大的。

測試項目中耗電量最大的是上網看長時間串流影片，因為測試用電腦是用筆記型電腦，所以透過無線網路連上網路，加上長時間的網路串流影片，觀看時是邊下載影片、邊解碼、邊播放；整個過程中，CPU 及無線網路卡全程運作，所以其耗電量為整個研究項目中耗電量最高的一項。

將各測試項目中，CPU 及 DRAM 的平均使用率整理如表 16，由其中可比較各項軟體對於 CPU 及 DRAM 的平均使用率。

表 16：樣本機於各測試項目之 CPU 及 DRAM 平均使用率

		CPU 平均使用率		DRAM 平均使用率	
編號	測試項目	開啓軟體	執行2	開啓軟體	執行2
1	休眠狀態	15%	3%	41%	46%
2	待機狀態	15%	3%	41%	46%
3	待機狀態,啟動 wlan	15%	3%	41%	46%
4	PPT	70%	27%	36%	37%
5	WORD	30%	27%	36%	37%
6	EXCEL	34%	27%	36%	37%
7	MP3_1	12%	25%	43%	38%
8	MP3_2	33%	25%	32%	39%
9	DVD	47%	25%	36%	33%
10	FTP	70%	24%	36%	37%
11	網路即時新聞	74%	23%	34%	44%
12	網路串流影片	75%	34%	43%	51%

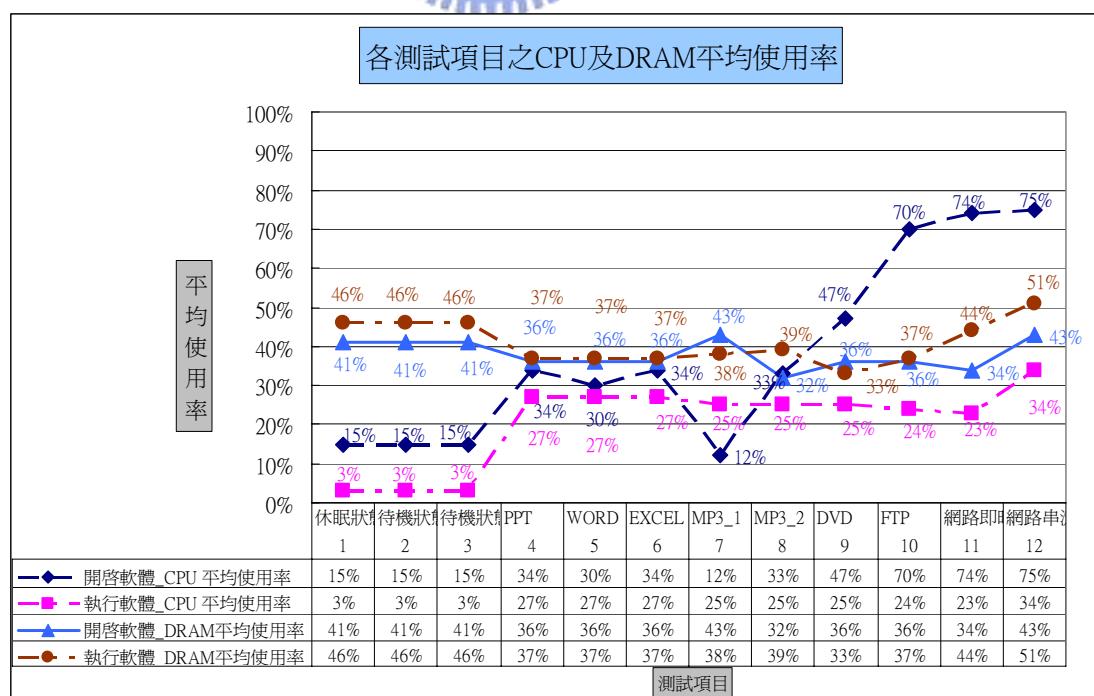


圖 13：樣本機於各測試項目之 CPU 及 DRAM 平均使用率比較圖

4.3 應用程式之耗電研究結果

將 4.1 節之實測結果依每小時耗電量排序如表 17 及圖 14，由其中可看出耗電量由大到小序分別為：

1. 用無線網路連網，上網看長時間串流影片
2. FTP，看 DVD 影片，聽 MP3 音樂檔
3. 上網看網路影音即時新聞 (HINET 的 HICHANNEL)
4. 待機，開啓無線網路卡，未連網存取，未進入休眠狀態
5. 使用 WORD、EXCEL、POWER POINT 應用軟體
6. 待機，關閉無線網路卡，未進入休眠狀態
7. 待機，關閉無線網路卡，進入休眠狀態

表 17：樣本機之各測試項目使用 1 小時之耗電量及排碳量之排序表

耗電排序	編號	測試項目	換算 1 小時之耗電量(度)	換算碳排值(公克)
1	12	網路串流影片	0.0272	16.945
2	7	MP3_1	0.0222	13.830
2	8	MP3_2	0.0222	13.830
2	9	DVD	0.0222	13.830
2	10	FTP	0.0222	13.830
3	11	網路即時新聞	0.0214	13.332
4	3	待機狀態,啓動 wlan	0.0176	10.964
5	5	WORD	0.0153	9.531
5	6	EXCEL	0.0153	9.531
6	4	PPT	0.015	9.345
7	2	待機狀態	0.0142	8.846
8	1	休眠狀態	0.0019	1.183

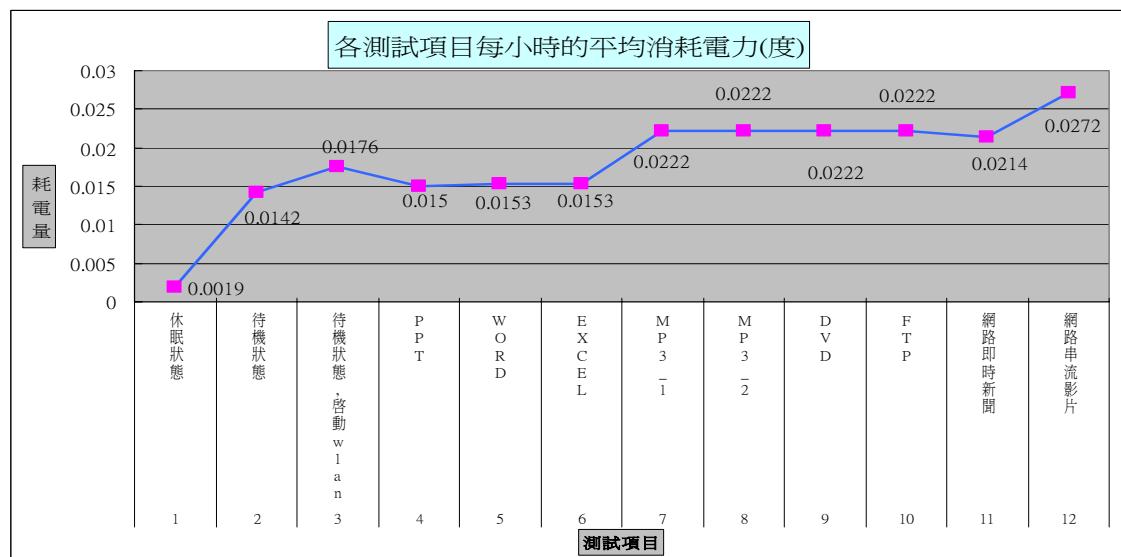


圖 14：樣本機之各測試項目每小時的平均耗電量比較表

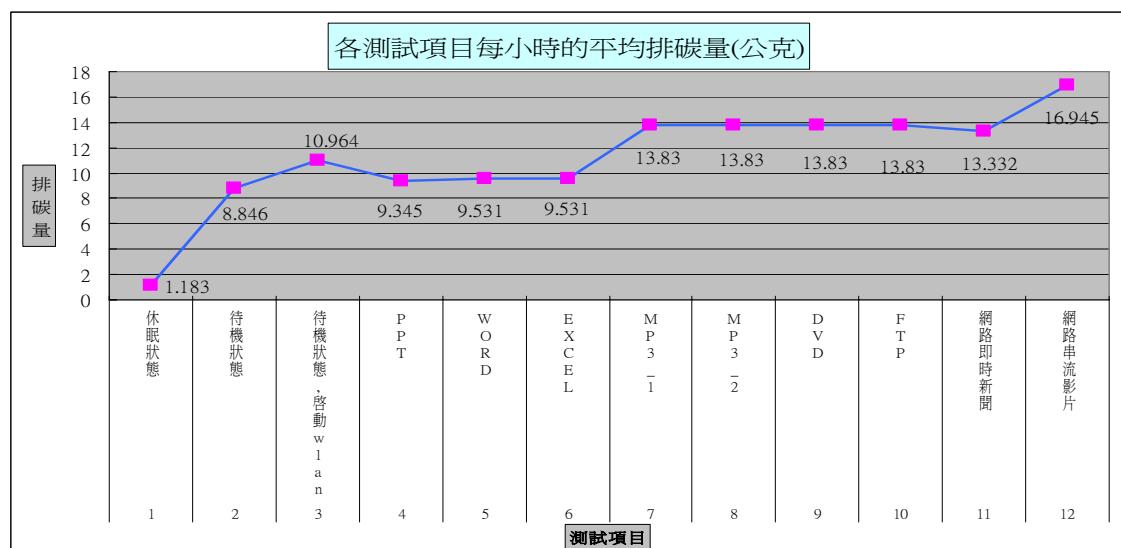


圖 15：樣本機之各測試項目每小時的平均排碳量

4.4 各推算公式之計算與驗證

依基準機 Lenovo ThinkPad X61 之實驗結果，取電腦連續執行測試項目，測量期間以排除人為操作因素而影響測量值之項目，選取兩個項目為推算樣本，做為研究目標。

- 測試播放 DVD 影片，平均消耗 0.01 度電力時耗時 27 分鐘，換算消耗功率為 22WATT。
- 測試簡報檔 PPT 之播放，平均消耗 0.01 度電力時耗時 40 分鐘，換算消耗功率為 15WATT。

根據 3-4 節所列的三個推算公式，分別以各實驗機型電腦之相關數據代入推算出推算值，再實際測量並記錄測量值，最後列出比較表及比較圖如下所述：

4.4.1 驗證推算公式一

套用(式 3-4-1)推算公式，做計算及驗證如下。

功率比例係數 :

$$R_P = X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER}$$

$$\text{推算消耗功率: } P_{FUN_OTHER} = P_{FUN_X61} \times R_P$$

1. 推算 ASUS PRO88Q 筆記型電腦之消耗功率

功率比例係數 :

$$R_P = X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER}$$

$$= \frac{2100}{1800} \times \frac{34.5}{35} \times \frac{2.05}{1.175} \times \frac{17}{13.5} \times \frac{5.3}{4.7} \times \frac{65}{75}$$

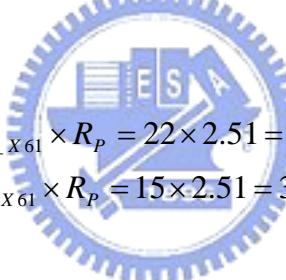
$$= 1.17 \times 0.99 \times 1.75 \times 1.26 \times 1.13 \times 0.87$$

$$= 2.51$$

推算消耗功率 :

$$P_{DVD_PRO88Q} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 2.51 = 55.22(W)$$

$$P_{PPT_PRO88Q} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 2.51 = 37.65(W)$$



2. 推算 ASUS W7S 筆記型電腦之消耗功率

功率比例係數 :

$$R_P = X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER}$$

$$= \frac{2200}{1800} \times \frac{35}{35} \times \frac{1.25}{1.175} \times \frac{13.5}{13.5} \times \frac{6.0}{4.7} \times \frac{90}{75}$$

$$= 1.22 \times 1 \times 1.06 \times 1 \times 1.28 \times 1.2$$

$$= 1.99$$

推算消耗功率 :

$$P_{DVD_W7S} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 1.99 = 43.78(W)$$

$$P_{PPT_W7S} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 1.99 = 29.85(W)$$

3. 推算 ACER Aspire ONE 筆記型電腦之消耗功率

功率比例係數：

$$\begin{aligned}
 R_P &= X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER} \\
 &= \frac{1600}{1800} \times \frac{2.5}{35} \times \frac{1.15}{1.175} \times \frac{6}{13.5} \times \frac{3.3}{4.7} \times \frac{40}{75} \\
 &= 0.89 \times 0.07 \times 0.98 \times 0.44 \times 0.7 \times 0.53 \\
 &= 0.01
 \end{aligned}$$

推算消耗功率：

$$P_{DVD_Aspire} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 0.01 = 0.22(W)$$

$$P_{PPT_Aspire} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 0.01 = 0.15(W)$$

4. 推算 ASUS EeePC 1008HA 筆記型電腦之消耗功率

功率比例係數：

$$\begin{aligned}
 R_P &= X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER} \\
 &= \frac{1600}{1800} \times \frac{2.5}{35} \times \frac{1.15}{1.175} \times \frac{6}{13.5} \times \frac{3.3}{4.7} \times \frac{50}{75} \\
 &= 0.89 \times 0.07 \times 0.98 \times 0.44 \times 0.7 \times 0.67 \\
 &= 0.01
 \end{aligned}$$

推算消耗功率：

$$P_{DVD_Aspire} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 0.01 = 0.22(W)$$

$$P_{PPT_Aspire} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 0.01 = 0.15(W)$$

5. 推算 DELL 745 桌上型型電腦之消耗功率

功率比例係數：

$$\begin{aligned}
 R_P &= X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER} \\
 &= \frac{1866}{1800} \times \frac{65}{35} \times \frac{1.325}{1.175} \times \frac{30}{13.5} \times \frac{52}{4.7} \times \frac{310}{75} \\
 &= 1.04 \times 1.86 \times 1.13 \times 2.22 \times 11.06 \times 4.13 \\
 &= 221.66
 \end{aligned}$$

推算消耗功率：

$$P_{DVD_745} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 221.66 = 4876.52(W)$$

$$P_{PPT_745} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 221.66 = 3324.9(W)$$

6. 推算 ASUS D770 桌上型電腦之消耗功率

功率比例係數 :

$$\begin{aligned}
 R_P &= X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER} \\
 &= \frac{2666}{1800} \times \frac{95}{35} \times \frac{1.3625}{1.175} \times \frac{30}{13.5} \times \frac{34}{4.7} \times \frac{330}{75} \\
 &= 1.48 \times 2.71 \times 1.16 \times 2.22 \times 7.23 \times 4.4 \\
 &= 328.57
 \end{aligned}$$

推算消耗功率 :

$$P_{DVD_D770} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 328.57 = 7228.54(W)$$

$$P_{PPT_D770} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 328.57 = 4928.55(W)$$

經實機測試各型電腦播放 DVD 影片及 PPT 簡報檔，消耗 0.01 度電力時，利用公式推算及實際測量所得之平均消耗功率如表 18。其中 P 表示消耗電力，單位 WATT；T001 度表示消耗 0.01 度電力所需時間，位為分鐘。

表 18：公式一各型電腦消耗 0.01 度電力時之平均消耗電力之推算與實測對照表

編號	類型	機型	CPU 型號	功率比例係數 R_P	DVD 推算		DVD 實測		PPT 推算		PPT 實測	
					P(W)	P(W))	P(W)	T0.0 1 度 (分)	P(W)	P(W)	P(W)	T0.01 度 (分)
1	筆記型 電腦	Lenovo ThinkPad X61	Intel core 2 DUO T7100	1			22	27			15	40
2	筆記型 電腦	ASUS PRO88 Q	Intel core 2 DUO T6500	2.51	55.22		20	30	37.65	14		42
3	筆記型 電腦	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	1.99	43.78		27	22	29.85	32		19
4	精簡省 電型筆 記型電 腦	ACER Aspire ONE	Intel atom core 1 N270	0.01	0.22		18	33	0.15	12		50
5	精簡省 電型筆 記型電 腦	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom core 1 N270	0.01	0.22		12	50	0.15	8		75
6	桌上型 電腦	DELL 745	Intel core 2 DUO E6300	221.66	4876.52		120	5	3324.9	108		5.54
7	桌上型 電腦	ASUS D770	INTEL core 2 QUARD Q9400	328.57	7228.54		109	5.5	4928.55	100		6

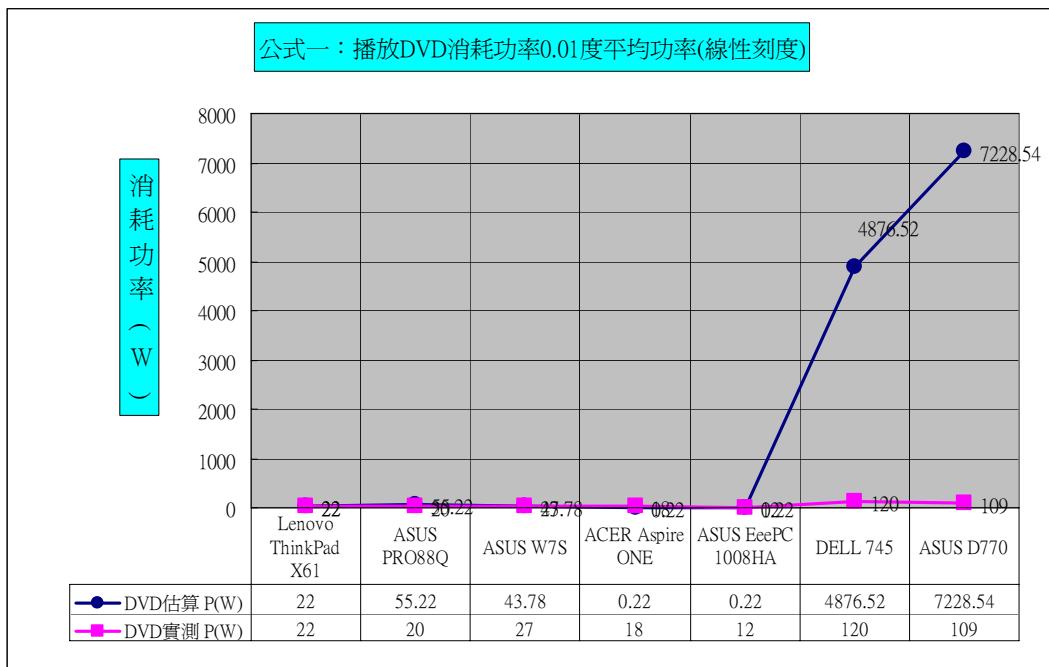


圖 16：公式一播放 DVD 消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(線性刻度)

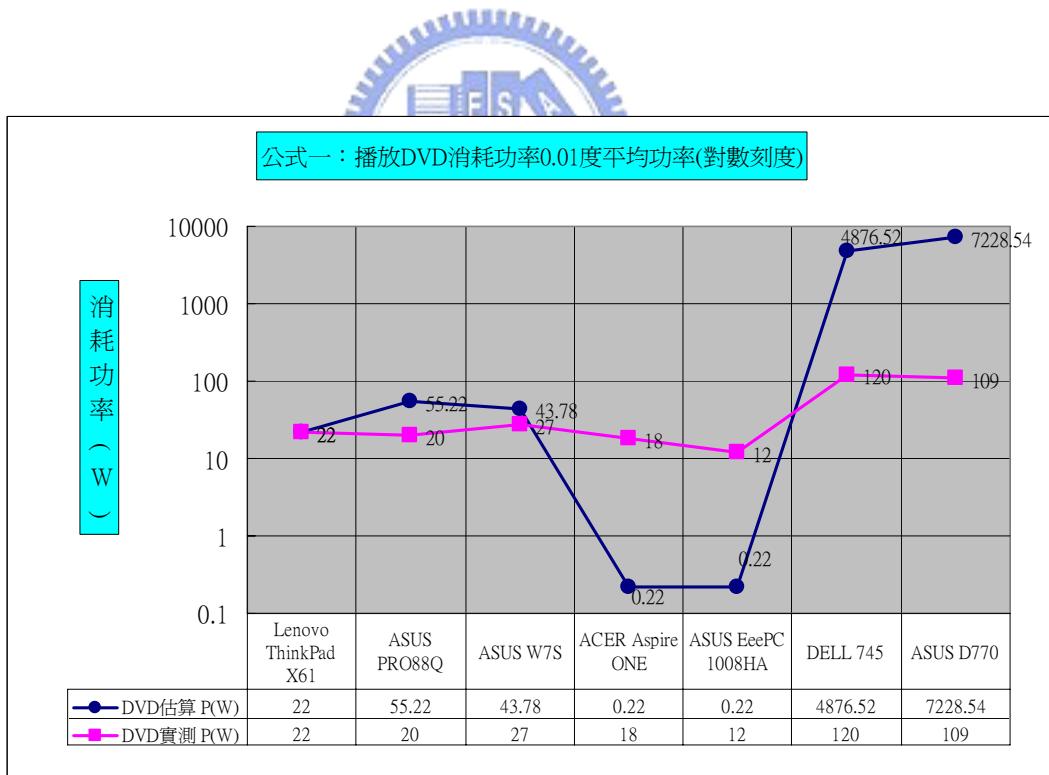


圖 17：公式一播放 DVD 消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(對數刻度)

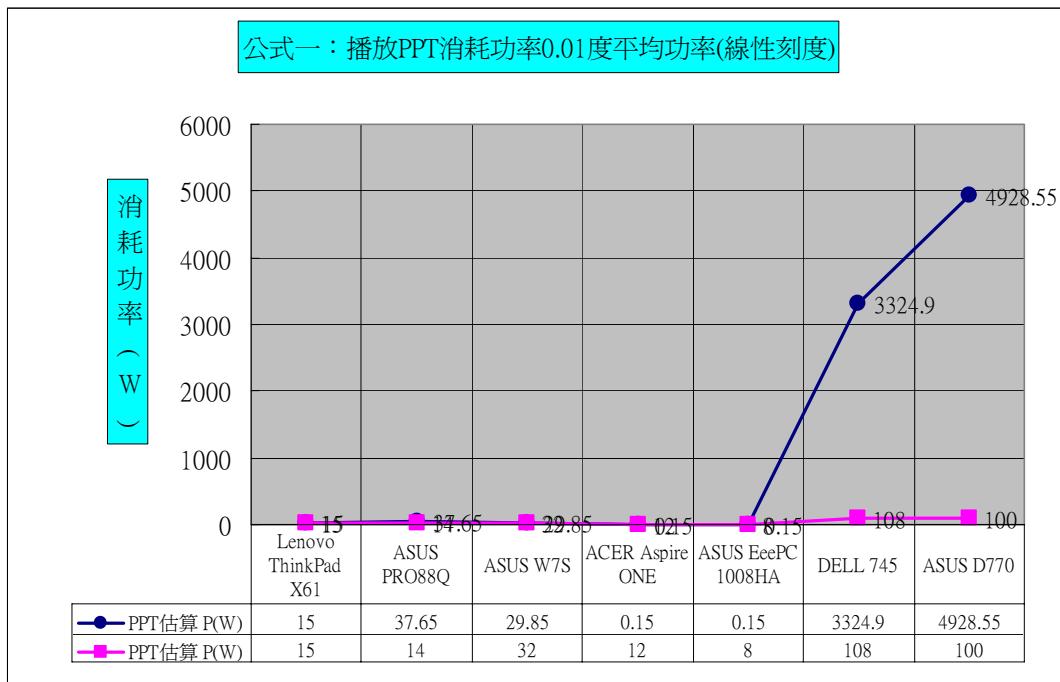


圖 18：公式一播放 PPT 消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(線性刻度)

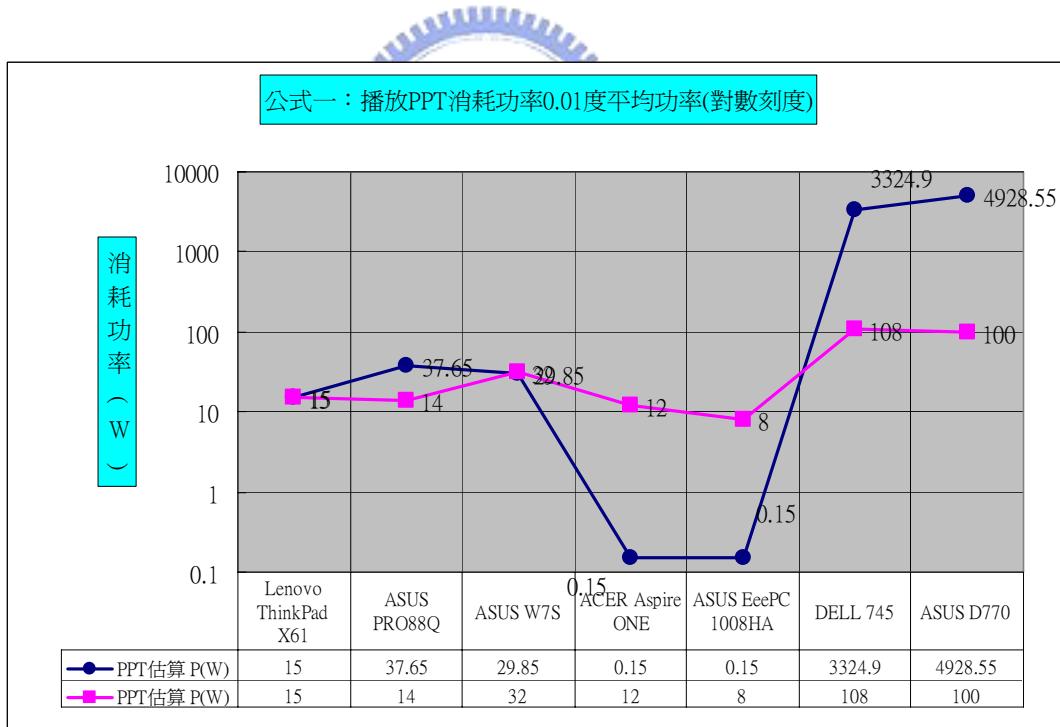


圖 19：公式一播放 PPT 消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(對數刻度)

推算公式一的設計是以 CPU 之工作頻率為主，加計顯示卡及 LCD 螢幕週邊之消耗功率。由上列圖表中可看出推算公式一的推算結果在筆記型電腦類型中與實測值接近，但在精簡省電型筆記型電腦與桌上型電腦則差距很大。

在精簡省電型筆記型電腦其週邊設備設計上以低耗電為主，故在套用推算公式時各項次之比例偏低，使得推算結果之總體功率係數(=0.01)非常小，故推算值比實測值低很多。

在桌上型電腦其設計上以強調功能性為主，各項設備均屬外加型(如顯示卡，LCD 螢幕)，而且其電源供應器為了能充足供應各項外加設備在設計上都以最大值為考量，導致總體耗電量相較於筆記型電腦都偏高，故在套用推算公式時各項次之比例偏高，使得推算結果之總體功率係數非常大(超高 200 以上)，故推算值比實測值高出很多。

4.4.2 驗證推算公式二

套用(式 3-4-2)推算公式，做計算及驗證如下。

功率比例係數：

$$R_P = X_{CORE_CPU} \times X_{T_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER}$$

$$\text{推算消耗功率} : P_{FUN_OTHER} = P_{FUN_X61} \times R_P$$

1. 推算 ASUS PRO88Q 筆記型電腦之消耗功率

功率比例係數：

$$\begin{aligned} R_P &= X_{CORE_CPU} \times X_{T_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER} \\ &= \frac{2}{1} \times \frac{1}{\frac{2100}{1800}} \times \frac{34.5}{35} \times \frac{2.05}{1.175} \times \frac{17}{13.5} \times \frac{5.3}{4.7} \times \frac{65}{75} \\ &= 2 \times 0.86 \times 0.99 \times 1.75 \times 1.26 \times 1.13 \times 0.87 \\ &= 1.85 \end{aligned}$$

推算消耗功率：

$$P_{DVD_PRO88Q} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 1.85 = 40.7(W)$$

$$P_{PPT_PRO88Q} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 1.85 = 27.75(W)$$

2. 推算 ASUS W7S 筆記型電腦之消耗功率

功率比例係數：

$$\begin{aligned} R_P &= X_{CORE_CPU} \times X_{T_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER} \\ &= \frac{2}{2} \times \frac{1}{\frac{2200}{1800}} \times \frac{35}{35} \times \frac{1.25}{1.175} \times \frac{13.5}{13.5} \times \frac{6}{4.7} \times \frac{90}{75} \\ &= 1 \times 0.82 \times 1 \times 1.06 \times 1 \times 1.28 \times 1.2 \\ &= 1.34 \end{aligned}$$

推算消耗功率：

$$P_{DVD_W7S} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 1.34 = 29.48(W)$$

$$P_{PPT_W7S} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 1.34 = 20.1(W)$$

3. 推算 ACER Aspire ONE 筆記型電腦之消耗功率

功率比例係數：

$$\begin{aligned}
 R_P &= X_{CORE_CPU} \times X_{T_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER} \\
 &= \frac{2}{1} \times \frac{1}{\frac{1600}{1800}} \times \frac{2.5}{35} \times \frac{1.15}{1.175} \times \frac{6}{13.5} \times \frac{3.3}{4.7} \times \frac{40}{75} \\
 &= 2 \times 1.13 \times 0.07 \times 0.98 \times 0.44 \times 0.7 \times 0.53 \\
 &= 0.03
 \end{aligned}$$

推算消耗功率：

$$\begin{aligned}
 P_{DVD_Aspire} &= P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 0.03 = 0.66(W) \\
 P_{PPT_Aspire} &= P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 0.03 = 0.45(W)
 \end{aligned}$$

4. 推算 ASUS EeePC 1008HA 筆記型電腦之消耗功率

功率比例係數：

$$\begin{aligned}
 R_P &= X_{CORE_CPU} \times X_{T_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER} \\
 &= \frac{2}{1} \times \frac{1}{\frac{1600}{1800}} \times \frac{2.5}{35} \times \frac{1.15}{1.175} \times \frac{6}{13.5} \times \frac{3.3}{4.7} \times \frac{50}{75} \\
 &= 2 \times 1.13 \times 0.07 \times 0.98 \times 0.44 \times 0.7 \times 0.67 \\
 &= 0.03
 \end{aligned}$$

推算消耗功率：

$$\begin{aligned}
 P_{DVD_Aspire} &= P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 0.03 = 0.66(W) \\
 P_{PPT_Aspire} &= P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 0.03 = 0.45(W)
 \end{aligned}$$

5. 推算 DELL 745 桌上型型電腦之消耗功率

功率比例係數：

$$\begin{aligned}
 R_P &= X_{CORE_CPU} \times X_{T_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER} \\
 &= \frac{2}{2} \times \frac{1}{\frac{1866}{1800}} \times \frac{65}{35} \times \frac{1.325}{1.175} \times \frac{30}{13.5} \times \frac{52}{4.7} \times \frac{310}{75} \\
 &= 1 \times 0.97 \times 1.86 \times 1.13 \times 2.22 \times 11.06 \times 4.13 \\
 &= 206.74
 \end{aligned}$$

推算消耗功率：

$$\begin{aligned}
 P_{DVD_745} &= P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 206.74 = 4548.28(W) \\
 P_{PPT_745} &= P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 206.74 = 3101.1(W)
 \end{aligned}$$

6. 推算 ASUS D770 桌上型電腦之消耗功率

功率比例係數 :

$$\begin{aligned}
 R_P &= X_{CORE_CPU} \times X_{T_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{P_VGA} \times X_{P_LCD} \times X_{POWER} \\
 &= \frac{1}{4} \times \frac{2666}{1800} \times \frac{95}{35} \times \frac{1.3625}{1.175} \times \frac{30}{13.5} \times \frac{34}{4.7} \times \frac{330}{75} \\
 &= 0.5 \times 0.68 \times 2.71 \times 1.6 \times 2.22 \times 7.23 \times 4.4 \\
 &= 94.65
 \end{aligned}$$

推算消耗功率 :

$$P_{DVD_D770} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 94.65 = 2082.3(W)$$

$$P_{PPT_D770} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 94.65 = 1419.75(W)$$

經實機測試各型電腦播放 DVD 影片及 PPT 簡報檔，消耗 0.01 度電力時，利用公式推算及實際測量所得之平均消耗功率如表 19。

表 19：公式二各型電腦消耗 0.01 度電力之平均消耗電力之推算與實測對照表

編號	類型	機型	CPU 型號	功率比例係數 R_P	DVD 推算		DVD 實測		PPT 推算		PPT 實測	
					P(W)	(W)	P(W)	T0.01 度(分)	P(W)	P(W)	P(W)	T0.01 度 (分)
1	筆記型 電腦	Lenovo ThinkPad X61	Intel core 2 DUO T7100	1	22	27			15	40		
2	筆記型 電腦	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	1.85	40.7	20	30		17.75	14	42	
3	筆記型 電腦	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	1.34	19.48	27	22		20.1	32	19	
4	精簡省 電型筆 記型電 腦	ACER Aspire ONE	Intel atom core 1 N270	0.03	0.66	18	33		0.45	12	50	
5	精簡省 電型筆 記型電 腦	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom core 1 N270	0.03	0.66	12	50		0.45	8	75	
6	桌上型 電腦	DELL 745	Intel core 2 DUO E6300	206.74	4548.28	120	5	3101.1	108	5.54		
7	桌上型 電腦	ASUS D770	INTEL core 2 QUARD Q9400	94.65	2082.3	109	5.5	1419.75	100	6		

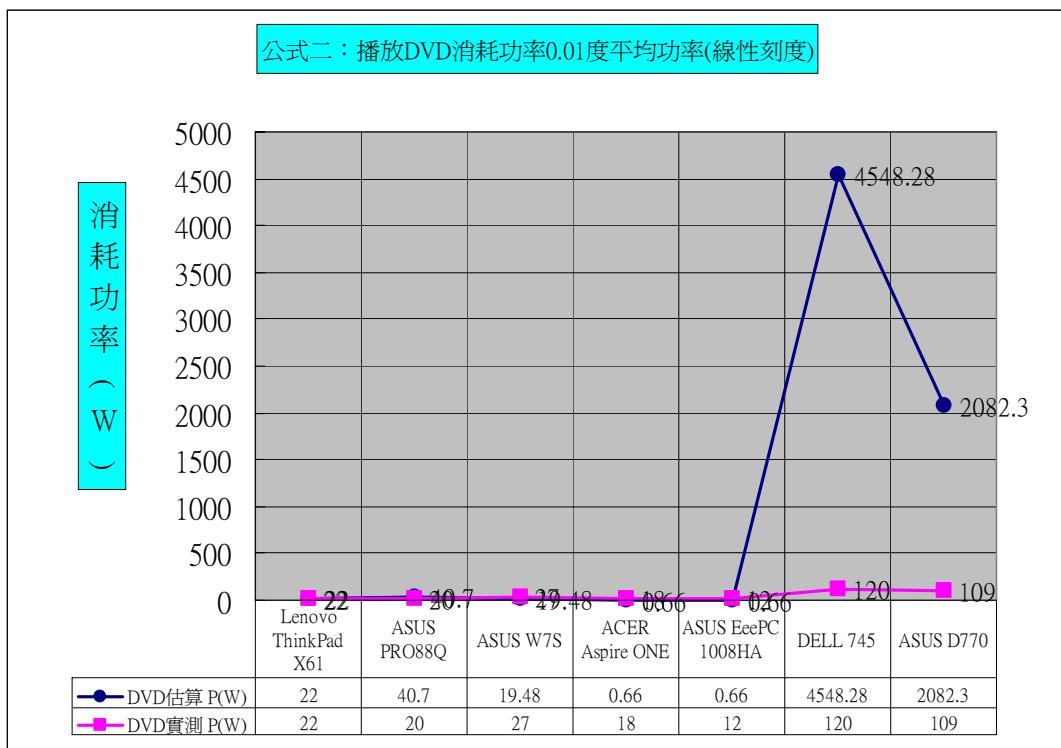


圖 20：公式二播放 DVD 消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(線性刻度)

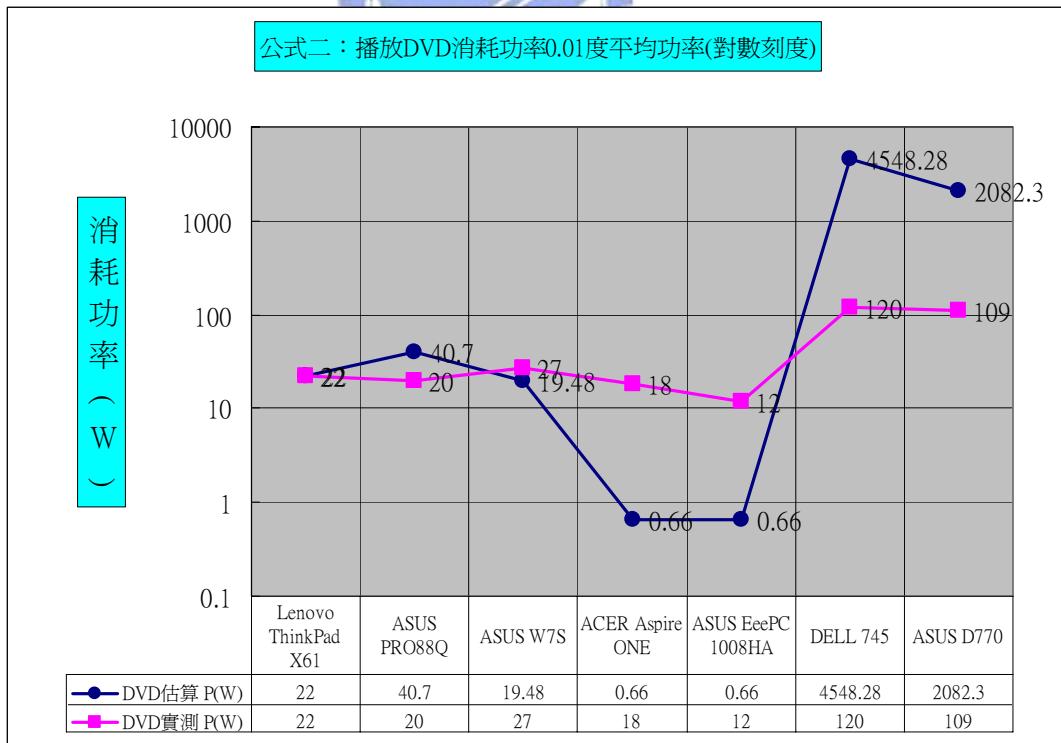


圖 21：公式二播放 DVD 消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(對數刻度)

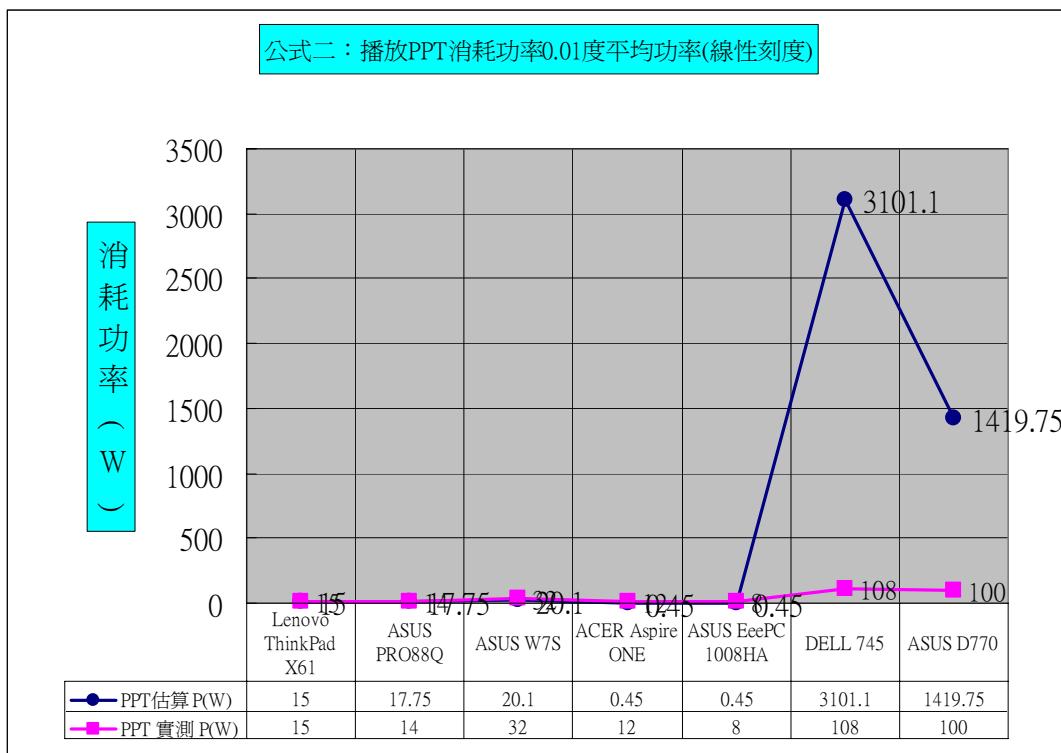


圖 22：公式二播放 PPT 消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(線性刻度)

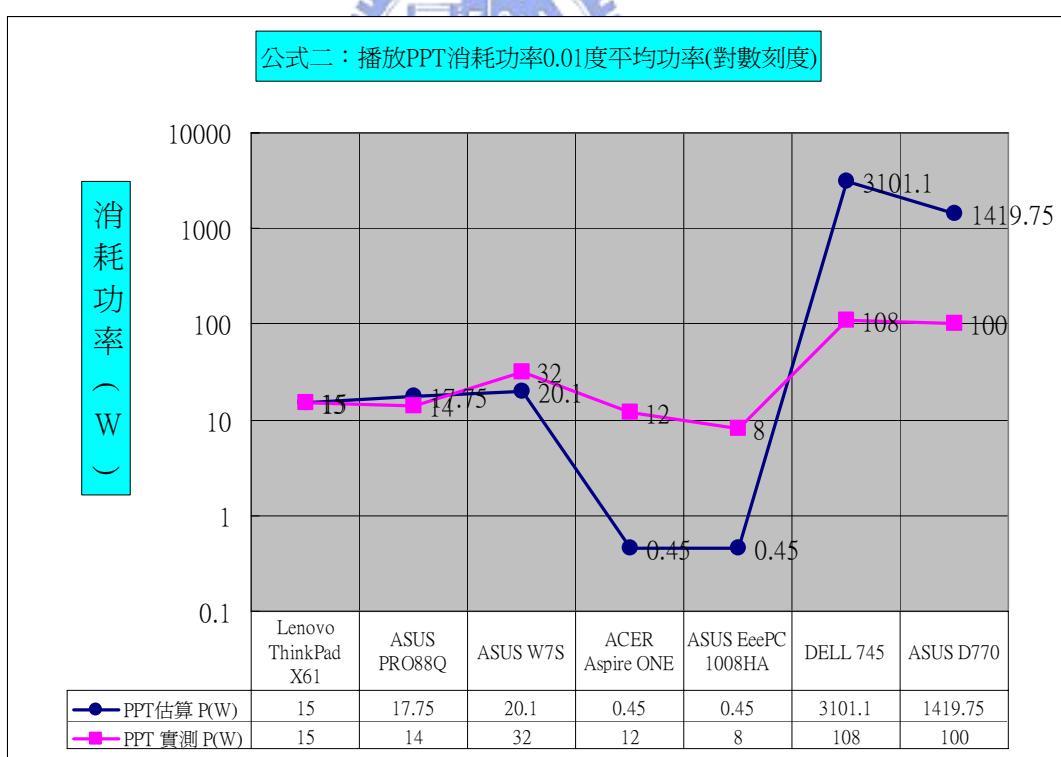


圖 23：公式二播放 PPT 消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(對數刻度)

推算公式二的設計是以 CPU 之工作週期為主，加計顯示卡及 LCD 螢幕週邊之消耗功率。由上列圖表中可看出推算公式二的推算結果在筆記型電腦類型中與

實測值接近，但在精簡省電型筆記型電腦與桌上型電腦則差距很大。

在精簡省電型筆記型電腦其週邊設備設計上以低耗電為主，故在套用推算公式時各項次之比例偏低，使得推算結果之總體功率係數(=0.03)非常小，故推算值比實測值低很多。

在桌上型電腦其設計上以強調功能性為主，各項設備均屬外加型(如顯示卡，LCD 螢幕)，而且其電源供應器為了能充足供應各項外加設備在設計上都以最大值為考量，導致總體耗電量相較於筆記型電腦都偏高，故在套用推算公式時各項次之比例偏高，使得推算結果之總體功率係數非常大(206.74 及 94.65)，故推算值比實測值高出很多。

4.4.3 驗證推算公式三

套用(式 3-4-3)推算公式，做計算及驗證如下。

功率比例係數：

$$R_P = X_{CORE_CPU} \times X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{POWER}$$

$$\text{推算消耗功率} : P_{FUN_OTHER} = P_{FUN_X61} \times R_P$$

1. 推算 ASUS PRO88Q 筆記型電腦之消耗功率

功率比例係數：

$$\begin{aligned} R_P &= X_{CORE_CPU} \times X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{POWER} \\ &= \frac{2}{2} \times \frac{2100}{1800} \times \frac{34.5}{35} \times \frac{2.05}{1.175} \times \frac{65}{1875} \\ &= 1 \times 1.17 \times 0.99 \times 1.75 \times 0.87 \\ &= 1.76 \end{aligned}$$

推算消耗功率：

$$P_{DVD_PRO88Q} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 1.76 = 38.72(W)$$

$$P_{PPT_PRO88Q} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 1.76 = 26.4(W)$$

2. 推算 ASUS W7S 筆記型電腦之消耗功率

功率比例係數：

$$\begin{aligned} R_P &= X_{CORE_CPU} \times X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{POWER} \\ &= \frac{2}{2} \times \frac{2200}{1800} \times \frac{35}{35} \times \frac{1.25}{1.175} \times \frac{90}{75} \\ &= 1 \times 1.22 \times 1 \times 1.06 \times 1.2 \\ &= 1.55 \end{aligned}$$

推算消耗功率：

$$P_{DVD_W7S} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 1.55 = 34.1(W)$$

$$P_{PPT_W7S} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 1.55 = 23.25(W)$$

3. 推算 ACER Aspire ONE 筆記型電腦之消耗功率

功率比例係數 :

$$\begin{aligned} R_P &= X_{CORE_CPU} \times X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{POWER} \\ &= \frac{2}{1} \times \frac{1600}{1800} \times \frac{2.5}{35} \times \frac{1.15}{1.175} \times \frac{40}{75} \\ &= 2 \times 0.89 \times 0.07 \times 0.98 \times 0.53 \\ &= 0.07 \end{aligned}$$

推算消耗功率 :

$$P_{DVD_Aspire} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 0.07 = 1.54 (W)$$

$$P_{PPT_Aspire} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 0.07 = 1.05 (W)$$

4. 推算 ASUS EePC 1008HA 筆記型電腦之消耗功率

功率比例係數 :

$$\begin{aligned} R_P &= X_{CORE_CPU} \times X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{POWER} \\ &= \frac{2}{1} \times \frac{1600}{1800} \times \frac{2.5}{35} \times \frac{1.15}{1.175} \times \frac{50}{75} \\ &= 2 \times 0.89 \times 0.07 \times 0.98 \times 0.67 \\ &= 0.08 \end{aligned}$$

推算消耗功率 :

$$P_{DVD_Aspire} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 0.08 = 1.76 (W)$$

$$P_{PPT_Aspire} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 0.08 = 1.2 (W)$$



5. 推算 DELL 745 桌上型電腦之消耗功率

功率比例係數 :

$$\begin{aligned} R_P &= X_{CORE_CPU} \times X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{POWER} \\ &= \frac{2}{2} \times \frac{1866}{1800} \times \frac{65}{35} \times \frac{1.325}{1.175} \times \frac{310}{75} \\ &= 1 \times 1.04 \times 1.86 \times 1.13 \times 4.13 \\ &= 9.03 \end{aligned}$$

推算消耗功率 :

$$P_{DVD_745} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 9.03 = 198.66 (W)$$

$$P_{PPT_745} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 9.03 = 135.45 (W)$$

6. 推算 ASUS D770 桌上型電腦之消耗功率

功率比例係數 :

$$\begin{aligned}
 R_P &= X_{CORE_CPU} \times X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{POWER} \\
 &= \frac{2}{4.} \times \frac{2666}{1800} \times \frac{95}{35} \times \frac{1.3625}{1.175} \times \frac{330}{75} \\
 &= 0.5 \times 1.48 \times 2.71 \times 1.16 \times 4.4 \\
 &= 10.24
 \end{aligned}$$

推算消耗功率 :

$$P_{DVD_D770} = P_{DVD_X61} \times R_P = 22 \times 10.24 = 225.28(W)$$

$$P_{PPT_D770} = P_{PPT_X61} \times R_P = 15 \times 10.24 = 153.6(W)$$

經實機測試各型電腦播放 DVD 影片及播放 PPT 簡報檔，平均消耗 0.01 度電力時，利用公式推算及實際測量所得之平均消耗功率如表 20。

表 20：公式三各型電腦平均消耗電力之推算與實測對照表

編號	類型	機型	CPU 型號	功率比例 R_P	DVD 推算		DVD 實測		PPT 推算		PPT 實測	
					P(W)	P(W)	T0.01 度(分)	P(W)	P(W)	P(W)	T0.01 度(分)	
1	筆記型 電腦	Lenovo ThinkPad X61	Intel core 2 DUO T7100	1			22	27		15		40
2	筆記型 電腦	ASUS PRO88 Q	Intel core 2 DUO T6500	1.76	38.72		20	30	26.4	14		42
3	筆記型 電腦	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	1.55	34.1		27	22	23.25	32		19
4	精簡省 電型筆 記型電 腦	ACER Aspire ONE	Intel atom core 1 N270	0.07	1.54		18	33	1.05	12		50
5	精簡省 電型筆 記型電 腦	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom core 1 N270	0.08	1.76		12	50	1.2	8		75
6	桌上型 電腦	DELL 745	Intel core 2 DUO E6300	9.03	198.66		120	5	135.45	108		5.54
7	桌上型 電腦	ASUS D770	INTEL core 2 QUARD Q9400	10.24	225.28		109	5.5	153.6	100		6



圖 24：公式三播放 DVD 消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(線性刻度)



圖 25：公式三播放 PPT 消耗 0.01 度電之平均消耗功率分析圖(線性刻度)

推算公式三的設計是以 CPU 之工作頻率為主，主要是在公式一及公式二中，發現週邊設備的耗電量差距大，造成不同的機型電腦會有較大的差距，所以在本公式不採計週邊設備的耗電量。由上列圖表中可看出推算公式三的推算結果在筆記型電腦與桌上型電腦中與實測值接近，但在精簡省電型筆記型電腦則差距仍很大。

在精簡省電型筆記型電腦其 CPU 以低耗電低功能為主，故在套用推算公式時各項次之比例偏低，使得推算結果之總體功率係數(0.07 及 0.08)非常小，故推算值比實測值低很多。

在桌上型電腦所使用的 PCU 與筆記型電腦的 PCU 設計上考量的因素相當，故在套用推算公式時各項次之比例相當，使得推算結果之總體功率係數僅高一點(9.03 及 10.24)，但因桌上型電腦原本就較耗電，而且電源供應器的輸入功率也較高，故推算值比實測值接近。

4.5 各推算公式分析比較

分析公式一的推算結果與實測值表中，其推算結果比較接近量測值，在其中可發現：

1. 第 2、3 台機型與第 1 台基準電腦同屬標準型的筆記型電腦，採用 INTEL 標準型 CPU，而且在電腦機型設計上較相近，所以其推算值與實測值較接近。
2. 第 4、5 台機型屬精簡省電型筆記型電腦，因其 CPU 採用 INTEL ATOM 系列省電精簡型 CPU，其整體設計目標為低耗電量，所以在推算上所得結果會比實測值低很多。
3. 第 6、7 台機型為桌上型電腦，其推算結果與實測結果差距相當大，主要是由於桌上型電腦的主機外加 VGA 顯示卡及外接 LCD 螢幕的消耗功率較大，而且其主機輸入電源供應器為大功率；而相對的，筆記型電腦中 VGA 顯示卡及 LCD 螢幕則整合在主機內；兩相比較可發現在公式一的計算式中加入 VGA 顯示卡及 LCD 螢幕的消耗功率，使得整個推算結果產生較大的差距。加上公式一未計算 CPU 核心數目的差異，所以在推算上所得結果會比實測值高很多。

分析公式二的推算結果與實測值表中，其推算結果比較接近量測值，在其中可發現：

1. 第 2、3 台機型與第 1 台基準電腦同屬標準型的筆記型電腦，採用 INTEL 標準型 CPU，而且在電腦機型設計上較相近，所以其推算值與實測值較接近。
2. 第 4、5 台機型屬精簡省電型筆記型電腦，因其 CPU 採用 INTEL ATOM 系列省電精簡型 CPU，其整體設計目標為低耗電量，在推算上所得結果會比實測值低很多。
3. 第 6、7 台機型為桌上型電腦，其推算結果與實測結果差距相當大，主要是由於桌上型電腦的主機外加 VGA 顯示卡及外接 LCD 螢幕的消耗功率較大，而且其主機輸入電源供應器為大功率；而相對的，筆記型電腦中 VGA 顯示卡及 LCD 螢幕則整合在主機內；兩相比較可發現在公式一的計算式中加入 VGA 顯示卡及 LCD 螢幕的消耗功率，所以在推算上所得結果會比實測值高很多。

分析公式三的推算結果與實測值表中，其推算結果比較接近量測值，在其中可發現：

1. 第 2、3 台機型與第 1 台基準電腦同屬標準型的筆記型電腦，採用 INTEL 標準型 CPU，所以其推算值與實測值較接近。
2. 第 4、5 台機型屬精簡省電型筆記型電腦，因其 CPU 採用 INTEL ATOM 系列省電精簡型 CPU，其整體設計目標為低耗電量，所以推算值與實測值誤差很大，需乘上機型係數 20 調整。
3. 第 6、7 台機型為桌上型電腦，採用 INTEL 標準型 CPU，而且其主機輸入電源供應器為大功率，所以推算值與實測值差距稍大，需除以機型係數 1.5 調整。

將三個推算公式對各機型電腦的推算結果與實測值做成比較圖，如後所示

表 21：筆記型電腦 ASUS PRO88Q 各公式推算值與實測值比較表

機號	機型	CPU 規格	測量項目	公式	實測值	推算值	推算誤差%
							推算誤差/實測值 *100%
2	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	DVD	公式一	20	55.22	-176.10%
2	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	PPT	公式一	14	37.65	-168.93%
2	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	DVD	公式二	20	40.7	-103.50%
2	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	PPT	公式二	14	17.75	-26.79%
2	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	DVD	公式三	20	38.72	-93.60%
2	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	PPT	公式三	14	26.4	-88.57%

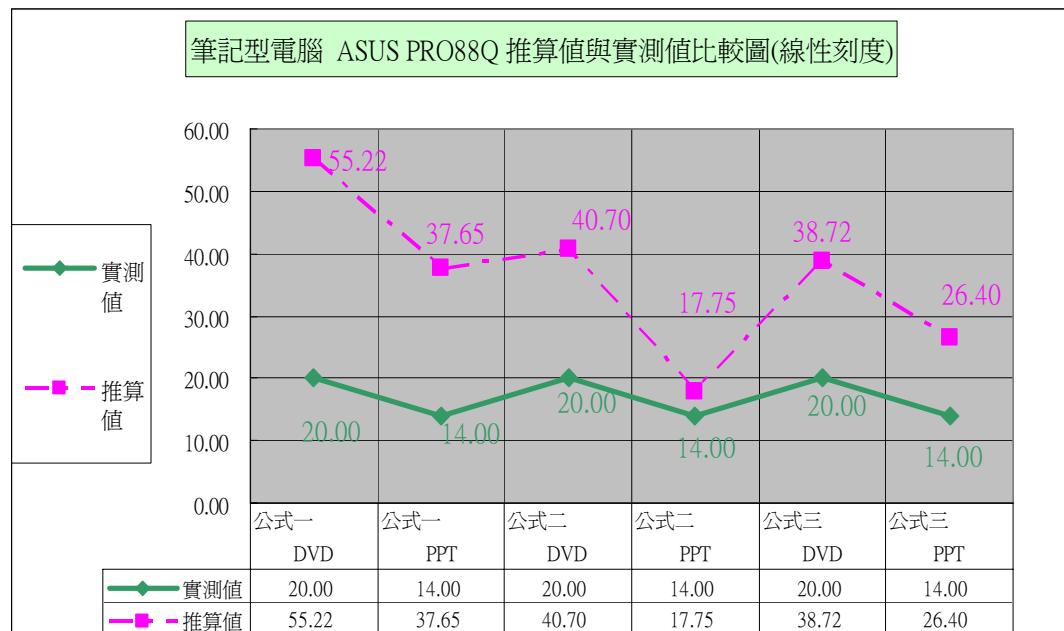


圖 26：筆記型電腦 ASUS PRO 88Q 各公式推算值與實測值比較圖

表 22：筆記型電腦 ASUS W7S 各公式推算值與實測值比較表

機號	機型	CPU 規格	測量項目	公式	實測值	推算值	推算誤差%
							推算誤差/實測值 *100%
3	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	DVD	公式一	27	43.78	-62.15%
3	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	PPT	公式一	32	29.85	6.72%
3	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	DVD	公式二	27	19.48	27.85%
3	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	PPT	公式二	32	20.1	37.19%
3	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	DVD	公式三	27	34.1	-26.30%
3	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	PPT	公式三	32	23.25	27.34%

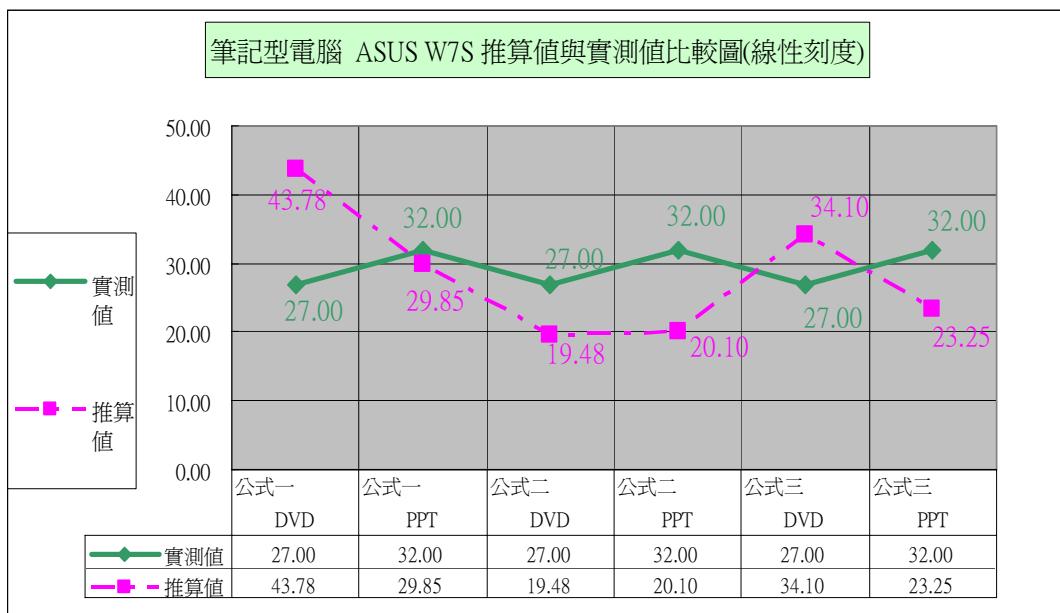


圖 27：筆記型電腦 ASUS W7S 各公式推算值與實測值比較圖

表 23：精簡省電型筆記型電腦 ACER Aspire ONE 各公式推算值與實測值比較表

機號	機型	CPU 規格	測量項目	公式	實測值	推算值	推算誤差%
							推算誤差/實測值 *100%
4	ACER Aspire ONE	Intel atom Core 1 N270	DVD	公式一	18	0.22	98.78%
4	ACER Aspire ONE	Intel atom Core 1 N270	PPT	公式一	12	0.15	98.75%
4	ACER Aspire ONE	Intel atom Core 1 N270	DVD	公式二	18	0.66	96.33%
4	ACER Aspire ONE	Intel atom Core 1 N270	PPT	公式二	12	0.45	96.25%
4	ACER Aspire ONE	Intel atom Core 1 N270	DVD	公式三	18	1.54	91.44%
4	ACER Aspire ONE	Intel atom Core 1 N270	PPT	公式三	12	1.05	91.25%

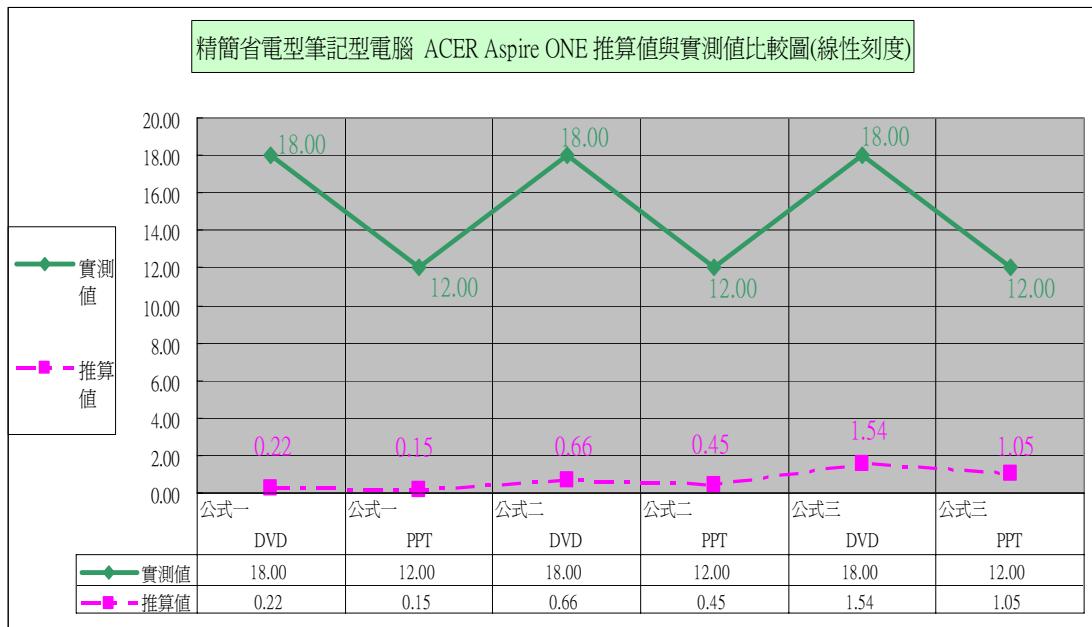


圖 28：精簡省電型筆記型電腦 ACER Aspir ONE 各公式推算值與實測值比較圖

表 24：精簡省電型筆記型電腦 ASUS EeePC 1008HA 各公式推算值與實測值比較表

機號	機型	CPU 規格	測量項目	公式	實測值	推算值	推算誤差%
							推算誤差/實測值 *100%
5	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom Core 1 N270	DVD	公式一	18	0.22	98.78%
5	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom Core 1 N270	PPT	公式一	12	0.15	98.75%
5	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom Core 1 N270	DVD	公式二	18	0.66	96.33%
5	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom Core 1 N270	PPT	公式二	12	0.45	96.25%
5	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom Core 1 N270	DVD	公式三	18	1.54	91.44%
5	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom Core 1 N270	PPT	公式三	12	1.05	91.25%

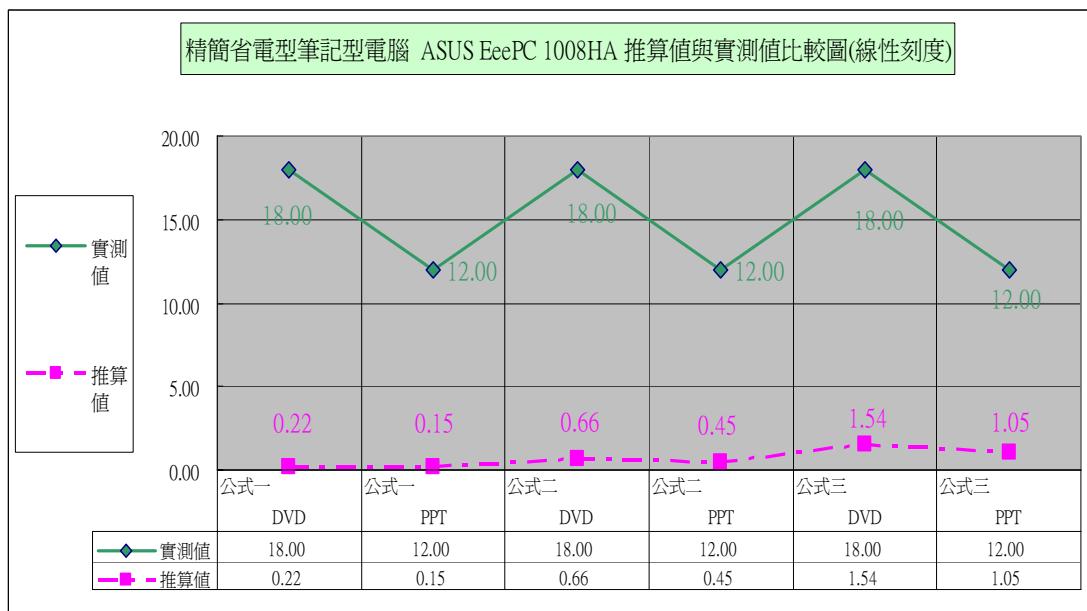


圖 29：精簡省電型筆記型電腦 ASUS EeePC 1000HA 各公式推算值與實測值比較圖

表 25：桌上型電腦 DELL 745 各公式推算值與實測值比較表

機號	機型	CPU 規格	測量項目	公式	實測值	推算值	推算誤差%
							推算誤差/實測值 *100%
6	DELL 745	Intel core 2 DUO E630	DVD	公式一	120	4876.52	-3963.77%
6	DELL 745	Intel core 2 DUO E630	PPT	公式一	108	3324.9	-2978.61%
6	DELL 745	Intel core 2 DUO E630	DVD	公式二	120	4548.28	-3690.23%
6	DELL 745	Intel core 2 DUO E630	PPT	公式二	108	3101.1	-2771.39%
6	DELL 745	Intel core 2 DUO E630	DVD	公式三	120	198.66	-65.55%
6	DELL 745	Intel core 2 DUO E630	PPT	公式三	108	135.45	-25.42%



圖 30：桌上型電腦 DELL 745 各公式推算值與實測值比較圖

表 26：桌上型電腦 ASUS D770 各公式推算值與實測值比較表

機號	機型	CPU 規格	測量項目	公式	實測值	推算值	推算誤差%
							推算誤差/實測值*100%
7	ASUS D770	INTEL CORE 2 QUAD Q9400	DVD	公式一	109	7228.54	-6531.69%
7	ASUS D770	INTEL CORE 2 QUAD Q9400	PPT	公式一	100	4928.55	-4828.55%
7	ASUS D770	INTEL CORE 2 QUAD Q9400	DVD	公式二	109	2082.3	-1810.37%
7	ASUS D770	INTEL CORE 2 QUAD Q9400	PPT	公式二	102	1419.75	-1291.91%
7	ASUS D770	INTEL CORE 2 QUAD Q9400	DVD	公式三	109	225.28	-106.68%
7	ASUS D770	INTEL CORE 2 QUAD Q9400	PPT	公式三	102	153.6	-50.59%

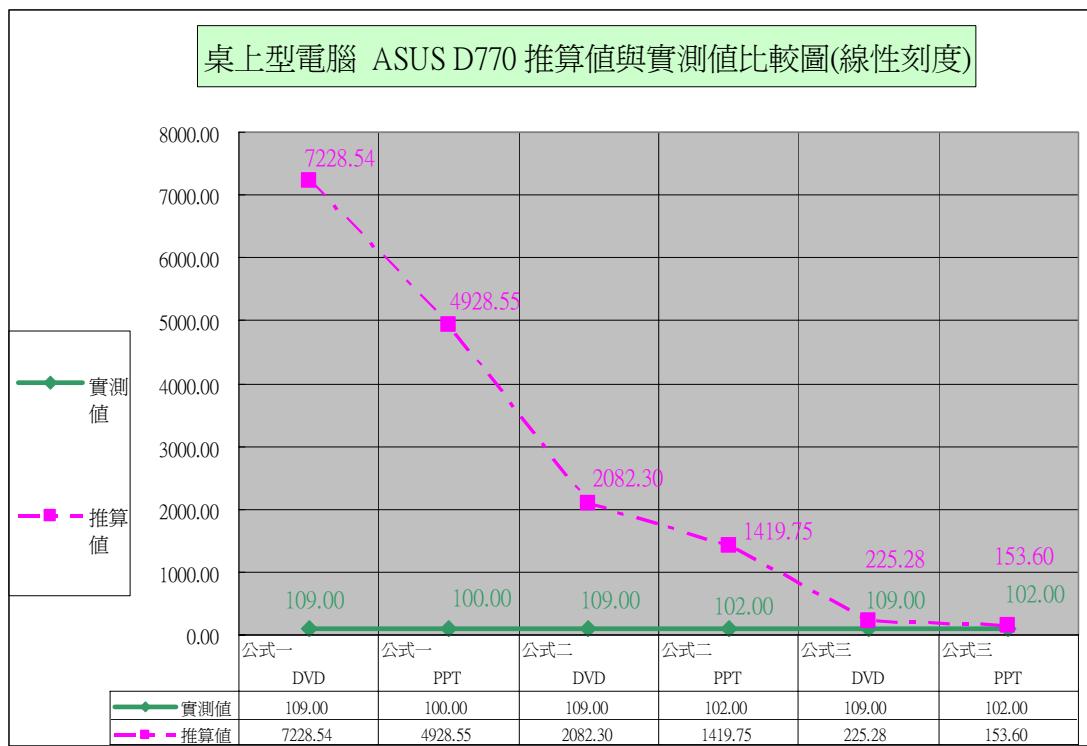


圖 31：桌上型電腦 ASUS D770 各公式推算值與實測值比較圖

就推算值與實測值之差距而言，比起推算公式一及推算公式二，推算公式三之差距小很多。就整體來看，推算公式三是較符合實際使用推算的公式。

4.6 機型係數之推算

經過 4.4 節各推算消耗功率公式比較結果，發現因不同類型電腦（筆記型電腦、精簡省電型筆記型電腦及桌上型電腦）其硬體上的差異導致推算值與實測值差距較大，可依不同類型電腦加入機型係數計算以調整計算結果之差距。各公式之結果表中計算出機型係數。

依機型分析各推算公式中的推算值與實測值的關係，可找到一個機型係數值。於各公式中加入此數值重算出的預估推算值更接近實際量測值。

機號 1 之筆記型電腦 Lenovo ThinkPad X61 為實測基準機型，故不做機型係數之推算，針對其餘電腦機型，分述如下

4.6.1 筆記型電腦

表 27：筆記型電腦 ASUS PRO88Q 加計機型係數後推算值與實測值比較表

機號	機型	CPU 規格	測量項目	公式	實測值	推算值	推算誤差%	機型係數	修正後推算值	誤差%
							推算誤差/實測值*100%			(實測值-調整值)/實測值*100%
2	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	DVD	公式一	20	55.22	-176.10%	1	55.22	-176.10%
2	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	PPT	公式一	14	37.65	-168.93%	1	37.65	-168.93%
2	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	DVD	公式二	20	40.7	-103.50%	1	40.70	-103.50%
2	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	PPT	公式二	14	17.75	-26.79%	1	17.75	-26.79%
2	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	DVD	公式三	20	38.72	-93.60%	1	38.72	-93.60%
2	ASUS PRO88Q	Intel core 2 DUO T6500	PPT	公式三	14	26.4	-88.57%	1	26.40	-88.57%



圖 32：筆記型電腦 ASUS PRO88Q 加計機型係數後推算值與實測值比較圖

表 28：筆記型電腦 ASUS W7S 加計機型係數後推算值與實測值比較表

機號	機型	CPU 規格	測量項目	公式	實測值	推算值	推算誤差%	機型係數	修正後推算值	誤差%
							推算誤差/實測值*100%			(實測值-調整值)/實測值*100%
3	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	DVD	公式一	27	43.78	-62.15%	1	43.78	-62.15%
3	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	PPT	公式一	32	29.85	6.72%	1	29.85	6.72%
3	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	DVD	公式二	27	19.48	27.85%	1	19.48	27.85%
3	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	PPT	公式二	32	20.1	37.19%	1	20.10	37.19%
3	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	DVD	公式三	27	34.1	-26.30%	1	34.10	-26.30%
3	ASUS W7S	Intel core 2 DUO T7500	PPT	公式三	32	23.25	27.34%	1	23.25	27.34%

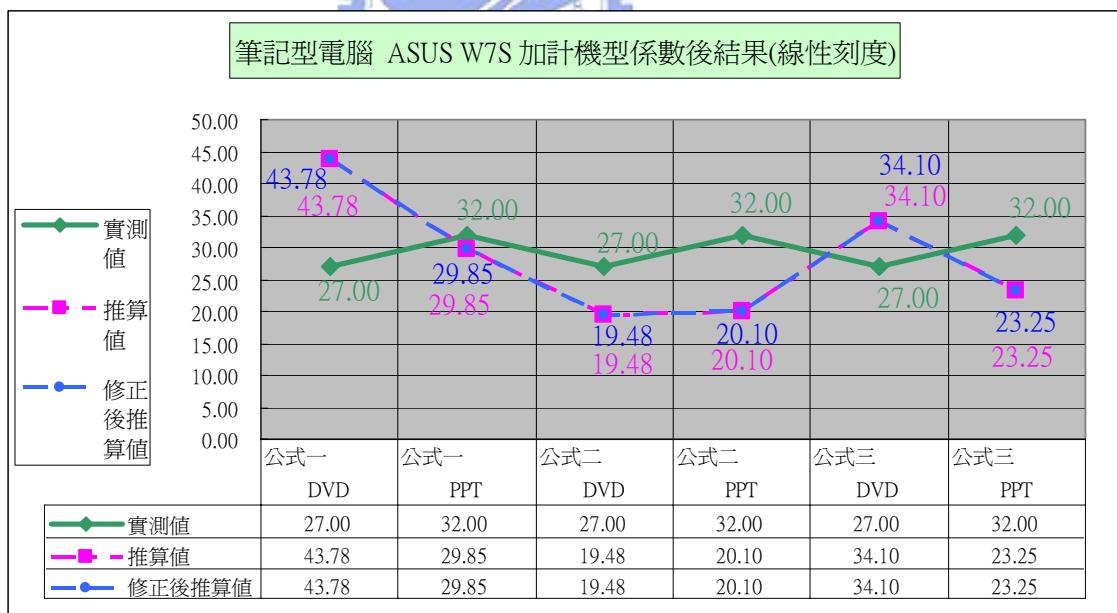


圖 33：筆記型電腦 ASUS W7S 加計機型係數後推算值與實測值比較圖

經過上列推算得筆記型電腦的機型係數=1，表示各公式運用在筆記型電腦上所得的推算值與實測值很接近，主要是因為筆記型電腦的硬體架構均很接近基準機型。

4.6.2 精簡省電型筆記型電腦

表 29：精簡省電型筆記型電腦 ACER Aspire ONE 加計機型係數後推算值與實測值比較表

機號	機型	CPU 規格	測量項目	公式	實測值	推算值	推算誤差%	機型係數	修正後推算值	誤差%
							推算誤差/實測值*100%			(實測值-調整值)/實測值*100%
4	ACER Aspire ONE	Intel atom Core 1 N270	DVD	公式一	18	0.22	98.78%	80.91	17.80	1.11%
4	ACER Aspire ONE	Intel atom Core 1 N270	PPT	公式一	12	0.15	98.75%	80.91	12.14	-1.14%
4	ACER Aspire ONE	Intel atom Core 1 N270	DVD	公式二	18	0.66	96.33%	26.97	17.80	1.11%
4	ACER Aspire ONE	Intel atom Core 1 N270	PPT	公式二	12	0.45	96.25%	26.97	12.14	-1.14%
4	ACER Aspire ONE	Intel atom Core 1 N270	DVD	公式三	18	1.54	91.44%	11.56	17.80	1.11%
4	ACER Aspire ONE	Intel atom Core 1 N270	PPT	公式三	12	1.05	91.25%	11.56	12.14	-1.14%

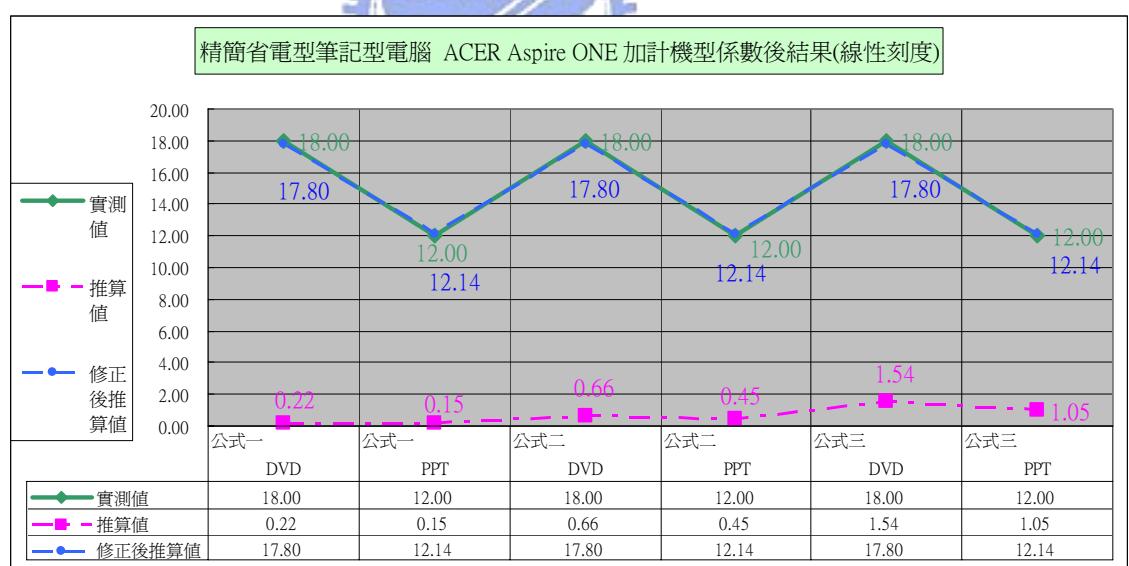


圖 34：精簡省電型筆記型電腦 ACER Aspire ONE 加計機型係數後推算值與實測值比較圖

表 30：精簡省電型筆記型電腦 ASUS EeePC 1008HA 加計機型係數後推算值與實測值比較表

機號	機型	CPU 規格	測量項目	公式	實測值	推算值	推算誤差%	機型係數	修正後推算值	誤差%
							推算誤差/實測值*100%			(實測值-調整值)/實測值*100%
5	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom Core 1 N270	DVD	公式一	18	0.22	98.78%	80.91	17.80	1.11%
5	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom Core 1 N270	PPT	公式一	12	0.15	98.75%	80.91	12.14	-1.14%
5	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom Core 1 N270	DVD	公式二	18	0.66	96.33%	26.97	17.80	1.11%
5	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom Core 1 N270	PPT	公式二	12	0.45	96.25%	26.97	12.14	-1.14%
5	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom Core 1 N270	DVD	公式三	18	1.54	91.44%	11.56	17.80	1.11%
5	ASUS EeePC 1008HA	Intel atom Core 1 N270	PPT	公式三	12	1.05	91.25%	11.56	12.14	-1.14%

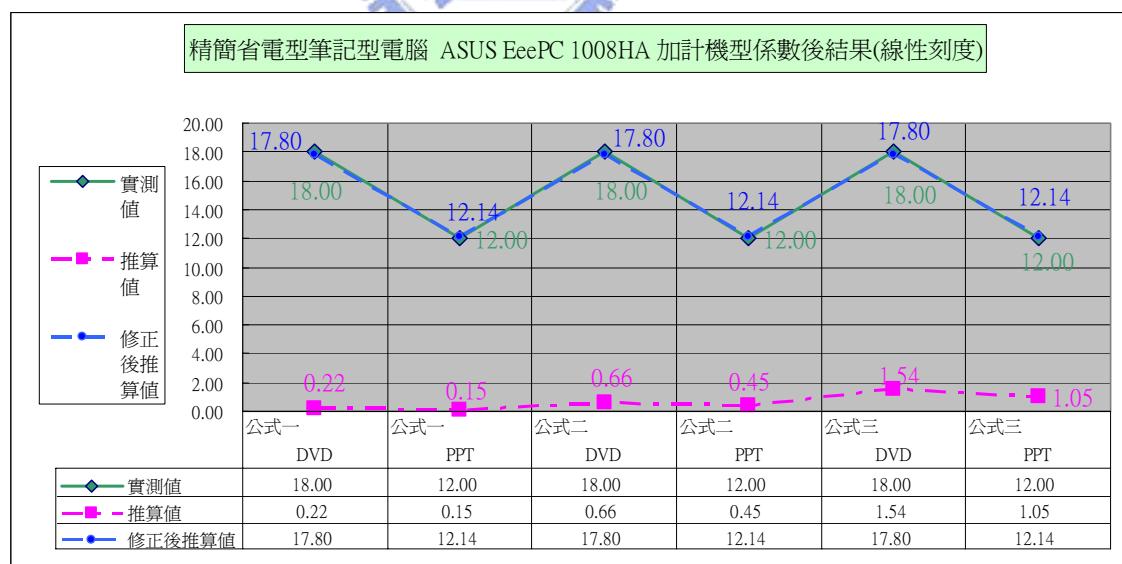


圖 35：精簡省電型筆記型電腦 ASUS EeePC 1008HA 加計機型係數後推算值與實測值比較圖

經過上列推算得精簡省電型筆記型電腦在各公式中所得之機型係數均不相同，主要是因為精簡省電型筆記型電腦的硬體系統設計上以低耗電量為主。

4.6.3 桌上型電腦

表 31：桌上型電腦 DELL 745 加計機型係數後推算值與實測值比較表

機號	機型	CPU 規格	測量項目	公式	實測值	推算值	推算誤差%	機型係數	修正後推算值	誤差%
							推算誤差/實測值 *100%			(實測值-調整值)/實測值 *100%
6	DELL 745	Intel core 2 DUO E630	DVD	公式一	120	4876.52	-3963.77 %	0.03	139.20	-16.00%
6	DELL 745	Intel core 2 DUO E630	PPT	公式一	108	3324.9	-2978.61 %	0.03	94.91	12.12%
6	DELL 745	Intel core 2 DUO E630	DVD	公式二	120	4548.28	-3690.23 %	0.03	139.20	-16.00%
6	DELL 745	Intel core 2 DUO E630	PPT	公式二	108	3101.1	-2771.39 %	0.03	94.91	12.12%
6	DELL 745	Intel core 2 DUO E630	DVD	公式三	120	198.66	-65.55%	0.60	119.20	0.67%
6	DELL 745	Intel core 2 DUO E630	PPT	公式三	108	135.45	-25.42%	0.60	81.27	24.75%

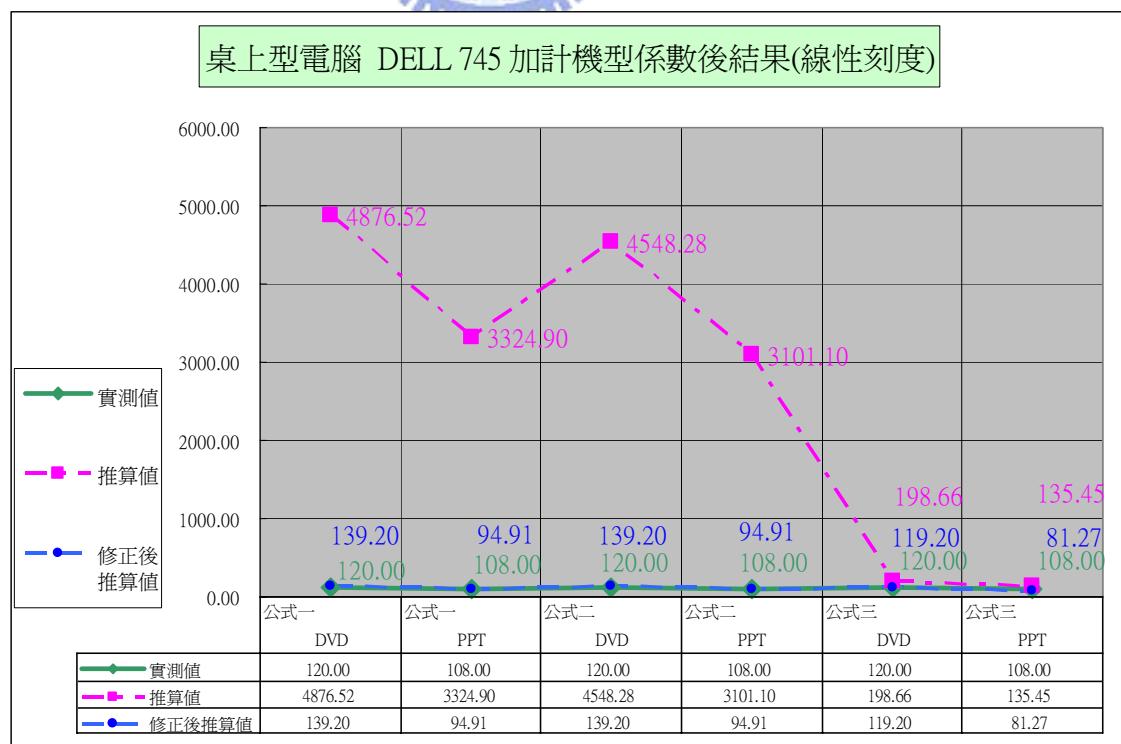


圖 36：桌上型電腦 DELL 745 加計機型係數後推算值與實測值比較圖

表 32：桌上型電腦 ASUS D770 加計機型係數後推算值與實測值比較表

機號	機型	CPU 規格	測量項目	公式	實測值	推算值	推算誤差%	機型係數	修正後推算值	誤差%
							推算誤差/實測值 *100%			(實測值-調整值)/實測值*100%
7	ASUS D770	INTEL CORE 2 QUAD Q9400	DVD	公式一	109	7228.54	-6531.69 %	0.03	216.86	-98.95%
7	ASUS D770	INTEL CORE 2 QUAD Q9400	PPT	公式一	100	4928.55	-4828.55 %	0.03	147.86	-47.86%
7	ASUS D770	INTEL CORE 2 QUAD Q9400	DVD	公式二	109	2082.3	-1810.37 %	0.03	62.47	42.69%
7	ASUS D770	INTEL CORE 2 QUAD Q9400	PPT	公式二	102	1419.75	-1291.91 %	0.03	42.59	58.24%
7	ASUS D770	INTEL CORE 2 QUAD Q9400	DVD	公式三	109	225.28	-106.68%	0.60	135.17	-24.01%
7	ASUS D770	INTEL CORE 2 QUAD Q9400	PPT	公式三	102	153.6	-50.59%	0.60	92.16	9.65%

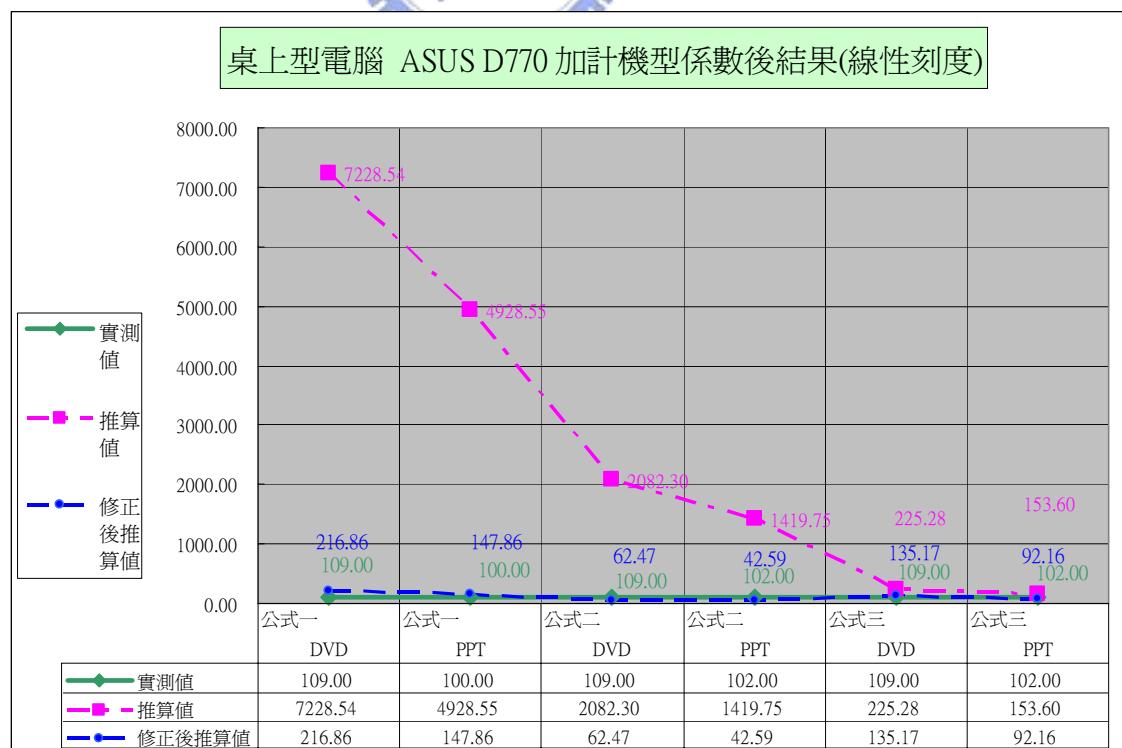


圖 37：桌上型電腦 ASUS D770 加計機型係數後推算值與實測值比較圖

本研究中所列 3 個公式，將電腦分為三大類，推算出一機型係數，藉此機型係數可以修正第四章中的各推算公式之推算結果更接近實測值，所得之機型係數整理如表 33 所示。

表 33：推算各類型電腦之機型係數表

機型	機型係數		
	推算公式一	推算公式二	推算公式三
	(式 3-4-1)	(式 3-4-2)	(式 3-4-3)
筆記型電腦	1	1	1
精簡省電型筆記型電腦	80.91	26.97	11.56
桌上型電腦	0.03	0.03	0.6



五、結論

5.1 討論與結論

經過本研究量測出電腦在執行各類程應用程式所需的耗電量，旨在提供給未來研發筆記型電腦時，能將替代能源一併考慮進去；能因應各項工作所需找到適當的能源產生方式，如風力發電、壓電發電、太陽能發電、水力發電、電磁發電等等。讓使用者在準備工作中，能針對自己的工作需求，備妥替代能源設備，以備應急；不致發生找不到電力充電而無法工作之窘境，同時可響應節能減碳。

現在世界各國都在討論碳匯問題，研擬在日常生活中加入碳稅之徵收，以抑制二氧化碳之產生。像德國就有在租車時，除了租車費用外，另再依您開車所跑的里程數加收碳稅，此舉目的在鼓勵搭乘大眾運輸工具，藉由減少車輛之活動，達到減碳之目的。

前陣子在國內家電賣場中看到家電產品，在規格標示牌中除了一般常見的電氣規格外，另多了一項二氧化碳的製造量。由本研究的可讓看到在使用電腦時因用電所產生的二氧化碳會因使用的軟體不同，所產生的二氧化碳也有所差別。讓使用者瞭解到自己在使用電腦的過程中，製造了多少的二氧化碳。

例一：家庭用電腦

以筆記型電腦Lenovo X61 為例，依本研究所量測數據，分別計算 1 小時、1 天(24 小時)、各測試項目所消耗電能及產生二氧化碳量，如表 34。碳排值的計算依據台灣電力公司公佈 98 年我國 CO₂ 電力排放係數 0.623 公斤 CO₂e/度來計算。

表 34：電腦執行各項軟體一天之用電量及排碳量

編號	測試項目	1 小時		1 天(24 小時)	
		耗電量(度)	碳排值(公克)	耗電量(度)	碳排值(公克)
1	休眠狀態	0.0019	1.183	0.0456	28.392
2	待機狀態	0.0142	8.846	0.3408	212.304
3	待機狀態,啟動 wlan	0.0176	10.964	0.4224	263.136
4	PPT	0.015	9.345	0.36	224.28
5	WORD	0.0153	9.531	0.3672	228.744
6	EXCEL	0.0153	9.531	0.3672	228.744
7	MP3_1	0.0222	13.83	0.5328	331.92
8	MP3_2	0.0222	13.83	0.5328	331.92
9	DVD	0.0222	13.83	0.5328	331.92
10	FTP	0.0222	13.83	0.5328	331.92
11	網路即時新聞	0.0214	13.332	0.5136	319.968
12	網路串流影片	0.0272	16.945	0.6528	406.68

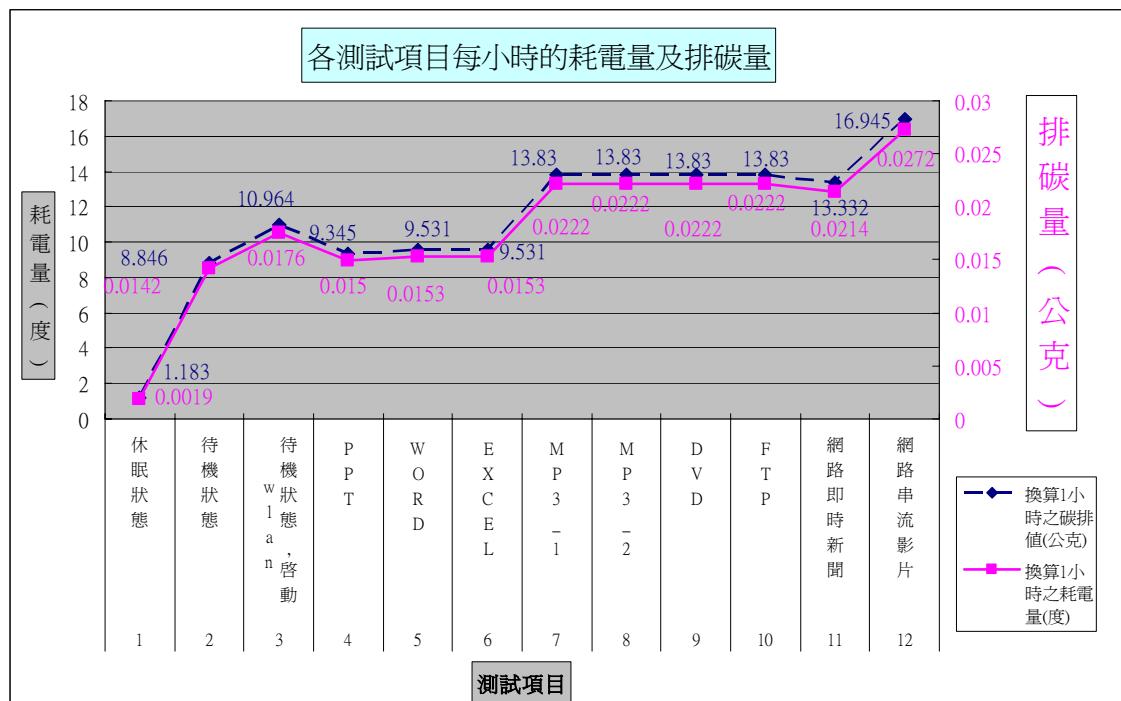


圖 38：電腦執行各項軟體一小時耗電量及排碳量比較圖

由表 34 中可看到，當一部電腦全年無休地運轉時

1. 進入休眠狀態，一天 24 小時，一年下來所
 $\text{累積消耗電力} = 0.0456 \text{ 度電} \times 365 \text{ 天} = 16.644 \text{ 度電}$
 $\text{產生二氧化碳} = 28.392 \text{ 公克} \times 365 \text{ 天} = 10363.08 \text{ 公克，約 10.4 公斤}$
2. 若使用電腦，開啟無線網路卡(Wlan 100% 54Mbps)，使用中華電信 HINET ADSL 連線到網站觀賞長時間串流影音(WMV 格式)檔案，一天 6 小時，一年下來所
 $\text{一天消耗電力} = 0.0272 \text{ 度電} \times 6 \text{ 小時} = 0.1632 \text{ 度電}$
 $\text{一年累積消耗電力} = 0.1632 \text{ 度電} \times 365 \text{ 天} = 59.568 \text{ 度電}$
 $\text{一天產生二氧化碳} = 16.945 \text{ 公克} \times 6 \text{ 小時} = 101.67 \text{ 公克}$
 $\text{一年產生二氧化碳} = 101.67 \text{ 公克} \times 365 \text{ 天} = 37109.55 \text{ 公克，約 37.1 公斤}$

例二：公司行號員工使用電腦之耗電量

以一般公司行號行政人員為例計算 1 小時、1 天(8 小時)各測試項目所消耗電能及產生二氧化碳量。如表 35。碳排值的計算依據台灣電力公司公佈 98 年我國 CO_2 電力排放係數 0.623 公斤 $\text{CO}_2\text{e}/\text{度}$ 來計算。

表 35：公司行號員工使用電腦之耗電量

編號	測試項目	1 HR		1 天(8 小時)	
		耗電量(度)	碳排值(公克)	耗電量(度)	碳排值(公克)
1	休眠狀態	0.0019	1.183	0.0152	9.464
2	待機狀態	0.0142	8.846	0.1136	70.768
3	待機狀態,啟動 wlan	0.0176	10.964	0.1408	87.712
4	PPT	0.015	9.345	0.12	74.76
5	WORD	0.0153	9.531	0.1224	76.248
6	EXCEL	0.0153	9.531	0.1224	76.248
7	MP3_1	0.0222	13.83	0.1776	110.64
8	MP3_2	0.0222	13.83	0.1776	110.64
9	DVD	0.0222	13.83	0.1776	110.64
10	FTP	0.0222	13.83	0.1776	110.64
11	網路即時新聞	0.0214	13.332	0.1712	106.656
12	網路串流影片	0.0272	16.945	0.2176	135.56

由表 35 中可看到，當一部電腦在公司業務人員上班時運轉時，一天以 8 小時計算

1. 進入休眠狀態，一年下來所

累積消耗電力=0.0152 度電 X 365 天= 5.548 度電

產生二氧化碳=9.464 公克 X 365 天= 3454.36 公克，約 3.5 公斤

2. 若使用電腦，開啓無線網路卡(Wlan 100% 54Mbps)，使用中華電信 HINET ADSL 連線到網站觀賞長時間串流影音(WMV 格式)檔案時，一年下來所得

累積消耗電力=0.2176 度電 X 365 天= 79.424 度電

產生二氧化碳=135.56 公克 X 365 天= 49479.4 公克，約 49.5 公斤

看完上面二個例子後，就可瞭解到，使用電腦不良習慣造成消耗電力花錢事小；產生二氧化碳破壞地球生態環境事大；為了我們的生存空間，即日起應該養成隨手關電腦的習慣了。

在目前環境中，電力能源的產生仍仰賴石化燃料之際，發電所產生的二氧化碳也是一大主因，可見未來在使用電力時勢必也會增加碳稅的徵收，屆時就可依本研究之數據預估自己所產生的碳稅。

透過本研究之推算公式，可以讓我們在獲得電腦的硬體資源係數後，套用公式計算出執行各項應用軟體時所消耗的平均功率，藉以推算執行軟體所需電力或推算餘剩的電池電力可以再執行多久時間，及早做電源應變準備。

由 4.4 節中針對各應用軟體的消耗電量的計算，在本研究所列的三個公式中最接近實測值為推算公式三(式 3-4-3)，其計算與驗證過程如 4.4.3 節所示，茲將推算公式三列示於下：

功率比例係數：

$$R_p = X_{CORE_CPU} \times X_{f_CPU} \times X_{P_CPU} \times X_{V_CPU} \times X_{POWER}$$

$$\text{推算消耗功率: } P_{FUN_OTHER} = P_{FUN_X61} \times R_p$$

相關項次說明：

$$X_{f_CPU} = \frac{f_{CPU_OTHER}}{f_{CPU_X61}} \quad : \text{目標機與 X61 之 CPU 頻率之比值}$$

$$X_{f_CPU} = \frac{f_{CPU_OTHER}}{f_{CPU_X61}} \quad : \text{目標機與 X61 之 CPU 頻率之比值}$$

$$X_{P_CPU} = \frac{P_{CPU_OTHER}}{P_{CPU_X61}} \quad : \text{目標機與 X61 之 CPU 消耗功率比值}$$

$$X_{V_CPU} = \frac{V_{CPU_OTHER}}{V_{CPU_X61}} \quad : \text{目標機與 X61 之 CPU 工作電壓比值}$$

$$X_{CORE_CPU} = \frac{N_{CPUCORE_X61}}{N_{CPUCORE_OTHER}} \quad : \text{目標機與 X61 之 CPU 核心數比值}$$

$$X_{POWER} = \frac{P_{OTHER}}{P_{X61}} \quad : \text{目標機與 X61 之 總輸入電力比值}$$

P_{FUN_X61} = *Lenovo X61* 所測量之各工作項目消耗功率值

式中之 *OTHER* : 表示欲推算之目標電腦



在上述公式中使用 CPU 之相關參數(核心數目、頻率、消耗功率、工作電壓)及輸入電源功率為依據來計算消耗功率：經比較(式 3-4-1)及(式 3-4-2)，發現週邊設備的耗電量差距大，造成不同的機型電腦會有較大的差距；所以在本公式不採計週邊設備的耗電量。由上列圖表中可看出推算公式三(式 3-4-1)的推算結果在筆記型電腦與桌上型電腦中與實測值接近，但在精簡省電型筆記型電腦則差距較大。

在精簡省電型筆記型電腦其 CPU 以低耗電低功能為主，故在套用推算公式時各項次之比例偏低，使得推算結果之總體功率係數(0.07 及 0.08)非常小，故推算值比實測值低很多。

在桌上型電腦所使用的 CPU 與筆記型電腦的 CPU 設計上考量的因素相當，故在套用推算公式時各項次之比例相當，使得推算結果之總體功率係數僅高一點(9.03 及 10.24)，但因桌上型電腦原本就較耗電，而且電源供應器的輸入功率也較高，故推算值比實測值接近。

就推算值與實測值之差距而言，比起推算公式一(式 3.4.1)及推算公式二(式 3.4.2)，推算公式三(式 3-4-3)之差距小很多。就整體來看，推算公式三是較符合實際使用推算的公式。

由圖 11 中可看出，在本研究中所使用的電腦機型，包含 INTEL 之單核心、雙核心、四核心規格之 CPU 產品，3.4.3 節公式三之(式 3-4-3)之推算結果均與實測值接近；主要是因為在(式 3-4-3)中有將 CPU 的核心數考量進來，而且推算值與測量值之差距最小，所以應可用來預估未來的 INTEL CPU 產品。

本研究中所列 3 個公式，將電腦分為三大類，推算出一機型係數，藉此機型係數可以修正第四章中的各推算公式之推算結果更接近實測值，所得之機型係數整理如表 36。

表 36：推算各類型電腦之機型係數表

機型	機型係數		
	推算公式一	推算公式二	推算公式三
	(式 3-4-1)	(式 3-4-2)	(式 3-4-3)
筆記型電腦	1	1	1
精簡省電型筆記型電腦	80.91	26.97	11.56
桌上型電腦	0.03	0.03	0.6

機型係數的用途在於使三個推算公式的計算結果更接近實測量值，對於想運用推算公式於電腦消耗功率者，可得到更精確的數據。

5.2 未來工作

體積小，重量輕，薄型，低耗電量，長續航力是現今資訊設備的開發主流，行動電腦愈做愈小，愈省電；主要是讓資訊生活化，生活資訊化的目標早日實現，但電源的開發腳步卻顯得慢速；BBC 報導：美國麻省科技研究所的尼戈羅彭特首次展現並示範一部綠色筆記型電腦[22,23]，內附有手搖充電；讓電力問題走上環保、自然；那麼透過生活週遭可得的太陽、風力、壓力，甚至人力動作是否可供給電腦電源，協助我們完成工作。如此便不需擔心電源問題，又能做到節能減碳之地球村。

對於再生能源可行方法，提出兩種方法，提供給後續相關電力研究之參考

1. 將筆記型電腦的螢幕背板用太陽能電池嵌入，只要電腦接觸到陽光即可產生電力；可同時對電池充電及使用電腦，待無法接觸陽光時，則改用電池電力。
2. 利用壓電材料製做滑鼠墊、觸控板或鍵盤，利用操作電腦過程中移動滑鼠或在觸控板上滑動手指或按鍵即可產生電力。
3. 利用壓電材料製做踏板，利用使用者的腳部動作即可產生電力。

參考文獻

1. 中央研究院計算中心 GIS 小組，「京都議定書中文版」，空間資訊技術處理與運用，現有成果，相關應用與研究計畫，溫室氣體資料庫計畫（行政院環保署合作），1997 年 12 月，取自 <http://webgis.sinica.edu.tw/epa/kyoto.html>。
2. 經濟部能源局，「何為溫室氣體」，取自能源產業溫室氣體減量資訊網，知識館，<http://verity.erl.iti.org.tw/EIGIC/knowledge.aspx?SectionID=13>。
3. 香港特別行政區香港天文臺，「什麼是溫室效應」，取自氣候變化，教育資源，氣候變化小百科，http://www.weather.gov.hk/climate_change/faq/faq_uc.htm。
4. 財團法人工業技術研究院環境與安全衛生技術發展中心，住宅部門溫室氣體排放計量手冊，行政院環境保護署，住商部門溫室氣體資訊，2005 年 3 月 31 日。取自 www.globalwarming.org.tw。
5. 經濟部能源局，「我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析」，99 年 7 月，取自 <http://eigic.estc.tw/download/CO2.doc>。
6. 台灣電力公司，「我國 CO₂ 電力排放係數」，各年度資料，取自 <http://www.taipower.com.tw/quickLink/co2.htm>。
7. Abraham Silberschatz，Peter Baer Galvin，Greg Gagne，作業系統概念(Operating system concepts)，駱詩軒、駱詩富、鄧俊修，六版，東華書局，臺北市，民國九十一年三月。
8. 重灌狂人，「Windows Vista 的睡眠、休眠與互動式睡眠有什麼不同」，取自 <http://briian.com/?p=5066>。
9. 台灣因應氣候變化綱要公約資訊網，「再生能源的發展」，取自 <http://www.tri.org.tw/unfccc/RenewableEnergy/RE-2.htm>。
10. 台灣電力公司，「再生能源」，取自電力與生活，電源開發計畫，http://www.taipower.com.tw/left_bar/power_life/power_development_plan/Regeneration_energy.htm。
11. 百度百科網，「壓電效應」，取自 <http://baike.baidu.com/view/249682.htm>。
12. 葉柏毅，「乘客走過就能發電，日車站實驗發電地板」，中廣新聞網，2008 年 01 月 19 日，取自 <http://n.yam.com/bcc/international/200801/20080119257421.html>。
13. Flow Yu，「日本東京車站的人力發電實驗」，網路新聞，2008 年 12 月 16 日發表，取自 <http://chinese.engadget.com/2008/12/16/piezoelectrics-installed-in-tokyo-railway-station-floors-generat/>。
14. ASUS 華碩電腦，產品規格，www.asus.com.tw。
15. ACER 宏碁資訊，產品規格，www.acer.com.tw。
16. LENOVO 聯想電腦，產品規格，www.lenovo.com.tw。
17. INTEL 英代爾，產品規格，www.intel.com。
18. DELL 戴爾電腦，產品規格，www.dell.com.tw。

19. 瀚宇彩晶股份有限公司 HANNSTAR DISPLAY CORP，產品型錄，取自 http://www.trade-taiwan.org/WebSiteTemp/a4.asp?v_id=16450500。
20. 松大電子科技有限公司，「變電家電源監測器規格」，取自 http://sondar.com.tw/zh/product/cate_8800_1.html
21. 柳中明，『抗暖化為什麼要減碳』，國語日報科學教室 8，民國 99 年 3 月 5 日。
22. 大紀元網系，科技新聞，<http://www.epochtimes.com/b5/5/11/17/n1123382.htm>，2005 年 11 月 18 日。
23. 謝瓊竹編譯，「100 美元手提電腦 革命性體驗」，經濟日報/美聯社麻州劍橋二日電，<http://edp.idv.tw/~scar/blog/read.php?86>，2007 年 5 月 1 日。



附錄一、大同 DAE 基本型電子式電表基本規格

1. 標準: IEC61036
2. 精度: Class 2.0(標準)或 class 1.0(選擇)
3. 誤差: 最大 1 量當功因在 0.5L 及 0.8C
4. 解析度: 0.1 KWH
5. 壽命: 10 年
6. 啓動電流: 40mA
7. 上下盒間具有防水膠圈
8. 兩組鉛封一組用於電表，一組用於端子
- 9: 工作溫度: -20 ~ 55°C
- 10: 雷擊突波: (1) SURGE: 符合標準(IEC61000-4-5)，條件:6KV 1.2/50 micro sec.
(2) 快速脈衝群試驗: 符合標準(IEC61000-4-4)，條件 4KV
11. 耐壓絕緣: 5000V 一分鐘



TK102
單相二線
10(30)A



TK102
單相三線
10(30)A



DEM530
單相三線
20(80)A



DEM600
三相表

附錄二、松大電子科技有限公司變電家電源監測器規格



圖 39：變電家(SPG-26MS 電源監測器)外觀圖

一、產品描述：

產品名稱：SPG-26MS 電源監測器

型號：SPG-26MS 詳細規格及用途描述

AC 輸入電壓：90V~260V

輸出最大電流：15A

尺寸 (mm)：130 x 60 x 37

重量 (公克)：155g

二、特點：

- 插上 AC 電源後即可檢查及測量：

1. 電壓(V)
2. 電流(A)
3. 瓦特 (W)
4. 電源頻率(Hz)
5. 功率因素(PF)
6. 伏安(VA)
7. 用電度數.(KWH)
8. 用電時間 (Hour)

三、適用範圍:

1. 家庭：檢查電力公司 AC 電源電壓是否穩定，電器產品容量及耗電量，使用是否安全。
2. 水電工程師：檢驗電器配線是否安全，可監視電器產品使用並節約能源。
3. 電子從業人員：檢驗電子產品容量的節省及電器功率安全的使用。
4. 電子工程師：電子產品生產過程之檢測，產品功率校正，測量 UPS 設備使用是否安全。是否符合規格和備用時間，電子電器生產設備必備之儀器。
5. 辦公室/工廠：檢查電源，電路之品質。

四、SC-26MS 規格表：

表 37：變電家(SPG-26MS 電源監測器)規格表

測量項目	測量範圍	準確度	
		Typ.	Max.
電壓 (V)	AC 90V~260V	0.2%	1%
電流 (A)	0.00~15.00Arms	0.3%	1%
瓦特 (W)	0~3900W	0.5%	2%
伏安 (VA)	0~3900VA	0.5%	2%
頻率 (Hz)	47~63Hz	0.1 Hz	2%
功率因素 (PF)	0.00~1.00	0.01	0.03
用電度數 (KWH)	0.00~9999	0.5%	2%
用電時間 (Hour)	00.:00~9999	30ppm	
測量時間	1Sec	-	
電源消耗	17.5W(Max)	-	
長 x 寬 x 高 mm	130 x 60 x37	-	
重量 (公克)	155	-	

五、變電家(SPG-26MS 電源監測器)的控制按鈕功能說明

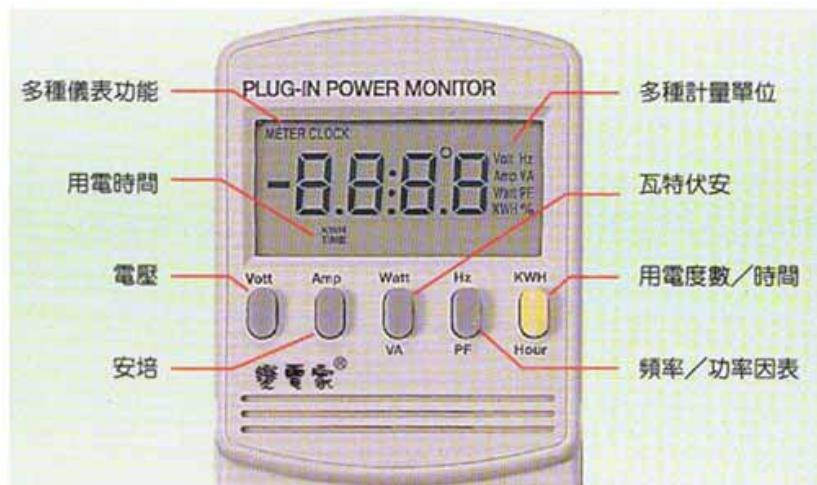


圖 40：變電家(SPG-26MS 電源監測器)按鈕位置圖

表 38：變電家(SPG-26MS 電源監測器)的控制按鈕功能說明

按鈕	功能說明
V	交流電電壓—讀取市電的交流電電壓
A	電流—測試物消耗的電流，耗電量越大的電氣產品，工作電流越大
W	有效功率—測試物所消耗的功率，也就是常說的耗電量($VA \times$ 功率因數 = W)
VA	耗電量—測試物的總耗電量(電壓與電流相乘)
Hz	交流電的頻率(單位時間內的循環數)
PF	功率因素—W/VA，評量測試物的省電環保程度，越接近 1 越好
KWH	累計電力消耗—測試物自測量開始的總消耗電力
Hr	小時—測試時間

六、應用說明

Power Monitor 不僅可以協助玩家量測個人電腦的 POWER 各項電力數值，輕易地找出電源供應器是否足瓦、電力利用率等，在需要購買電力產品時，它更是選購省電設備的好幫手，除此之外，還能夠輕鬆地推算家中電器設備(包括冰箱、吹風機等電器)的耗電量，並且輕易地找出耗電的裝置，適時汰舊換新，還可以隨時瞭解電力的狀況，檢視電流輸出的品質，替各項電器設備的使用壽命把關，加上它八合一的簡易操作設計，讓使用者就算不具備專業的電力檢測知識，也能清楚地解讀看似複雜的電力單位。綜合以上所述，這款產品應該是玩家們不容錯過的實用型工具之一。