

國立勤益科技大學
冷凍空調與能源系碩士班
碩士論文

IT 資訊中心空調系統(CRAC)節能研究

--以半導體廠資訊中心改善為例

IT Information Center air conditioning system

(CRAC) Energy Conservation

**- The semiconductor plant information center to
improve Case Study**

研究生：錢穎濃

指導教授：陸紀文

中華民國九十九年七月

IT 資訊中心空調系統(CRAC)節能研究

--以半導體廠資訊中心改善為例

IT Information Center air conditioning system (CRAC) Energy Conservation- The semiconductor plant information center to improve Case Study

研究生：錢穎濃

指導教授：陸紀文

國立勤益科技大學

冷凍空調與能源系碩士班

碩士論文

A Thesis

Submitted to

Institute of Industrial Design

National Chin-Yi University of Technology

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Design

in

Refrigeration, air-conditioning and Energy Technology

June 2010

Taiping, Taichung, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年七月

國立勤益科技大學
冷凍空調與能源系碩士班
論文口試委員會審定書

本校 冷凍空調與能源系碩 碩士班 錢穎濃 君

所提論文 IT 資訊中心空調系統(CRAC)節能研究

以半導體廠資訊中心改善為例

合於碩士資格水準，業經本委員會評審認可。

口試委員：王旭政 _____

陸紀文 _____

許守平 _____

指導教授：陸紀文 _____

系(所)主管：陸紀文 _____

中華民國 99 年 7 月

中文摘要

資訊機房(IT Equipment)因裝設發熱量大的主機和存儲設備，其單位面積的能耗相當高。為維持資訊設備有效率的持續運轉環境，資訊機房必須設置空調設備來排除機房空間之高熱量。然而由於能源上漲，全球節能減碳政策之推行，資訊機房空調設備的不只是僅要求能否散熱，更要求其運轉效率，使其能耗達到現有的法規要求。本研究以國內中科某半導體廠IT機房空調設備為對象，進行系統能耗改善案例探討。首先以STAR-CD計算流體力學套裝軟體進行單一機櫃氣流模擬，分析地板供風量與機櫃風扇總風量的關係對機櫃周圍流場與溫度場之影響，借此結果找得到改善地板出風口型式及擺設位置，可提升空調氣流效率、降低整體運轉耗能的效果。接下來針對空調系統(CRAC)內加熱器及加濕器使用情形進行探討，發現調整其設定值，可大幅降低降低耗能；以上兩大方法一一改善後，可使本案例之整體空調耗能降低30.76%，電腦機房能源效率指標PUE(Power Usage Effectiveness)值由改善前之1.908降低至1.721。

關鍵詞：資訊機房、計算流體力學軟體、機房空調系統、能源效率指標

Abstract

The information room (IT Equipment) are equipped with large heat dissipation devices, Its energy consumption per unit area is very "significant." To take away the heat generated by IT equipment, IT room air conditioning to cool the room must be set and maintain the space for the working environment. Weather these air-conditioning operation is appropriate, the energy consumption must be obedient to existing laws and regulations, which affect the overall cost of operation directly. In this study, a domestic semiconductor plants information room air conditioning system energy consumption analysis is conducted. First, relation between supply air rate and rack fan volume flow rate affect temperature field and velocity around single rack is analyzed by STAR-CD computational fluid dynamics software package. So the position and outlet type can be improved and overall operating efficiency of air conditioning system is found out and implement. Second, the heater and humidifier operation point setting within air-conditioning (CRAC) is considered. It is found out when operation temperature and humidity are adjusted higher can reduce substantially air-conditioning energy consumption. After this two above-mentioned methods are implemented. Overall air-conditioning system energy saving is 30.76%. Its PUE(Power Usage Effectiveness) value decrease from 1.908 to 1.721.

Key words: IT, STAR-CD, CRAC, PUE

誌 謝

本研究論文尤其感謝 恩師陸紀文教授的悉心指導，由文獻資料搜集、研究方法，到論文撰寫之指導，使學生在此修業期間獲益匪淺，方能順利完成此篇論文。感謝許守平所長在我求學期間不斷的提供寶貴的意見及勉勵，無論是為人處事或是論文研究方面皆讓我受益良多。

承蒙許守平所長及工業技術研究院江旭政博士，於論文口試期間評審時，給予寶貴的建議及指正，使本研究論文得以補強，更為充實完整，在此表達萬分敬意。

感謝系上黃建民教授在模擬軟體應用上之不厭其煩悉心指導，及學弟李金學之協助下方得以完成本次模擬實驗及獲得寶貴之改善數據。更感謝好友清諒在本次機房空調設備進行系統能耗改善時，給予寶貴的意見及支援，才得以順利完成論文，及求學期間系上的師長及學長、學弟們。最後要感謝家人給予我最大的包容心及關懷祝福你們永遠健康快樂。

目 錄

中文摘要	-----	i
英文摘要	-----	ii
誌謝	-----	iii
目錄	-----	iv
表目錄	-----	vi
圖目錄	-----	vii
符號說明	-----	x
一、	緒論-----	1
1.1	研究背景和動機-----	1
1.2	研究目的-----	2
1.3	研究方法與步驟-----	5
二、	文獻探討-----	7
2.1	相關文獻資料探討-----	7
2.2	何謂 IT 資訊中心-----	11
2.3	資料中心主要基礎設施-----	14
2.4	IT 機房空調概述-----	18
2.5	IT 機房空調設備送風方式-----	20
2.5.1	高架地板送風方式-----	20
2.5.2	天花板(風管)送風方式-----	21
2.6	IT 機房空調設備效率探討-----	24
三、	本案例 IT 資訊機房設計與現況分析-----	25
3.1	網路資料中心設計探討-----	25
3.2	半導體廠環境空調設置概述-----	26
3.3	現況分析-----	28

3.4	空調改善前現況分析-----	30
四、	流場分析與改善結果-----	36
4.1	IT 資訊中心空調系統模擬-----	36
4.2	流場分析結果與討論-----	40
4.3	流場分析之結論-----	51
4.4	IT 機房改善分析-----	52
4.5	IT 機房改善對策擬定與實施 -----	53
4.6	IT 機房改善實施確認-----	53
4.7	IT 機房 PUE 改善探討-----	62
五、	結論與建議-----	66
5.1	結論-----	66
5.2	建議-----	67
	參考文獻-----	68



表 目 錄

表 2.1	表 2.1 備用面板對伺服器入口溫度之影響-----	8
表 2.2	表 2.2 機櫃入口溫濕度條件之比較值(2004 版與 2008 版)	9
表 3.1	Server Room 設備耗電量規劃-----	26
表 3.2	空調設備規範表-----	28
表 4.1	CRAC風速量測與風量計算-----	52
表 4.2	OFFICE Server Room 電力需求-----	63
表 4.3	IT 資訊中心設備電力耗能改善紀錄-----	64
表 4.4	CRAC 耗電量(W)設備電力耗能統計紀錄-----	65



圖目錄

圖 1.1	Google 六個機房的 PUE 值-----	3
圖 1.2	熱通道封閉系統示意圖-----	4
圖 1.3	企業機房 PUE 值一覽-----	5
圖 1.4	研究之步驟及流程-----	6
圖 2.1	備用面板對伺服器入口溫度之影響-----	8
圖 2.2	建議採用之 IT 機櫃型式-----	9
圖 2.3	IDC 發熱量之發展趨勢分析-----	17
圖 2.4	下吹式冰水盤管型恆溫恆濕空調機-----	19
圖 2.5	上吹式冰水盤管型恆溫恆濕空調機-----	19
圖 2.6	冰水盤管型恆溫恆濕空調機系統元件圖-----	20
圖 2.7	典型高架地板送風方式-----	21
圖 2.8	天花板(風管)送風方式-----	22
圖 2.9	選擇冷卻系統左:自下而上,右:自上而下-----	23
圖 2.10	IT 資訊機房機櫃冷、熱通道分佈圖-----	23
圖 2.11	耗能 150 W/ft ² 資訊機房溫度分佈圖-----	23
圖 2.12	正確的擺設之空調氣流示意圖-----	24
圖 3.1	Office server room 平面圖-----	29
圖 3.2	Office server room 蜂巢板設置平面圖-----	29
圖 3.3	CRAC Sensor 設置數量平面圖-----	30
圖 3.4	A 棟 CRAC 正確的擺設示意圖-----	31
圖 3.5	A 棟 CRAC 錯誤的擺設示意圖-----	32
圖 3.6	A 棟 CRAC 溫度 96.4~96.6 月趨勢圖-----	33

圖 3.7 A 棟 CRAC 濕度 96.4~96.6 月趨勢圖-----	33
圖 3.8 溫濕度紀錄測試結果-----	33
圖 3.9 Server 前後溫度量測-----	34
圖 3.10 A 棟 CRAC 熱顯像儀(IR)拍攝角度-----	35
圖 3.11 A 棟 CRAC 熱顯像儀(IR)拍攝影像-----	35
圖 4.1 機櫃幾何外形與邊界條件 -----	37
圖 4.2 以三片加熱片模擬電子元件，對稱邊界示意圖-----	39
圖 4.3 標準條件時之流場-----	40
圖 4.4 標準條件時之溫度場-----	41
圖 4.5 供風量降為標準條件的 0.875 倍時的流場-----	42
圖 4.6 供風量降為標準條件的 0.875 倍時的溫度場-----	42
圖 4.7 供風量降為標準條件的 0.75 倍時的流場-----	43
圖 4.8 供風量降為標準條件的 0.75 倍時的溫度場-----	44
圖 4.9 供風量降為標準條件的 0.5 倍時的流場-----	45
圖 4.10 供風量降為標準條件的 0.5 倍時的溫度場-----	45
圖 4.11 供風量降為標準條件的 0.75 倍且供風溫度為 13.7°C 時的流場	47
圖 4.12 供風量降為標準條件的 0.75 倍且供風溫度為 13.7°C 時的溫度場	47
圖 4.13 供風量升為標準條件的 1.1 倍且供風溫度為 16.4°C 時的流場	49
圖 4.14 供風量升為標準條件的 1.1 倍且供風溫度為 16.4°C 時的溫度場	49
圖 4.15 供風量降標準條件的 0.75 倍且風扇風量等於供風量的流場---	50
圖 4.16 供風量降標準條件的 0.75 倍且風扇風量等於供風量的的溫度場	51
圖 4.17 蜂巢板與格柵板外觀圖-----	53
圖 4.18 改善前後耗電量變化曲線圖-----	54

圖 4.19 改善前後溫濕度曲線圖-----	54
圖 4.20 進入 IT 設備之空調供風條件建議值 2004 版-----	55
圖 4.21 進入 IT 設備之空調供風條件建議值 2008 版-----	55
圖 4.22 通道空間風速量測點-----	57
圖 4.23 通道空間風速量測數據-----	57
圖 4.24 機櫃吸風側溫、濕度量測點-----	58
圖 4.25 機櫃吸風側風速量測數據-----	59
圖 4.26 機櫃吸風側溫度量測數據-----	59
圖 4.27 機櫃吸風側相對濕度量測數據-----	60
圖 4.28 機櫃排風側溫、濕度量測點-----	60
圖 4.29 機櫃排風側風速量測數據-----	61
圖 4.30 機櫃排風側溫度量測數據-----	61
圖 4.31 機櫃排風側相對溼度量測數據-----	62
圖 4.32 冰水系統用電量-----	65

符號說明

縮寫	全文
PUE	能源效率指標 (Power Usage Effectiveness)
CFD	計算流體力學 (Computational fluid dynamics)
CRAC	機房空調 (Computer Room Air-Conditioning)
IDC	網路資料中心 (Internet Data Center)
IT	資訊科技 (Information Technology)
PoE	乙太網路供電 (Power over Ethernet)
英文符號	意義
K	多孔材質氣流通過之阻力值
\dot{Q}_s	加熱板發出的熱流率
\dot{m}	空氣之質量流率
C_p	空氣比熱
T_r	回風溫度
T_s	供風溫度
v	多孔材質氣流通過之流速
希臘字	意義
α	多孔材質孔隙率
β	多孔材質阻力計算常數
k	紊流動能
ε	紊流消散率

第一章 緒論

1.1 研究背景和動機

綠色環保與節能減碳可說是當前全球政府及企業一致關注的重大議題，隨著環保意識抬頭，全球各地興起一股節能減碳的熱潮，在此議題帶動之下，上至國家、政府，下至企業、個人，莫不聞風響應全力以赴共襄盛舉。對企業而言，充滿各種高顯熱負荷之資訊設備、元件、纜線、電源及空調設備的機房，順理成章地成為導入綠能環保之首要重點區域，既可兼顧節能環保、節省電費支出、提升效率之外，並可創造出最大經濟效益。地球因第三世界的崛起帶動了經濟蓬勃發展及人類的過度開發過程中製造出大量的二氧化碳氣體，產生溫室效應、造成氣候異常、影響地球生態、地球表面溫度逐年遞升、北極冰山逐年融化、影響所及造成海平面不斷上升，進而對我們所賴以共生的地球造成無法彌補的傷害。隨著 IT 資訊擴大普及，全球的 IT 資訊設備快速增加，其中又以超過佔全球總耗電量的 15%、甚至可能達到總能源消耗量的約 6% 的 IT 資訊設備產業，將是這一波節能減碳最需關注重點之一。

本研究以國內中科某半導體廠 IT 機房為改善分析之案例，以計算流體力學套裝軟體(STAR-CD)透過氣流模擬實驗、計算出更完善之空調送風設備規格及擺設位置，並分析探討運用適當的節能手法達到最高之經濟效益、最佳的 IT 空調設計，並提供其他 IT 機房改善分析之參考。

1.2 研究目的

CRAC(Computer Room Air Conditioner)為 IT 資訊中心空調之簡稱，CRAC 需具備有恆溫恆濕之空調能力，主要目的是為降低環境乾球溫度(dry bulb temperature)，避免電子設備因過熱而造成設備工作不穩定或故障，另一主要目的是為提供穩定的相對濕度(relative humidity)，當設備工作環境過於潮濕，很容易產生金屬氧化現象，也會造成設備工作不穩定或故障，當設備工作環境過於乾燥，則容易產生高壓靜電。為維持恆溫恆濕造成比一般空調箱更為耗能，在提倡節能減碳的同時，以最少的耗能來提升 IT 資訊中心的溫濕度品質是目前改善的方向 [1]。

一般用來評估電腦機房能源效率，乃是 PUE(Power Usage Effectiveness)[2]。其定義為 $PUE = (\text{資料中心的總用電量}) / (\text{IT 資訊設備的總用電量})$ 。若資料中心機房的 PUE 值越大，表示為確保 IT 設備安全運行所配套的由 UPS 供電系統、空調系統、輸入/輸出供配電系統及照明系統等組成的動力和環境保障控制基礎設施的功耗越大。不過因資料中心的總用電量主要來自空調設備，當 PUE 值越低，代表 IT 資訊機房的空調設備所需電力就會越少，機房的節能性越好。

美國環保局曾估計，2006 年傳統的企業資料中心 PUE 值平均為 2.0 或更高，如果能改善設備效能，到 2011 年可改善至平均值 1.9 左右，若能結合各種節能技術及施以較好的操作手法則可達到 1.7，在採用最具能源效益的電力及冷卻技術再加上熱力發電解決方案則到達 1.2 的水平。Google 指出，該公司資料中心的平均值已符合美國環保局對 2011 年最樂觀的估計，而這些

提昇效能的措施讓 Google 省下了數億度的電能，減少數千萬美元的營運支出，降低數萬噸的二氧化碳排放量，以及省下幾億加侖的水。根據 Google 所提供的數據，其六個資料中心的平均 PUE 值為 1.21，幾達 EPA 的最高節能目標。其中更有一個資料中心 PUE 值年均值達 1.15，最低一季的平均值為 1.13[3][4]。

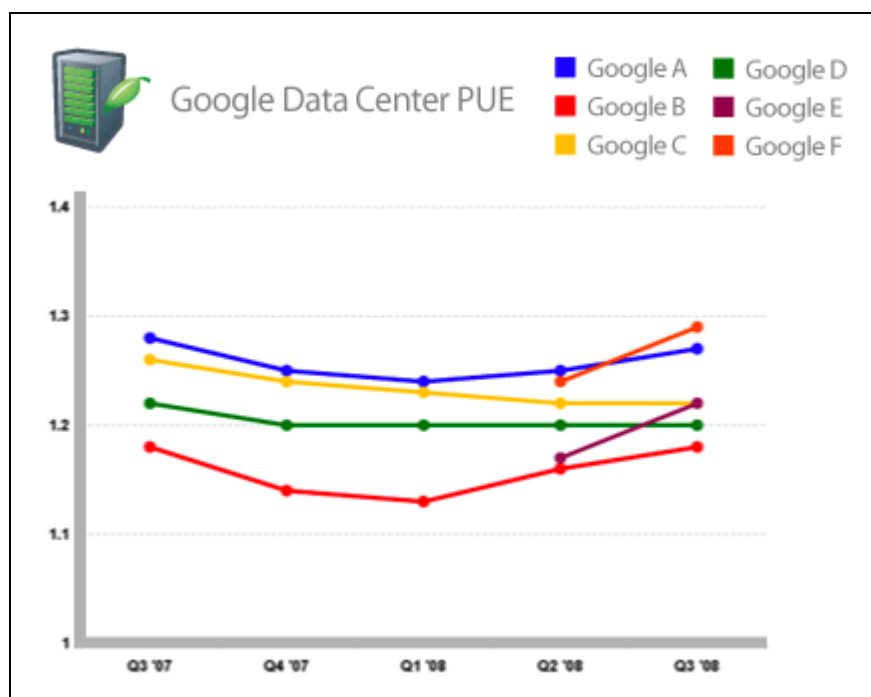


圖 1.1 Google 六個機房的 PUE 值[3]

中華電信的新綠色資料中心將在 2010 年落成，可望成為亞洲最大的綠色資料中心，在環保、節能及可靠度都追求最高標準。中華電信的板橋綠色資料中心(Green Data Center)園區，據了解，將包含 4 座建築物，其中有兩棟 12 層樓建築物將做為資料中心使用。中華電信表示，為了配合中華電信光世代計畫與證交所的國際化發展計畫，計畫興建最穩定與最節能環保的資料中心，將符合 LEED 綠建築認證與資料中心節能設計。在綠建築方面，中華電信的綠色資料中心將符合 LEED 最高等級白金級的認證規範。在資料中心節能方面，中華電信將打造高標

準的用電環境，納入多種節能設計，但目前無法公布細節，不過，中華電信的綠色資料中心要達到 PUE 值 1.5 的標準，目前臺灣企業機房的 PUE 值平均為 2.5，而歐美國家的 PUE 值平均則為 2[5]。

國華人壽的新世代機房，採用了熱通道封閉設計與水平式空調系統，其 PUE 值達到 1.7 的高標準，堪稱臺灣數一數二的綠色節能機房。國華人壽資訊系統部副總經理邱瑞松說，這就是臺灣第一座採用「熱通道封閉」的新世代機房。採用了水平式空調系統與熱通道封閉機櫃裝置，這套空調主機是跟著機櫃相鄰擺放，空調主機的背部朝向熱通道，會把熱氣吸進空調主機，經過冰水冷卻後，再把冷空氣由前方水平地吹出，因而相鄰機櫃的伺服器就能再吸入冷空氣，以此循環達到散熱效果。足以因應國華人壽未來 10 年的 IT 需求。



圖1.2熱通道封閉系統示意圖[4]

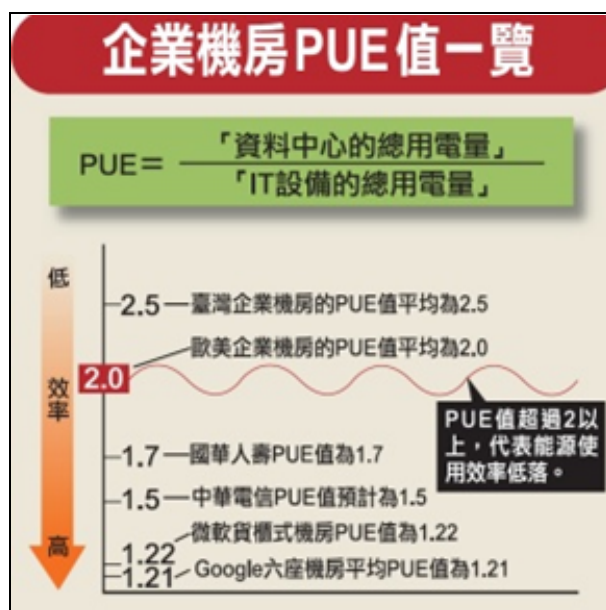


圖1.3 企業機房PUE值一覽[4]

1.3 研究方法與步驟

故本研究以國內中科某半導體廠 IT 機房為改善分析之案例，以計算流體力學套裝軟體(STAR-CD)透過氣流模擬實驗、計算出更完善之空調送風設備規格及擺設位置，並分析探討其內部空調供風系統之氣流分佈情形，及流速大小與供風溫、濕度條件高低對電腦機櫃(Rack)之影響。運用適當的節能手法達到最高之經濟效益、最佳的 IT 空調設計，與 IT 機房改善分析之參考。

由本論文之研究目標，主要為蒐集過去相關研究的文獻，瞭解此領域中的研究發展。由目前相關 IT 資料中心空調耗能分析的應用中，確立研究方向。探討國內外的文獻資料及研究現況。藉以明白目前相關 IT 資料中心空調耗能的缺失及發展現況；並了解相關設計標準建立知識管理架構，做為本研究改善的依據及參考。最後以相關工程改善措施進行改善，並計算分析成效，以利後續的改善發展。研究流程，如圖 1.2 所示。

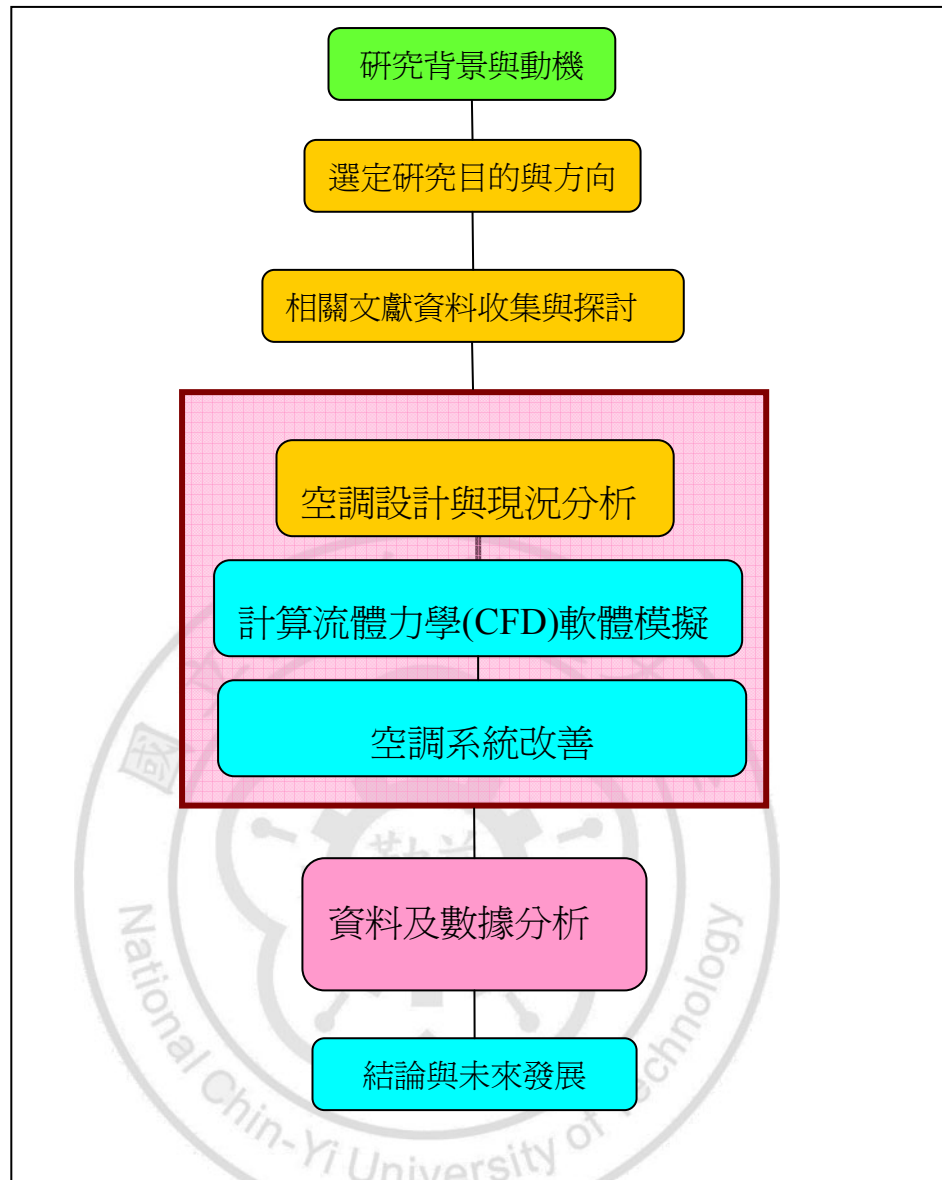


圖1.4 研究之步驟及流程

第二章 文獻探討

2.1 相關文獻資料探討

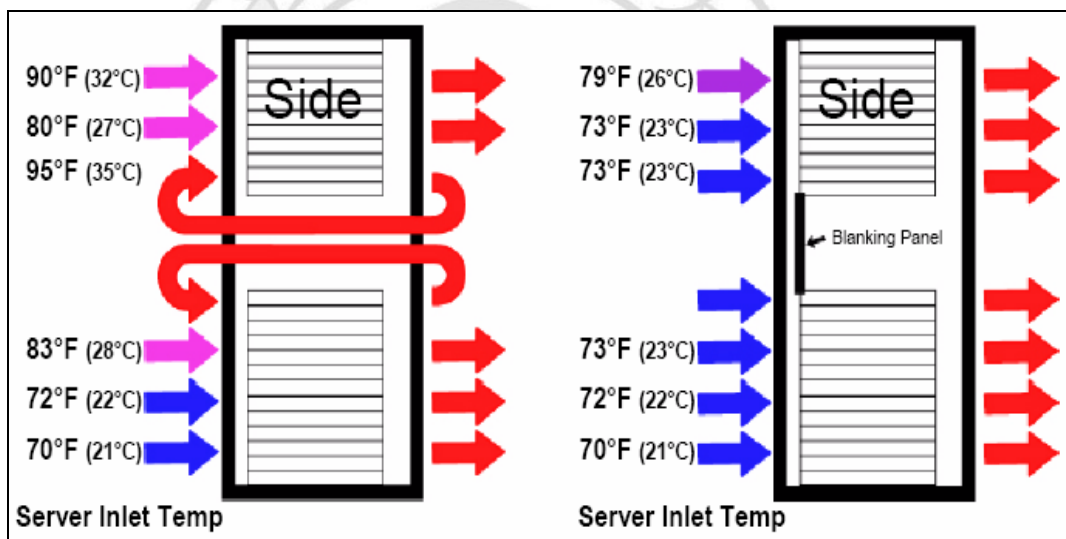
李魁鵬[6]談電能利用率(PUE)值，表示：「IT 的需求量並非神話，並非固定，應該以尖離峰時段來區分，進行規劃」因為當 IT 規格不明確時，電源系統需求可能高估，空調供風系統有可能超量設計，造成系統失控，耗能量變大，李魁鵬博士表示，規劃良好的能源系統在不同環境條件下的耗能量，以空調系統為例，應坐落於 20~30%左右。台灣高科技 Fab 晶圓廠高發熱機台的高顯熱特性，很像電信機房，根據李魁鵬博士調查，以台灣 40 個電信機房抽樣，平均 PUE 約座落於 1.91，他補充，根據美國柏克萊大學統計，台灣 PUE 已有顯著提升(平均 1.64)。

吳建德[7]針對國內 8 家公民營機構調查 IT 機房之溫濕度條件，發現仍以室內溫度條件 $22 \pm 1^\circ\text{C}$ 與相對濕度 $55 \pm 5\%$ 之觀念下為設計依據，且大部分電腦機房無冷熱通道設計之觀念，絕大部分都有冷熱氣流混合情形嚴重。根據其研究報告指出：在能確實滿足 IT 散熱需求的前提下，適量提高 CRAC 之出風溫度，將可節省大量空調主機耗電。其報告指出當改善氣流混合情形後，進入 CRAC 吸入口空氣之溫度調至 24°C 時，則可因調高空調出風溫度節省空調主機耗電比例 8.5%，節費主機電費比例 8.8%。當每降低 1% 冷熱風比例時可節省 0.17% 主機耗電量。

張銘陽[8]藉由 CFD 進行輔助規劃設計，評估 IDC 之最佳配置方式，因而達到較佳之供風條件並利用 DOE 模擬軟體預估未來網路資訊中心之節能改善潛力，研究分析結果如下：模擬將送風溫度由 13°C 調整為 18°C 及冰水溫度 5°C 調整至 7°C ，比較原始案例可以將整體建築耗電量節省 6.07%，冰水主機部分節能

11.8%，泵浦節能26.5%，因有效之冷熱通道配置，故風機耗能亦可下降21.87%。若結合送風環境改善之手法，並參照ASHRAE90.1之改善空調設備效率，整體資料中心能源效率可提昇13%，冰水主機提升47.99%，泵浦提升35.64%，風扇提升7.45%。

Neil Rasmussen [9]研究報告指出:當機櫃中有未安裝使用之伺服器設置空間時，其備用面板需保留不可拆除，以免造成通過CRAC之空氣發生短循環現象，造成上層伺服器進風溫度過熱之情形。如圖2.1及表2.1所示。



左圖:無裝置備用面板

右圖:有裝置備用面板

圖 2.1、備用面板對伺服器入口溫度之影響

(圖片來源2005 American Power Conversion.)

表 2.1、備用面板對伺服器入口溫度之影響

無裝置備用面板	95°F(35°C)-最高溫伺服器	70°F(21°C)-最低溫伺服器
裝置備用面板	73°F(23°C)	70°F(21°C)
供風溫度差	22°F(12°C)	0°F(0°C)

ASHRAE的技術委員會 9.9(ASHRAE TC 9.9)於2004年時建議 Server 的進風側空氣供風溫度介於 20°C 到 25°C 之間(68°F 到 77°F)之間，相對濕度介於 40%RH~55%RH 之間。到 2008年時修正 Server 的進風側空氣供風溫度介於 18°C 到 27°C 之間(64.4°F 到 80.6°F)之間，露點溫度介於 5.5°C DP(41.9 °F)~60% RH & 15°C DP(59°F DP)之間[10]。

表 2.2、機櫃入口溫濕度條件之比較值(2004 版與 2008 版)

	2004 Version	2008 Version
Low End Temperature	20°C (68 °F)	18°C (64.4 °F)
High End Temperature	25°C (77 °F)	27°C (80.6 °F)
Low End Moisture	40% RH	5.5°C DP (41.9 °F)
High End Moisture	55% RH	60% RH & 15°C DP (59 °F DP)

ASHRAE's Thermal Guidelines for Data Processing Environments(ASHRAE 2004)[11]:建議為有效地將機櫃內部元件所產生之熱量，能迅速被空調設備供應之冷風帶走。其依據空調供風系統進入IT 機櫃吸風入端及排風端之方向不同，建議採用之三種機櫃型式分別為(1)前對上與後(F-T/R)、(2)前對上(F-T)、(3)前對後(F-R)。如圖2-2所示。

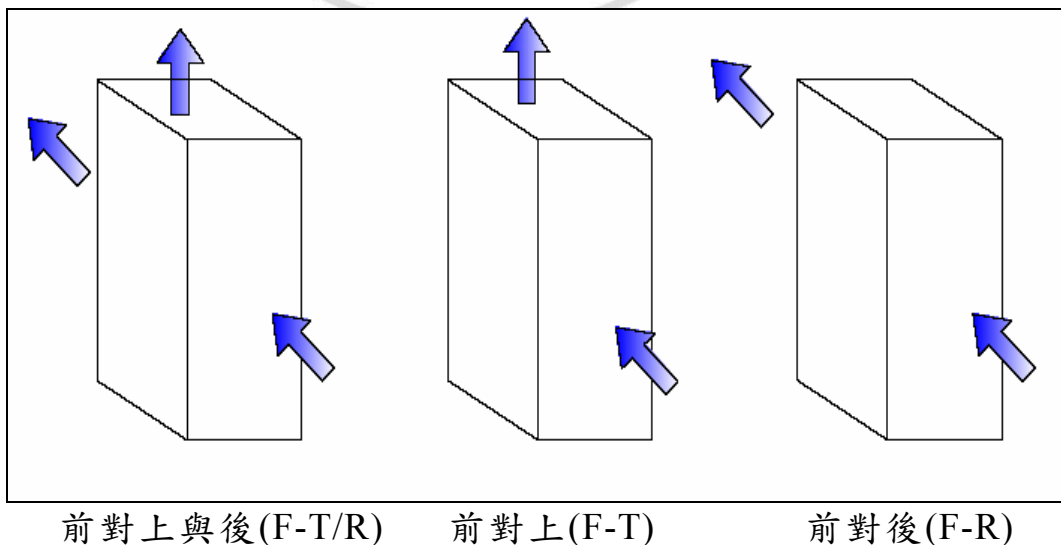


圖2.2、建議採用之IT機櫃型式

Ortrronics [12] 數據中心相關節能技術探討：

- (1)避免冷熱空氣混合，提高冷卻效率。
- (2)CRAC 之裝置位置及正確之氣流分佈情形。
- (3)研發設計新的機櫃以改善氣流阻力。
- (4)使用線徑較小的電纜線，增加進入機櫃之送風量。
- (5)將電纜移出高架地板，以減少阻力及改善氣流。
- (6)使用高架線槽獲得更好的氣流。
- (7)減少高架地板之空氣洩漏率。
- (8)設置預冷設備，以提高效率。
- (9)有效管理高架地板內電纜佈線可提升改善氣流之分佈情形。
- (10)使用感器設備控制照明設施減少非必要之燈光。
- (11)除工作需求外避免進入數據中心，提升 CRAC 的工作效率。
- (12)使服務器的儲存虛擬化功能，更有效地利用。

Christopher Kurkjian, and Doug McLellan[13]關於 CRAC 之敘述如下:一個典型的機架或機櫃為寬:24~30 英吋。長:36~44 英吋。高度可以容納高達 42U 設備。“U”是一個伺服器高度的標準單位，每個“U”型是 1.75 英吋高。

Roger R. Schmidt[14]等，於研究中指出電信交換機房和 IT 數據中心兩者於典型中央機房環境設施之最大不同特點如下:採高架方式空氣供風系統、使用高架方式的電纜佈線、設備直接裝設在混凝土天花板上、高且窄的設備纜線架、沒有主動濕度控制。

C. Mike Scofield, and Thomas S. Weaver[15]研究指出:以 2006 年美國 IT 數據中心環境運轉耗能，約佔美國總電力中的 1.5%的。在過去 5 年，預計再增加一倍，在未來 5 年超過 1000

億 kWh [16]。

2.2 何謂IT資料中心

近年來，電子信息技術迅猛發展，設置可管理、高可靠性的數據中心已經成為資訊行業關注的焦點。IT 網路資料中心，它是傳統的數據中心與 Internet 的結合，它除了具有傳統的數據中心所具有的特點外，如數據集中、主機運行可靠等，還應具有訪問方式的變化、要做到 24hr 服務、反應速度快等。IT 資訊機房是一個提供資源外包服務的基地，它應具有非常好的機房環境、安全保證、網絡帶寬、主機的數量和主機的性能、大的存儲數據空間、軟體環境以及優秀的服務性能。ASHRAE 的技術委員會 9.9(ASHRAE TC 9.9)建議 Server 的進風側空氣供風溫度介於 18°C 到 27°C 之間(64.4°F 到 80.6°F) [10]。

IT 資訊機房作為提供資源外包服務的基地，它可以為企業和各類網站提供專業化的伺服器托管、空間租用、網絡批發帶寬甚至 ASP、EC 等業務。簡單的理解，IT 資訊機房是對入駐(Hosting)企業、商戶或網站伺服器群托管的場所；是各種模式電子商務賴以安全運作的基礎設施，也是支持企業及其商業聯盟(其分銷商、供應商、客戶等)實施價值鏈管理的平台。總而言論，IT 資訊機房是個高品質機房，在其設置方面，對各個方面都有很高的要求。

IT 資訊機房的設置主要在如下幾個方面：

(1)、網絡設置

IT 資訊機房主要是靠其有一個高性能的網絡為其客戶提供

服務，這個高性能的網絡包括其 WAN 和與 Internet 接入等方面。IT 資訊機房的用戶接入系統設置，即如何保證 IT 資訊機房的用戶以安全、可靠的方式把數據傳到 IT 資訊機房的數據中心，或對存放在 IT 資訊機房的用戶自己的設備進行維護，這需要 IT 資訊機房為用戶提供相應的接入方式，如撥號接入、專線接入及 VPN 等。IT 資訊機房的網絡管理設置，由於 IT 資訊機房的網絡結構相當龐大而且複雜，要保證其網絡不間斷對外服務，而且高性能，必須有一高性能的網絡管理系統。

(2)、伺服器設置

IT 資訊機房的伺服器設置可分為多個方面，總體上分為基礎系統伺服器和應用系統伺服器，主要有：

基礎系統伺服器：這類伺服器是保障 IT 資訊機房為用戶提供各種服務的前提，這類伺服器有 DNS 伺服器、目錄伺服器、網絡管理伺服器、防火牆伺服器、各類安全伺服器、IT 資訊機房系統性能監控伺服器等等。

數據庫伺服器：它是保證 IT 資訊機房可以為用戶提供各種應用服務的基礎，IT 資訊機房的數據庫伺服器必須能支持大容量訪問、多種數據庫等。

數據備份伺服器：它是 IT 資訊機房為客戶提供安全服務的內涵之一，保證客戶的數據安全可靠。由於 IT 資訊機房的伺服器種類繁多、有多種數據庫，所以數據備份要支持多機型、多種數據格式等等，而且容量要大。

應用伺服器：是 IT 資訊機房為用戶提供相關應用服務的伺服器。由於 IT 資訊機房的業務擴展，所以應用伺服器應具有很好的擴展性，以及支持各類應用軟體的數量要多。

伺服器的負載均衡：這是 IT 資訊機房提供高性能、高可

靠的重要方法之一，伺服器的負載均衡可由硬件設備（如網絡交換設備）或軟體的方法實現。

(3)、儲存系統的設置

存儲系統是 IT 資訊機房的重點設置內容之一，作為一個 IT 資訊機房，其存儲系統是相當龐大的，特別是在現在的企業中，數據的容量以由 GB 級增長到 TB 級，如此大的數據需要有一個更加安全、可靠的存儲系統，由於訪問的數量也是相當龐大的，所以對存儲系統的效率也有很高的要求；而且存儲系統應具有很好的擴展性，以滿足 IT 資訊機房的發展的需求。

(4)、軟體系統的設置

軟體系統的設置是 IT 資訊機房需要大量投入的方面，它是在前面網絡、伺服器和存儲系統設置的基礎上，IT 資訊機房開展對外服務的手段。IT 資訊機房在軟體設置的主要有：

Web 系統：IT 資訊機房開展 Web-Hosting 服務內容之一，Web 系統軟體應支持在一個系統上能建立為多家企業服務的 Web 系統功能等。

電子郵件系統：電子郵件系統應支持多種電子郵件協議，如 SMTP、POP3、IMAP4、Web-Mail 和 Voice-Mail 等，同時電子郵件系統應有很好擴展性等。

數據庫系統：IT 資訊機房應建立多廠家的數據庫系統，如應有 Oracle、Informix、SQL Server、SyBase 等廠家的數據庫，以滿足不同用戶的需求。

安全系統：如防火牆軟體(硬件防火牆除外)、防駭客入侵、防病毒軟體等。這是保證 IT 資訊機房為用戶提供安全伺服器的前提。

數據備份軟體：支持多備份設備、多種廠家的機器、多種數據庫等等。

應用開發系統：IT 資訊機房應提供相應的開發系統平台，提供相應的開發工具，滿足用戶或 IT 資訊機房開發相應應用的需求。

(5)、IT 資訊機房自身服務系統設置

IT 資訊機房是靠其優質的服務來佔有市場和贏得客戶的，為了做到優質高效服務，IT 資訊機房在其自身伺服器系統的設置上也必須有大量的投入。IT 資訊機房自身服務系統主要有：

客戶關係管理系統(CRM)：CRM 是 IT 資訊機房與客戶建立良好關係的基礎服務系統，它為 IT 資訊機房提供的用戶的發展動態以及用戶的新的需求等。

計費系統：計費系統是 IT 資訊機房收入的保證。

網絡與伺服器管理系統：IT 資訊機房有龐大的網絡和伺服器系統，要管理好這些系統，必須有一個功能強大的網絡、伺服器和應用管理系統，此能保證 IT 資訊機房對外的服務質量。

IT 資訊機房的內部管理系統：保證 IT 資訊機房內部各部門能夠統一協調工作，完成高質量的服務[17]。

2.3 資料中心主要基礎設施

資料中心基礎設施大致分成電力、機櫃及配電系統、電源管理及空調設備 4 大主軸，目前相關的資料中心基礎設置解決方案包括：STS 靜態切換開關、機櫃、冷卻系統、不斷電系統、

PDC 配電中心、PDU 配電裝置、環境監控系統及一些平台軟體。其中，環境監控系統可針對機房在發生過熱，抑或機房遭到入侵、機櫃遭到開啟時會主動對管理人員發出異常通知[18]。

機房場地的設置是 IT 資訊機房前期設置投入最大的部分。由於 IT 資訊機房的用戶可能把其重要的數據和應用都存放在 IT 資訊機房的機房中，所以對 IT 資訊機房場地環境的要求是非常高的。IT 資訊機房的場地設置主要在如下幾個方面：

機房裝修：機房裝修主要考慮吊頂、隔斷牆、門窗、牆壁和活動地板等。

供電系統：供電系統是 IT 資訊機房的場地設置重點之一，由於 IT 資訊機房的大量設備需要極大的電力功率，所以供電系統的可靠性設置、擴展性是極其重要的。供電系統設置主要有：供電功率、UPS 設置(n+1)、配電櫃、電線、插座、照明系統、接地系統、防雷和自發電系統等。

空調系統：機房的溫度、通風方式和機房空氣環境等。

安全系統：門禁系統、消防系統和監控系統。

佈線系統：機房應有完整的綜合布線系統，布線系統包括數據布線、語音布線、終端布線。

通信系統：包括數據線帶寬、語音線路數目等。

當前資料中心的演進，是從一開始大型主機的集中式架構，進展到主從式 Client-Server 及分散式運算的分散式架構，再到當前以服務為導向的虛擬化架構，並由此帶動整合、虛擬化及自動化的需求。服務導向式資料中心的架構，主要由底層的實體層(包括冷卻、電力、纜線及空間)、其上層為運算、儲存

及 I/O 網路所構成的 IT 基礎設施，再上層為服務及邏輯，最上層則為服務導向的應用及服務。隨著當前伺服器年成長率達 12%，儲存複合年增率達 40%~70%，能源支出增長為 IT 預算的近 3 成，導致資料中心空間及電力設施的品質及可用性急速下降。世界權威分析研究機構 Gartner 即曾指出，在未來 3 年內，有 50% 大型組織會面臨能源年支出高於伺服器年預算的窘境 [19]。

針對資料中心基礎設施，必須關注的重點莫過於「ANSI/TIA-942 資料中心電信基礎設施標準」(Telecommunication Infrastructure Standard for Data Centers)，該標準第 1 版早在 2005 年即正式對外發布，也是針對資料中心所發布的第 1 個標準。資料中心有 3 大關鍵指標，分別為可靠性 (Reliability)、可服務性 (Serviceability)、可用性 (Availability)，評斷可靠性的準則為平均故障間隔時間 (Mean Time Between Failures; MTBF)，可服務性為平均維護時間 (Mean Time to Repair; MTTR)，至於可用性的評斷方法，同時包括 MTBF 及 MTTR。由這 3 個指標衍生出資料中心的 4 個層級 (Tier 1-Tier 4)，以做為評估資料中心 3 大指標表現之依據 [19]。就散熱而言，依據 ASHRAE.2005 IDC 發熱量之發展趨勢分析指出 [20]，當前機房散熱方式是從每機架 2.1 kW/rack，進展到每機架 14 kW/rack，再到未來每機架將超過 20 kW/rack。如圖 2.3 所示。

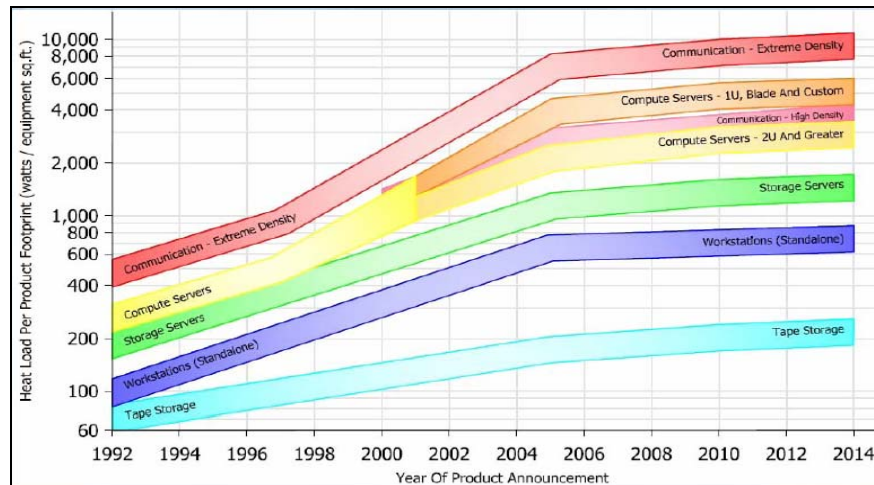


圖 2.3、IDC 發熱量之發展趨勢分析(圖片來源 ASHRAE.2005)

TIA-942 對於冷熱通道有極為明確的定義，其中規定熱通道位於機櫃後方，冷通道在機櫃前方，2 個通道地板皆可自移動，冷熱通道的邊界是以機櫃前後對準地板邊緣為準。櫃對櫃布線的演進，大致從非結構化布線，進展到結構化布線架構。針對結構化布線，目前採用的有模組式 CAT6A 布線系統、模組式光纖布線系統。在區域布線(Zone Cabling)方面，大致分成輕鋼架上方、櫃頂梯架旁及高架地板下 3 種，輕鋼架上方之散熱管理提升了空氣流動性，以提高散熱，適合高溫負荷開關應用的乙太網路供電 Power over Ethernet (PoE)設備；櫃頂梯架旁則特別適用於需增加更多空間於機架或機櫃位上的數據中心或電信室；高架地板下的特點，在於無須安裝任何額外組件，本體機箱外殼即可形成高架地板之底座。再就機房的共同地接網(CBN)來說，就 TIA-942 建議，每間隔 1 個高架地板腳柱需有接地主線通過，亦即 120 cm×120 cm 的接地網，同時需機械性接合(不建議火泥熔接)，而高架地板下的接地主線，最好採用線徑 14~30 平方公厘的裸銅線，建議採 30 平方公厘，如此才可達到 5 歐姆的接地阻抗目標[19]。

2.4 IT 機房空調概述

一般來說，IT 機房都裝設有發熱量大的主機和存儲設備，這些的設備運轉時所產生的熱量也十分“可觀”。為了帶走這些 IT 設備所產生的熱能，IT 機房必須設置空調設備來冷卻機房空間之熱量並維持所需的工作環境條件。而這些空調設備的選用是否恰當、系統能耗是否達到現有的法規之要求，直接影響到整體之運轉成本。在這環保意識高漲、提倡節能減碳的世代裡，如何規劃設計及選用符合高效率標準的空調設備是當前的重大議題。

IT 機房空調設備

以冰水盤管型恆溫恆濕空調機為例：依出風方式不同大約可分為，下吹式，如圖 2.4 所示，及上吹式，如圖 2.5 所示；兩種系統[21]。設備組成共有六大元件：如圖 2.6 所示。

1. 風機。
2. 電極式加濕器。
3. 冰水盤管及加濕管。
4. 三通閥。
5. 溫濕度感測器。
6. 電熱器。



圖 2.4、下吹式冰水盤管型恆溫恆濕空調機
(資料來源:台灣科力瑪系統有限公司)



圖 2.5、上吹式冰水盤管型恆溫恆濕空調機
(資料來源:台灣科力瑪系統有限公司)

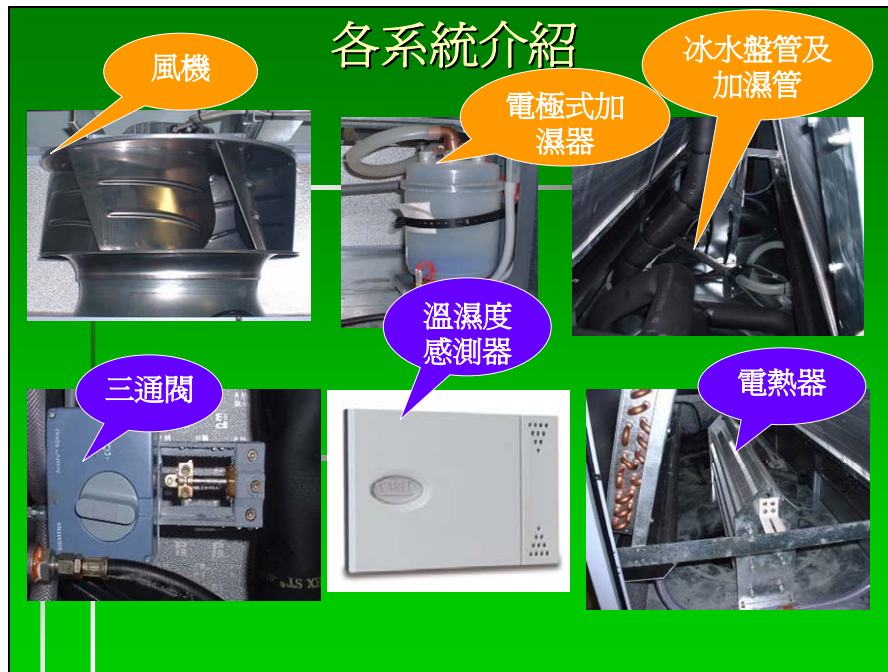


圖 2.6、冰水盤管型恆溫恆濕空調機系統元件圖
(資料來源:台灣科力瑪系統有限公司)

2.5 IT 機房空調設備送風方式

2.5.1 高架地板送風方式:

為鋁合金材質所構成之高架地板設備，通常將 IT 設備機櫃置放於高架地板上。而高架地板下的空間除了供空調設備冰水管路、網路資訊設備與內部電源線路連結外，並可視為空調設備之風管用以供給送風空氣主要通道。圖 2.7 顯示為典型的高架地板送風方式。因採用高架地板送風方式，IT 機房內部工作人員易於設備維護及行走方便，且由沖孔板出風口分佈至機房內部 IT 設備需冷卻之位置，當冷空氣經 CRAC 送出由高架地板下空間輸送後，所有氣流皆由沖孔板出風口吹送並分佈至機房內部 IT 設備吸入端、藉由其內部設置之散熱風扇將冷空氣吸入帶走機櫃內部元件所產生之熱量。此一供風系統設置方式較能因應日後電腦設備更換位置和未來擴充增設的適用性。且沖孔

板與一般的地板尺寸相同，可視需求隨時互換，提供較佳的供風位置及氣流。因高架地板下的空間佈滿空調設備冰水管路、網路資訊設備與內部電源線路應考慮預留風管通道順暢，避免產生紊流狀況降低噪音。因其視為風管設備之一部份、除了須考慮整體之平滑外更需加強保溫之處理，以免產生結露及漏水造成機房重大災害。

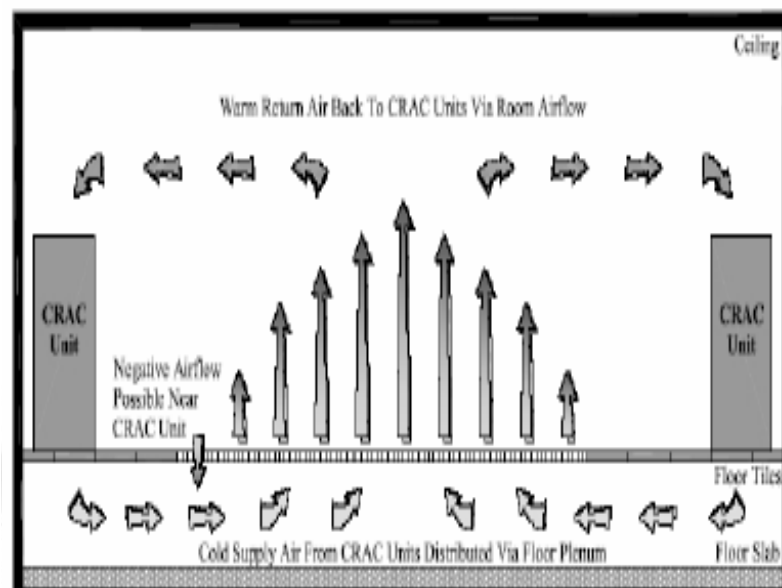


圖 2.7、典型高架地板送風方式[22]

2.5.2 天花板(風管)送風方式

圖 2.8 所示為另一型式之天花板送風分佈方式，當冷空氣經 CRAC 及風管送出藉由天花板上出風口送風，此時空氣向下流動至 IT 設備吸氣口前方，冷卻 IT 設備內部元件的發熱量後，返回至 CRAC 回風端。此種供風系統較能滿足設備和人員舒適的需求，但不如高架地板送風系統具有彈性。

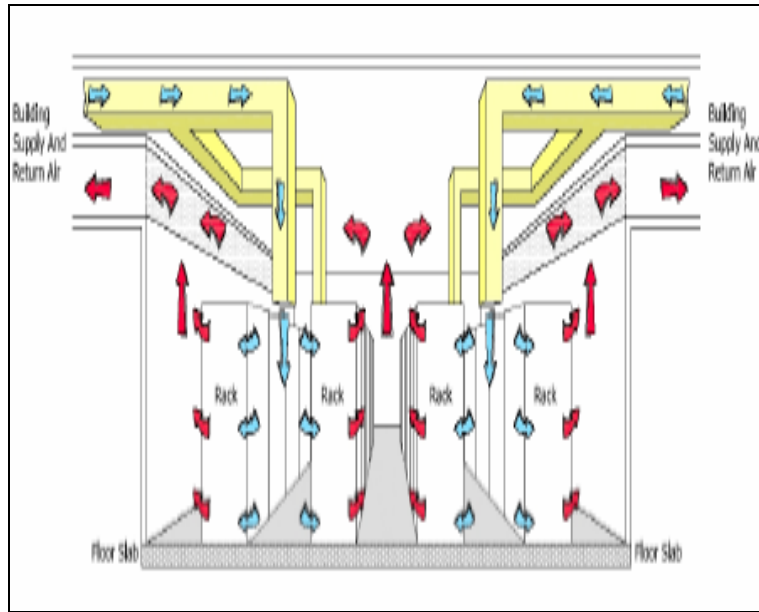


圖 2.8、天花板(風管)送風方式[22]

Magnus K. Herrlin [23]。在研究中以 CFD 模擬結論，提出二種不同供風方式，其中 CRAC 供風氣流速度與溫度對機櫃所產生之影響，其認為採取較快流速之供風方式對於機櫃之散熱有較大助益。圖 2.9 為兩種不同供風方式系統圖。圖 2.10 為 IT 資訊機房機櫃冷、熱通道正確之分佈圖，圖 2.11 為耗能 50 W/ft² 資訊機房溫度分佈圖，圖 2.12 為機櫃冷、熱通道正確的擺設之空調氣流示意圖。

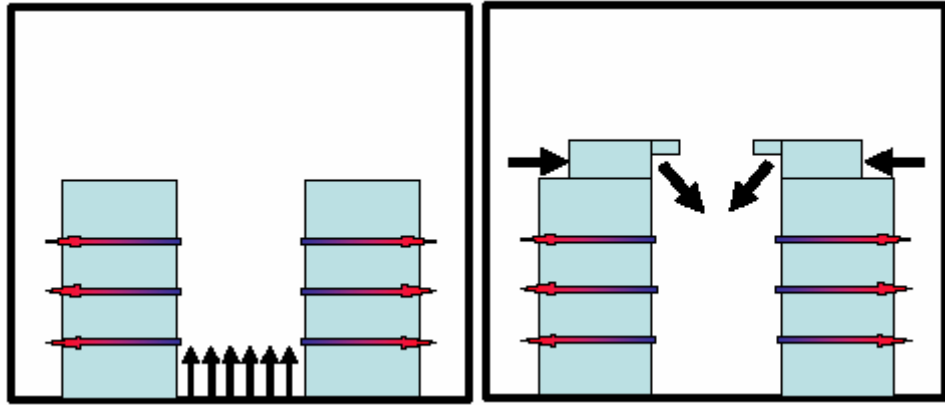


圖 2.9、選擇冷卻系統圖左：自下而上，圖右：自上而下[24]

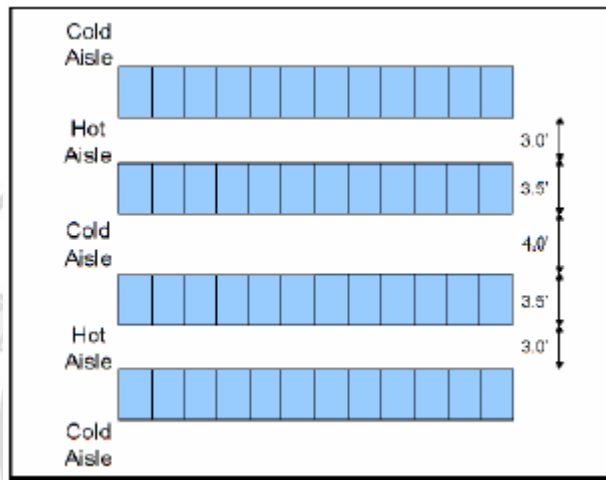


圖 2.10、IT 資訊機房機櫃冷、熱通道分佈圖[24]

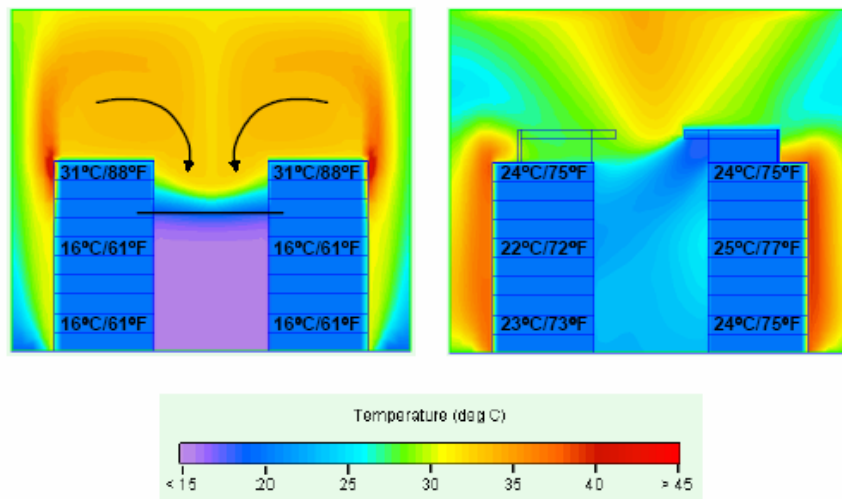


圖 2.11、耗能 150 W/ft² 資訊機房溫度分佈圖[24]

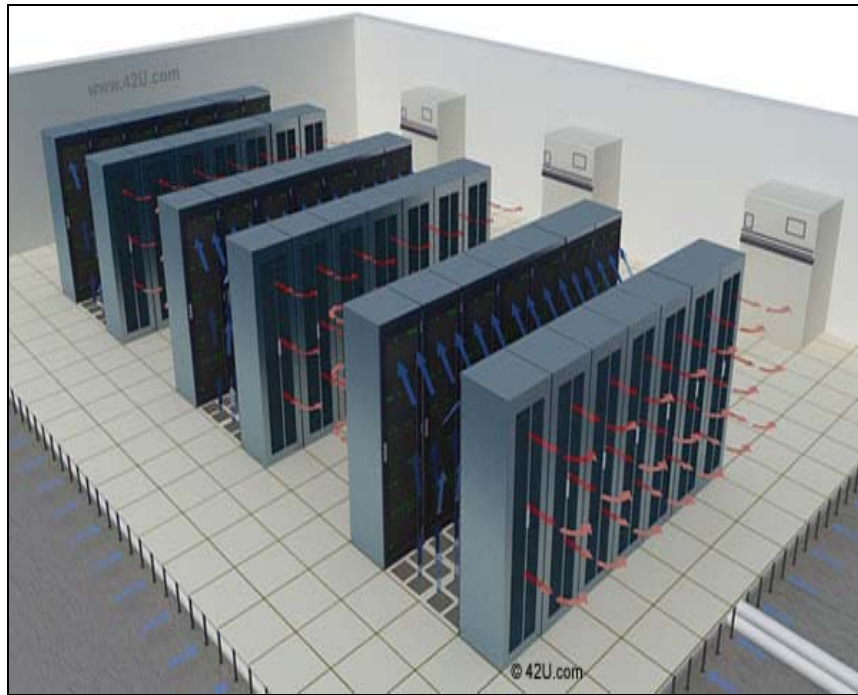


圖 2.12、正確的擺設之空調氣流示意圖[25]

2.6 IT 機房空調設備效率探討

傳統 IDC 機房之所以冷卻效率不高，探討主要原因在於空調系統送風方式分布不均，造成有些地方溫度過高，有些地方過冷其可解決方式探討如下：

1. 把冷空氣輸送到機櫃內部：因為是機櫃內設備元件需要冷卻散熱。
2. 把冷空氣輸送到機櫃的正面吸入端：因為冷空氣只能從機櫃正面進入，發揮散熱功用。
3. 準確估算每個機櫃的排氣量：因為機櫃內設備發熱量不同，需要的風量也不同。
4. 不讓機櫃內的冷空氣隨意流失：因為只有進入機櫃的冷空氣才真正發揮散熱作用，所以應把冷空氣由機櫃正面空間送出。此一送風原則大幅減少了冷氣的浪費。更重要的是冷、熱氣流通道完全分離達到節能之目的。

第三章 本案例 IT 資訊機房設計與現況分析

3.1 網路資料中心設計探討

近年來網路資料中心(IT資訊機房)機房的發展迅速，因此需要更多的空間來存放資訊設備(IT)，由於現今機房空調皆屬於大範圍冷卻，加上伺服器排列密度極高，冷熱通道概念尚未普遍建立，儘管環境溫度確實能達到設定範圍，但實際於IT機房設備的散熱效果往往有限，因此熱量不易排出，如此持續降低空調溫度往往造成過度的能源消耗。

IT 資訊中心就是通信及網路通訊中心的放置之處，該空間的溫度及相對濕度須達到規範要求，方能避免電子設備過熱而燒毀，否則輕者電子零件故障，重者影響到整個網路中斷，造成不必要的損失。

所有的電子設備，基本上都是會發「熱」的物品，而所有會發熱的零件都有著散熱及過熱之問題。「散熱」，是要把設備所產生的熱能排出，像是時下多數電腦主機，利用主動式強制風冷，也就是採用風扇吹走晶片或驅動器的熱量，優點是簡單易行、成本低廉，缺點是散熱能力受環境溫度的影響，以及過高的風速會產生擾人噪音。因此需要長期開機使用的設備，為了預防設備過熱，擺放這些高密度電子設備的空間最好是加裝空調設備，以有效降低環境溫度，如此才能避免電子設備產生過熱的現象[1]。

本研究以國內中科某半導體廠 IT 機房為分析之案例，以計算流體力學軟體 STAR-CD 透過氣流模擬實驗提出更完善之空調送風氣流流速，提供本半導體廠 IT 機房分析探討及運用適當

的節能手法達到最高之經濟效益、最佳的 IT 空調運轉方式。

3.2 半導體廠環境空調設置概述

(1) 中科某半導體廠

Office server room，位於 Office building 之 2 樓，主要提供 Fab production 及 OFFICE 所需之伺服器主機及網路系統之設施環境。

(2) 空間歸劃: 室內空間 19.7 m(長)×19.7 m(寬)×2.7 m(高)

Office server room 空間歸劃：

Office server room 置放 Office server、CIM servers 備援裝置及相關網路設備等。Office server room 空間需求面積約 390 平方公尺，但不包括(設備)facility 所需之面積。

空間需求面積依實際配置需求而定。

表、3.1 Server Room 設備耗電量規劃

	OFFICE Server Room		Link Server Room	
	24 k(now)	48 k	24 k(now)	48 k
伺服器設備	178414	244438	77283	143759
網路設備	33281	49010	30289	46018
Total	211695	293448	107572	189777

單位：Watt(瓦)

(3) OFFICE server room 空調規格。

Location：Office building 二樓。

Server room 數量：1 間。

設備散熱量(heat dissipation)：112,930 W(385,427 Btu/hr)。

空間冷房需求：77,237 W(263,610 Btu/hr) (機房空間 435 平方公尺)。

總計需求為 190,167 W(649,037 Btu/hr)。

具備電力中斷自動回復之功能。

電腦機房鋪設高架地板，需使用電腦機房專用之下吹式恆溫恆濕空調系統，電腦設備運轉時電腦機房內量測之標準如下：

A.溫度：22°C ± 3°C。

B.相對濕度：45% ~ 60%。

冷氣空調系統需具備備援及輪值功能。

特別加強有關機器震動噪音及防滲水之防範。

(4)OFFICE server room 空調設備規格。

本半導體廠 IT 機房改善案，原系統規劃設計使用電腦機房專用之下吹式恆溫恆濕專用機組，共設置 6 組、設備規範如下：

A. 溫度：23°C。

B. 相對濕度：55%。

C. 風量：28000 CMH，100 s.p Pa，風車:4.2 kW×2。

D. 冰水流量：2.62 LPS。

E. 電熱器：18 kW。

F. 加濕器：3.656 kW。

G. 過濾網: (η:90%)

H. 控制方式: LCD

表 3.2、空調設備規範表

COMPUTER ROOM AIR CONDITIONING UNIT SCHEDULE														
UNIT NO.	LOCATION	Q'TY	INDOOR UNIT											
			INDOOR CONDITION		SUPPLY AIR				CHW COIL					
			°C	%RH	FLOW CMH	S.P. Pa	NO.FANS SETS	TOTAL KW	CHW		CONTROL	FLOW L/S	AREA M ²	Row
									EWT	LWT				
CRAC-A104-001~007	OFFICE BLDG. L20	7	23°C	55%	28000	100	2	2x4.2	9	17	2-WAY	2.62	>4.4	3
			HEATER			HUMIDIFIER (4)			FILTER Class%	NOISE CRITERIA dBA	ELEC PH/V/HZ	CONTROLS TYPE		
			TYPE	STAGE	TOTAL KW	TYPE	CAP'TY KG/H	POWER INPUT KW						
			ELEC	3	18	ELEC	5	3.65	EU4(90%)	55	3/480/60	LCD		

3.3 現況分析

本研究之 IT 機房設置方式為由高架地板下方供風之方式，高架地板材質採鋁合金，機房空間共設置 85 片 Perforated 開孔板(出風開孔率 17%)做為 CRAC 出風口之用，將冷空氣導引至 IT 設備吸氣口前方，藉由設備內建之排熱風扇導引冷卻 IT 設備內部元件的熱量後、返回至 CRAC 回風端重複循環。其餘部分以盲板覆蓋除可承載擺放設備之載重外及方便於工作人員行走，更可避免冷空氣旁流至未設置機櫃之處因而造成能源消耗及氣流短循環。蜂巢板設置數量，如圖 3.2 Office server room 蜂巢板設置平面圖所示。

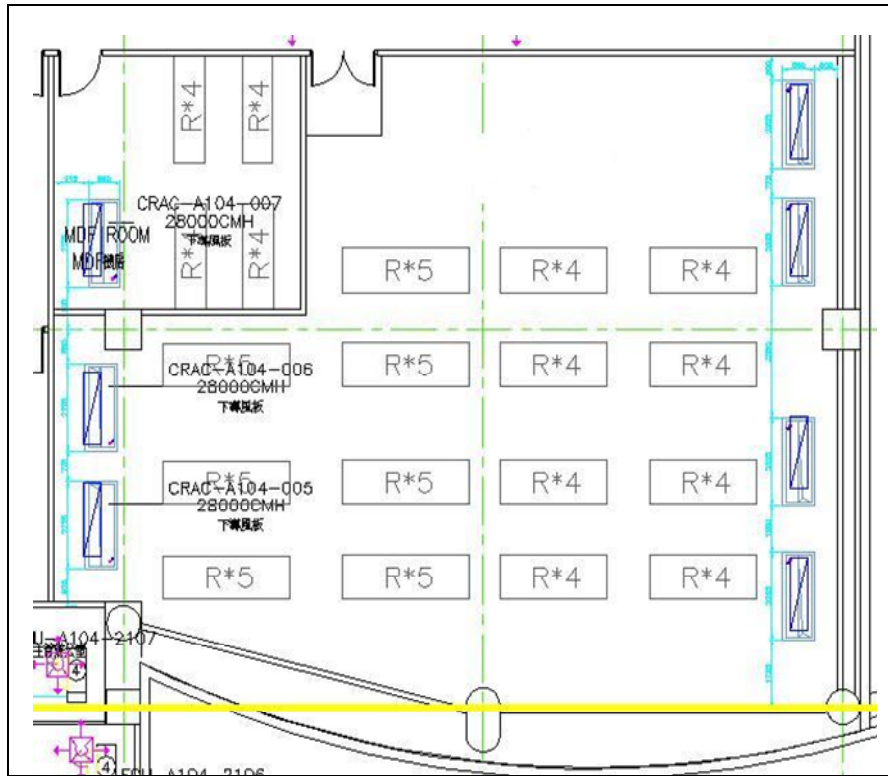


圖 3.1、Office server room 平面圖

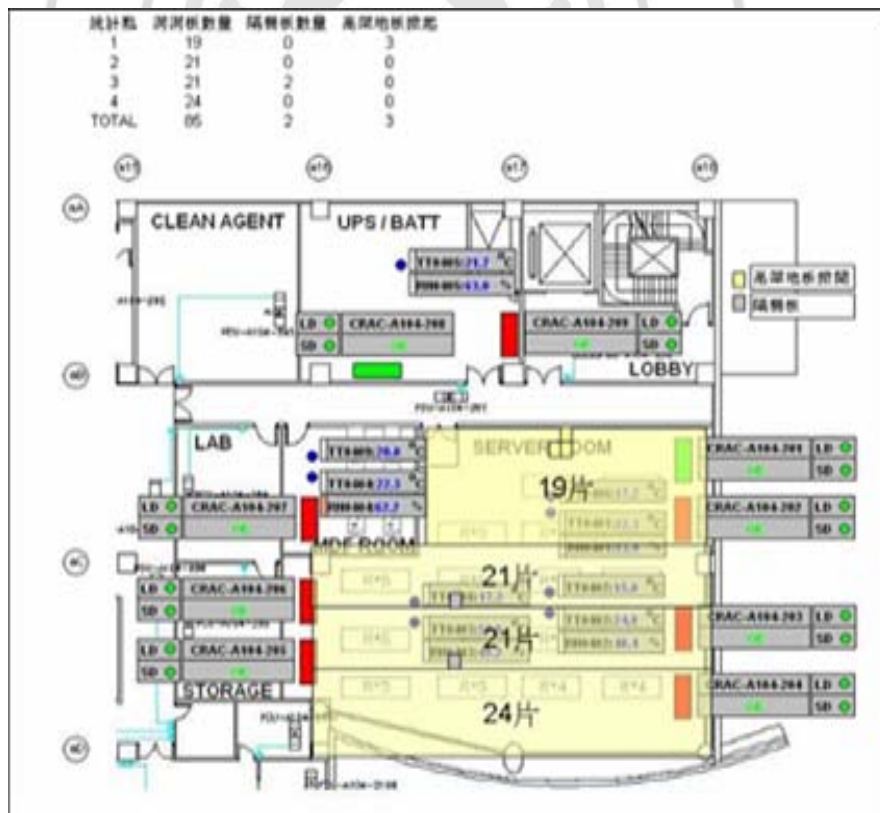


圖 3.2、Office server room 蜂巢板設置平面圖

目前溫濕度 CRAC Sensor 於 OFFICE server room 共設置三處出風溫度感測器(設置於高架地板內)、三處室內溫濕度感測器(設置於室內天花板)，供中央監控系統監測室內各項運轉紀錄。各 CRAC 回風端採內置單點溫濕度感測器、感測室內溫濕度狀況提供 CRAC 控制系統運轉所需各項資料，以達到恆溫恆濕控制之目的。CRAC Sensor 設置數量，如圖 3.3 標示藍色處所示。

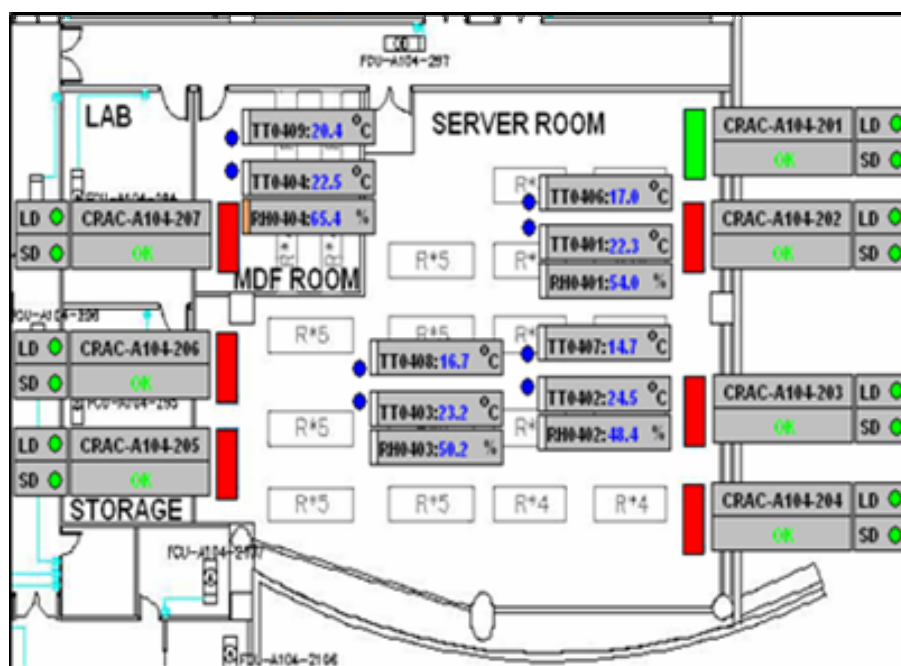


圖 3.3、CRAC Sensor 設置數量平面圖(藍色標示)

3.4 空調改善前現況分析

正確冷熱通道設置之 IT 設備機房、其 Server 與 CRAC 之 Server Room Layout，如圖 3.4 所示。冷熱通道的配置將直接影響 IT 設備之散熱效果，為了提高 IT 設備散熱的效率，ASHRAE Technical Committee TC 9.9 [9]則說明 IT 機房應採取冷熱通道的概念。

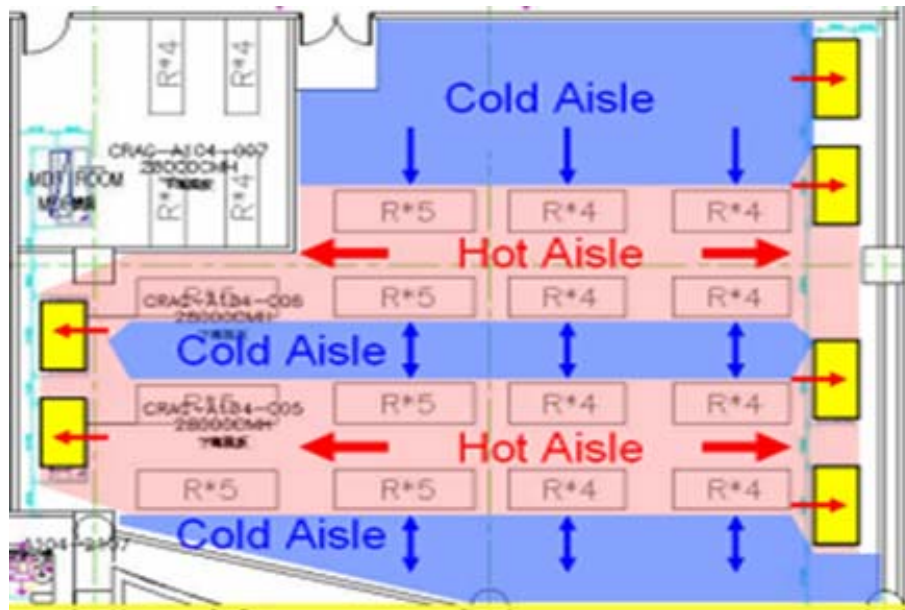


圖 3.4、A 棟 CRAC 正確的擺設示意圖

CRAC 將冷空氣藉由高架地板送至機櫃吸風側帶走 IT 設備之運轉熱量後，排出後流回至 CRAC 吸入側，由於冷熱風道被區分開來，可確保較多的冷空氣能進入機櫃進行散熱，並減少空氣短循環的問題發生，減少能源消耗。而圖 3.5 因設備排列方式為縱列方式，未採用冷熱通概念之排列方式，因此當機櫃藉吸入冷空氣，吸收機櫃內熱量而變成熱空氣排出後，下一排機櫃在吸入冷空氣同時有可能將前排機櫃所排放之熱空氣一併吸入機櫃內部，易造成溫昇，導致設備散熱不良而過熱故障損毀。

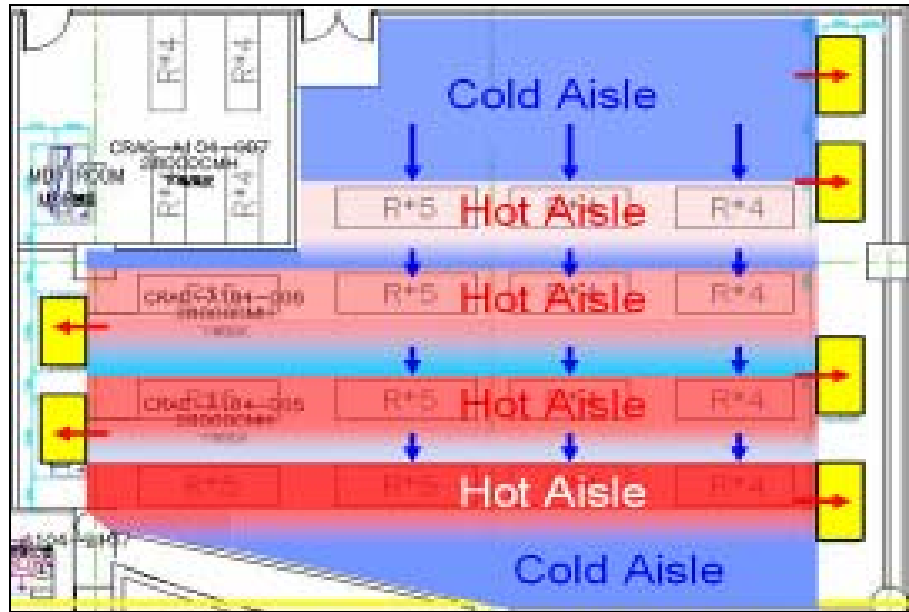


圖 3.5、A 棟 CRAC 錯誤的擺設示意圖

該公司廠務現場值班人員反映 OFFICE server room 現況如下：

- (1)室內溫濕度不穩定。
- (2)機櫃發出異常警訊(當排氣溫度高於 40°C)。
- (3)CRAC 設備異常損壞(經檢視維修記錄資料:更換元件為電熱器及電極式加濕器)。

經調閱並檢視監控所輸出之溫濕度歷史趨勢圖(圖 3.6、圖 3.7 所示)。究其原因推論最有可能的是溫濕度控制感測器位置錯誤所造成(空氣側空調效率過低)，因 CRAC 溫濕度控制感測器位於入風口處，環境溫濕感測器設置於室內天花板最高點處且裝設位置不妥，造成量測溫濕度誤差，量測之溫度偏高，並導致持續重複冷卻、除濕、加熱、加濕之過程，致使設備異常損壞。

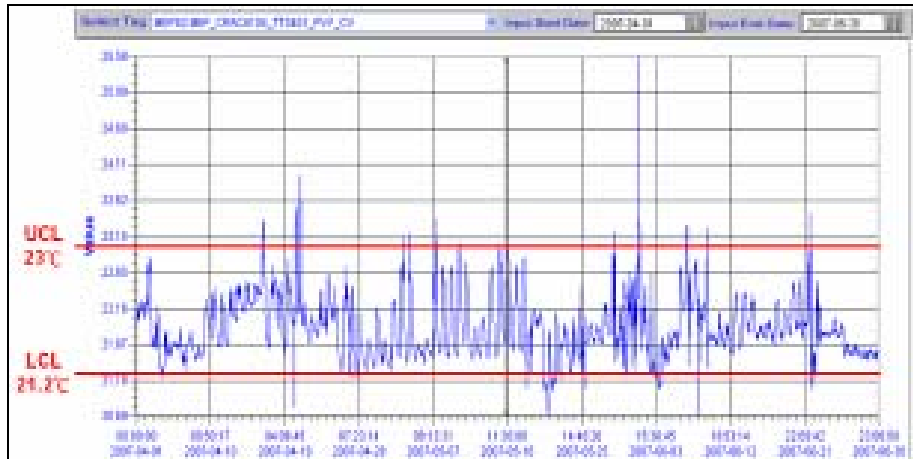


圖 3.6、A 棟 CRAC 溫度 96,4~96,6 月趨勢圖

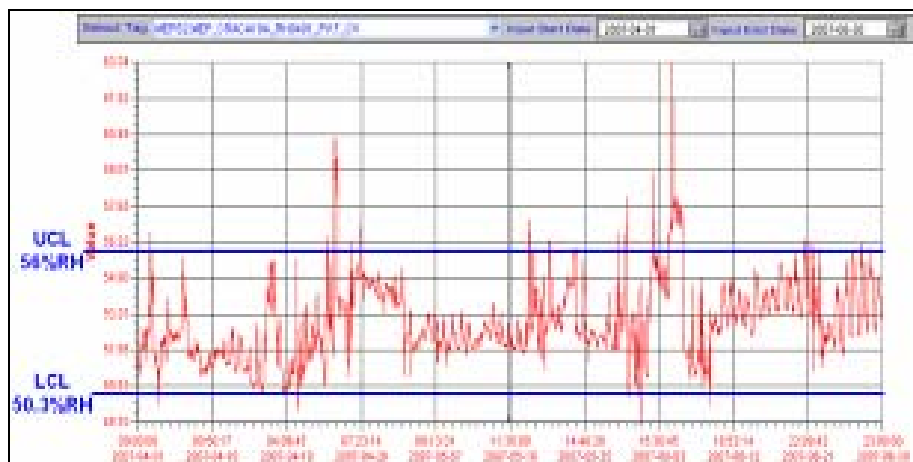


圖 3.7、A 棟 CRAC 濕度 96,4~96,6 月趨勢圖

(1)改善方案已於 97/01/22 將 OFFICE CRAC 之溫濕度控制感測器移至環境溫濕度參考點附近。此一溫濕度異常情形已獲得改善、可從圖 3.8 溫濕度趨勢圖看出，OFFICE server room 溫濕度已有穩定趨勢。

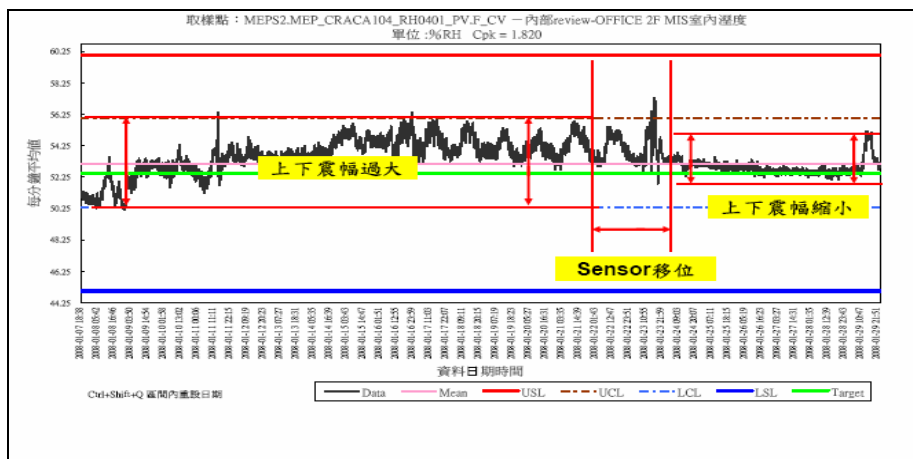


圖 3.8、溫濕度紀錄測試結果

(2)機櫃發出異常警訊(當排氣溫度高於 40°C)：

量測 Server 前後端氣流溫度得知，入口為 19.2°C/出口為 28.4°C，此時 CRAC 供應之空調出風溫度(14.8°C，80.4%RH)回風溫度(20.6°C，50%RH)是沒問題的，如圖 3.9 所示。

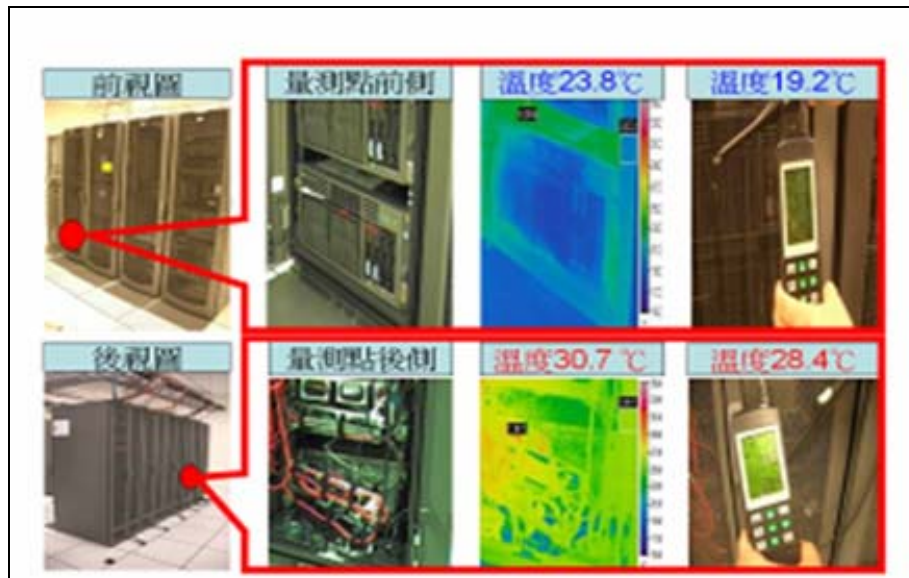


圖 3.9、Server 前後溫度量測

利用紅外線熱顯像儀(IR)拍攝 A 棟 Server Room 溫度分佈得知，如圖 3.10、圖 3.11 所示。發現問題出在 Server 擺設方式錯誤導致後方機櫃在吸入冷空氣同時，有可能將前一機櫃所排放之熱空氣一併吸引入機櫃內部，易造成溫昇導致設備散熱不良，如圖 3.5 所示。因 Server 皆以相同方相排列放置，導致愈後面之 Server 溫度愈高發出異常警訊(當排氣溫度高於 40°C)。因 Server Room RACK 已上線運作中，故已無法變更其配置，因此無法改變其空調氣流。僅能以計算流體力學 CFD(Computational Fluid Dynamics)軟體透過氣流模擬，計算出更完善之空調送風流速及出風口擺設位置，並分析探討其空調供風系統之氣流分佈情形，及流速大小與供風溫度條件高低對電腦機櫃(Rack)之影響，為改善方案之選項。



圖 3.10、A 棟 CRAC 熱顯像儀(IR)拍攝角度

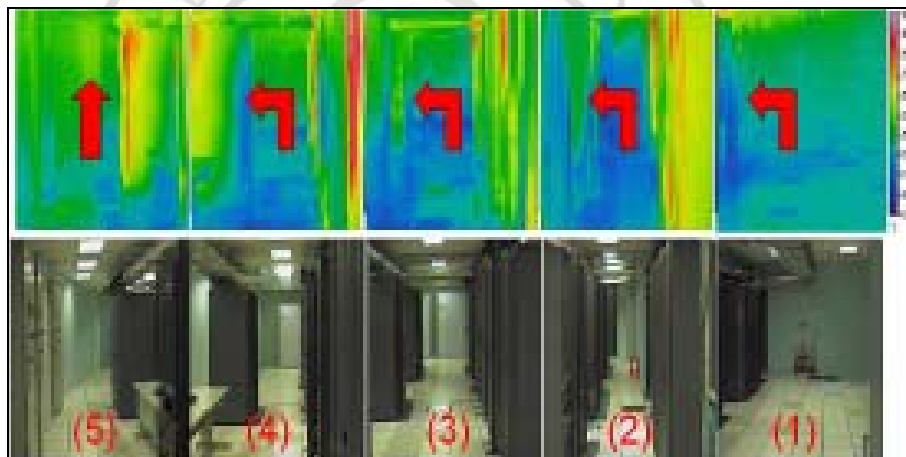


圖 3.11、A 棟 CRAC 熱顯像儀(IR)拍攝影像

第四章 流場分析與改善結果

4.1 IT資訊中心空調系統模擬

本模擬依據使用中的 IT 資訊數據中心機房，作為實際案例改善探討分析，這部份以計算流體力學套裝軟體 STAR-CD 分析機櫃的熱、流場，探討熱分層的原因及解決之道。本研究不分析整體機房而只探討單一機櫃的熱、流場，唯有如此才能對細部的流場有所瞭解。幾何外形如圖 4.1 所示，是在整排機櫃中切出某一機櫃出來，此機櫃高 2 m、寬 0.5 m、深 1 m，分為 5 層，每一層都有伺服器會發出熱量，一層伺服器約發出 240 W 的功率，全部發熱量約 1200 W。每一層的後方有排風扇將伺服器發出的熱量抽走並吸入冷空調空氣，以避免機櫃過熱。伺服器是由各電子元件發出熱量，要細部模擬各電子元件發熱的情形太過複雜，本研究以三片垂直等距排列於機櫃的加熱板模擬電子元件，加熱板平行於氣流方向，加熱板放出的熱量與電子元件總發熱量相同，並均勻分佈。機櫃中有很多的元件、電線、電路板穿插其中，增加流動阻力，也讓氣流擴散到機櫃各處，不會集中於中間，本研究以多孔材質模擬錯綜複雜的機櫃中的流場，製造擴散流場，較符合實際情況。此多孔材質的孔隙較大，風壓需求也不大，阻力值計算依 $K=\alpha|v|+\beta$ 關係式時，孔隙率 α 取 10、 β 取 30。分析時，模擬單一風扇效應是由一個出口邊界與一個入口邊界組合而成的，該風扇的吸入端為出口邊界，吹出端為入口邊界，空氣從出口邊界離開的風量等於入口邊界進來的風量，而且空氣從出口邊界離開的總焓等於入口邊界進來的總焓，由於模擬風扇的出口邊界及入口邊界的質量流率與熱流率都平衡，因此這兩個邊界對整個系統沒有「淨影響」，此乃

風扇的作用，系統內部的風扇只改變系統內部的流動情況，若不考慮風扇馬達放出的熱量，對整個系統的平衡沒有影響，8公分的軸流扇消耗不到1W的功率，單一機櫃約有15顆風扇，僅釋放出12W熱量，不到電子元件發熱量的1%，在此將之忽略。

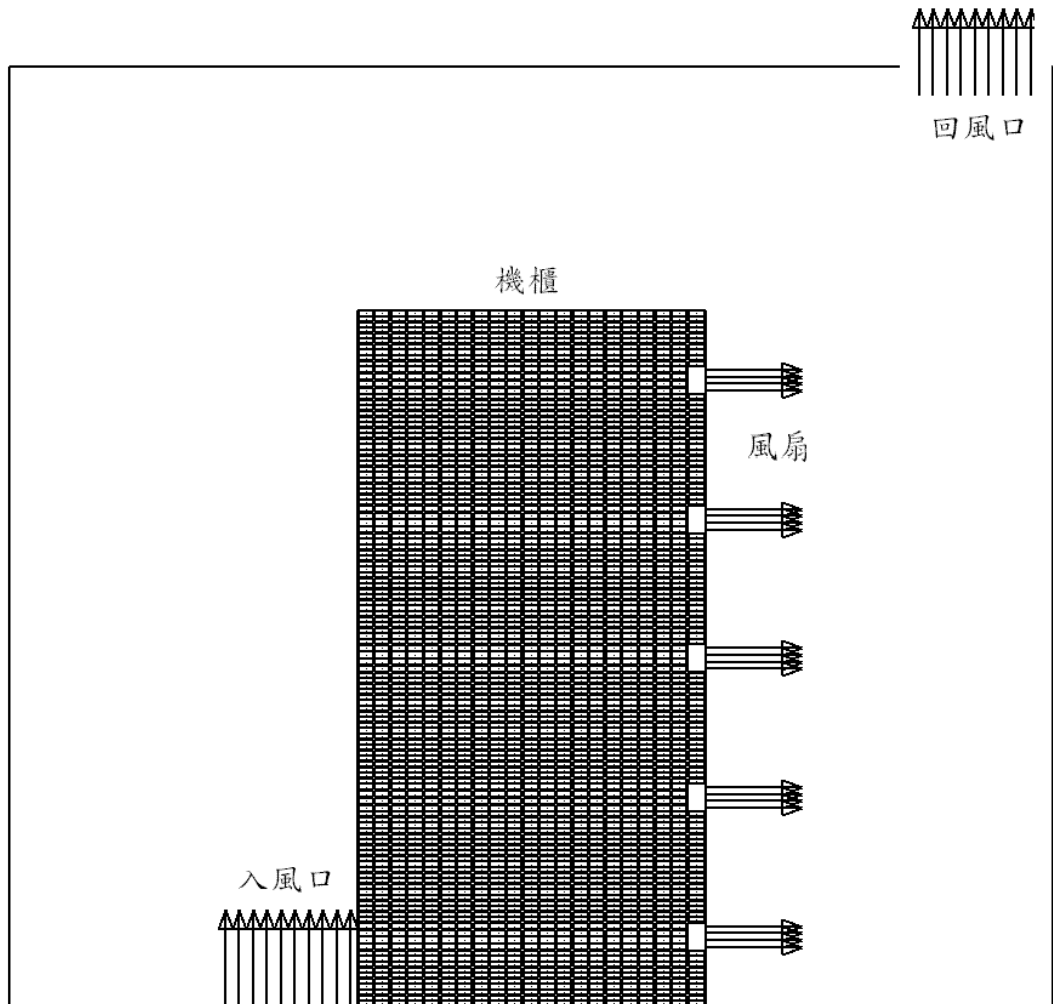


圖 4.1、機櫃幾何外形與邊界條件

模擬風扇的計算流程為先猜一個風扇吸入與吹出溫度做為邊界，待整體收斂後計算風扇平均吹出溫度，以此吹出溫度修正風扇吸入溫度，再次計算到收斂，又重新計算風扇吹出平均溫度，若與吸入溫度不同，則再次修正風扇吸入溫度，直到吸入、吹出溫度差異小到可以接受為止。這個計算過程較繁複，但可以保證能量平衡。

本研究物理模型的假設如下：

流體為穩態、不可壓縮流、屬理想氣體，除密度外，物理性質不隨溫度而變。

本研究變數包括下列幾項：

- 1、空調氣供風量
- 2、空調氣供風溫度
- 3、風扇風量

本研究邊界條件如下：

- 1、空調氣供風之出風口(0.4 m×0.5 m)使用入口(inlet)邊界條件，在此邊界上需給定入口流速、溫度、紊流動能(k)及紊流消散率(ε)，這些參數在入口處皆為均勻分佈。
- 2、空調回風口(0.4 m×0.5 m)使用出口(outlet)邊界條件，各風口的回風風量分配依照流場情況由軟體自行計算，回風口各氣體的濃度也是依照流場情況由軟體自行計算。
- 3、風扇吸風口為出口(outlet)邊界條件。
- 4、排風口為入口(inlet)邊界條件，亦需給定入口流速、溫度、紊流動能(k)及紊流消散率(ε)。
- 5、由於本研究選用 k - ε high Reynolds number turbulent model，壁面附近的流速以牆函數(wall function)處理。不同層間的隔板面為絕熱邊界條件。
- 6、由於幾何及邊界條件都具對稱性，兩個側面為對稱邊界(symmetric boundary)如圖 4.2 所示。
- 7、加熱平板(1.8 m×1 m)三片共六個面，因總發熱量約 1200 W，故每個面的熱通量為 112 W/m²。

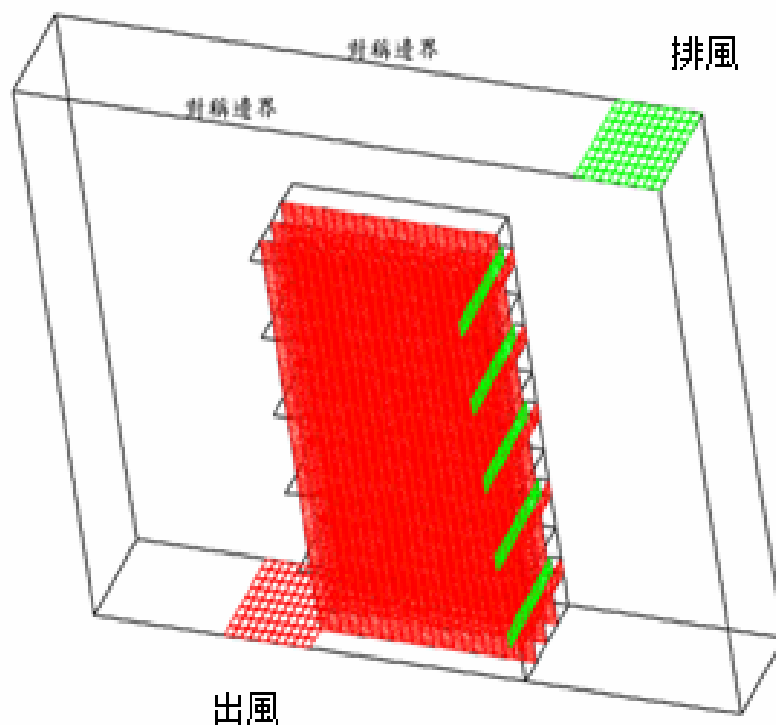


圖 4.2、以三片加熱片模擬電子元件，對稱邊界示意圖

本研究使用 STAR-CD 計算流體力學套裝軟體進行流場、溫度場的分析及計算，統御方程式(governing equations)包括連續方程式、動量方程式及能量方程式，統御方程式中的對流項選用 upwind method 離散。由於本研究含熱浮力效應且有流動分離現象，upwind 雖然準確性較不足，但數值穩定性最佳，網格總數約為 95000。數值迭代方法使用 PISO scheme，不使用常用的 SIMPLE scheme，主要原因是因為自然對流增加壓力收斂的困難度，SIMPLE scheme 無法將平衡殘餘值(residual)降到目標值，PISO scheme 因有壓力的內部迭代，但可以達到收斂條件。收斂的條件是速度、壓力、溫度、紊流動能之平衡殘餘值(residual)皆小於 10^{-5} 以下。風扇吸風與排風溫度迭代收斂條件為 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 。

4.2 流場分析結果與討論

4.2.1 情況一：標準條件

本分析先定義標準條件為：(1)空調氣供風量 9.6CMM(風速度 0.8 m/s)，(2)供風溫度 15°C，(3)發熱量 1200 W，(4)風扇總風量等於 9.6CMM(此條件下恰等於空調氣風量)。圖 4.3 為標準條件時之流場，圖 4.4 為標準條件時之溫度場。空調氣從左邊下方的地板向上吹，因機櫃吸風風扇製造了負壓，使空調氣流入機櫃的各層中，由於各層中以多孔性材質模擬，因此吸入機櫃的空調氣流會擴散開，不會集中於局部區域，機櫃中空調氣的流動阻抗大約 5.5 Pa(包含風扇靜壓)。吸收了加熱片熱量的空調氣溫度逐漸上升，到風扇吸風口約有 6.5°C 的溫升，但機櫃中最熱的位置較空調供風溫度高 12°C。這股熱氣流因熱浮力及回風口在上方的關係而往上流動，從最下層開始收集各層風扇排出的熱空氣，一起送到回風口。由於風扇需求的風量等於空調供風量，使各層平均分配空調氣，能均勻的冷卻機櫃各層的伺服器，各層的最高溫都相當接近，約在 27°C 附近，如圖 4.4 所示。

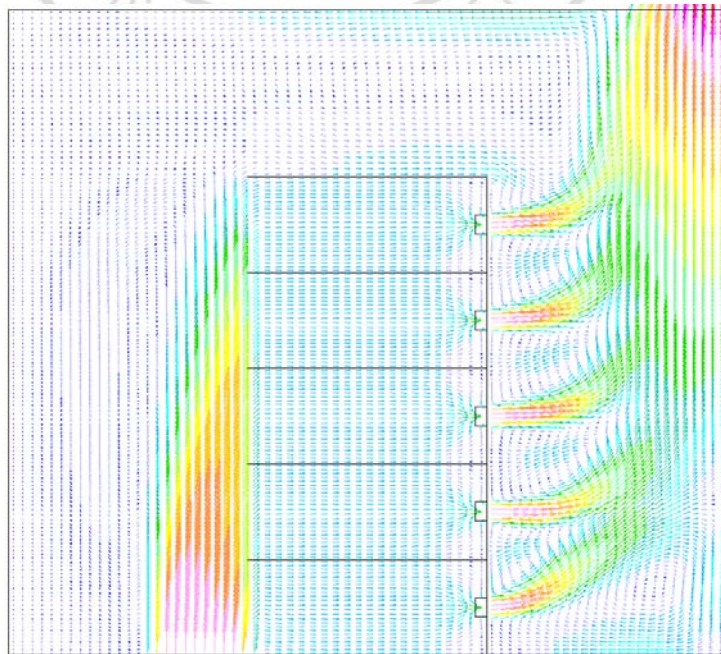


圖 4.3、標準條件時之流場

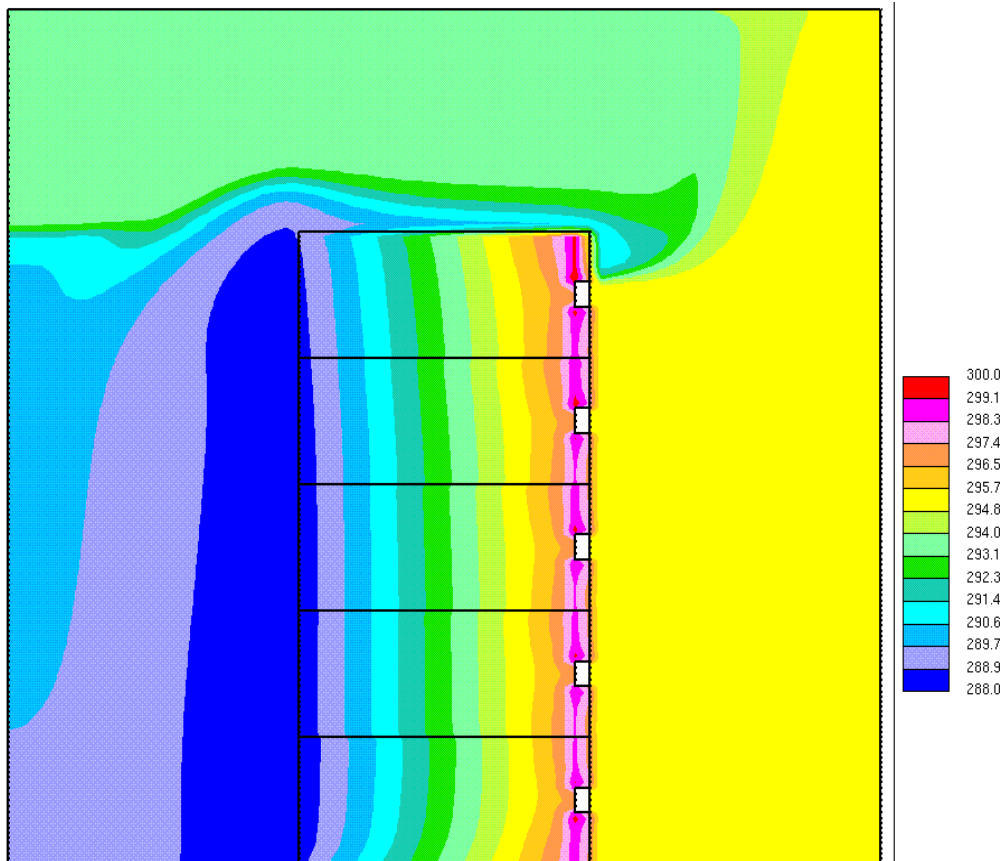


圖 4.4、標準條件時之溫度場

4.2.2 情況二：供風量降為標準條件的 0.875 倍

圖 4.5 和圖 4.6 係將供風量降為標準條件的 0.875 倍，其他三項條件不變時的流場與溫度場。當供風量($0.875 \times 9.6\text{CMM}$)小於風扇需求風量(9.6CMM)，必然會有分配不均的情況，由於供風是從地板往上吹，較下層的風扇會先抽走需要的空調氣，造成機櫃最上層的風扇無法抽足所需的風量，只有部份的空調氣進入最上層，不足部份將會以該層部分排風來補充。因此，如圖 4.5 所示，有部份排風從天花板繞回機櫃進風處，重新進入機櫃。由於排風是經過加熱的風，重新流回機櫃吸風口的過程中雖會被周圍的空氣冷卻，溫度仍明顯高於空調氣供風溫度，冷卻效果自然比其下幾層明顯差，致使最上層的排風溫度及櫃中的最高溫都高於其他層，特別是其最高溫可達 37°C 以上。第 1 到第 4 層由於都有吸足冷空調供風，因此機櫃中最高溫度及排

風溫度都很接近。

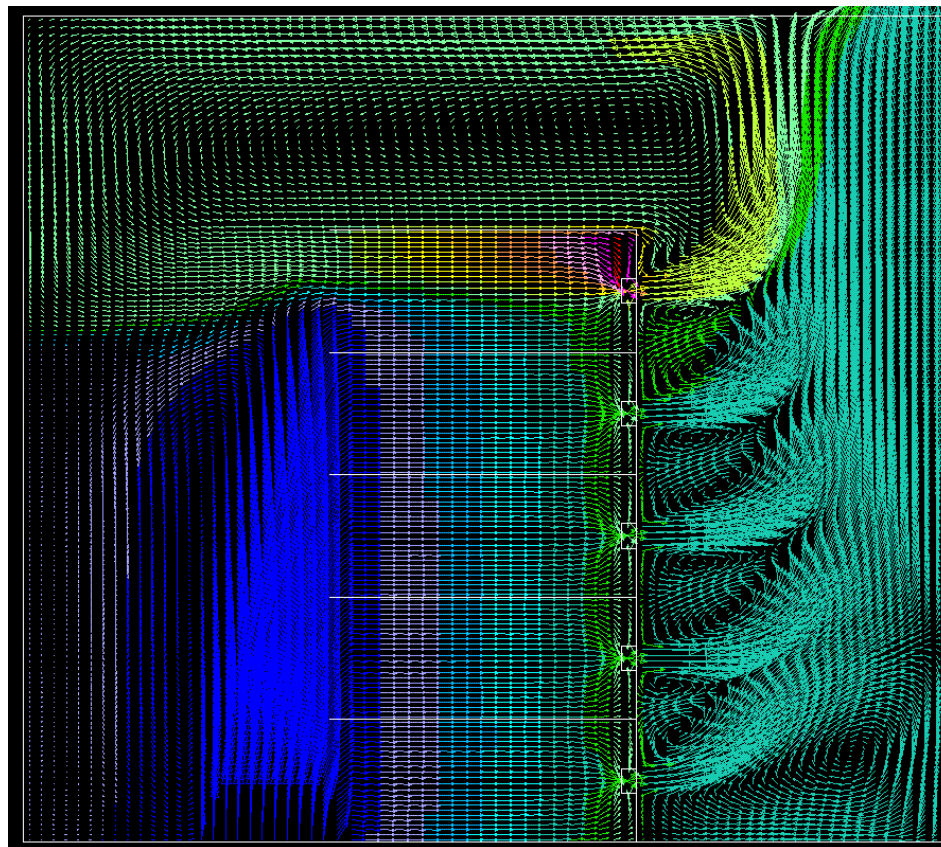


圖 4.5、供風量降為標準條件的 0.875 倍時的流場

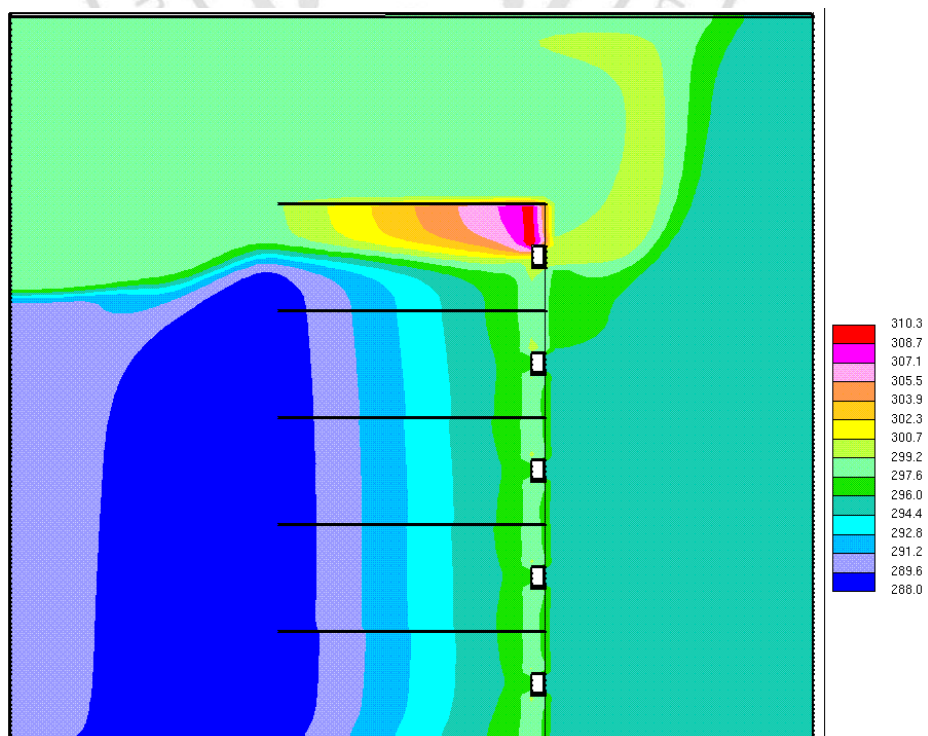


圖 4.6、供風量降為標準條件的 0.875 倍時的溫度場

4.2.3 情況三：供風量降為標準條件的 0.75 倍

圖 4.7 為供風量降為標準條件的 0.75 倍時的流場，圖 4.8 為溫度場。此情況亦是空調氣供風量減為機櫃風扇風量的 0.75 倍，從圖上看出供風在下面 4 層已被風扇抽光，最上層的進風都是該層風扇排出的風繞過機櫃再被抽取的部份，形成一個循環流動，若是完全獨立的循環流動是無法進行冷卻的，因為溫度會越來越高，圖 4.7 中的循環流動與周圍空氣有熱交換，先是與下面四層的排風進行熱交換，再與流入第 4 層的空調氣的上半部熱交換，降低了進入最上層的空氣的溫度，也增加了第 4 層的進風溫度。這使得最上層仍有冷卻的作用，但由於最上層進風溫度最高，櫃內最高溫(48.3°C)及最上層的排風溫度都明顯高於其他層。值得注意的是第 4 層的進風溫度因與最上層熱交換而高於供風溫度，使得第 4 層也出現明顯高於下 3 層的熱點，且溫度高達 37°C。

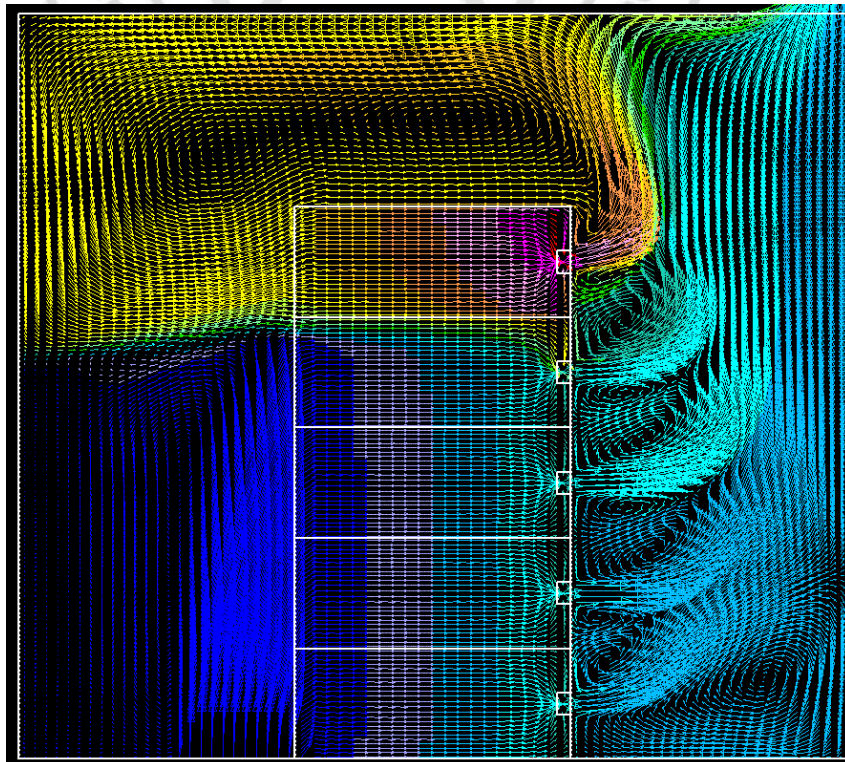


圖 4.7、供風量降為標準條件的 0.75 倍時的流場

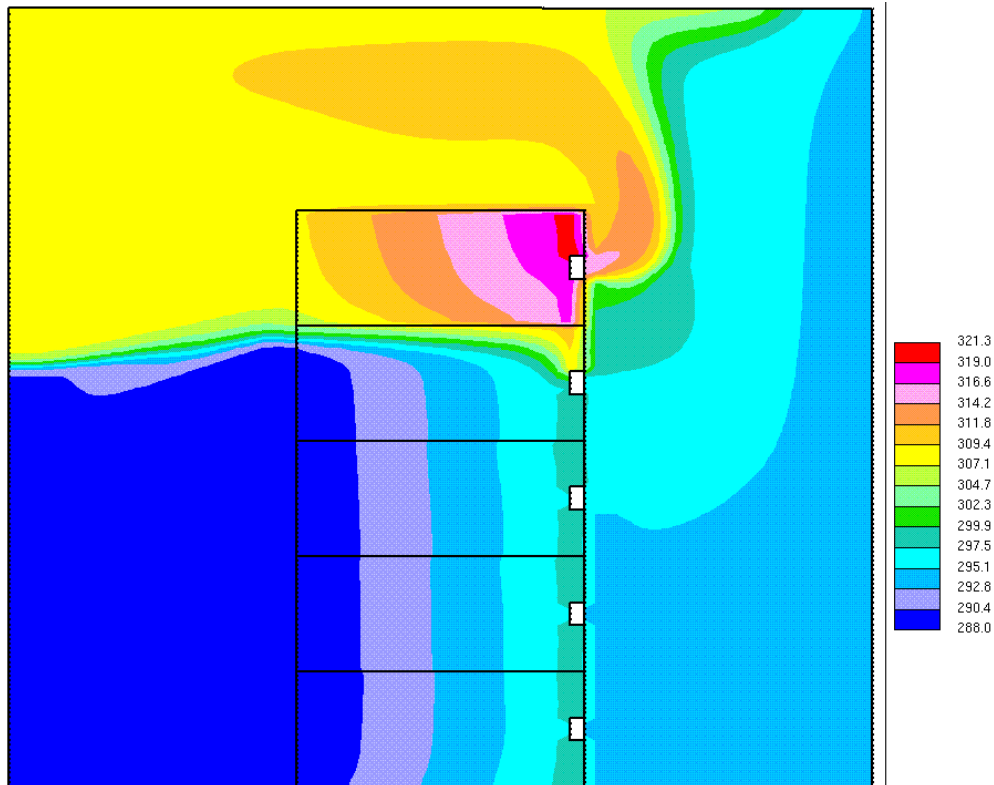


圖 4.8、供風量降為標準條件的 0.75 倍的溫度場

4.2.4 情況四：供風量降為標準條件的 0.5 倍

圖 4.9 為供風量降為標準條件的 0.5 倍時的流場，圖 4.10 為溫度場。此情況亦是空調氣供風量減為機櫃風扇風量的 0.5 倍，圖 4.9 顯示當供風量與風扇總風量差距很大時，流場變得非常複雜，供風只夠兩層半使用，整個機櫃的上半部都處於高溫中，上面兩層風扇的排風全數循環回到機櫃進風口，第 3 層有一半的風扇排風也繞回機櫃進風口，並嚴重影響第三層的進風溫度，甚至輕微影響到第 2 層。圖 10 顯示不斷的循環熱風，使上層的最高溫度達 55°C ，第 4 層的最高溫也有 53°C ，進入第 3 層的供風被循環風加熱後冷卻能力大減，至使第 3 層的最高溫也達 49°C 。

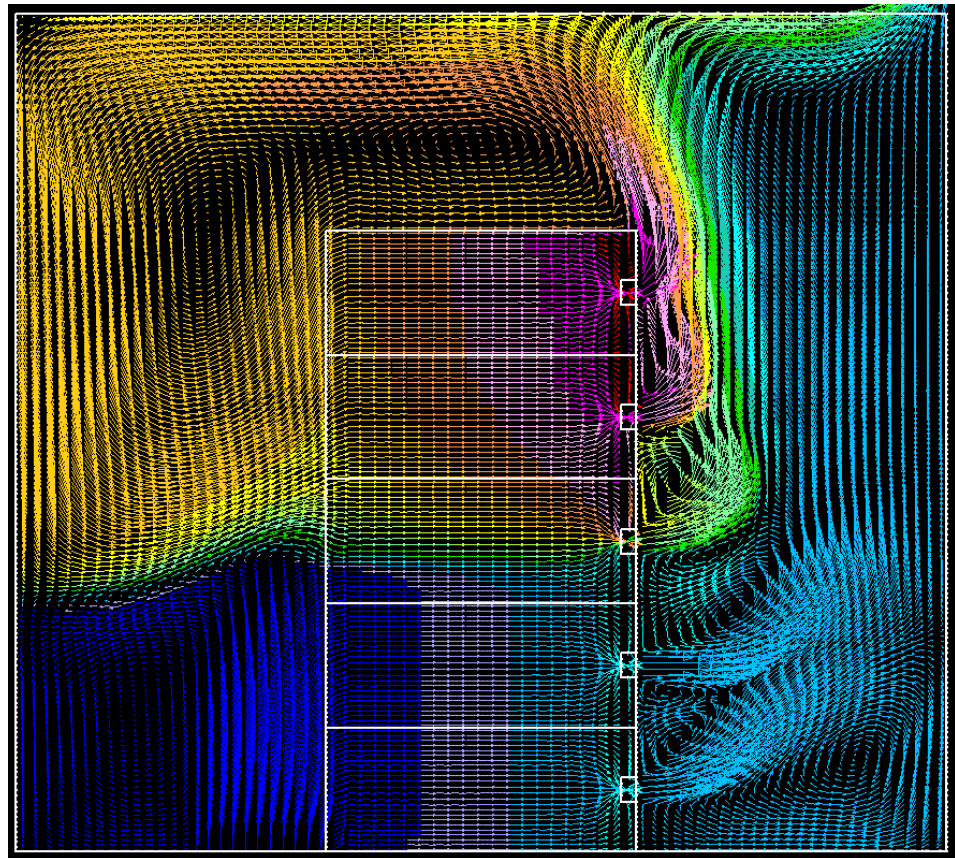


圖 4.9、供風量降為標準條件的 0.5 倍時的流場

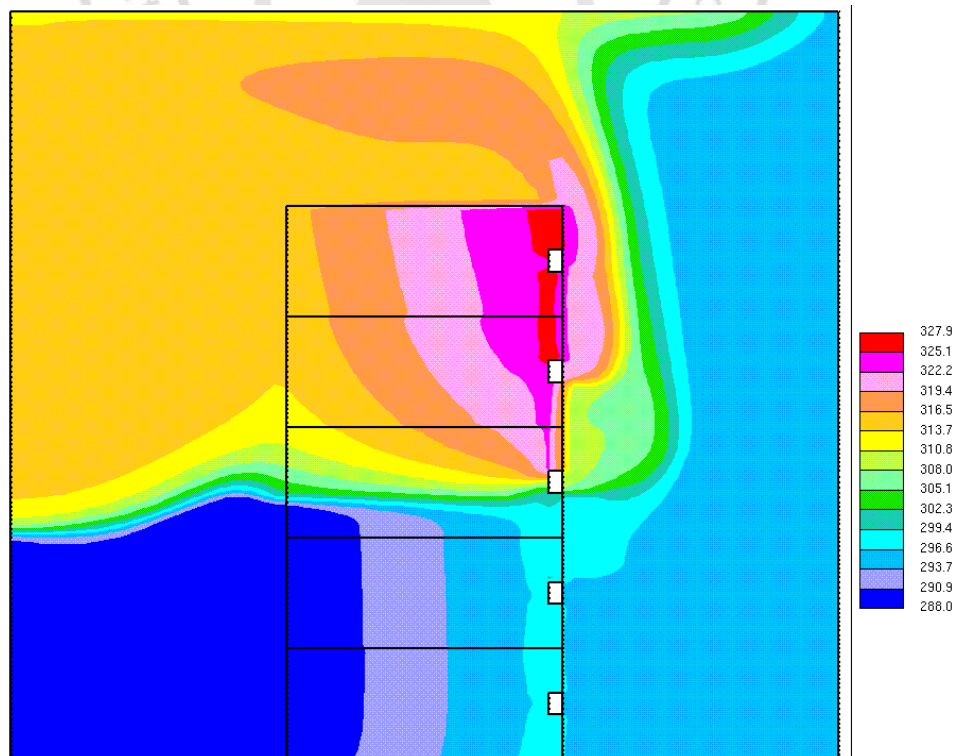


圖 4.10、供風量降為標準條件的 0.5 倍時的溫度場

以下探討同樣的空調噸數下，不同的供風量及溫度對機櫃散熱的影響，由能量平衡的觀點可知，同樣的空調噸數下，若供風量較少，供風溫度應較低，反之，供風量較多，供風溫度將較高。在穩定狀態下蒸發器帶走的熱等於加熱板發出的熱，因此

$$\dot{Q}_s = \dot{m} \times C_p \times (T_r - T_s) \quad (1)$$

\dot{Q}_s 為加熱板發出的熱流率，本研究為 1200 W， \dot{m} 為空氣之質量流率， C_p 為空氣比熱， T_r 為回風溫度， T_s 為供風溫度。

4.2.5 情況五：供風量降為標準條件的 0.75 倍且供風溫度為 13.7°C 時的流場

依照方程式(1)可計算出當供風量為標準狀態下的 0.75 倍時，供風溫度必需降到 13.7°C，以達到相同的平均回風溫度。圖 4.11 為供風為標準條件之 0.75 倍且供風溫度為 13.7°C 時的流場，圖 4.12 為供風為標準條件之 0.75 倍且供風溫度為 13.7°C 時的溫度場。圖 4.11 顯示流量的影響主宰整個散熱效果，由於風扇的總抽風量仍維持標準的 9.6CMM 風量，此情況供風量小仍於風扇的總抽風量，故依舊有短循環風的情況，雖然供風溫度降為 13.7°C，然而上層的最高溫仍高達 47.5°C，與圖 8 只有 0.8°C 的差異，較下層的最高溫與圖 8 則有 1.3°C 的差異。從以上分析可獲得同樣空調噸數下，以較小的供風量及供風溫度來冷卻機櫃是很不好的設計方式。

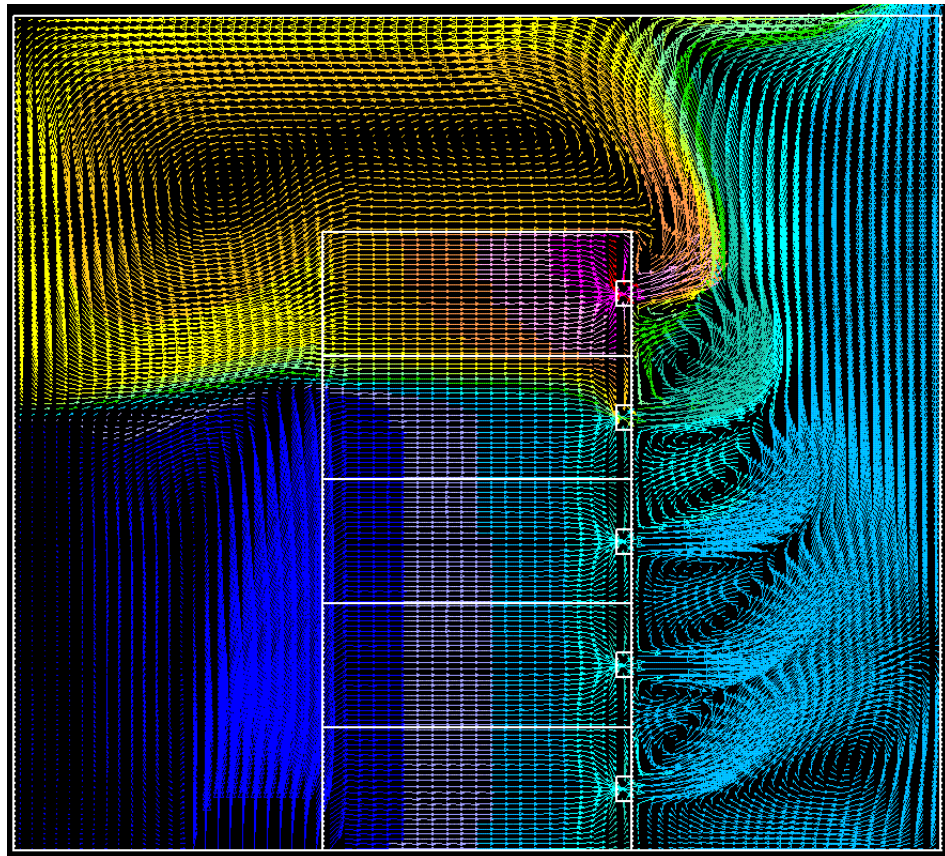


圖 4.11、供風量降為標準條件的 0.75 倍且供風溫度為 13.7°C 時的流場

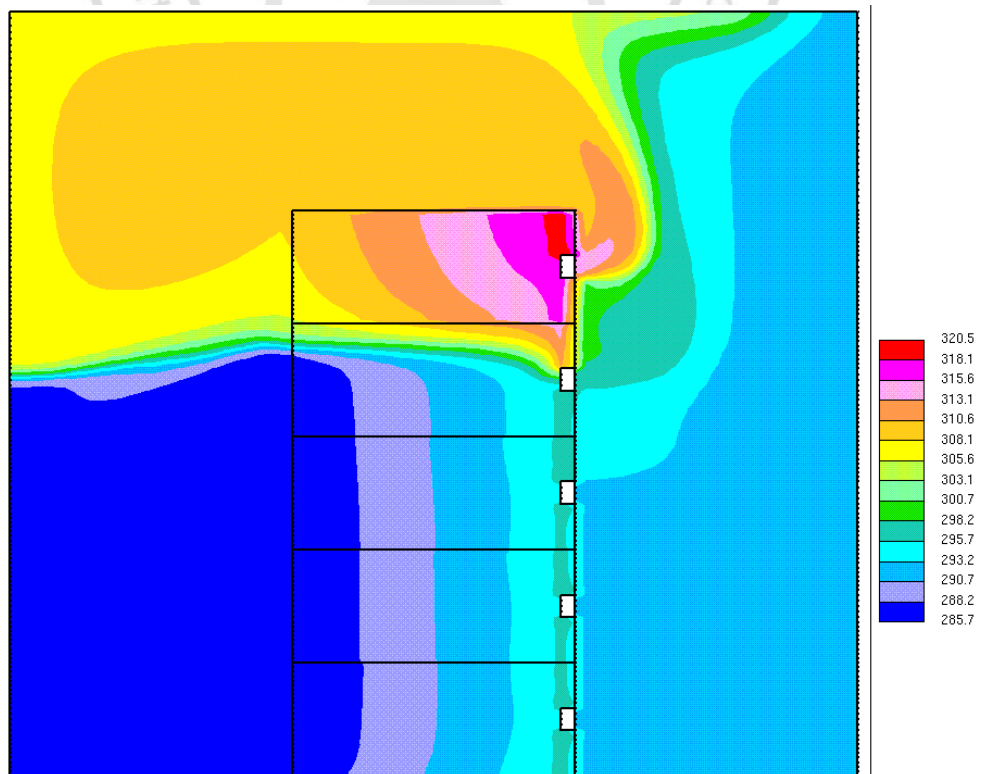


圖 4.12、供風量降為標準條件的 0.75 倍且供風溫度為 13.7°C 時的溫度場

4.2.6 情況六：供風量升為標準條件的 1.1 倍且供風溫度為 16.4°C 時的流場

又若當供風量為標準狀態下的 1.1 倍時，供風溫度必需升到 16.4°C，以達到相同的平均回風溫度。圖 4.13 為供風為標準條件之 1.1 倍且供風溫度為 16.4°C 時的流場，圖 4.14 為供風為標準條件之 1.1 倍且供風溫度為 16.4°C 時的溫度場。將圖 4.13 與圖 4.11 比較，清楚顯示高供風量、高供風溫度的流場較低供風量、低供風溫度時平順許多，近於圖 3「標準條件」的流動行為，也是設計者所希望的流場形態。在這種流場下，可預期各層的溫度分佈都會較均勻。然而圖 4.13 也暴露了供風量高於風扇風量的缺點，由於供給量過多，風扇吸走後多剩的供風氣從機櫃上方流到回風口，形成氣流短路，因這些空調氣沒有進入機櫃帶走熱負荷就直接流到回風口，是一種能源的浪費。由於供風溫度較高，導致機櫃中的最高溫度高於標準條件下的最高溫度。比較圖 4.11、4.12 及圖 4.13、4.14，可知在同樣的空調噸數下，高供風量、高供風溫度的設計優於低供風量、低供風溫度，但最好的情況仍是供風量等於風扇排風量。

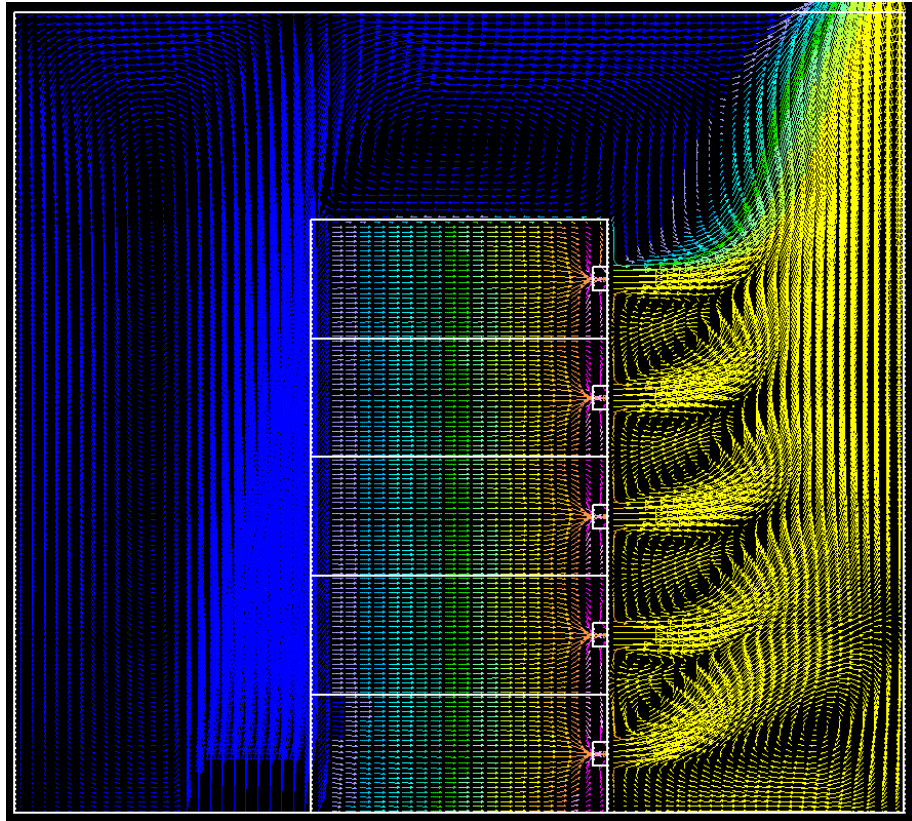


圖 4.13、供風量升為標準條件的 1.1 倍且供風溫度為 16.4°C 時的流場

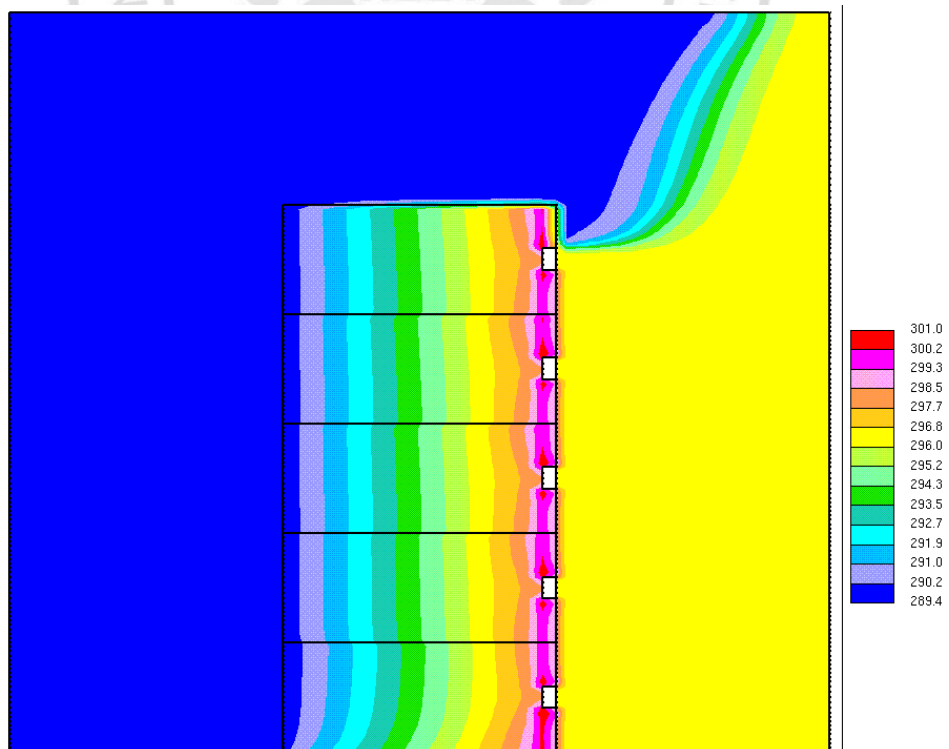


圖 4.14、供風量升為標準條件的 1.1 倍且供風溫度為 16.4°C 時的溫度場

4.2.7 情況七：供風量降標準條件的 0.75 倍且風扇風量等於供風量

圖 4.15 為供風量為標準條件之 0.75 倍且風扇風量等於供風量時的流場，圖 4.16 為供風量為標準條件之 0.75 倍且風扇風量等於供風量時的溫度場。從以上幾種情況的討論可知，供風量等於風扇風量是機櫃散熱設計的一個關鍵點，若只在節約能源與 CPU 表面溫度或熱源溫度仍然在允許溫度範圍內的前提下考量下，應採減小供風量，同時也降低風扇轉速的作法，使風扇排風量與供風量大致相同。圖 4.15 顯示此情況下，流場部份保持順暢，但由於發熱量不變，供風量減小，冷卻效果變差，最高溫約在 31°C 左右，如圖 4.16 所示，雖高於標準條件，但僅高了 4°C ，若此溫度在可接受的範圍之內，則可達到機櫃冷卻的效果，又可減少能源的消耗。至於需要多少的供風量主要取決於機櫃內可接受的溫度。

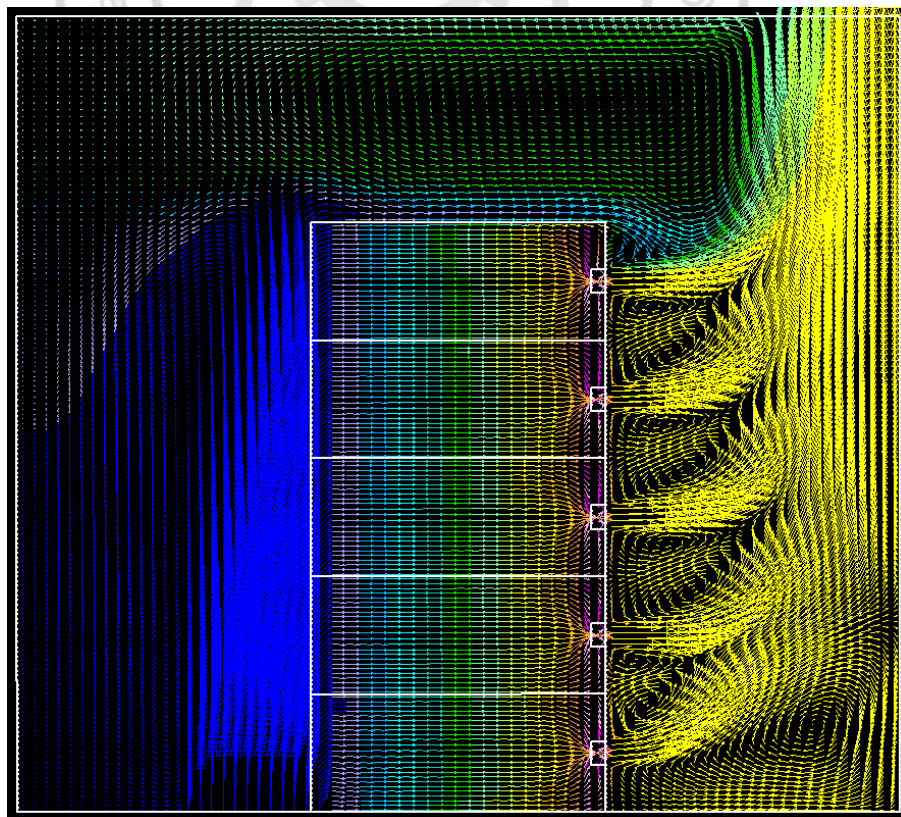


圖 4.15、供風量降標準條件的 0.75 倍且風扇風量等於供風量的流場

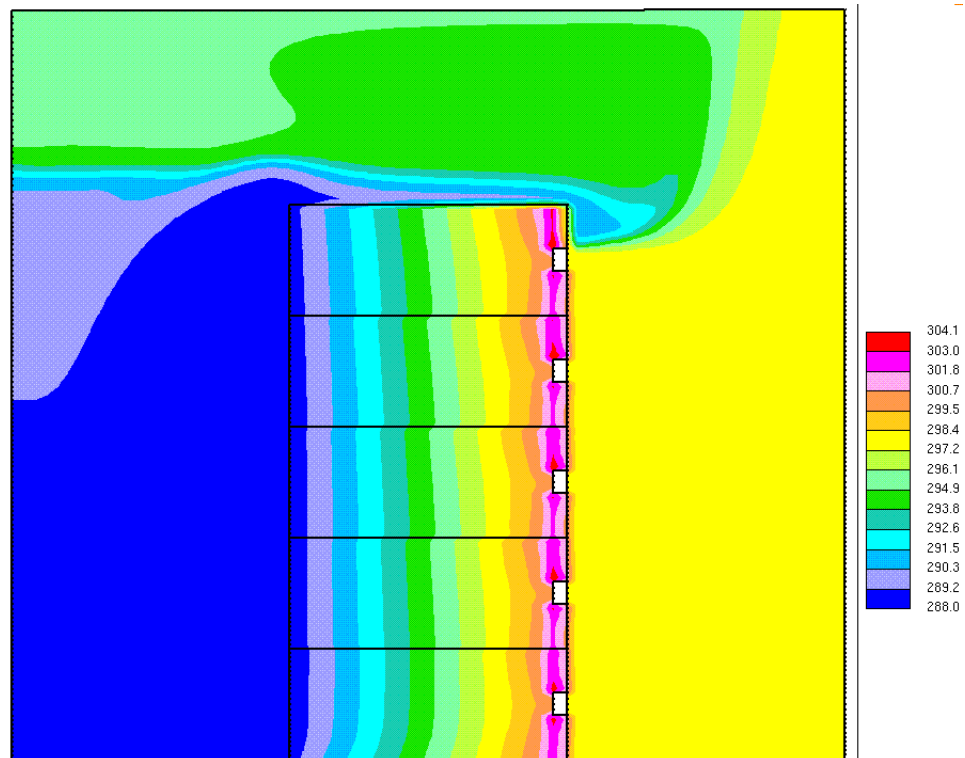


圖 4.16、供風量降標準條件的 0.75 倍且風扇風量等於供風量的溫度場

4.3 流場分析之結論

經流場分析模擬數據中心中機櫃在不同供風量、供風溫度、風扇排風量下的散熱情形，有以下幾點結論。

1. 恰當的 CRAC 供風量及供風溫度由機櫃發熱量及回風溫度上限決定之。
2. 機櫃散熱風扇之排風量應與吸入側風量相同。
3. 機櫃散熱風扇之排風量大於吸入側風量，將導致機櫃上方溫度過熱，且下方溫度過冷的不均勻現象。
4. 機櫃散熱風扇之排風量小於吸入側風量，將導致部份供風直接流到回風口的短路現象，浪費能源，且使機櫃內部溫度普遍升高。
5. 機櫃散熱風扇之排風量大於吸入側風量造成較嚴重的後果，若散熱風扇之排風量無法正好等於吸入側風量，寧可讓冷卻

風扇風量略小於供風量。

4.4 IT機房改善分析

4.1節所提本研究與先前研究不同的是只探討單一機櫃的熱、流場，唯有如此才能對細部的流場有所瞭解並依據(CFD)模擬分析之結論，針對本案例之IT 機房進行改善。實際上CRAC所供應之總供風量除了機櫃散熱風扇之排風量外尚包括機房空間等負荷所須之循環風量。較新的電腦機房規劃設計理念，傾向於將機櫃內部所需散熱之冷空氣量與整體資訊機房空間等負荷所須之循環風量分別討論。兩者估算程度越精確，相對其節能效果越好。經實地量測每一CRAC回風風速(量測點共計9點取平均值)及回風口截面積後得到如下之數據：

表4.1、CRAC風速量測與風量計算

機台編號	回風面積(m ²)	風速(m/s)	回風量(CMM)
CRAC-A104-201	1.95	OFF	OFF
CRAC-A104-202	1.95	1.80	210.84
CRAC-A104-203	1.95	1.50	175.70
CRAC-A104-204	1.95	2.07	242.46
CRAC-A104-205	1.95	2.24	262.38
CRAC-A104-206	1.95	1.50	175.70
總循環風量合計			1067.07

風量計算公式：

$$\text{風量(CMM)} = \text{回風面積(m}^2\text{)} \times \text{風速(m/s)} \times 60\text{s/min} \quad (2)$$

總循環風量合計1067.07 CMM，即64020 CMH

由表3.2得知，每壹CRAC送風量為28000CMH，本案例機房設備共設置6組，其總循環風量合計=28000 CMH/組×6組

= 168000 CMH。

風量不足部份：168000CMH - 64020CMH = 103980CMH

本區域目前共設置85片(17%)蜂巢板每片出風量約

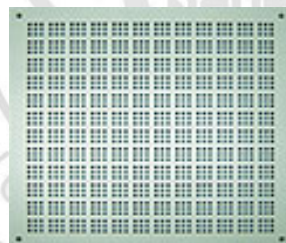
$$64020\text{CMH} \div 85\text{片} = 753\text{CMH}$$

而1片(50%)格柵板出風量約為2215CMH，因此所需增設格柵板片數

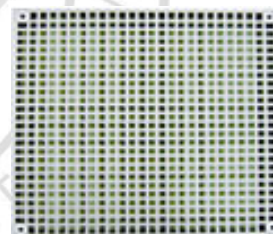
$$103980\text{CMH} \div 2215\text{CMH} = 46.9 \approx 47\text{片}。$$

4.5 IT機房改善對策擬定與實施

依上述計算結果除既有之 17%蜂巢地板(Perforated)外，還需增設風量較大之 50%格柵板(Grating)，藉以提高循環風量共計 47 片。及調整擺設位置，避免造成氣流短循環外及旁通至未設置機櫃之前方處以減少能源損耗。



蜂巢板 Perforated
(出風開孔率 17%)



格柵板 Grating
(出風開孔率 50%)

圖 4.17、蜂巢板與格柵板外觀圖(資料來源惠亞[26])

4.6 IT 機房改善實施確認

依前項算式於 OFFICE server room 增設通風率 50%格柵板以增加 CRAC 送風量，當增加格柵板數量後其溫濕度變化如圖 4-18 所示，97 年 8 月 1 日至 97 年 8 月 3 日此一階段為改善前之狀況此時整體 CRAC 耗電量在 16.51 kW~14.78 kW 之間。第 2

階段 97 年 8 月 3 日至 97 年 8 月 7 日為增設通風率 50% 格柵板及調整擺設位置後之情形，整體 CRAC 耗電量由 14.78 kW 降至 7.31 kW 之間。第 3 階段 97 年 8 月 7 日至 97 年 8 月 12 日為調整 CRAC 之供風溫度條件後之情形，整體 CRAC 耗電量由 7.31 kW 降至 2.88 kW 之間(於 97 年 8 月 15 日降至 2.50 kW)。在改善階段之同時可由圖 4-19 紀錄得知，其溫度及相對濕度變化由改善前之 21.76°C、53.49% 至改善調整後之 21.88°C、53.41%，其溫濕度變化與加熱加濕器未取消前差異不大。(故可明證適當的調整 CRAC 供風條件可降低加熱、加濕器於冷卻除濕過程中無謂的能耗)。

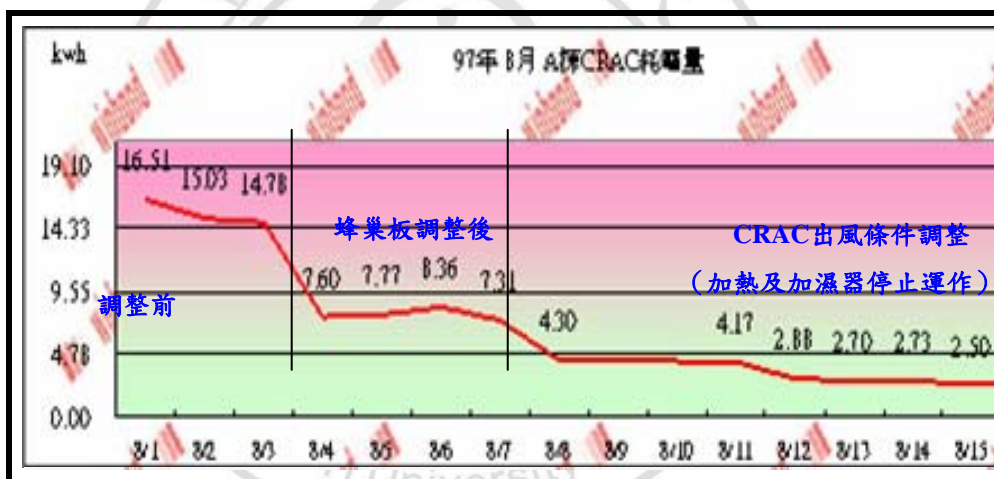


圖 4.18、改善前後耗電量日期變化曲線圖

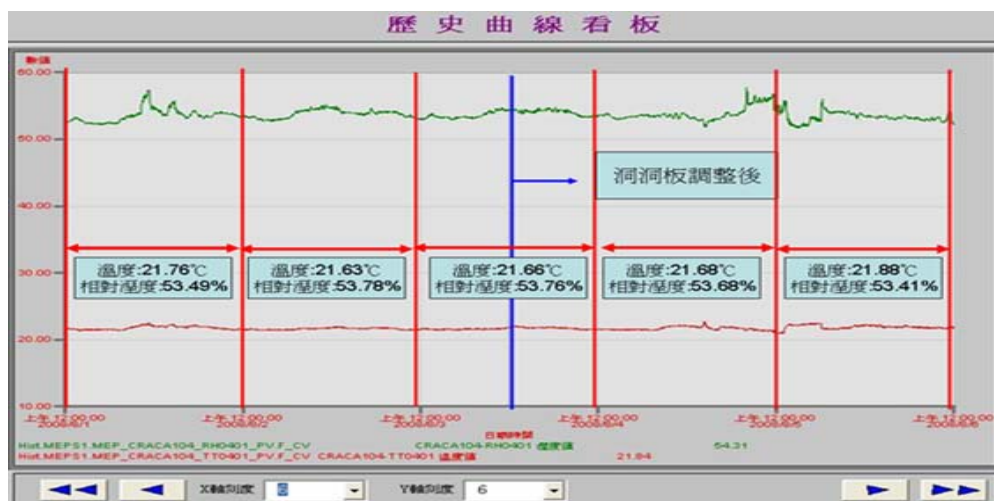


圖 4.19、改善前後溫濕度曲線圖

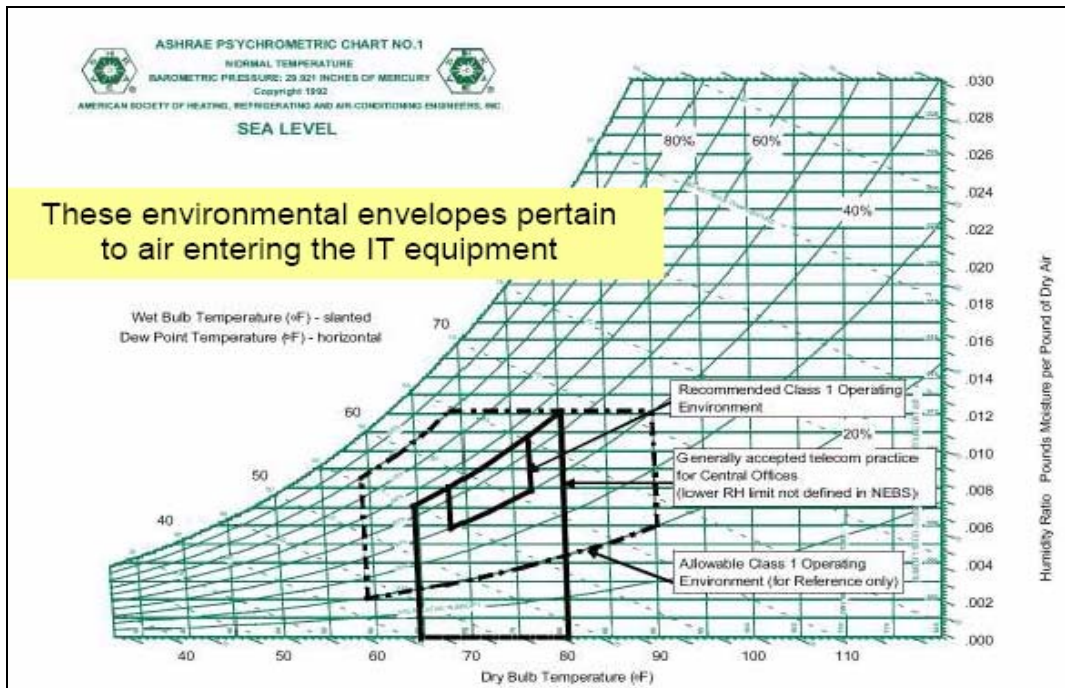


圖 4.20、進入 IT 設備之空調供風條件建議值 2004 版[27]

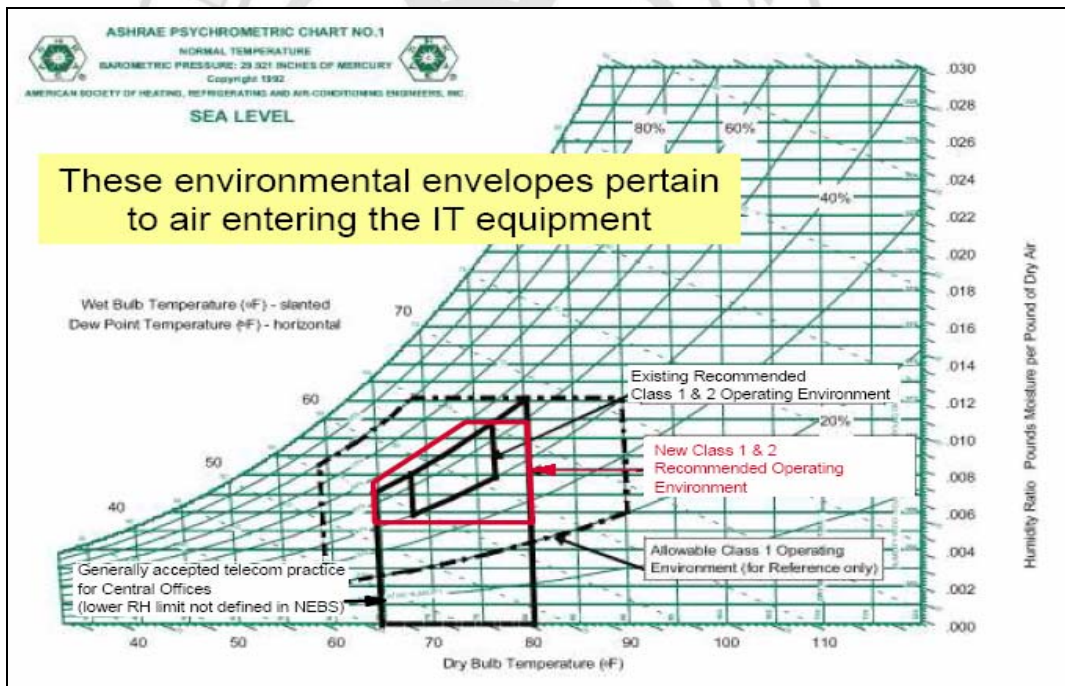
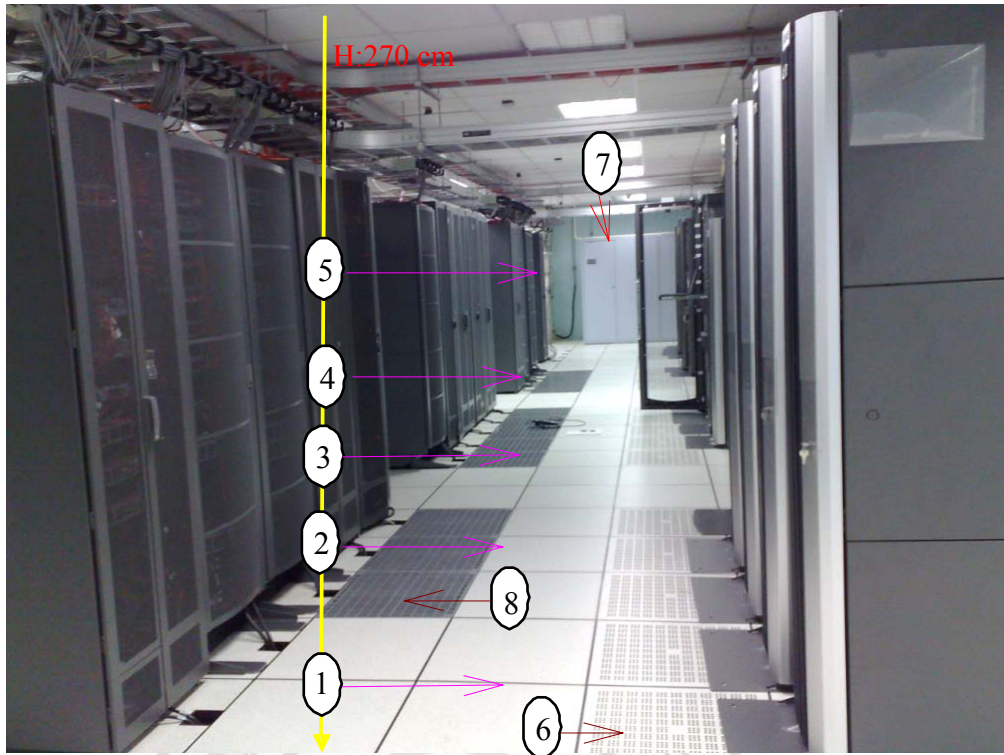


圖 4.21、進入 IT 設備之空調供風條件建議值 2008 版[27]

完成實施改善後，本研究針對某一機櫃量測其吸風側及排風側之溫、濕度及風速。圖 4.22 為通道空間溫濕度量測點，圖 4.23 通道空間溫濕度量測數據，於離地高約 15 cm 處 17%通風率蜂巢板出口所量測到空調氣供風速度為 0.8 m/s、供風溫度 14.8°C 為、相對濕度為 80.4%，且離地高度越高所測得之風速亦呈現減少之現象，由 0.8 m/s 降至 0.42 m/s。

圖 4.24 則為機櫃吸風側風速、溫濕度量測點位置圖，不同高度下量得之風速由 0.58 m/s 減至 0.45 m/s(點 3i 處)，之後又逐漸上升至 0.93 m/s，如圖 4.25 所示。溫度由最低點之 15.9°C(點 1i 處)逐漸升高至 17.8°C(點 5i 處)，如圖 4.26 所示。相對濕度由最低點之 75.3%減少到最高點之 66.4%，如圖 4.27 所示。

由圖 4.28 機櫃排風側風速、溫濕度量測點位置圖，對應其在不同量測高度下所得吸風側風速由點 1o 之 0.78 m/s 升至點 2o 之 0.96 m/s 又逐漸減至最高點處之 0.8 m/s，如圖 4.29 所示。溫度由最低點 1o 之 22.8°C 逐漸上升至第 4o 點之 24°C，再升至最高點 5o 之 25.5°C，如圖 4.30 所示。亦即機櫃從第一到第四層排風溫度只增加了 1.5°C，第四到第五層就增加了 1.5°C，表示最上層的溫升非常大，此趨勢與本文 4.2 節 CFD「標準條件」所模擬結果相穩合。相對濕度由低處點之 47.2%往高處點逐漸減少至 40.8%，如圖 4.31 所示。或使排風風扇之排風量略小於吸風側風量，避免供風短路，浪費能源，且使機櫃溫度普遍升高。



Cold Aisle W:200 cm

圖 4.22、通道空間風速量測點

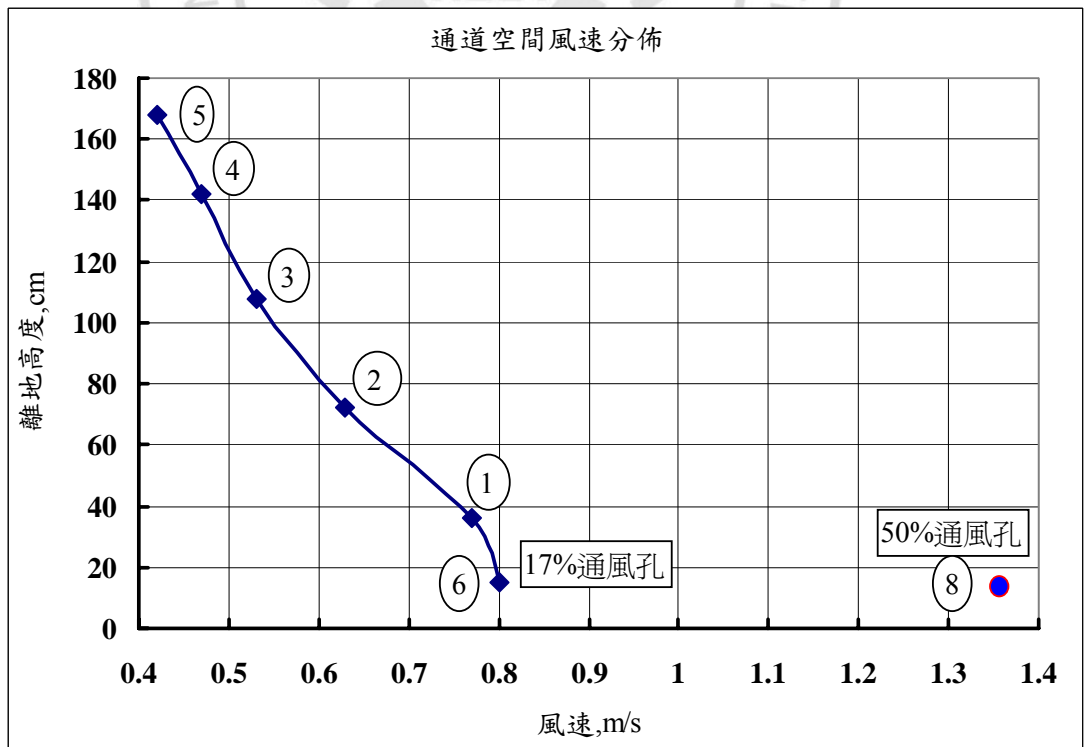


圖 4.23、通道空間風速量測數據



4.24、機櫃吸風側風速、溫濕度量測點

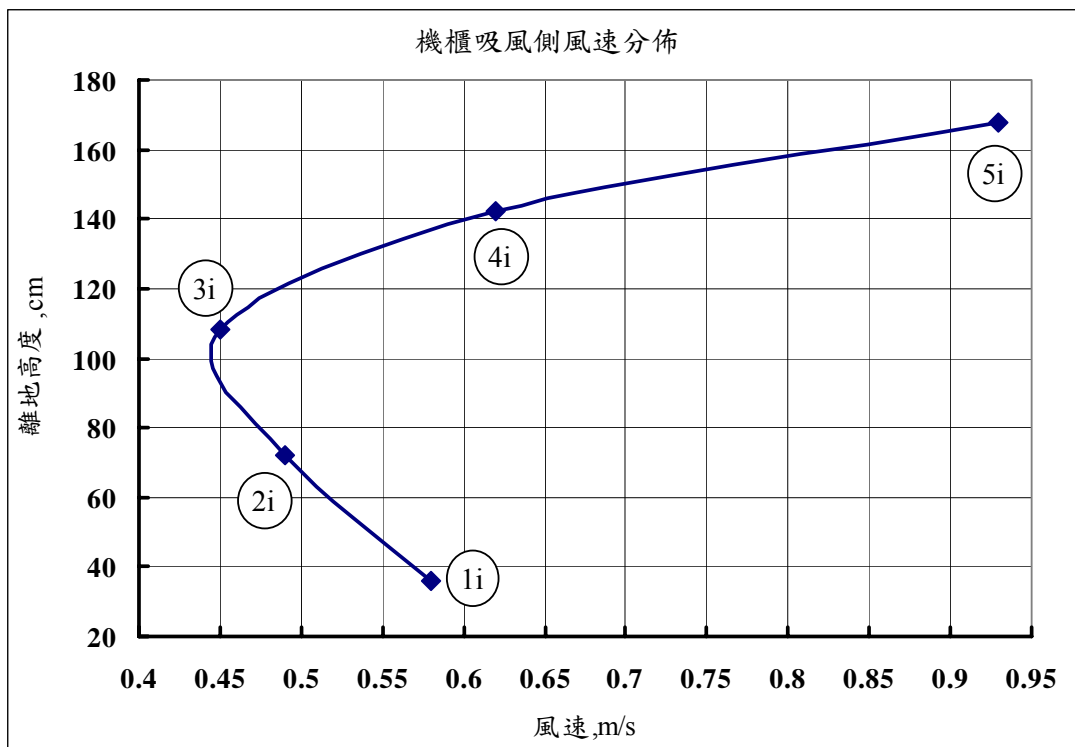


圖 4.25、機櫃吸風側風速量測數據

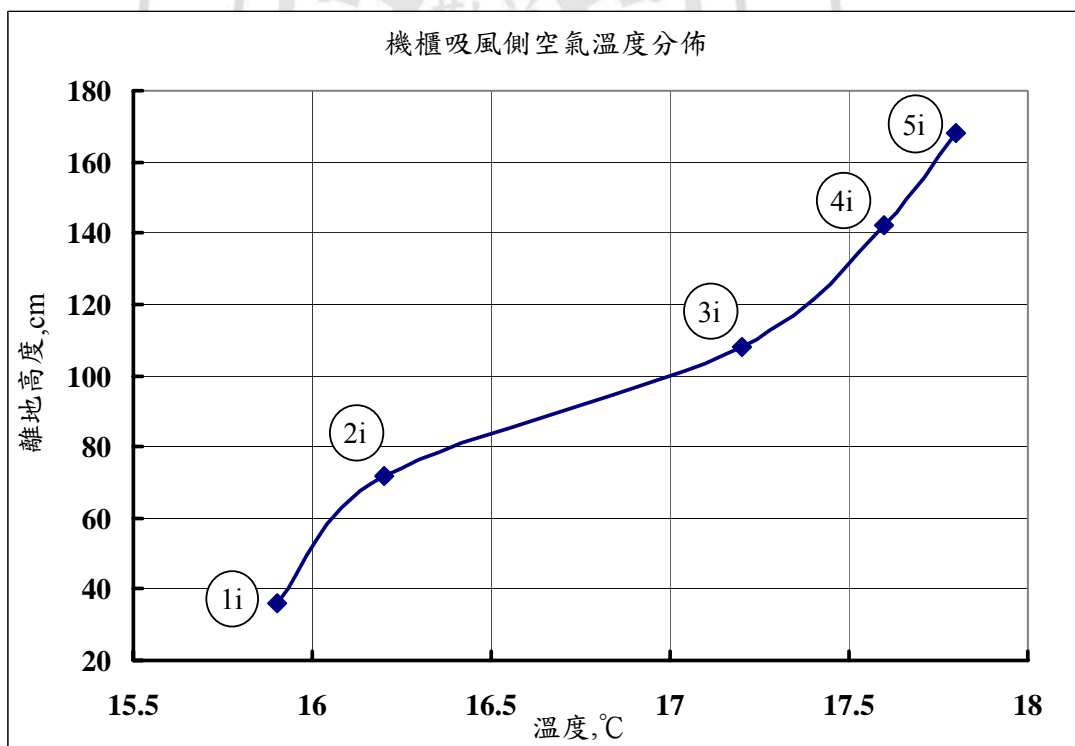


圖 4.26、機櫃吸風側溫度量測數據

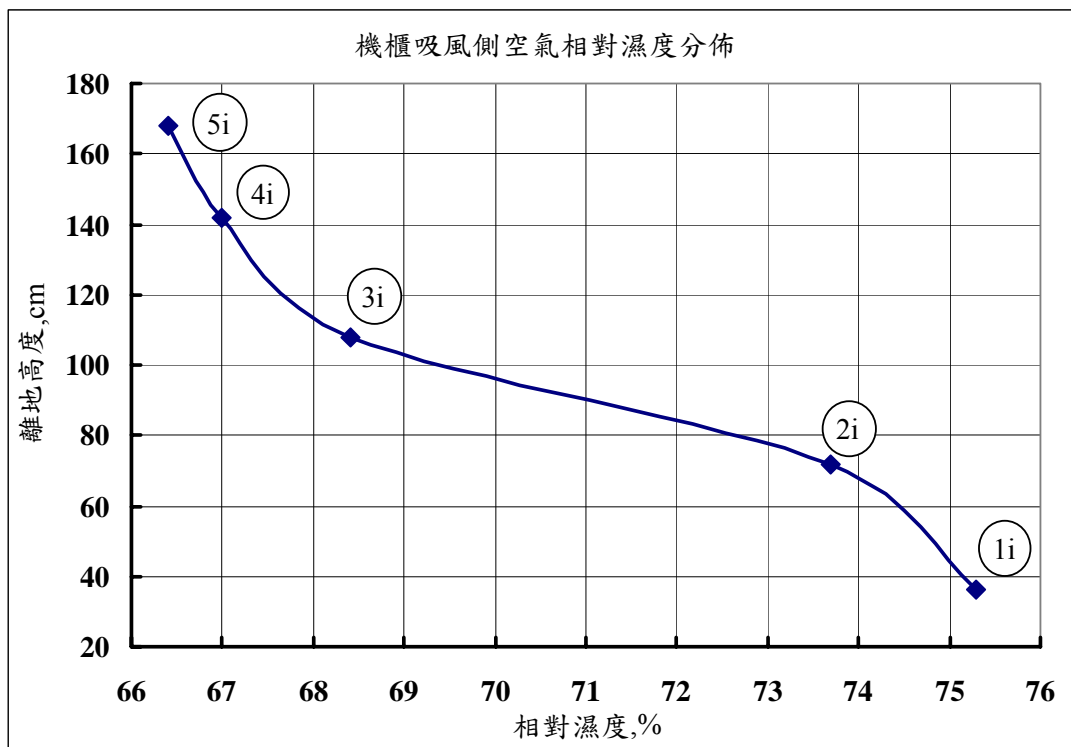


圖4.27、機櫃吸風側相對濕度量測數據

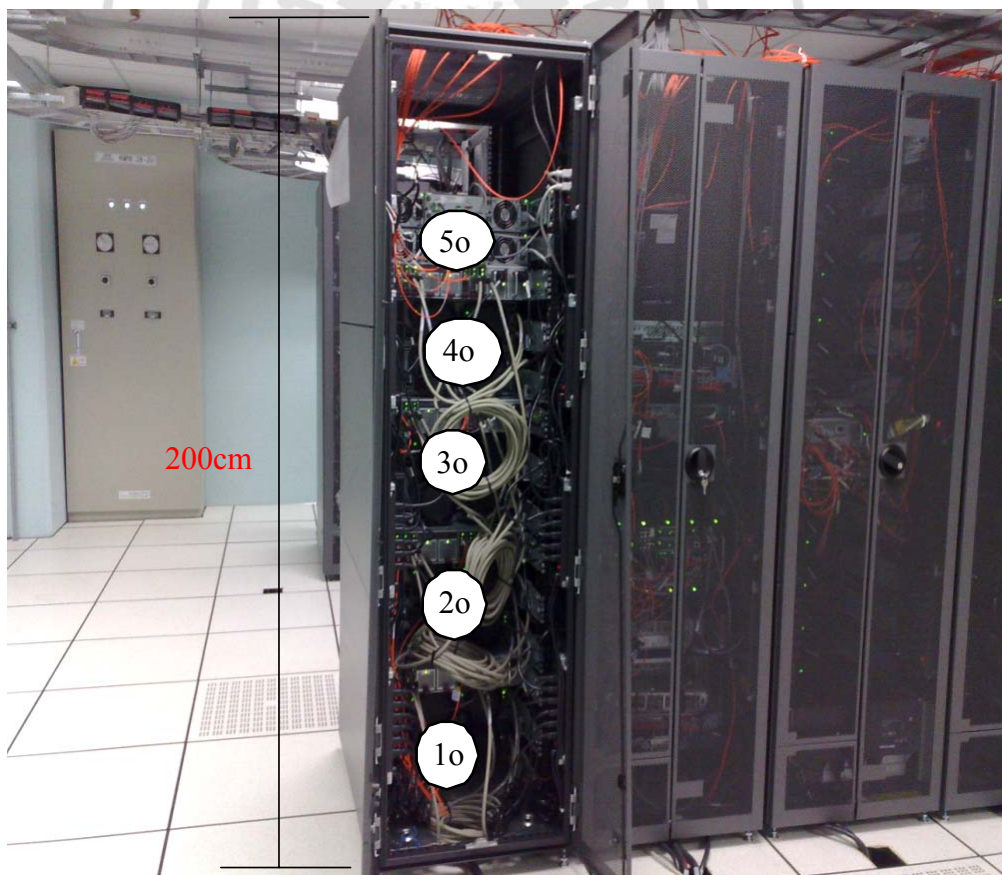


圖 4.28、機櫃排風側溫、濕度量測點

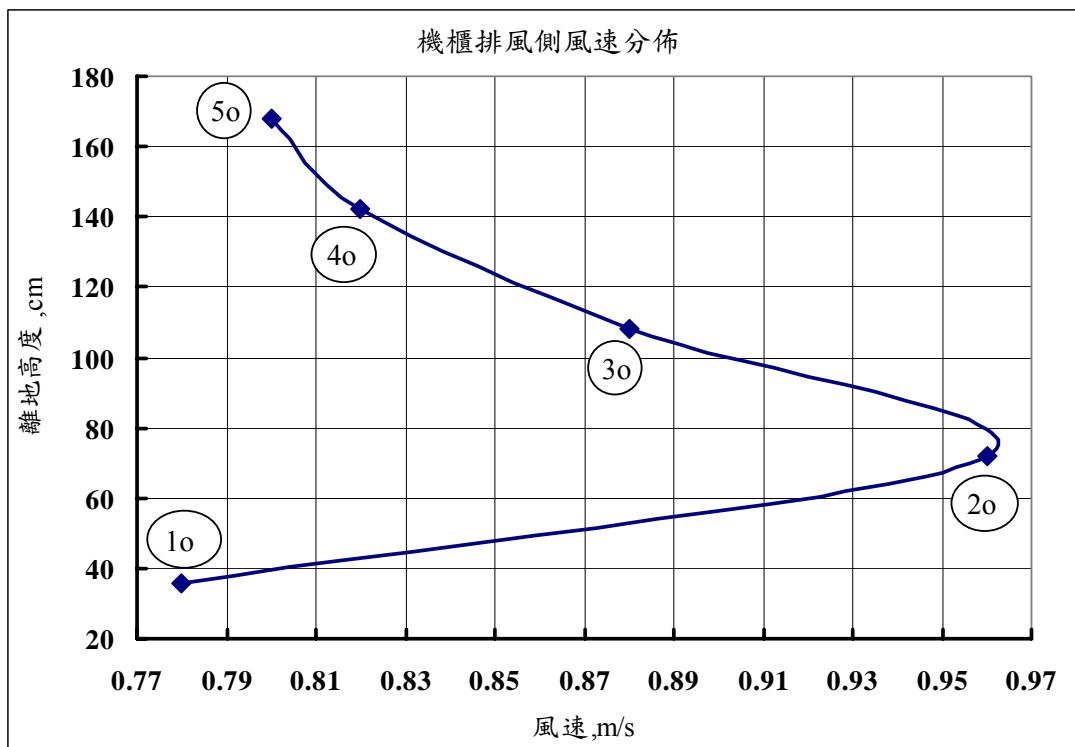


圖 4.29、機櫃排風側風速量測數據

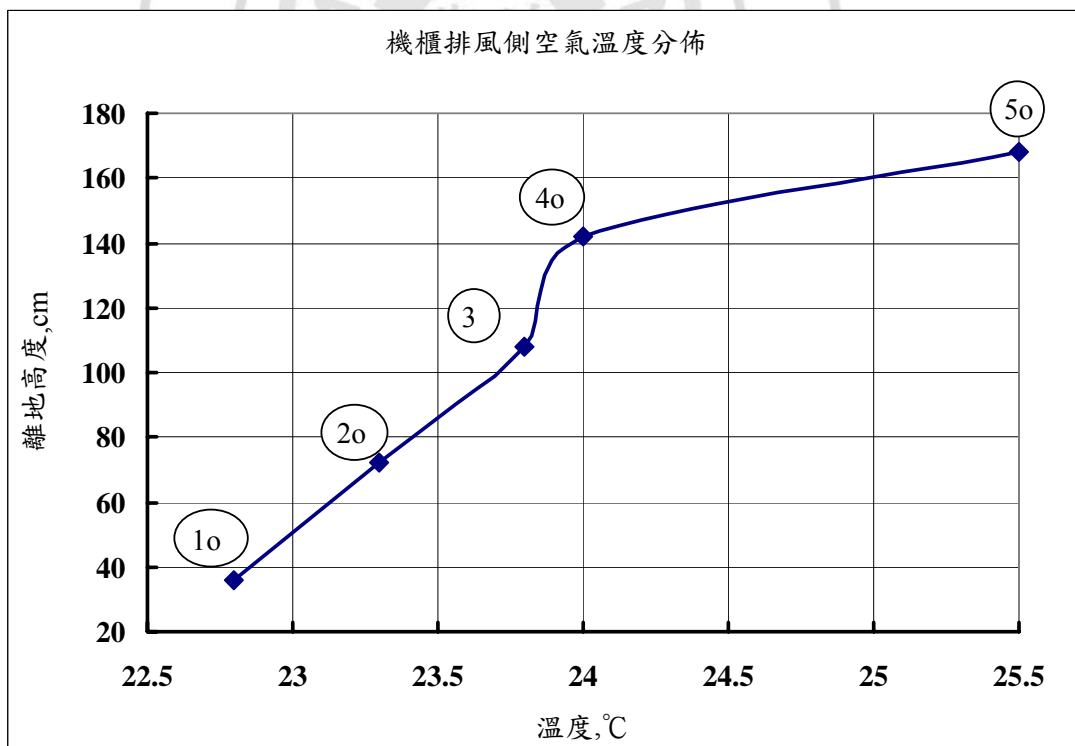


圖4.30、機櫃排風側溫度量測數據

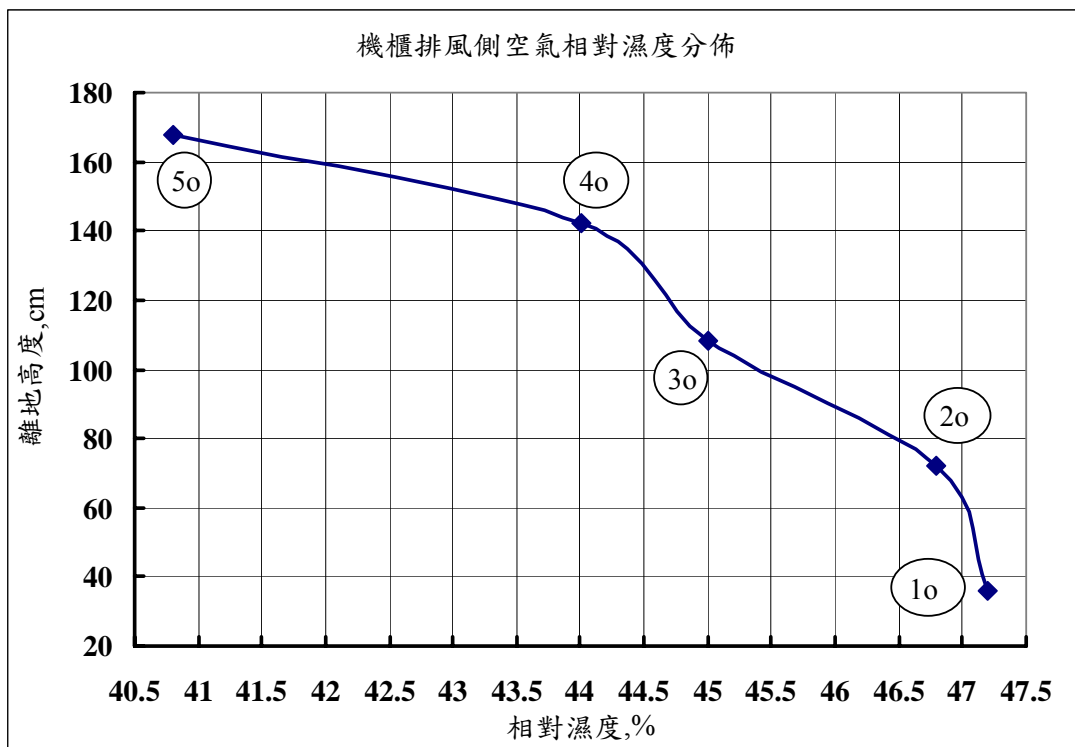


圖4.31、機櫃排風側相對濕度量測

4.7 IT 機房 PUE 改善探討

本 OFFICE server room 設備電力需求改善探討:

- 1.IT 設備電力需求由改善前耗能 106,000 W 降至 102,800 W。
- 2.UPS 設備電力需求由改善前耗能 27,000 W 降至 26,200 W。
- 3.其它(空間照明)，維持不變。
- 4.CRAC 耗電量由改善前耗能 16,510 W 降至 2,880 W。
- 5.空調主機及附屬設備由改善前耗能 52,574 W 降至 44,944 W。
- 6.PUE 值由改善前之 1.908 降至改善後之 1.721。

表 4.2、OFFICE server room 設備電力耗能改善紀錄

	改善前	改善後	節能值	說明
	耗能平均值	耗能平均值		
IT 設備電力需求(W)	106,000	102,800	3,200	
UPS 設備電力需求(W)	27,000	26,200	800	
其它(空間照明)(W)	120	120	0	說明 1.
CRAC 耗電量(W)	16,510	2,880	13,630	說明 2.
空調主機及附屬設備	52,560	44,944	7,630	說明 3.
總電力需求	202,190	176,944	25,246	
PUE	1.908	1.721		

說明 1:

室內裝設日光燈 40 W/3 管×24 盞×1/24 小時=120 W(因大部分時間 OFFICE server room 內人員進出維修機率較少、且照明設備開啟時間平均未達 0.5 小時以上，並由紅外線位移偵測設施開啟照明設備，用以節約能源)。

說明 2:

如表 4.3 CRAC 耗電量(W)設備電力耗能改善紀錄所示改善前 8 月 1 日每小時耗電量為 16.51 kW，截至 8 月 12 日為止每小時耗電量為 2.881 kW 若以 8 月 15 日耗電量計算則每小時耗電量為 2.50 kW 將更低。其主要降低耗能部份為 CRAC 內部元件：加熱及加濕器因供風條件之重新設定調整停止運作所減少之無謂的能耗。

表 4.3、IT 資訊中心設備電力耗能改善紀錄

日期	時間	盤名	位置	累計耗電量	當天耗電量	每小時耗電量
8月1日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	50263.36 kwh	445.83 kwh	16.51 kw
8月2日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	50709.19 kwh	304.42 kwh	15.03 kw
8月3日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	51013.61 kwh	387.99 kwh	14.78 kw
8月4日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	51401.6 kwh	182.48 kwh	7.60 kw
8月5日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	51584.08 kwh	194.26 kwh	7.77 kw
8月6日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	51778.34 kwh	200.62 kwh	8.36 kw
8月7日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	51978.96 kwh	175.34 kwh	7.31 kw
8月8日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	52154.3 kwh	258.05 kwh	4.30 kw
8月11日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	52412.35 kwh	100.18 kwh	4.17 kw
8月12日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	52512.53 kwh	69.05 kwh	2.88 kw
8月13日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	52581.58 kwh	64.84 kwh	2.70 kw
8月14日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	52646.42 kwh	65.59 kwh	2.73 kw
8月15日	14:00	LV-17AD-3	OFFICE 2F UPS室	52712.01 kwh	60.01 kwh	2.50 kw

說明 3:

空調主機及附屬設備電力耗能估算(相關數據如表 4.5 CRAC 耗電量(W)設備電力耗能統計紀錄)，改善前 OFFICE server room 空調總負荷為 231,066 W，改善後 OFFICE server room 空調總負荷為 197,530.0 W。

一冷凍噸=3.516 kW，改善前 OFFICE server room 空調總負荷為 231,066 W÷1,000 kW÷3.516 kW=65.7 RT。以該廠 97 年度冰水系統用電量統計平均效率為 0.8 kW/RT，(包含冰機、冷卻水塔風扇、冷卻水泵、一次側冰水泵及無謂的區域冰水泵等)。

善前空調主機及附屬設備電力耗能估算:

$65.7 \text{ RT} \times 0.8 \text{ kW/RT} = 52.56 \text{ kW}$ 。

改善後 OFFICE server room 空調總負荷為 197,530 W÷1000 kW÷3.516 kW =56.18 RT

改善後空調主機及附屬設備電力耗能估算:

$56.18 \text{ RT} \times 0.8 \text{ kW/RT} = 44.944 \text{ kW}$ 。

改善前後空調主機及附屬設備電力節能率估算:

改善前 CRAC 耗電量(W) + 改善前空調主機及附屬設備電力耗能

$$=16,510 \text{ W}+52,560 \text{ W}=69,070 \text{ W}$$

改善後 CRAC 耗電量(W) + 改善後空調主機及附屬設備電力耗能

$$=2,880 \text{ W}+44,944 \text{ W}=47,824 \text{ W}$$

$$\text{節能率估算}=(69,070-47,824)\div 69,070=30.76\%$$

表 4.4 CRAC 耗電量(W)設備電力耗能統計紀錄

改善前量測數據		改善後量測數據	
設備編號	冷凍能力	設備編號	冷凍能力
CRAC-104-002	29,157.80	CRAC-104-002	33,395.85
CRAC-104-003	354,17.67	CRAC-104-003	30,698.94
CRAC-104-004	631,32.35	CRAC-104-004	52,453.09
CRAC-104-005	466,27.40	CRAC-104-005	36,395.11
CRAC-104-006	567,30.83	CRAC-104-006	44,587.44
CRAC-002~006		CRAC-002~006	
總冷凍能力	231,066.05	總冷凍能力	197,530.43

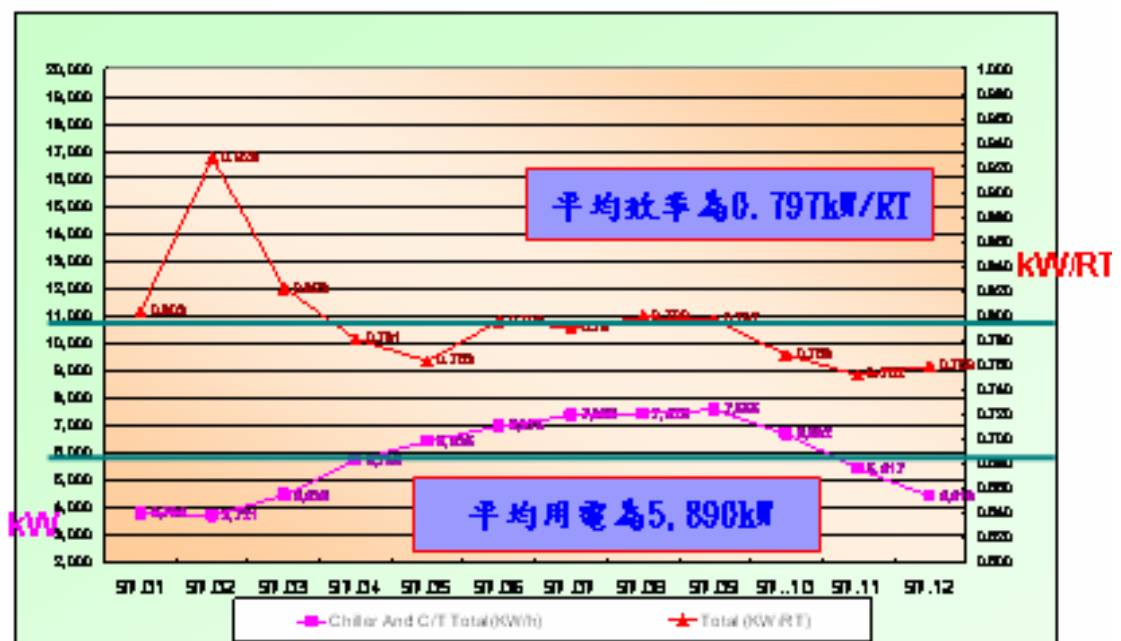


圖4.32 冰水系統用電量

第五章 結論與建議

5.1 結論

本IT機房空調系統改善案經由計算流體力學軟體模擬對機櫃進風量與排風量間各種風量、溫度關係及案例改善後實際驗證、得到如下以下六點結論，

- 1.供風量小於機櫃風扇需求風量，必然會有分配不均的情況，造成最上層的排氣風扇抽風不足，只有部份的空調氣進入最上層。
- 2.同樣的空調噸數下，若擬減少供風量，應降低供風溫度，反之，若欲提高供風量時，則可提高空調氣供風溫度。在CFD模擬中顯示同樣空調噸數下，以較小的供風量及較低供風溫度來冷卻機櫃是很不好的設計選擇。
- 3.藉由具通風率達50%之格柵板，可修正整體送風量至原設計值，同時將使冰水主機運轉效率提高，降低主機耗電量。
- 4.當適度的調整空調設備供風量使其能滿足各機櫃所需最小排氣量，同時在改善避免因冷熱氣流混合產生耗能前提下，可調高空調設備之供風溫度，可得到空調主機能耗之改善。
- 5.減少空調系統之電熱器及加濕器，於冷卻除濕過程中再熱與加濕所造成無謂能耗，可降低IT機房空調負荷，達到節能之效果。
- 6.經過調整空調設備供風風量與溫濕度設定值，在本改善案例中，空調主機及附屬設備電力節能率為30.76%，整體資訊機房之PUE值由1.908降低至1.721。

5.2 建議

- 1.IT 機房空調系統尚有待克服的問題、如機房發熱量的極限、機房環境的標準和可靠性、冷卻方式及氣流分佈等議題。
- 2.另為防止機櫃正前方氣流不穩造成部份供風短路，浪費能源，除了不裝設機櫃位置前方增設盲板外或可考慮加裝一種透明隔板或PVC門簾、用以誘導高架地板下出風口使其送出之氣流能有效被機櫃吸入帶走熱量並可避免造成冷熱通道混流發生。
- 3.經由研究改善結果發現，機櫃之空調溫度需求、取決於機櫃入風與排氣溫度條件而定，而並非以環境供風條件決定之。



參考文獻

- [1]“電腦機房空調系統(CRAC)節能減碳最佳運轉模式研討報告”，2008 科學園區研討會。
- [2]Jon Haas, 2009 The Green Grid, “Proxy Proposals for Measuring Data Center Productivity contributors”。
- [3]Henry Hsu, Google Discloses Datacenter PUE of 1.21,2008,<http://blog.raritan.com/2008/10/google-discloses-datacenter-pue-of-121/>。
- [4]Google 自揭機房神秘面紗展示綠色 IT，陳曉莉譯，企業 IT 編輯部，台北。<http://www.ithome.com.tw/itadm/article.php?c=51193>
- [5]林文彬，2008-09-30，“中華電信打造亞洲最大綠色機房”，企業 IT 編輯部，台北，<http://www.ithome.com.tw/itadm/article.php?c=51130>。
- [6]李魁鵬，2010，“綠色機房散熱規劃與節能技術”，綠色儲存暨機房管理論壇。
- [7]吳建德，2009，電腦機房空調氣流分析與節能潛力評估，國立台北科技大學，碩士論文。
- [8]張銘陽，2009，網路資料中心空調節能設計之模擬分析研究，國立台北科技大學，碩士論文。
- [9]Neil Rasmussen, Improving Rack Cooling Performance Using Blanking Panels White Paper #44 2005 American Power Conversion。
- [10]ASHRAE Technical Committee TC 9.9。
- [11]ASHRAE's Thermal Guidelines for Data Processing Environments(ASHRAE 2004)。
- [12]<http://www.ortronics.eu/en/scripts/en/publigen/content/templates/previewInfo.asp?P=571&L=EN#top>。
- [13]Christopher Kurkjian, and Doug McLellan, “High-Density

Server Cooling” , August 29, 2005 。

[14] Roger R. Schmidt, et al. “Evolution of Data Center Environmental Guidelines”, ASHRAE Transactions, Vol. 111, Part 2. 。

[15]C. Mike Scofield, and Thomas S. Weaver, ASHRAE Journal, August 2008 。

[16]EPA. 2007. “Report to Congress on Server and Data Center 1. Energy Efficiency.” Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency 。

[17]中國大陸，IDC 圈，互聯網數據中心機房建設方案，2008-4-18，
<http://www.idcquan.com/> 。

[18]林士基，2010/05/20，“模組化機房解決方案”，綠色儲存暨機房管理論壇。

[19]ZMAN(魔力門部落格版主)，2010/05/20，“機房設計有一套建置標準需知曉”，綠色儲存暨機房管理論壇。

[20]Data Equipment Power Trends and Cooling Applications, ASHRAE 2005 。

[21]台灣科力瑪系統有限公司。

[22]Data Processing and Electronic Office Areas, ASHRAE Handbook - HVAC Applications, 2007, pp.17.1-17.16 。

[23]Magnus K. Herrlin 2005. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Reprinted by Permission from ASHRAE Transactions, Vol. 111, Part 2. 。

[24]2005 ASHRAE Transactions, Vol. 111, Part 2. 。

[25] <http://www.42u.com> 。

[26] <http://www.vero.com.tw/en/intro-tw.htm> 。

[27]2008 ASHRAE Environmental Guidelines for Datacom Equipment 。