



淺談電腦機房空調環境與 節能應用技術上

▶ 專案四部 吳建德

一、前言

現今資訊產業日益發達，小由個人工作站型的電腦群組，大至電信公司數百坪的電腦機房(Data Center)，含括私人企業與政府單位，領域遍及各行各業，資訊產品的運用不但廣泛而且深入，同時，電腦計算能力與儲量負載的發展技術也不斷地精進，業者研發資訊產品的效能愈來愈高，體積愈來愈小，在高密度的資訊設備運作下，一方面必須提供大量的電力驅動資訊設備本體，另一方面亦須供應龐大的電力在設備的冷卻系統，以維持資訊設備更有效率的持續運作；近年來，隨著能源危機的爆發，使得電力價格也跟著快速飛漲，資訊設備使用者已不僅僅在乎資訊設備散熱的需求，亦開始致力研究讓空調運轉處於更節省能源的狀態，因此，在置放大量且密集的電腦機房中，如何將電腦運作所產生之熱量有效的移除，並將電腦機房的空調狀況維持於最佳運轉狀態，逐漸成為產、官、學術業重視的技術發展環

節之一。

國內電腦機房的設計大致上仍延續早期室內空調的觀念，將一般辦公使用之中央空調供風系統引入電腦機房，因資訊設備(Information Technology, IT)為高顯熱特性，與一般供應人體與設備並用的辦公室條件有所不同，遂使用中央空調主機搭配加熱器以滿足電腦機房乾球溫度與相對濕度需求，另使用恆溫恆濕箱型冷氣機者也不在少數，但總體而言，仍以室內平均溫度作為空調控制的準則，國內各類電腦機房也依此種標準渡過了資訊設備的穩定成長期，但愈來愈多的國內外專家學者、電腦機房設計者以及電腦機房使用者發現，電腦機房的平均溫度高低似乎不能完全代表在電腦機櫃(Rack)內部的主機或資訊設備的散熱情況，供應較低溫的冷空氣可能因為室內氣流循環狀況不佳而產生冷空氣短循環，冷空氣無法進入系統的高溫發熱源，設備無法有效散熱造成設備溫度持續上揚，電腦主機或資訊設備過熱



而當機的風險依然存在，於是更調低空調出風溫度，惡性循環導致雙向能源的損耗，因此探討如何增加電腦機櫃的氣流冷熱交換效率，即成了近年來電腦機房節能研究的重點項目。

二、空調運轉環境設定

一般電腦機房的界定為機房內設有資訊設備(IT Equipment)，另一類型電腦機房為電信數位交換機設備(Telecom Digital Switching Equipment)，兩者電腦機櫃型式與發熱特性不盡相同，美國冷凍空調工程師協會在制定電腦機房熱能環境指導手冊(Thermal Guidelines for Data Processing Environments)⁽¹⁾時，也將此兩種狀況分開討論，目前國內仍有許多電信業者設置之電腦機房將兩種設備擺放於同一空間，不同散熱特性造成電腦機房空氣流場難以整合為相似空調節能模式，數據之分析亦難以得到一致性結論，故此，本文先以電腦機房內設有IT設備者為此次討論重點，期以單純化探討獲得正確導向的結論。

美國冷凍空調工程師協會在2004年出版的熱能環境指導手冊，乃是邀集IT設備製造商、電腦機房設計端以及使用端三方，不斷

的進行繁複研究與討論，希望提供一致性的電腦機房空調條件設定標準，使得IT設備製造商可以在此條件下進行設計與生產，電腦機房的設計者與操作者可以努力去維持空調循環情形在建議條件之內，最後研討結果決定將環境條件定義為四種等級如表1所示，其中包含設備處於啟用與關閉時，分別具有不同的空調狀態定義，當電腦機櫃在啟動的情況下，進入機櫃的空氣條件可分為建議值狀態(recommended values)與容許值狀態(allowable values)，建議值意指設備應該被設計在此目標條件下運轉，且確實在此狀態點下操作，容許值則是規定設備至少應設計在此範圍區間內，環境等級定義如下：

等級一(Class 1)：屬於室內空調狀況(如乾球溫度、濕球溫度、相對濕度)需控制較嚴謹者，通常使用在企業營運伺服器或儲存用資料庫等。

等級二(Class 2)：屬於IT設備、辦公室、圖書館等區域須作部分環境控制者(如乾球溫度、濕球溫度、相對濕度)，通常使用在小型伺服器、小型儲存用資料庫、個人電腦工作群組等。

等級三(Class 3)：屬於辦公室、居家、交通

表1 IT設備環境設定表

等級	設備環境設定								
	設備啟用時					設備關閉時			
	乾球溫度(°C)		相對濕度(%)		最大露點溫度(°C)	最大高度(m)	乾球溫度(°C)	相對濕度(%)	最大露點溫度(°C)
容許值	建議值	容許值	建議值						
1	15-32	20-25	20-80	40-55	17	3,050	5-45	8-80	27
2	10-35	20-25	20-80	40-55	21	3,050	5-45	8-80	27
3	5-35	無	8-80	無	28	3,050	5-45	8-80	29
4	5-40	無	8-80	無	28	3,050	5-45	8-80	29

運輸等區域具備簡單控制者(僅溫度控制)，通常使用在個人電腦群組、膝上型電腦、影印機等。

等級四(Class 4)：屬於照明工廠、重點照明等區域須維持場地環境溫度不受外氣嚴重影響者，如冬天加溫排氣，通常使用在照明設備、電腦、PDA等。

考量目前市面上諸多的電子設備的共同特性，環境條件的設定標準必須使電子設備維持於高度可靠與安全之運轉，電子設備的運轉環境條件通常須注意下列幾點：

1. 相對溼度較高時會對電子元件產生不良影響，如腐蝕，限制高相對濕度乃是為了排除這些損害。
2. 電子設備對於靜電效應傷害非常敏感，室內相對溼度過低時容易產生靜電效應，限制低相對溼度是為了避免這類型損害。
3. 設備溫度過高會影響作業可靠度以及設備本身工作壽命，限制溫度不至過高是為了避免這些影響因素。

4. 而過低的室內溫度會導致更多的空調系統耗能，限制環境溫度不至過低是為了避免多餘的能源消耗。

在表1中顯示Class 1是管控最嚴格的環境等級，設定IT電腦機櫃內乾球溫度建議應介於20~25℃之間，相對濕度介於40~55%之間，入口風溫可容許範圍於15~32℃之間，相對濕度容許範圍於20~80%之間，若將2003年美國冷凍空調工程師技術手冊(ASHRAE Handbook - HVAC Applications)⁽²⁾中列出的電腦機房設定條件範圍(溫度 $22 \pm 1^\circ\text{C}$ 與相對濕度 $50 \pm 5\%$)兩相比較如圖1所示，不難發現熱能環境指導手冊所定義的Class 1的空調環境設定條件，實際上比2003年技術手冊上的設定範圍更寬鬆，如圖1所示，此二者之間最主要的不同點在於2003年美國冷凍空調工程師技術手冊的環境條件是以室內空間平均溫度作為標準，而2004年熱能環境指導手冊的環境條件則是參照IT設備在機櫃內運轉之環境條件而

設定，其考慮因素包含從氣流進入IT機櫃與流出IT機櫃出口之週遭環境。

三、空調節能改善原理

若熱能環境指導手冊上的建議標準與實際上機房設備配置方式沒有彼此搭配，要在環境條件設定上取得一致性的結論是非常困難的，現階段並沒有針對電腦機房的實際標準規範，使設備製造商、電腦機房設計端以及使用端三方可以共同遵循的方向，

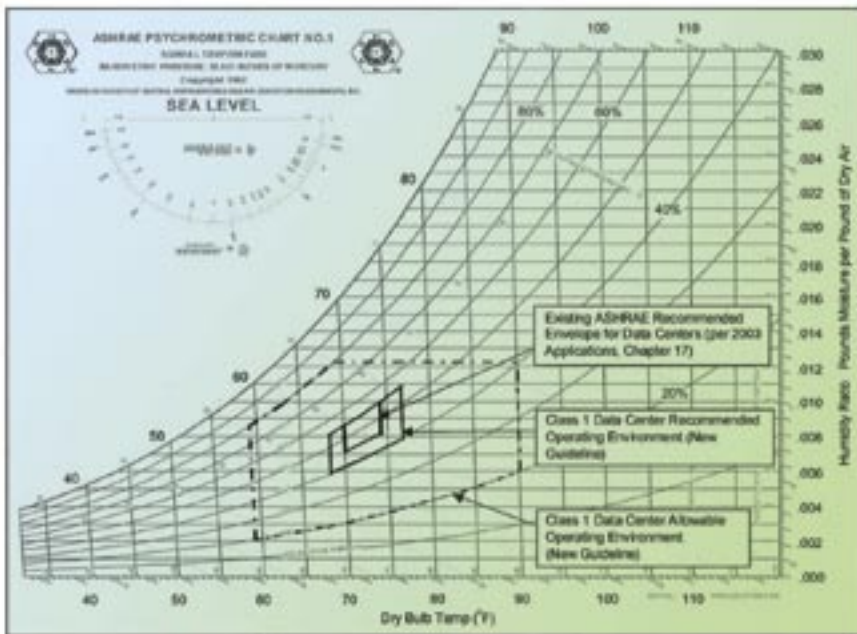


圖1 ASHRAE 空調環境設定條件比較



與建立共通的認知平台，而造成這個現象的主要原因，乃是因為IT設備不斷的革新與競爭激烈的環境，一般設備的實際運轉壽命都很短，『隨插即用』的便利性對IT機房相當重要，同樣的設備常常很快地被不同製造商生產的產品所取代，此外，機房設備管理者必須隨時應付客戶的修正要求，以致於把室內的設備或出回風口改變，室內原始氣流動線設計被破壞殆盡，或者有時候部份客戶們對設備與機房環境的溫度、相對濕度有額外的特殊要求，諸多的影響因素造成電腦機房要建立一個標準的配置規範是不容易的。

談到電腦機房環境設定條件，須先從整體室內氣流情形來了解，為了使機房內的熱交換情況與電腦機櫃的物理特性達到最大的相容度，可用以下三種簡單的原則來建立觀念：

1.機櫃的擺放位置與行列：應將機櫃擺放於適當位置，使室內氣流形成冷通道與熱通道的氣流模式，如圖2所示，冷熱通道的目的在於引入最大的冷空氣進入電腦機櫃內，同時將機櫃內的熱空氣有效的排出機櫃外，此外，可藉著緊密的機櫃排列與檔



圖3 機櫃後方正對著另一組機櫃前端

板的運用來減低熱排氣再循環的機率，而每個電腦機房的特性不盡相同，如何找出最佳的機房配置與建立冷熱通道效果，則須仰賴每位電腦機房管理者對系統本身的了解。

2.電腦機櫃的氣流流動模式：若在設計冷熱通道空調模式中，不使用前對後(F-R)型式的機櫃是非常冒險的，特別是在發熱密度較高的區域，氣體動力流向因為沒有工具輔助導引，而變成相當複雜難以預測，因此，保持機房氣流循環於同一種模式是很重要的，所有的熱排氣應該匯集於相同

的方向，然後

使其導入熱通道

之中；若不使用冷

熱通道的空調模式，

由機櫃所排出的熱排氣有

可能由鄰近機櫃的前端被吸

入，而再排出的熱排氣也會再

一次的進到其他機櫃裡面，週而復

始，機櫃的散熱效果因熱排氣不斷循

環而越來越差，如圖3所示；在設置機櫃

時，應使其排列形成冷熱通道模式，若機

房內原本已無冷熱通道模式，則須注意機

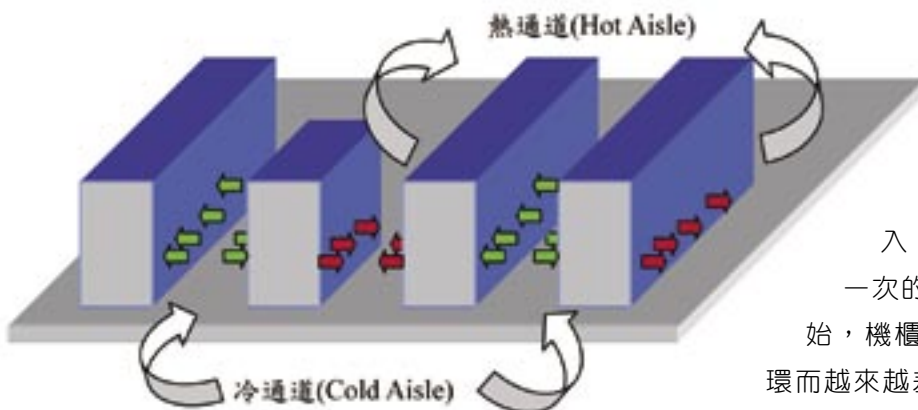


圖2 冷熱通道空調氣流模式

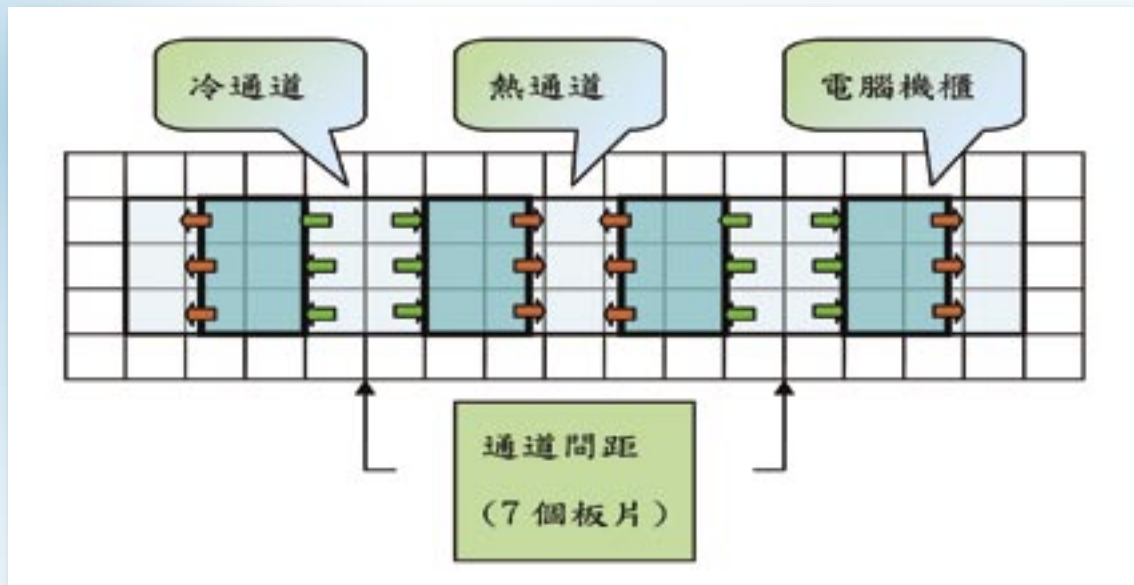


圖4 通道間距計算

櫃排放位置，避免熱氣流再循環的問題。

3. 通道間距：通道的間距是以兩條相鄰冷通道的中心點距離來計算，而通常此兩點的距離大約是7個地板寬，高架地板每個板片尺寸為60公分×60公分，取這樣的間距主要有兩個原因，第一是至少會有一個完整的出風板片放置在機櫃的前端，第二個是在每個通道裡至少維持90公分的寬度，排列方式如圖4所示；某些電腦機房設計將機櫃的背邊對齊於地板邊緣，為了滿足通道間距7個板片的最佳距離，卻使得熱通道變成了120公分的寬度，而冷通道少於120公分，僅能放置一個出風地板，如此一來，冷通道的通風量與散熱能力都下降了；體積較大的機櫃或是設備密度較高的電腦機房，可以考慮用8個板片間距的設計，相反地，若是在較小的機櫃或設備密度情況下，也可將通道間距微幅調縮。

在電腦機房的配置上若達到以上的建議概念，雖可直接採用熱能環境指導手冊上的

空調建議範圍，但還需要考慮到電腦機房內的氣流循環與設備初始設定問題，儘管電腦機櫃的入口溫度建議值為20℃至25℃之間，但空調實際運轉時仍需注意氣流流向的不確定性，例如混風問題、熱氣再循環問題，當熱排放氣體或較高溫混風因某些不確定因素再次由機櫃的入風口被吸入機櫃中，此時，若原設定入口供風條件為25℃，冷通道底部入口風溫可能還在建議範圍之內，但頂端的風溫可能因為氣流混合而輕易的高於25℃以上，即已超出了最佳建議值之外，因此建議初始啟動條件仍舊設定於20℃與55%相對濕度，其中有5℃溫差為容許地板出風點至機櫃最高點的溫度變化，且能維持所有入口溫度在建議值25℃之下，相對濕度也維持在40%之上。(下期待續)

參考文獻

1. ASHRAE, Thermal Guidelines for Data Processing Environments, U.S.A., 2004.
2. ASHRAE, 2003 ASHRAE handbook - HVAC Applications, chapter 17, 2003.