

透過檢驗製冷系統識別 資料中心潛在冷卻問題

第 40 號白皮書

版本 3

作者 Kevin Dunlap

> 摘要

IT 設備逐漸密集化且機櫃密度隨著處理器功耗升高而升高，這給資料中心運營者帶來挑戰。這些挑戰包括如何確保冷風的充足配送，廢熱的有效排出以及提供充足的製冷量。本白皮書將提供一份檢查清單，用以評估對資料中心環境內製冷系統產生不良影響的潛在問題。

目錄

檢查容量	2
檢查機房空調	3
測試主製冷回路	6
記錄機櫃和通道溫度	6
檢查地板送風風速	8
檢查機櫃氣流管理	9
檢查通道、地板磚和氣流路徑	10
資源	14
附錄	15

簡介

IT 設備逐漸密集化且機櫃密度隨著處理器功耗升高而升高，這帶來了巨大效益。然而，對於那些建造資料中心和維護運行環境的人員來說，這也意味著潛在挑戰。雖然一個資料中心的整體設計功率和製冷量可能滿足需求，但對於某些特定區域的冷氣分配可能並不充足。當置於一個機櫃內的 IT 設備數量不斷增加，安裝越來越緊湊密集，又或者當資料中心經理考慮大規模部署搭載密集的刀鋒伺服器的機櫃集群時，就必須要解決功率需求及散熱量的增加問題。如圖 1 所示，刀鋒伺服器比傳統機架式伺服器佔用的空間要少得多，處理能力顯著提高，但單位伺服器的耗電量更少。然而，這些伺服器也導致熱密度的大大增加。



圖 1

密集部署的設備

資料中心製冷系統的設計旨在冷風供應源和伺服器進風口位置之間建立一條通暢無阻的通道。同樣，伺服器的背面排風口同空調的回風管道之間也需要建立這樣一條通道。然而在實現這一目標的過程中會存在一些產生不利影響的因素。

為了確定資料中心的製冷基礎設施是否存在問題或存在潛在問題，必須對某些專案進行檢查和測量。這種檢查工作可以確定資料中心健康程度，從而避免電子設備因高溫運行而發生故障。這些檢查和測量步驟也可用於評估未來製冷容量是否充足。所述測試中的測量值應透過附錄中提供的範本予以記錄並進行分析。對當前的狀態應予以評估，建立參照基準，從而保證後續改正步驟能產生積極的作用。本白皮書將指導您如何識別當前資料中心中那些將會影響總體製冷量、製冷密度和運行效率的潛在問題。第 42 號白皮書《解決高密度伺服器部署所致冷卻問題的十個步驟》描述了這些問題的解決方案。

資源連結
第 42 號白皮書

解決高密度伺服器部署所致冷卻問題的十個步驟

檢查容量

需要事先明確的是 IT 設備每用 1 瓦特電就需要 1 瓦特的製冷量。提供充足冷氣的第一步是確保製冷系統的容量同當前規劃的用電負荷相匹配。

典型的製冷系統由機房空調（CRAC）和室外機構成，前者負責向機房輸入冷空氣，後者負責將熱量排出到室外。欲瞭解更多關於空調工作原理和空調類型的資訊，請參閱第 57 號白皮書《IT 設備空調系統的基本原理》和第 59 號白皮書《用於 IT 環境的不同類型的空調設備》。市場上的機房空調單元不斷推陳出新，在高密度環境中，它們可以更加緊靠 IT 機櫃（甚至置於機櫃內部）。

資源連結
第 57 號白皮書

IT 設備空調系統的基本原理

資源連結
第 59 號白皮書

用於 IT 環境的不同類型的空調設備

有時候，為了應付未來預期會增加的熱負荷，可能會對製冷系統過度規劃選型。製冷系統選型過大會導致能耗增加，而能耗的增加本可以完全避免。欲瞭解因製冷系統選型過大引起的問題的詳細資訊，請參閱第 25 號白皮書《計算資料中心的總製冷量》。

型號資訊說明一般位於機房空調單元的外殼上或內部，找到該資訊並核實空調系統的容量。查看製造商關於容量值的技術資料。機房空調單元製造商根據回風溫度（EAT）和濕度控制水準來確定系統容量。每個空調單元上的控制器都標示了回風溫度（EAT）和相對濕度。根據這些技術資料，瞭解每台機房空調的顯冷量。

另外，室外機的容量應等於或大於機房內所有機房空調的容量。對於較小型的成套系統，通常情況下內外元件都是同一家製造商。而較大的系統，如排熱設備可能從不同的製造商處單獨購得。但不論哪種情況，它們的容量規模應匹配，承包商應予以核實。如果機房空調容量和排熱設備容量不同，則應以額定容量較低的元件為準。（對測量有疑慮應連繫製造商或供應商）

您可以據此得出資料中心製冷量的最大理論值。在本白皮書的後續部分，您會瞭解到，該最大容量值會因為一些因素而大幅度降低。計算出的最大容量值必須同資料中心的熱負荷需求做比較。**表 1** 提供了一種可以迅速計算出熱負荷的工作表。使用該工作表，可以迅速可靠地得出資料中心的發熱總量。**表 1** 下面描述了工作表使用流程。具體詳情，請參閱第 25 號白皮書《計算資料中心的總製冷量》。

不論何時，根據以下計算得出的熱負荷需求均應低於製冷量的最大理論值。對於與此衝突的情況，我們在第 42 號白皮書《解決高密度伺服器部署所致冷卻問題的十個步驟》中提供了一些解決方案。

 資源連結
第 25 號白皮書
計算資料中心的總製冷量

 資源連結
第 42 號白皮書
解決高密度伺服器部署所致冷卻問題的十個步驟

表 1

資料中心或網路機房發熱量計算工作表

項目	所需發熱量資料	發熱量計算	發熱量小計
IT 設備	IT 負載總耗電量（瓦特）	同 IT 負載總耗電量（瓦特）	_____ 瓦特
帶電池的 UPS	電源系統額定功率（瓦特）	$(0.04 \times \text{電源系統額定值}) + (0.06 \times \text{IT 負載總耗電量})$	_____ 瓦特
配電系統	電源系統額定功率（瓦特）	$(0.02 \times \text{電源系統額定值}) + (0.02 \times \text{IT 負載總耗電量})$	_____ 瓦特
照明系統	建築面積（平方米）	$21.53 \times \text{建築面積（平方米）}$	_____ 瓦特
人員	資料中心人員數量最大值	$100 \times \text{人員數量最大值}$	_____ 瓦特
總計	以上資料小計	發熱量小計總和	_____ 瓦特

流程

從“所需發熱量資料”一欄獲得需要的資訊。如有問題，參考下面的“資料定義”。計算發熱量，將結果輸入小計一欄。最後將各個小計結果相加，得出發熱量總值。

資料定義

IT 負載總耗電量（瓦特）：所有 IT 設備功率輸入的總和。

電源系統額定功率：UPS 系統的功率額定值。如果 UPS 有冗餘，則冗餘容量不包括在內。

檢查機房空調

如果資料中心的機房空調單元不能協調一致地工作，它們將有可能達不到所標注的製冷量值，並會導致更高的運行成本。機房空調單元一般以四種模式運行：製冷、加熱、加濕和除濕。雖然有兩種狀態可同時進行（即製冷和除濕），某個特定區域（4-5 台相鄰的空調單元）的所有系統應總是以相同的模式運行。未經協調以互相衝突的模式（即除濕和加濕）運行的機房空調單元被稱為“需求衝突”，這會導致運行成本的浪費以及製冷量的降低。對機房空調單元應進行測試，以確保測出的溫度（供風和回風）和濕度讀數同設計值一致。需求衝突對機房空調系統的效率產生嚴重影響。如果得不到解決，該問題可導致效率下降 20-30%，輕則造成運行成本的浪費，重則資料中心會因製冷量不足而發生宕機。

為了保證效率和節約成本，應考慮允許系統在較低的相對濕度設計參數限值內運行。只需將設定值稍稍下調，就可對顯冷量以及減少加濕器的執行時間產生明顯影響。如表 2 所示，將相對濕度設定值從 50% 降低至 45%，可大大節約運行成本。

機房空調單元相對於機櫃通道的安裝位置對於氣流分配是很重要的。機房空調單元應根據氣流分配配置放置在冷通道或熱通道上，且應和通道成直角放置，如圖 2 所示。使用高架地板送風時，機房空調單元應放置在熱通道的末端。通向機房空調的熱回風直接沿通道回到機房空調，無需將熱風拉至通道頂端，這樣可以減少熱風再迴圈的幾率。由於減少了房間內冷熱空氣混合，回風溫度升高會提高機房空調單元的製冷量，減少所需機房空調的數量。

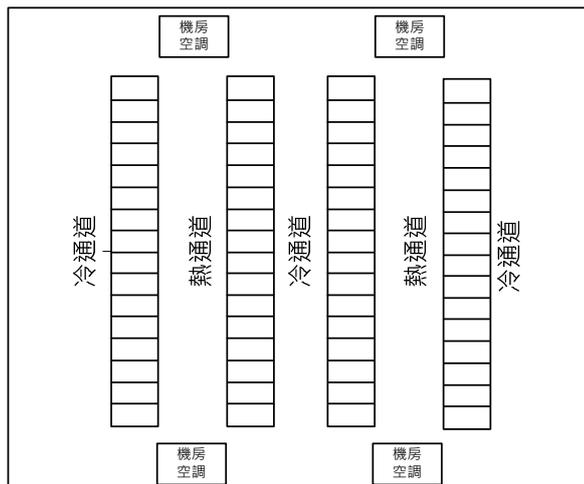


圖 2

機房空調單元熱通道位置

當在混泥土地面採用自然送風時，機房空調應置於冷通道末端。這種配置可將空氣送入機櫃的前面。不過，採用這種配置會導致冷熱空氣混合的可能，所以只有當單位機櫃的功率密度較低時才使用這種配置。

表 2
調低設定值節約
加濕成本

溫度 22°C		
相對濕度設定值	50%	45%
製冷容量 – kW		
總製冷量	48.6	49.9
溫度變化（總顯冷量）	45.3	49.9
加濕要求 – kW		
除濕量（總潛冷量）	3.3	0.0
磅 / 小時（千克 / 小時）加濕量 – (kW / 0.3148)	4.6	0
加濕器執行時間	100.0%	0.0%
加濕所需功率	3.2	0
加濕年度成本（每千瓦成本 x 8760 x 所需千瓦數）	\$2,242.56	\$0.00

注：上例中的假設值和規定值可在附錄中找到。

檢查設定值

資料中心中所有機房空調的溫度和濕度設定值均應保持一致。不一樣的設定值會導致機房內的製冷量需求衝突和波動。一個區域內的熱負荷和含濕量是相對恆定的，機房空調單元的運行應以機組而不是個體為單位進行設定，設定時應透過樓宇管理系統或同組機房空調之間的通信線纜將互相衝突的工作模式予以鎖定排除在外。不論哪兩台空調機在被記錄期間均不應以互相衝突的模式運行，除非它們屬不同的機組。按組運行時，小組內所有的空調單元將一起運行，小組所在區域的邊界要明顯。

設定值參數應在以下範圍之內：

- 溫度 – 20-25°C
- 濕度 – 40-55%相對濕度

為了測試系統的性能，不論是回風溫度還是送風溫度均須測量。送風與回風溫度的測量需要使用三個幾何中心監控點，如圖 3 所示。

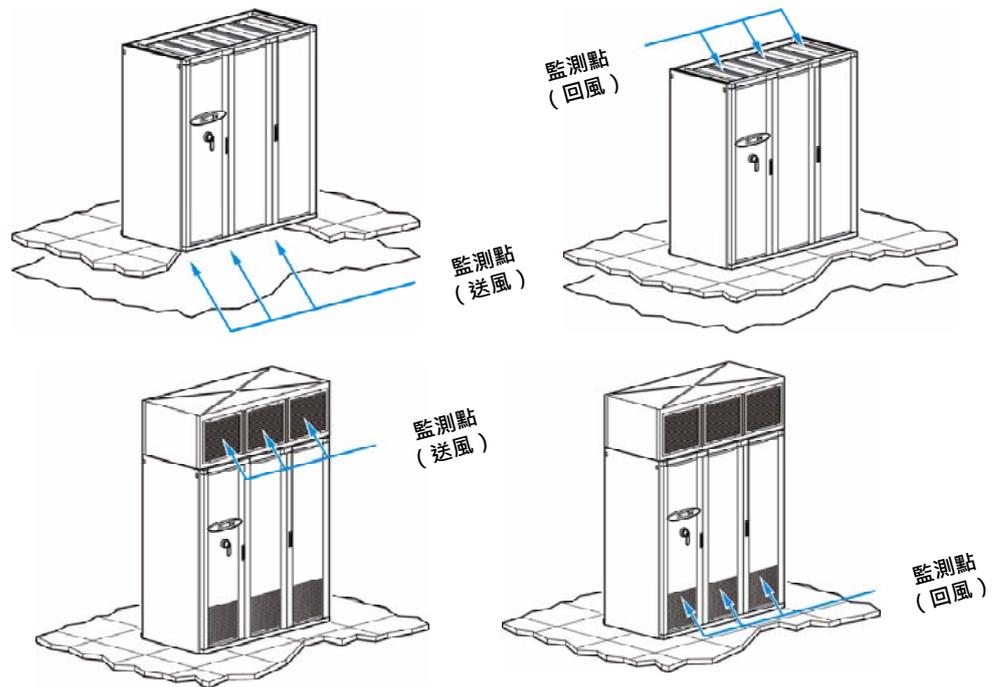


圖 3
送風與回風溫度監控點

資源連結
第 49 號白皮書
資料中心或網路機房內可能
降低冷卻性能的可避免錯誤

在理想狀態下，送風溫度應根據伺服器進風口要求的溫度進行設定。此項設置內容隨後將透過讀取伺服器進風口處的溫度讀數予以檢查。回風溫度的測量值應高於或等於機櫃和通道處的溫度讀數。如果回風溫度低於機櫃和通道處的溫度，則說明發生了的氣流短路。當來自機房空調單元的冷送風繞過 IT 設備並直接流入機房空調單元回風管內時，就會發生氣流短路。關於如何阻止氣流短路，請參閱第 49 號白皮書《資料中心或網路機房內可能降低冷卻性能的可避免錯誤》。冷空氣的繞行是產生過熱的“罪魁禍首”，而發生冷空氣繞行的原因包括多種因素。

另外，應檢查篩檢程式是否清潔。如果透過機房空調的氣流受阻，會引起系統發出冷風不足告警並停機。作為一種預防性的維護措施，篩檢程式應每季度更換一次。

測試主製冷回路

資源連結
第 59 號白皮書
用於 IT 環境的不同類型的空
調設備

本節要求對基本的空調設備有所瞭解。欲瞭解更多相關資訊，請參閱第 59 號白皮書《用於 IT 環境的不同類型的空調設備》。可以委託維護公司或獨立的暖通空調諮詢公司對冷水機（如果可行的話）、水泵系統和主製冷回路進行檢查。確保所有閥門運行狀態良好。

冰水迴圈回路

機房空調的冰水供回水迴圈的狀態直接影響機房空調向機房或高架地板下空間配送冷風的風量。檢查供水溫度時，需要聯繫維護公司或獨立的暖通空調諮詢公司。如果想快速檢查，則可利用機房空調供水管路的溫度。請使用鐳射溫度計測量機房空調單元冰水管路的表面溫度。在某些情況下，可在管道內安裝嵌入式溫度計來顯示冰水溫度。

冰水管路應與空氣隔離，以防止管道表面的冷凝現象。為了使測量盡可能精確，可將一小段隔離層剝離，直接測量管道表面的溫度。如果此方法不可行，在機房空調單元內部冷卻盤管的入口（盤管左側或右側）處有可能有一小截暴露的管道。

冷卻水迴圈回路（水冷和乙二醇製冷）

水冷系統和乙二醇製冷系統利用機房空調內部的冷凝器將熱量從機房空調轉移至冷卻水回路。由於供水溫度較高，冷凝水管道可能無需進行隔離。在機房空調單元的入口處測量冷卻水管路的表面溫度。另外，應對直膨（DX）系統進行檢查，以確保其充分地加注適量的製冷劑。

風冷製冷劑管路

和採用水冷製冷/乙二醇製冷模式的機房空調原理一樣，對製冷劑充注量也應予以檢查，以確保其充注適量。連繫維護公司或獨立暖通空調諮詢公司，檢查製冷劑管線、戶外熱交換器和製冷劑充注的狀態。

將溫度值同表 3 做比較。超出指導說明範圍的溫度可能意味著供水回路出現了問題。

表 3
供水回路溫度容限

冰水	冷卻水 (水製冷)	冷卻水 (乙二醇製冷)
45°F (+/- 3°F)	最高 90°F	最高 110°F
7.2°C (+/- 1.7°C)	最高 32.2°C	最高 43.3°C

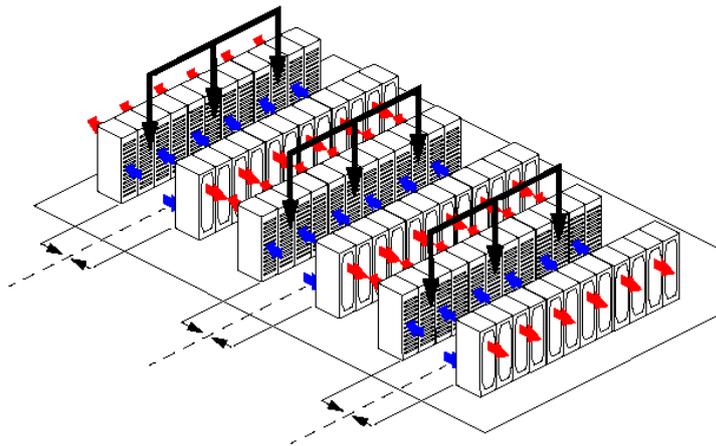
記錄機櫃和通道溫度

透過記錄各行機櫃間不同位置的溫度，可得出溫度的大致情況，這有助於診斷潛在的製冷問題，從而確保關鍵區域的冷風供給。如果機櫃通道配置不合適，就有可能在不同的位置產生熱量點，並從而導致多處設備故障。在通道和地板磚配置一節，將描述並用插圖展示最佳的機櫃配置。在資料中心通道內的關鍵位置測量房間溫度¹。這些測量位置一般情況下應處於機櫃行的中間，然後依次每四台機櫃中取一台作為一個測量點，如圖 4 所示。

¹ 關於感測器最佳測試位置以及建議的進風溫度，ASHRAE 的 TC9.9 標準提供了更多的詳細資訊。（美國採暖、製冷與空調工程師協會 <http://www.ashrae.org>）

圖 4

ASHRAE TC9.9 熱通道/冷通道測量點



轉載經美國採暖、製冷與空調工程師協會許可，ASHRAE 2004. (c)，

通道溫度測量點應高於地板 1.5 米（5 英尺）。當不具備更加精確的通道溫度測量手段時，該測量是最低限度的測量。對這些溫度值應予以記錄並將其同 IT 設備製造商建議的進風口溫度相比較。製造商沒有建議進風口溫度時，應根據 ASHRAE 標準將取值範圍定在 20-25°C（68-75°F）。超出本容限範圍的溫度值可能導致系統性能下降、設備壽命縮短以及意外宕機。需要注意的是，以上所有的檢查和測試應按季度展開。溫度檢查時，測試應以 48 小時期限為準，記錄最高溫度值和最低溫度值。

當機櫃正面獲得配送的冷風不足時，會導致來自設備的廢熱再次返回機櫃送風口。這會引起一系列的設備過熱、宕機或故障，尤其是那些安裝在機櫃頂端的設備。本步驟的目的是要檢查機櫃進風口的整體溫度是否滿足所安裝設備的需要。測量並記錄機櫃正面幾何中心線底端、中間和頂端的溫度，如圖 5 所示。當機櫃中仍有設備空間時，在每台設備的幾何中心測試進風溫度。請參閱“機房空調檢查”一節中提供的指導，查看允許的進風溫度值。溫度超出指導值範圍時，說明該測量點製冷出現了問題。

監控點應離開機櫃設備面 50 毫米（2 英寸）。監控可透過與資料收集器相連的熱電偶感測器實現。監控點還可透過鐳射溫度計測量，這是一種最簡便的快速測溫方法。

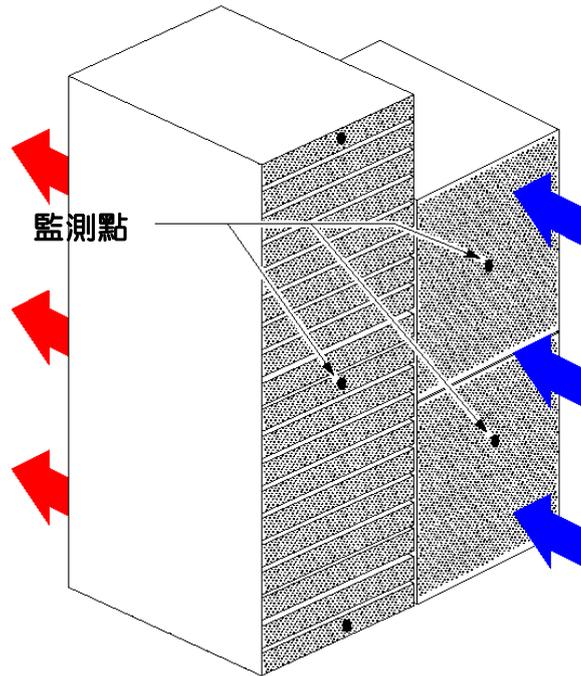


圖 5
ASHRAE 設備進風溫度監控點

轉載經美國採暖、製冷與空調工程師協會許可，ASHRAE 2004. (c)，

檢查地板送風風速

很重要的一點是，機櫃的製冷量和風量（cfm）是直接相關的。IT 設備會使送風溫度提高 11-17°C（20-30°F）。利用熱力學公式，可以很快計算出特定升溫幅度條件下所需的風量。

CFM 或 m^3/s = 消除 IT 設備發熱量所需的風量

Q = 用 kW 表示的需除去的热量

°F 或 °C = 設備排風溫度減去進風溫度

$$CFM = \frac{3,412 \times Q}{1.085 \times \Delta^{\circ}F}$$

$$m^3 / s = \frac{Q}{1.21 \times \Delta^{\circ}C}$$

例如，計算一台 1 kW 的伺服器溫度升高 20°F 時所需的冷氣流量：

$$CFM = \frac{3,412 \times 1kW}{1.085 \times 20^{\circ}F} = 157.23$$

$$m^3 / s = \frac{1kW}{1.21 \times 11^{\circ}C} = 0.0742$$

因此，當（透過 IT 設備）設計溫升 ΔT 為 20°F（11°C）時，每除去 1 kW 的热量，您必須向設備提供大約速率為 160 cfm（0.075 m^3/s 或 75 L/s）的調節空氣。計算單個機櫃必須的風量時，可將該值當做近似設計值使用。但是，也應遵循製造商銘牌上的要求。

$$CFM / kW = 157.23$$

$$(m^3 / s) / kW = 0.074$$

$$(L / s) / kW = 74.2$$

根據下面圖 5 所示的設計值和典型的地板磚（開口面積約 25%）通風量，每台機櫃的最大功率密度應為 1.25 至 2.5 kW。該密度適用於每台機櫃使用一塊地板磚進行安裝的情境。如果機櫃數量與地板磚數量的比率大於 1，則可利用的製冷量應根據同行機櫃的數量進行分攤。

打孔地板磚的通風量測試

只需在地板磚上放一張紙，就可測量地板磚的可用製冷量。假如紙張被吸入地板磚，則說明氣流被吸到高架地板下方，這意味著機櫃和機房空調的安放位置有問題。如果紙張不動，則意味著地板磚可能沒有氣流透過。如果紙張被上吹，則說明地板磚正在送風。然而，考慮到被製冷設備的功率密度，來自地板磚的風量可能不夠。在此情況下，可能需要安裝格柵地板磚或其它送風裝置確保更多風量到達機櫃正面。

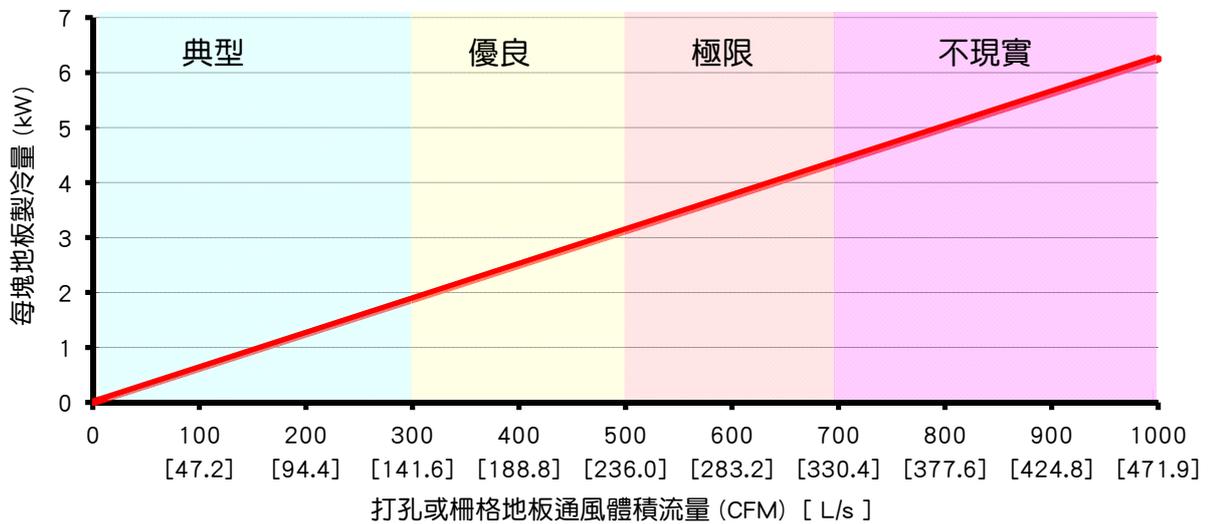


圖 6
伺服器機櫃單位地板
磚可用製冷量

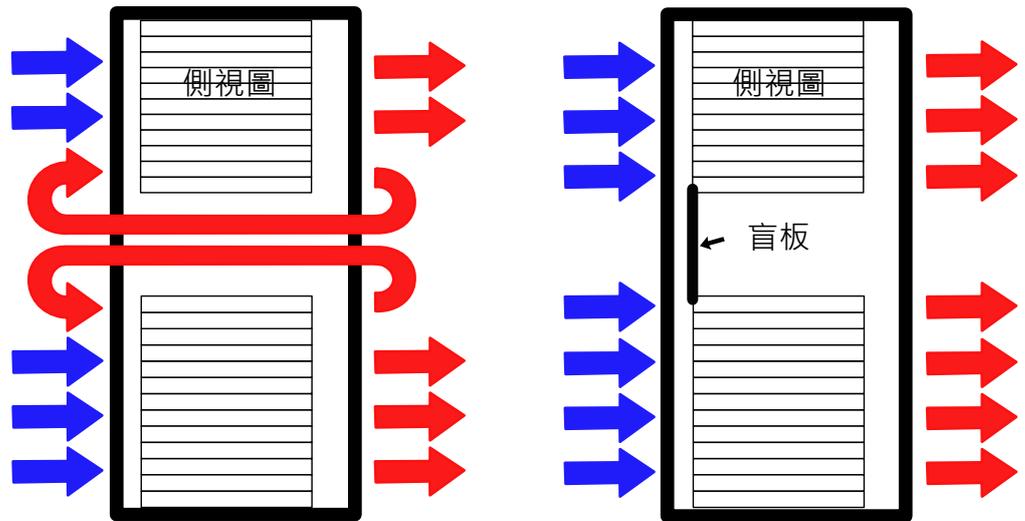
檢查機櫃氣流管理

機櫃內尚未佔用的垂直空間會導致設備排出的廢熱透過“短路”形式回到設備進口處。這種無限的熱風迴圈會引起設備散熱不良，並從而導致設備損壞或宕機。第 44 號白皮書《利用氣流管理盲板改善機櫃冷卻效果》詳細說明了如何使用盲板消除這種影響。檢查每台機櫃的外觀。U 位置是否有縫隙？是否正在使用 CRT（陰極射線管）顯示器？機櫃中是否安裝了盲板？電纜線是否過多，從而阻礙了氣流？

如果 U 空間位置具有可見的縫隙，且沒有安裝盲板或機櫃背面電纜過多，機櫃內的氣流管理就達不到圖 7 所示的最佳狀態。

資源連接
第 44 號白皮書
利用氣流管理盲板改善機架
冷卻效果

圖 7
盲板對機櫃 airflow 影響示意圖
7A (左)
未安裝盲板
7B (右)
安裝盲板後



檢查通道、地板 磚和氣流路徑

檢查地板下空間是否清潔和/或通暢。高架地板下面的任何泥灰都會吹過地板格柵並被吸入 IT 設備內。地板阻礙物，如網路線纜和電纜，會阻礙氣流並影響向機櫃提供冷風的效率。

新增加的機櫃和伺服器會導致電線和網路線纜的安裝數量增加。當伺服器和機櫃被移動或更換時，多餘的電纜往往被留在地板下面。

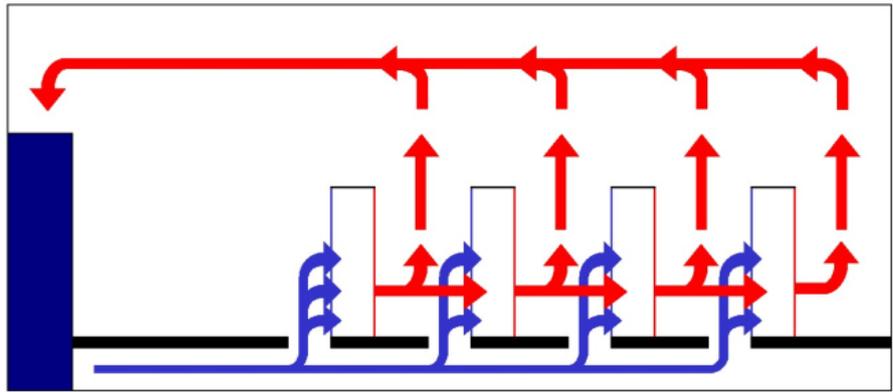
使用高架地板送風時，應對地板表面進行觀察。線纜切口、縫隙和地板磚缺失都會對地板下方空間的靜壓產生破壞作用。當高架地板出現未密封的區域時，會導致氣流透過穿孔地板磚到達機櫃的能力下降。

地板磚缺少應予以更換。各區域的地板均應由實心地磚或穿孔地板磚構成。高架地板磚上用來連接電纜的切口應使用條刷或其它電纜連線產品密封。所作的測量顯示 50-80% 的可用冷風過早地從沒有密封的電纜走線切口逃逸出來了。

通常情況下絕大多數機櫃安裝的伺服器都設計成了正面吸風背面排風。當每一行機櫃全部面朝同一方向時，來自第一行機櫃的熱風被排到其後部的通道，並在這裡與冷風或房間內的空氣混合，然後被第二行機櫃從正面吸入。圖 8 展示了這種配置。空氣每透過一行機櫃，IT 設備吸入的空氣溫度就升高一些。如果所有各排機櫃中的伺服器的入口都面對同一個方向，設備會很快發生故障。

圖 8

未採用冷熱通道分離的機櫃佈局

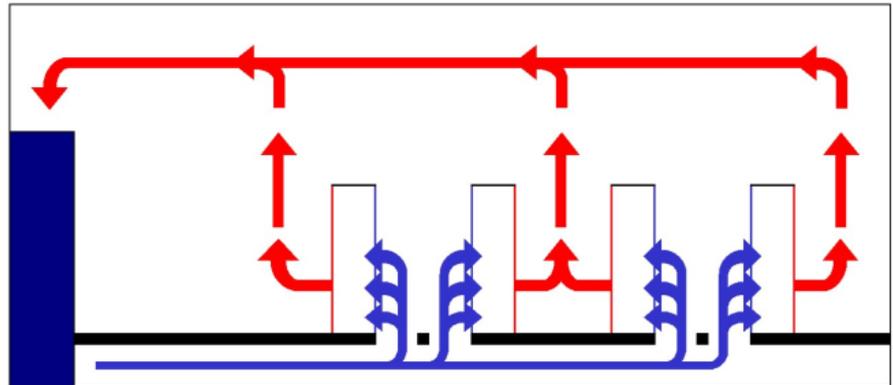


資源連接
第 55 號白皮書
關鍵設備的空調結構選擇
方案

將機櫃的熱通道和冷通道分開部署，就可以防止排出的廢熱進入伺服器，並從而使得來自地板磚的冷風在進入機櫃時攜帶的冷熱空氣混合量減少，如下面圖 9 所示。欲獲得更多關於資料中心送風結構配置的資訊，請參閱第 55 號白皮書《關鍵設備的空調結構選擇方案》。

圖 9

冷熱通道機櫃佈局



高架地板送風口方位不合適會導致機房空調的空氣在到達用電設備以前同排出的熱風相混合，從而引起諸多之前所提到的運行問題以及成本增加。送風口或回風口位置不合適十分常見的，這會使得相互分離的冷熱通道設計所帶來的好處消失殆盡。

結論

資源連結 第 42 號白皮書

解決高密度伺服器部署所致冷卻問題的十個步驟

對資料中心的製冷系統進行例行檢查可儘早發現潛在的冷卻問題，將宕機事故防患未然。功耗變化以及 IT 設備更新和發展會改變資料中心的發熱量。定期檢查資料中心的健康狀況可在問題變得棘手之前確定這些變化所產生的影響。透過本白皮書規定的健康狀況查驗表去解決所發現的問題，便可針對功率密度提供適宜的運行環境。欲獲得更多關於較高功率密度的製冷解決方案資訊，請參閱第 42 號白皮書《解決高密度伺服器部署所致冷卻問題的十個步驟》。

關於作者

Kevin Dunlap 是施耐德電氣資訊技術事業部負責模組化/高密度製冷解決方案的產品線經理。他在鳳凰城大學 (University of Phoenix) 研究執行資訊系統，並獲得商業學士學位。自 1994 年開始進入配電管理行業，Kevin 服務於 Systems Enhancement Corp.，該公司是一家配電管理硬體及軟體提供商，於 1997 年被 APC 收購。Kevin 也於同年加入 APC，並擔任管理適配器產品經理，APC 於 2000 年收購 Airflow Company 之後，Kevin 擔任精密製冷解決方案的產品經理。

Kevin 參加了許多配電管理和製冷行業協會，是美國暖通製冷與空調工程師學會 (ASHRAE) 的會員並主攻熱量管理和高效節能製冷裝置。



資源

點擊圖示打開相應
參考資源連結



解決高密度伺服器部署所致冷卻問題的十個步驟

第 42 號白皮書



IT 設備空調系統的基本原理

第 57 號白皮書



用於 IT 環境的不同類型的空調設備

第 59 號白皮書



在交流 230V 供電的國家應用於高密度的機櫃供電可選方案

第 25 號白皮書



資料中心或網路機房內可能降低冷卻性能的可避免錯誤

第 49 號白皮書



關鍵設備的空調結構選擇方案

第 55 號白皮書



利用氣流管理盲板改善機櫃冷卻效果

第 44 號白皮書



流覽所有 白皮書

whitepapers.apc.com/cn



流覽所有 TradeOff Tools™ 權衡工具

tools.apc.com/cn



聯絡我們

關於本白皮書內容的回饋和建議請聯絡：

資料中心科研中心
DCSC@Schneider-Electric.com

如果您是我們的客戶並對資料中心專案有任何疑問：

請與所在地區的 施耐德電機 銷售代表聯絡，或登錄：
www.apc.com/support/contact/index.cfm

附錄

表 2 中的假設值與規定值

表 2 加濕成本節約舉例中的兩種方案都以以下假設值為基礎：

- IT 負載功率為 50 kW，產生約 50 kW 的散熱量
- 返回機房空調入口的風溫為 22.2°C (72°F)
- 基於 1 年的運行期限 (7x24)，即 8,760 個小時
- 機房空調單元的風量為 9,000 cfm (4.245 m³/s)
- 資料中心本應需要通風，但為了簡化計算，假設資料中心完全封閉，忽略透風/通風
- 每千瓦時的成本假設為 0.08 美元
- 機房空調單元規定值以施耐德電氣旗下 APC FM50 為依據：
 - 標準下向流
 - 乙二醇製冷 (無多種製冷模式或節能冷卻模式)
 - 電極蒸汽加濕器 (塑膠罐型，根據水傳導度自動調整水位)
 - 加濕器耗水量為 10 磅/小時 (4.5 千克/小時)
 - 加濕器耗電量為 3.2 kW
 - 電壓為 208 Vac

圖 A1
檢查清單

製冷系統檢查清單

容量檢查				
機房空調	型號	總容量	顯冷量	數量
單元 1				
單元 2				
單元 3				
單元 4				
單元 5				
單元 6				
單元 7				
單元 8				
單元 9				
單元 10				
		可用總容量 = 總和 (顯冷量 x 數量)		

熱負荷要求			
IT 設備	IT負載總耗電量 (瓦特)	同IT負載總耗電量 (瓦特)	
UPS 含電池	IT負載總耗電量 (瓦特)	(0.04 x 電源系統額定值) + (0.06 x IT負載總耗電量)	
配電	電源系統額定功率 (瓦特)	(0.02 x 電源系統額定值) + (0.02 x IT負載總耗電量)	
照明	建築面積 (平方米)	21.53 x 建築面積 (平方米)	
人員數量	資料中心人員數量最大值	100 x 人員數量最大值	
總計	以上資料小計	發熱量小計總和	容量是否等於或大於發熱量? <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

機房空調監控點			
送風 (每台空調平均三個監控點)			
機房空調 1 _____	機房空調 6 _____	允許的平均值: 溫度 20-25°C 相對濕度 40-55%	是否滿足容限 (檢查其中一項) 全部在容限範圍內 <input type="checkbox"/> 超出容限1-2個 <input type="checkbox"/> 超出容限2個以上 <input type="checkbox"/>
機房空調 2 _____	機房空調 7 _____		
機房空調 3 _____	機房空調 8 _____		
機房空調 4 _____	機房空調 9 _____		
機房空調 5 _____	機房空調 10 _____		
機房空調 5 _____	機房空調 10 _____		
回風 (每台空調平均三個監控點)			
機房空調 1 _____	機房空調 6 _____	允許的平均值: 溫度 14-18°C	是否滿足容限 (檢查其中一項) 全部在容限範圍內 <input type="checkbox"/> 超出容限1-2個 <input type="checkbox"/> 超出容限2個以上 <input type="checkbox"/>
機房空調 2 _____	機房空調 7 _____		
機房空調 3 _____	機房空調 8 _____		
機房空調 4 _____	機房空調 9 _____		
機房空調 5 _____	機房空調 10 _____		
機房空調 5 _____	機房空調 10 _____		

冷卻回路			
冷凍水	7.2°C (+/- 1.7°C)	是否滿足容限 (檢查其中一項) <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
冷卻水 - 水冷製冷	最高 32.2°C		
冷卻水 - 乙二醇製冷	最高 43.3°C		
風冷	應由合格的暖通空調承包商檢查		

機架通道溫度			
每4台機架 (從通道中間左右依次) 一個測量點, 位於地板以上5英尺 (1.5米)			
通道 1 _____	通道 6 _____	允許的平均值: 溫度 20-25°C	是否滿足容限 (檢查其中一項) 全部在容限範圍內 <input type="checkbox"/> 超出容限1-2個 <input type="checkbox"/> 超出容限2個以上 <input type="checkbox"/>
通道 2 _____	通道 7 _____		
通道 3 _____	通道 8 _____		
通道 4 _____	通道 9 _____		
通道 5 _____	通道 10 _____		
通道 5 _____	通道 10 _____		

機櫃溫度			
每4台機架 (從通道中間左右依次) 一個測量點, 位於地板以上5英尺 (1.5米)			
R1 _____ R2 _____ R3 _____	R46 _____ R47 _____ R48 _____	允許的平均值: 溫度 20-25°C, 每架 機架頂端和底部的溫 差不應超過3°C	是否滿足容限 (檢查其中一項) 全部在容限範圍內 <input type="checkbox"/> 超出容限1-2個 <input type="checkbox"/> 超出容限2個以上 <input type="checkbox"/>
R4 _____ R5 _____ R6 _____	R49 _____ R50 _____ R51 _____		
R7 _____ R8 _____ R9 _____	R52 _____ R53 _____ R54 _____		
R10 _____ R11 _____ R12 _____	R55 _____ R56 _____ R57 _____		
R13 _____ R14 _____ R15 _____	R58 _____ R59 _____ R60 _____		
R16 _____ R17 _____ R18 _____	R61 _____ R62 _____ R63 _____		
R19 _____ R20 _____ R21 _____	R64 _____ R65 _____ R66 _____		
R22 _____ R23 _____ R24 _____	R67 _____ R68 _____ R69 _____		
R25 _____ R26 _____ R27 _____	R70 _____ R71 _____ R72 _____		
R28 _____ R29 _____ R30 _____	R73 _____ R74 _____ R75 _____		
R31 _____ R32 _____ R33 _____	R76 _____ R77 _____ R78 _____		
R34 _____ R35 _____ R36 _____	R79 _____ R80 _____ R81 _____		
R37 _____ R38 _____ R39 _____	R82 _____ R83 _____ R84 _____		
R40 _____ R41 _____ R42 _____	R85 _____ R86 _____ R87 _____		
R43 _____ R44 _____ R45 _____	R88 _____ R89 _____ R90 _____		

風速			
檢查所有打孔地板磚 (如適用), 同容限值做對比			
打孔地板磚	風量 (正值檢查), 風量測試應由專業的暖通空調承包商來執行	允許的平均值: 大於 每千瓦 160 cfm 或每千瓦 75.5 升/秒	是否滿足容限 (檢查其中一項) 全部在容限範圍內 <input type="checkbox"/> 超出容限1-2個 <input type="checkbox"/> 超出容限2個以上 <input type="checkbox"/>

檢查機櫃			
盲板	機架內所有未安裝設備的空間都使用了盲板嗎?	是否滿足容限 (檢查其中一項)	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

地板下的風路 (如適用)			
可見的阻擋物	機架內所有未安裝設備的空間都使用了盲板嗎?	是否滿足容限 (檢查其中一項)	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
地板磚缺失、縫隙和空洞	地板磚齊全嗎? 電纜接線孔密封充分嗎?	是否滿足容限 (檢查其中一項)	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

通道和地板磚佈局			
穿孔地板磚位置	機架內所有未安裝設備的空間都使用了盲板嗎?	是否滿足容限 (檢查其中一項)	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
機房空調位置	機房空調同熱通道在一條直線上嗎?		
熱通道、冷通道佈局	冷熱通道之間隔開了嗎 (機架面朝不同方向)?		