

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

版本 4

作者 Peter Hannaford

> 摘要

對資料中心管理人來說，採用單一機架來部署高密度伺服器的要求是一個挑戰。商家們目前設計的伺服器，如果安裝在單一的機架上，則需要高達 20kW 的冷卻。在平均冷卻能力為每一機架不超過 2kW 的資料中心，需要採用一些創新的冷卻策略。本白皮書介紹提高冷卻效率和冷卻能力以及提高現有資料中心密度的十種方法。

目錄

1. 實施“健康檢查”	2
2. 維護製冷系統	3
3. 在機架中安裝盲板，制定機架纜線管理方法	4
4. 清除下地板障礙物和密封地板	5
5. 將高密度機架分開	6
6. 實施熱通道／冷通道佈置	7
7. CRAC 單元與熱通道對齊	8
8. 管理地板通風孔	8
9. 安裝氣流輔助裝置	13
結論	12

簡介

如圖 1 所示，在單一櫃中緊湊地安裝設備會提高電力的需要量，其熱量的散發在某些資料中心會產生熱點。無論機房空調（Computer Room Air Conditioning, CRAC）單元的數量和容量以及地板深度如何，在採用高架地板冷卻分配管道和地板下冷卻 CRAC 的“傳統”資料中心，都不大可能對任何機櫃提供大於 3 kW 的冷卻能力。在沒有高架地板¹和冷卻分配管道的 IT 機房，對單一機櫃的最高冷卻容量還更低一些。目前開始採用的基於機櫃的冷卻方案可以將冷卻容量提高到對每台機櫃超過 10 kW。

圖 1

伺服器排列密度舉例



在設計資料中心的冷卻系統時，目的是要創建經過冷卻的空氣從氣源到伺服器空氣入口位置的明確路徑。同樣，要創建從伺服器背後空氣排出口到空調單元空氣入口管道之間的空氣返回明確路徑。但是，有很多因素會負面地影響這一目的的實現。

本白皮書講述降低資料中心工作效率和能量密度能力的主要因素，並介紹避免這些問題發生的方法。此外，還講述如何無需做出較大的變動，即可使得資料中心可以對超過其設計容量的需求做出應變。


下面的十個步驟講述如何消除冷卻不足和冷卻容量不夠的根本原因。這些步驟按照順序介紹，首先講述的是最簡單、最經濟的步驟。如果您的目的是要使得資料中心某一區域的能量密度在每機櫃為 6 kW 以上，則請您直接閱讀更為複雜的第 9 或第 10 步驟，跳過前面的步驟也許更為適當。

1. 實施“健康檢查”

就像定期檢修會對汽車有好處一樣，對資料中心的維護使其能夠在最佳效率上運行，以保證其可以勝任商務過程，防止將來發生問題。在進行昂貴的資料中心升級以解決冷卻問題之前，要進行一些檢查來鑒別冷卻基礎設施的潛在問題。這些檢查可以明確資料中心的健康情況，以避免和溫度相關的電子設備故障。檢查亦可用於評估今後適當冷卻能力的可用性。報告當前的狀態和建立原始資料檔案，以便作為今後改進的依據。


¹ 瞭解更多關於空氣分配架構的知識，請參見第 55 號白皮書《關鍵設備的空調結構選擇方案》

從本質上看，這些檢查應該包括：

 資源連結
第 55 號白皮書
任務關鍵設備的冷卻空氣架構

最大冷卻能力。 如果油箱中沒有足夠的汽油來驅動發動機，則任何調節工作也是無濟於事的。檢查總的冷卻能力，確保資料中心的 IT 設備對冷卻的需要沒有超過總的冷卻能力。請您記住，每消耗 1 瓦特的功率，就要有 1 瓦特的冷卻容量來製冷。如果需求量超過供給量，就需要進行較大的改裝工程或採用“自行氣流遏制”高密度冷卻方案，這些在下文步驟 10 有講述。

- **機房空調（Computer Room Air Conditioning, CRAC）單元。** 確保測量溫度（送風和回風）和濕度的讀數和設計值一致。檢查預定值，必要時要重新設置。如果返回空氣溫度明顯低於室內環境溫度，說明送風路經發生短路，從而導致冷卻空氣沒有經過設備而被旁路直接返回到 CRAC 單元。檢查所有風扇和報警裝置是否運行正常。確保篩檢程式的清潔狀態。
- **檢查冷凍水／冷凝器回路。** 檢查冷水機組和／或外部冷凝器、泵送系統和初級冷卻回路的狀況。確保所有閥門工作正常。如果使用 DX 系統，要確保其已經滿載運行。
- **機房溫度。** 測量機房溫度要在資料中心通道中的適當位置進行。一般來說，這些測定點要處於這些成行設備的中間，並且每隔四個機櫃設定一個測定點。
- **機櫃溫度。** 測量點要設於各個機櫃前面空氣入口的中心點以及它們的底部、中間和頂部。對溫度的測量值要進行記錄，並且和 IT 設備供應商推薦的入口溫度相比較。
- **地板通風。** 如果採用高架地板作為冷卻分配管道，則要測量地板通風孔的空氣速度。所有從地板通風孔或打孔地板送出的氣流速度要均勻平穩。
- **地板下的狀況。** 如果高架地板和地板下存在髒物和灰塵，則它們將透過地板打洞和柵格而被吹送到 IT 設備之中。地板下的障礙物，如數據線纜和電源線纜等，妨礙氣流，可對機櫃的冷卻供應發生不利影響。
- **機櫃內的氣流。** 機櫃中的間隙（無盲板填補未佔用的機櫃空間，空的刀片伺服器插槽，沒有密封的線纜切口）或多餘的纜線影響冷卻的性能。
- **通道和地板地磚的佈置。** 地板下冷卻分配管道的使用效率受地板通風孔和 CRAC 單元佈置情況的影響。

 資源連結
第 40 號白皮書
透過檢驗製冷系統識別資料中心潛在冷卻問題

欲瞭解詳細說明，請閱讀第 40 號白皮書《透過檢驗製冷系統識別資料中心潛在冷卻問題》。

2. 維護製冷系統

據 Uptime Institute² 報導，在其檢驗的資料中心中，有 50% 存在著冷卻不足的情況。儘管統稱為“冷卻不足”，但在某些情況下卻是由於執行維護工作不當或缺乏維護制度所造成的。

在發現的不足之處中包括：

- 骯髒或發生阻塞的盤管阻礙氣流
- DX 系統利用不足
- 測定點位置不正確
- 感測器未校準或發生損壞

² <http://www.uptime.com>

- 送風和回風管道接反
- 有缺欠的閘門
- 有缺欠的泵
- 泵存在不必要運行的情況
- 沒有啟用“自然冷卻”系統

定期維護和預防性保養對資料中心對其最佳性能工作至關重要。如果已經在較長的一段時間內沒有對系統進行過維護，則要立即著手進行維護工作。要制定定期的維護計畫，且計畫要滿足冷卻設備製造商推薦的指導說明。請向您的維護公司、暖通顧問或施耐德電機瞭解詳情。

3. 在機架中安裝盲板，制定機架纜線管理方法

如在機櫃櫃體內在著沒有利用的空間，則從設備流出的熱空氣可透過“短循環”返回到設備的入口。這種沒有控制的熱空氣短循環造成了設備的不必要發熱。

在 HP 伺服器安裝指南³中寫著：

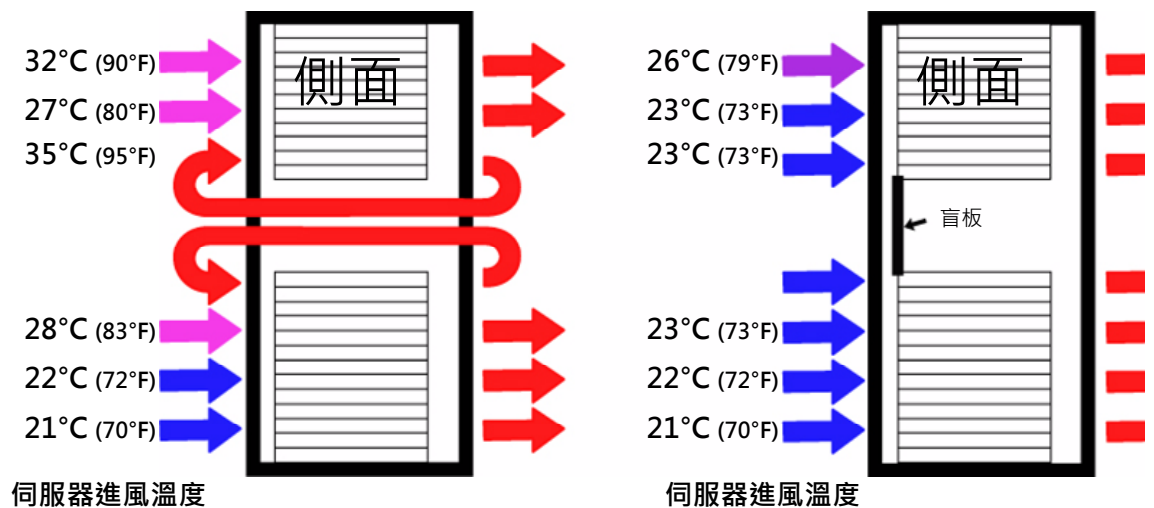
注意：對機架所有空白面板要用盲板填充以形成 U 型空間。這種安裝可以確保適當的氣流。使用沒有盲板的機架會導致冷卻不當，而造成熱損壞。

這個建議常常被忽視，這種忽視是機櫃內發生過熱問題的一個重要原因。安裝盲板可以防止冷卻空氣繞過伺服器上的入口，並防止熱空氣短循環。圖 2⁴顯示可以透過採用盲板實現的改進情況。

圖 2
安裝盲板對伺服器空氣入口溫度的影響

2A. (左)
未安裝盲板

2B. (右)
安裝盲板



資源連結
第 44 號白皮書
利用氣流管理盲板改善機架冷卻效果

更多資訊請參閱第 44 號白皮書《利用氣流管理盲板改善機架冷卻效果》。

³ HP ProLiant DL360 Generation 3 伺服器安裝指南，www.hp.com

⁴ 施耐德電氣旗下 APC 的進行的實驗室實驗 — 參見第 44 號白皮書《利用氣流管理盲板改善機架冷卻效果》

機櫃內的氣流也受紊亂佈置的纜線影響。在機櫃內部署高密度伺服器給纜線佈置造成新的問題。圖 3 顯示紊亂的纜線會限制 IT 設備的將廢熱排出。



圖 3
紊亂纜線的例子

多餘的纜線應該予以清除。資料纜線應該截取適當的長度，必要時可採用配線架。設備的電源應該由帶有適當長度線纜的機櫃安裝式 PDU 提供。有關解決纜線問題的機櫃配件資訊，請訪問[施耐德 APC 網站](#)。

4. 清除下地板障礙物和密封地板

在有高架地板的資料中心，下地板用作分配管道或導管來作為輸送冷空氣的路徑，使冷空氣從 CRAC 單元流到機櫃前的帶孔地板地磚或打孔地板。這樣的地板下也常常用於安裝其它設施如電力線、光纜、網路線纜，在某些場合還用於安裝水管和／或火警探測和滅火系統。

在原始設計時，設計工程師所設計的地板深度或許足夠，以保證氣流用所需的流速透過帶孔地磚或打孔地板。後來添加機櫃和伺服器時，要安裝更多的電源線和網路纜線。在移動或更換伺服器和機櫃時，多餘的纜線往往是殘留在地板下。尤其是在客戶周轉量高的使用者設備代管和設備托存機構，情況更是如此。如圖 12 中所示的氣流加速設備可以緩解空氣流動受阻造成的問題。高架纜線可以保證不會發生這種問題。如果纜線從地下經過，要確保有足夠的空間，使得空氣可以流到帶孔地磚或打孔地板，為設備的

>封閉地板上的佈線切口

在高架地板環境下的佈線切口會引起絕大多數的非預期的空氣洩漏，而且應該被封閉。基於對許多資料中心的測量，由於沒有封閉敞開的地板，50-80%的有價值的冷風無法到達 IT 設備的進風口。這部分損失的冷風，又叫作氣流旁路，導致 IT 設備熱點的產生，製冷效率低下和不斷上升的基礎設施成本。

上述很多資料中心認為製冷不足是導致過熱問題的根源，因此安裝額外的製冷單元。一個能夠以最小成本提供額外製冷容量的替代方案是透過裝高架地板護孔環和墊圈以增加高架地板下的靜壓差。同時也會改善打孔地板和地板柵格送風能力。這些資料中心現在可以有效地優化他們現有的製冷基礎設施和管理不斷增加的熱負載。

冷卻提供足夠的風量。在理想情況下，線纜架應該是在地板下“上級水準”行走，使得“下級水準”能自由地作為冷卻分配管道。

圖 4
進線口密封刷



缺失的地板地磚要及時補上，安裝的位置要正確，以消除任何縫隙。地板上纜線開孔是造成空氣洩漏的主要原因，因此，對纜線的周圍要進行密封。對帶有未使用開孔的地磚要用完整的地磚來替換。對和空白機櫃相鄰或機櫃已經不再存在的地方，也應該採用完整的地磚來替換有纜線開孔的地磚。

5. 將高密度機架分開

如果高密度機櫃緊密聚集在資料中心的地板上，則大多數冷卻系統的冷卻能力都不夠用。將這些機櫃在整個地板區域上分開佈置，可以緩解這個問題。這一點可以從以下例子中明顯地看出。

資料中心設計特徵：

高架地板的面積: 465 m² (5,000 ft²)

高架地板的深度: 762 mm (30 inches)

UPS 負荷: 560 kW

平均機櫃面積: 116 m² (1,250 ft²)

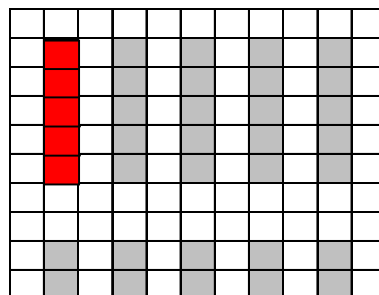
機櫃數量: 200

平均資料中心能量密度: 1,204 watts / m² (112 watts / ft²)

平均每機櫃能量密度: 2,800 watts

考慮到通道面積、CRAC 單元等，並假定機櫃佔用四分之一的總地板的面積，平均機櫃密度將為 2.8 kW。當高架地板深度為 762mm (30in)時，考慮到必要的下地板纜線（電源線、資料線路等）、CRAC 空氣流的特性等，除非採用通風扇輔助設備，最大冷卻能力很難超過每機櫃 3 kW。在圖 5 中，我們假定在 200 個機櫃中，有五個是高密度的，並且成排佈置在一塊。

圖 5
全部“熱”機架在一塊的資料中心

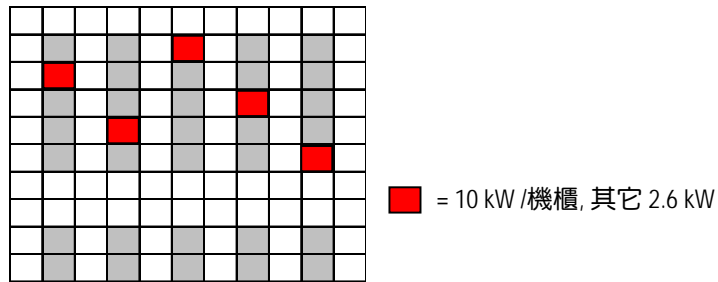


■ = 10 kW rack, others 2.6 kW

假定五個“熱”機櫃的負載各為 10 kW，其餘 195 個機櫃的負載各為 2.6 kW，則總平均機櫃負載為每櫃 2.8 kW，這沒有超過理論冷卻限度。但高密度機櫃排的平均負載將為每櫃 10 kW，冷卻基礎設施將無力為此提供支援，除非採用“排風”或自行氣流遏制方案（請參閱本文的步驟 9 和步驟 10）。

一個替代方案為將“熱”機櫃分散來保證平均冷卻需要量，如圖 6 所示。

圖 6
分散“熱”機架的資料中心

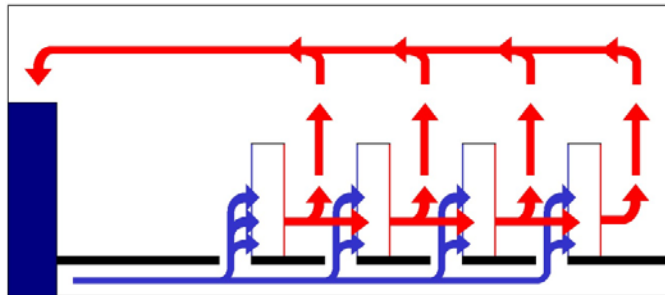


之所以將高密度負載分散是行之有效的方法，其關鍵原因在於分開的高能量機櫃可以有效地“借用”鄰近機櫃未充分利用的冷卻能力。如果鄰近機櫃已經完全利用對其的冷卻能力，則不能達到這種效果。

6. 實施熱通道／冷通道佈置

除極少數例外情況以外，絕大多數機櫃安裝伺服器的設計為從前面吸入空氣，從後面排出空氣。如果機櫃都朝向一個方向，則第一排機櫃排出的熱空氣在通道中將和供應空氣或室內空氣相混合，然後進入到第二排機櫃的前面。圖 7 顯示的是在高架地板環境中的這種佈置。由於空氣連續透過各排機櫃，IT 設備的入口空氣會是較熱的。如果所有各排機櫃的佈置使得各個伺服器的空氣入口都朝向同一方向，則設備的功能難免會不正常。不僅在高架地板環境是如此，在普通地板也是如此。

圖 7
熱通道和冷通道沒有分開的機架佈置

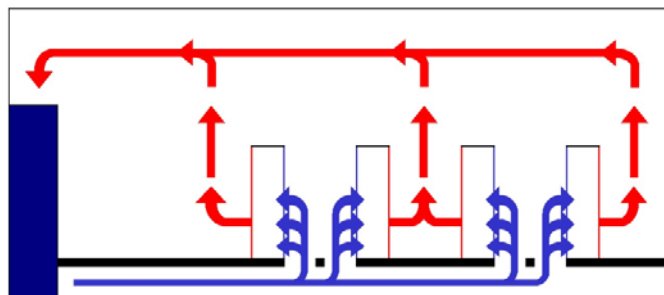


最好的作法是使得“熱”通道和“冷”通道設備交替成排佈置，如圖 8 所示。冷通道將包括打孔地板在內，機櫃將被如此佈置，使得伺服器的前面（空氣入口）朝向冷通道。熱空氣將被排放到不含有打孔地板的熱通道中。

資源連結
第 55 號白皮書
任務關鍵設備的冷卻空氣架構

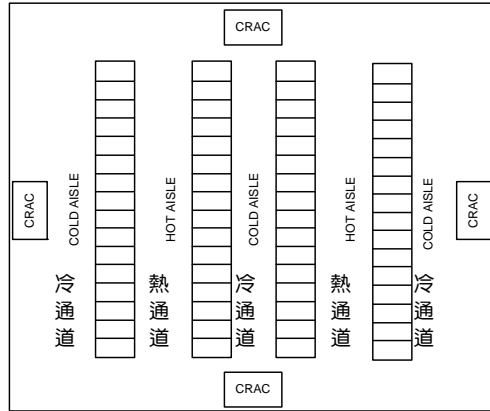
這種熱／冷通道佈置也同樣適用於普通地板環境。請參閱第 55 號白皮書《任務關鍵設備的冷卻空氣架構》。

圖 8
熱通道／冷通道機架佈置



7. CRAC 單元與熱通道對齊

圖 9
典型的 CRAC 佈局

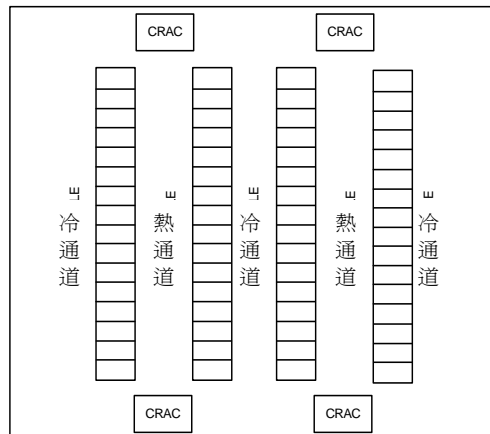


CRAC 單元的空氣排放管必須正確對齊，以優化到打孔地板的冷卻空氣路徑。上面的圖 9 顯示典型的室內佈局，其中 CRAC 單元均勻地佈置在房間的四周，為熱通道 / 冷通道佈置服務。

在這個例子中，沿兩個垂直牆壁的 CRAC 單元太靠近冷通道，這將造成此通道的氣流繞過地板通風孔。為使得沿通道的氣流更好，這些 CRAC 單元最好平行沿牆壁佈置。

在圖 10 中，從地板平面圖中可以看出，CRAC 單元從垂直於牆壁移到了水準於牆壁，並且和熱通道對齊。從常規考慮出發，會認為要將它們佈置在冷通道中，以便為冷通道中的地板通風孔提供氣流。但計算流體動力學（CFD）分析卻表明，在返回到 CRAC 入

圖 10
與通道對齊的 CRAC 佈局



口時，熱通道的熱空氣進入冷通道，造成熱空氣和冷空氣相混，從而提高機櫃前面（入口）供應空氣的溫度。

總的來說，在含有高架地板的製冷系統中，將 CRAC 單元與回風路徑（熱通道）對齊而與不是地板下的送風路徑（冷通道）對齊是十分重要的。

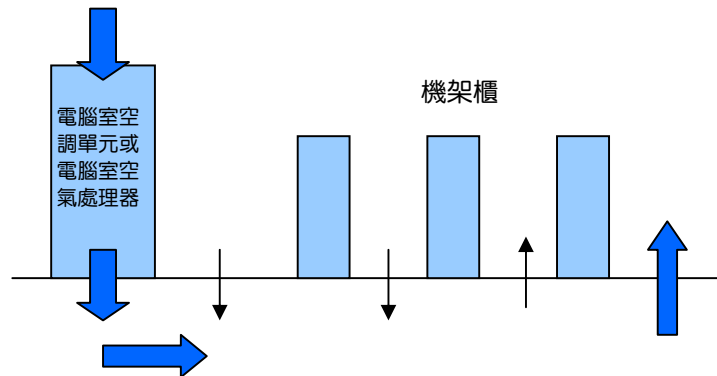
8. 管理地板通風口

機櫃氣流和機櫃佈局是實現冷卻性能優化的關鍵因素。然而，地板通風孔的位置如果不當，可造成 CRAC 空氣在進入負載設備前和排放的熱空氣相混，從而成為前述冷卻性能不佳和費用增加的原因。送氣和返回空氣通風孔位置不當的情況非常普遍，並且使得熱通道和冷通道設計的種種優點喪失殆盡。

設計送氣通風孔的關鍵是要將其儘量靠近設備空氣入口，並將冷空氣保持在冷通道中。對下地板空氣分配而言，這意味著要將通風地磚僅限於冷通道中。高架分配系統可以和高架地板分配系統一樣有效，但同樣要注意的是，分配通風孔要位於冷通道的上面，通風孔要直接將空氣向下排到冷通道中（在側邊不要採用彌散通風孔）。無論是在高架系統還是在地板下系統，要關閉沒有運行的設備處的通風孔，否則這些通風孔會造成返回到 CRAC 單元的空氣溫度偏低，從而加大空氣減濕，導致 CRAC 的性能下降。

地板通風孔離 CRAC 如果太近會造成負壓，從而導致室內空氣被吸回到地板下，如圖 11 所示。利用簡單的氣流速度裝置可以確保通風孔地磚的恰當位置，並有正確的靜壓。

圖 11
在高速地板下環境中的相對空氣運動



注：在某些資料中心的機櫃方向可能會有不同。所示的例子和前面推薦的圖 9 不同，用於說明前述氣流情況。

設計空氣返回通風孔的關鍵是要將其儘量靠近設備空氣出口，並從熱通道收集熱空氣。在某些情況下，天花板吊頂分配管道用於收集熱空氣，空氣返回通風孔可以簡易地與熱通道對齊。如果採用整塊吊頂開放式天花板，最好是將 CRAC 單元的回風孔儘量安裝在天花板的最高處，並透過返回管道系統儘量和熱通道返回氣流對齊。即使是在室內側面安裝的單一整塊氣流返回裝置，也最好是將分配管道的為數不多的通風孔和熱通道對齊。

在不帶高架地板或管道系統的較小房間內，空氣向上流動或向下流動的 CRAC 單元經常佈置在某一角落或沿牆壁佈置。在這些情況下，要將冷空氣和冷通道對齊、熱空氣和熱通道對齊往往比較困難。在這種狀態將無法最大限度地發揮冷卻的性能。但是，透過以下方法，可以對冷卻的性能加以改進：

- 對於空氣向上流動的單元，將單元佈置在熱通道的末端附近，並添加管道將冷空氣儘量遠離 CRAC 單元地輸送到冷通道處。
- 對於空氣向下流動的單元，將單元佈置在冷通道的末端附近，使氣流沿冷通道向下流動，並在熱通道上面添加天花板返回分配管道或懸掛帶有返回通風孔的管道系統。

對位置不當的空氣返回柵欄的分析可以暴露出主要的錯誤原因：由於工作人員感覺到某些通道熱，某些通道冷，因此認為對這種狀態要加以糾正，並將冷空氣通風孔移到熱通道，將熱空氣返回通風孔移到冷通道。設計良好的資料中心就是要實現將熱空氣和冷空氣分開，而工作人員卻誤認為這是一種缺陷，結果錯誤地將冷熱空氣混合起來，這樣做會造成冷卻性能下降，並增加系統的費用。請記住 — 熱通道就應該是熱的。

9. 安裝氣流輔助裝置

在有足夠平均冷卻能力，但卻存在高密度機櫃造成的熱點的場合，可以透過採用有風扇輔助的設備來改進機櫃內的冷卻負荷，這種設備可以改善氣流，並可使每一機櫃的冷卻能力提高 3 kW 到 8 kW。這些設備，如 APC 的空氣分配單元（Air Distribution Unit, ADU）和空氣強排單元（Air Removal Unit, ARU）可有效地從鄰近空間“借用”空氣（圖 12）。像所有的排風裝置一樣，安裝此類裝置要謹慎，以確保從鄰近空間分流空氣不會造成鄰近機櫃本身的過熱。這些裝置應該由 UPS 供電，以防止停電時後備電源啟動時因熱量過大而造成宕機。在啟動後備柴油機和接著啟動空調機時，將會發生過熱。

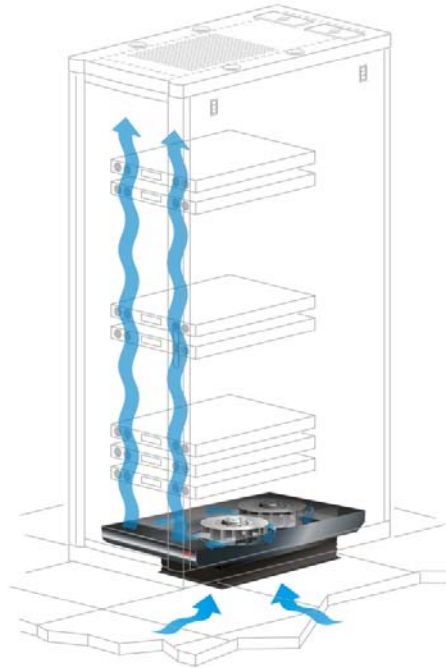


圖 12

機架安裝全管道化空氣供應單元

風扇架設備，如施耐德電氣公司的 ADU 可以安裝到資料櫃的底部 U 型口，可使得空氣在縱向流動，在前門和伺服器之間形成空氣“簾”。必須使用盲板（參見第 3 部分）來保證分配管道的完整性。空氣在被吸入到伺服器後被重新排放到“熱”通道，然後由室內空調系統冷卻和再迴圈。



圖 13

機架安裝全管道化空氣返回單元

在密度更高時，可拆除櫃的後門，並安裝將空氣水準吸入櫃內的設備如施耐德電氣的 ARU。空氣由櫃內電腦設備中的風扇從（冷）通道吸入到櫃內。後門內的風扇收集熱空氣並排放到室內（在 ARU 由導管送回），然後由室內空調系統再循環。用這種設備可以實現每機架 6-8 kW 的密度。在使用這些設備時必須安裝盲板和機櫃側板。

10. 安裝行級製冷系統

資源連結
第 46 號白皮書

超高密度機櫃和刀片伺服器的功率和冷卻

資源連結
第 130 號白皮書

資料中心行級和機櫃級製冷架構的優勢

隨著機櫃對供電和製冷的要求不斷提高，依靠打孔地板向所有伺服器輸送持續而穩定的冷空氣變得越來越困難（詳見第 46 號白皮書《超高密度機櫃和刀片伺服器的功率和冷卻》）。行級製冷架構致力於排熱和消除地板塊帶來的對暢通的冷空氣分配的擔心。透過在行內安裝製冷設備，熱量在與機房空氣混合之前被捕捉和冷卻。這樣就提供了對 IT 設備更加可預測的製冷。在第 130 號白皮書《資料中心行級和機櫃級製冷架構的優勢》中討論了這種方式與傳統資料中心製冷策略的不同之處和優勢。圖 14 例舉了行級製冷架構的一種應用。

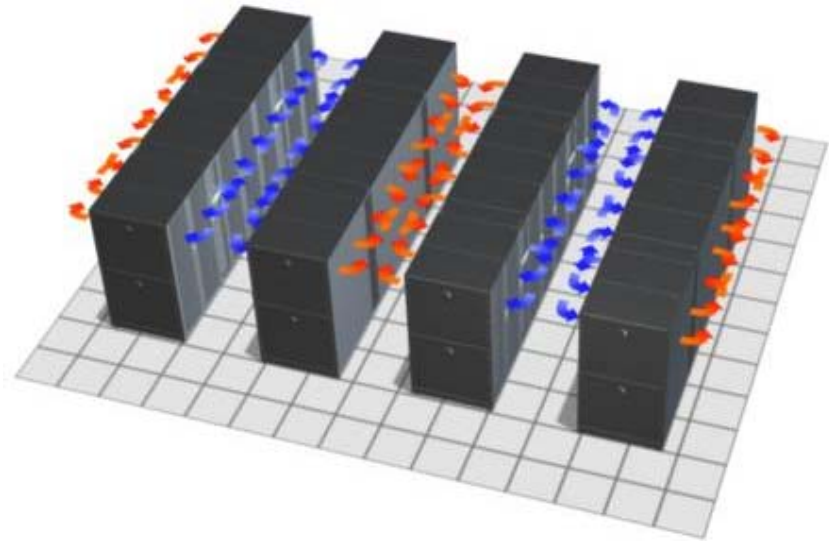


圖 14
行級製冷架構

為了進一步改善行級系統的效率 and 可預測性，可以添加機櫃機或者行級的氣流遏制系統。這些帶有氣流遏制系統的高密度製冷系統被設計成可以安裝在資料中心裡而不影響任何機櫃或者現有製冷系統。

封閉熱通道來隔離 IT 設備提高行級製冷設備的回風溫度，提高系統的效率。這樣做也可以完全隔離冷、熱空氣的混合，改善行級系統的可預測性。下面圖 15 和圖 16 中例舉了這些系統中的兩個。

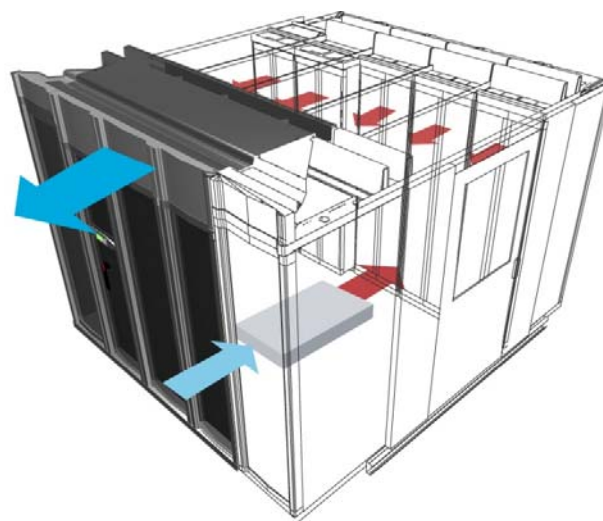


圖 15
熱通道氣流遏制系統
(高密度區)

對高密度區來說，熱通道氣流遏制系統（HACS）可以用來封閉熱通道。頂板封閉行的頂部，而一組門來封閉熱通道的兩端。來自伺服器的廢熱（最高可至每台機櫃 60 kW）被排入封閉的熱通道，然後被吸入製冷單元，冷卻至合理的溫度範圍內後再釋放到機房內。

圖 16

整合的機架冷卻系統
(支援多達 2 個 IT 機櫃)



在機櫃氣流遏制系統 (RACS) 中，單一或多個行級製冷系統緊靠 IT 機櫃，來保障最大限度的排熱和將冷風送至機櫃及設備。
(最高可至每台機櫃 60 kW)

結論

在資料中心安裝最新的 IT 設備，如刀片式伺服器，有著眾多的優點。但是，這些設備的能量消耗量每一機櫃為現有設備的 2 至 5 倍，相應的散熱量也會加大，這一點已成為宕機的潛在原因。為有效地避免設備故障和不明原因的速度緩慢，並延長設備的使用壽命，制定定期的健康檢查計畫比過去任何時候都更加重要，以便確保冷卻設備是按照所設計的容量、效率和冗餘運行。採用本文所介紹的各個步驟，可以使得資料中心能夠在其峰值效率運行，以保證其可以勝任商務過程，防止在將來發生問題。

遵循本白皮書中的 1-8 步驟的指南，可以說明典型的資料中心在其原始設計的界限內正常運行。步驟 9 和步驟 10 是對如何擴充典型資料中心冷卻密度設計界限的建議（無需採用較大的建築物更改工程），方法是透過安裝“自行氣流遏制”冷卻方案，以便滿足高密度伺服器應用場合的需要。



關於作者

Peter Hannaford 是施耐德電機資訊技術事業部的 EMEA 地區產品行銷經理。他是英國特許管理學會（British Chartered Management Institute）和英國管理人員學會（British Institute of Directors）的成員，並在全球範圍內參與了超過一百萬平方英尺的資料中心設施的設計和構造。



資源

點擊圖示打開相應
參考資源連結



關鍵設備的空調結構選擇方案

第 55 號白皮書



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



利用氣流管理盲板改善機櫃的冷卻性能

第 44 號白皮書



超高密度機櫃和刀片伺服器的功率和冷卻

第 46 號白皮書



資料中心行級和機櫃級製冷架構的優勢

第 130 號白皮書



流覽所有 白皮書

whitepapers.apc.com



流覽所有 TradeOff Tools™ 權衡工具

tools.apc.com



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，或登陸：

www.apc.com/support/contact/index.cfm