

含高热密度机柜的 IT 机房空调的节能措施

刘婷婷

(北京京北职业技术学院)

摘要 如今设有高热密度机柜的 IT 机房越来越多,传统机房空调设计中存在着使这种机房空调能耗增加的误区,即单纯追求机房内的环境温度,而忽略了如何有效地带走每台高热密度机柜的散热量这一核心问题。本文针对此问题,总结如下 4 个简单易行的节能措施:当单个服务器容量超过 5 kW 时,可采用冷气流或热气流通道封闭;当单个服务器容量超过 8 kW 时,可采用行级制冷或机柜级制冷;当高热密度机柜和普通机柜并存时,应均匀分布高热密度机柜;合理布局机房空调。

关键词 高热密度机柜;机房空调;节能

Energy conservation measures of air-conditioner for IT computer room with high heat density cabinets

Liu Tingting

(Northern Beijing Vocational Education Institute)

ABSTRACT Nowadays, high heat density cabinets are used more and more in IT computer room. There are many misunderstandings in air-conditioner design for traditional computer rooms that result in the growth of their energy consumption. Traditional design is simply pursuing temperature in computer room while neglecting how to effectively release heat from each high density cabinet. In order to solve the problem, the following four simple solution measures are summarized: taking use of cold or hot aisle containment when single server capacity is over 5 kW, using row level refrigeration or cabinet level refrigeration when single server capacity is over 8 kW, evenly distributing high heat density cabinets when there are both high heat density cabinets and common cabinets, making rational distribution of air-conditioners for computer room.

KEY WORDS high heat density cabinet; air-conditioner for IT computer room; energy conservation

随着刀片服务器和虚拟化技术等的大规模应用,机房的热密度越来越高。与传统的机柜/塔式服务器相比,刀片服务器能够最大限度地节约服务器的使用空间和费用,实现机柜优化的飞跃,但同时使得单台机柜或机柜局部单位面积发热量急剧上升,并导致机房局部“发热”的高热密度现象的产生^[1]。传统的空调集中送风已经不能满足这种机房的散热要求,如何有效地带走每台高热密度机柜的散热量是高热密度通信机房空调解决方案的核心问题^[2-6]。笔者在他人研究

的基础上,总结出以下几个措施,有助于解决以上问题,提高 IT 机房空调的制冷效率,节约能源和成本。

1 冷气流或热气流通道封闭

冷、热空气的隔离“是当今新建和改建 IT 机房可以采用的最具前景的节能增效措施之一”^[7]。图 1 所示为传统的制冷方式,气流散布于整个空间造成冷热空气混合,制冷效率很低,如果采用冷气流通道封闭或者热气流通道封闭的方法可防止冷热气流混合,降低制冷能耗。

收稿日期:2012-03-22

作者简介:刘婷婷,硕士,副教授,教研室主任,主要研究方向为供热通风、空调节能及地源热泵系统。

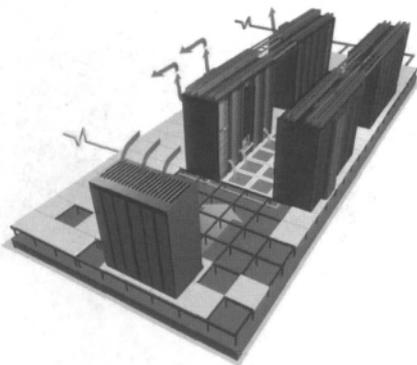


图 1 传统制冷方式^[7]

1.1 冷气流通道封闭

传统的制冷系统将整个机房作为热回风压力通风系统,通过机房地板压力通风系统将冷风送至冷通道。冷气流通道封闭系统(cold aisle containment system, CACS)将冷通道封闭,使得机房的其余部分成为一个大的热回风压力通风系统。通过密闭冷通道,机房内的冷、热气流得以分隔^[7]。

图 2 所示为 CACS 的基本图示。一些用户自行开发了解决方案,有的采用各种类型的塑料门帘从建筑物结构上垂下以密闭冷通道,有些厂商正开始生产安装在机房相邻机柜上的平顶镶板和拉引室门,以隔离冷通道与在机房其余空间循环的热空气。

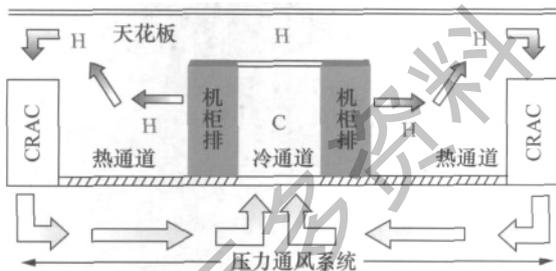


图 2 冷气流通道封闭系统(CACS)^[7]

下面举例比较冷气流通道封闭前后制冷空间大小。

某 IT 机房布置简图见图 3,机房的长、宽、高分别为 11 m,9.4 m,3 m。其中冷通道宽度为 1.2 m,热通道宽度为 0.9 m,机柜高度为 1.99 m,机柜宽度为 0.6 m。则机房的容积(m^3 ,不含热通道)应为 $V_1=11 \times 9.4 \times 3 - 0.9 \times (0.6 \times 12) \times 3 = 290.76$ 密闭的冷通道容积(m^3)应为 $V_2=1.2 \times (0.6 \times 12) \times 1.99 = 17.2$

由于 $V_1/V_2=290.76/17.2=16.9$,也就是说,未封闭冷气流通道的制冷空间为封闭冷气流通道的制冷空间的 16.9 倍,这就意味着采用冷气流通

道封闭系统能节约大量的制冷量和风机风量,提高制冷效率,达到节能的目的。

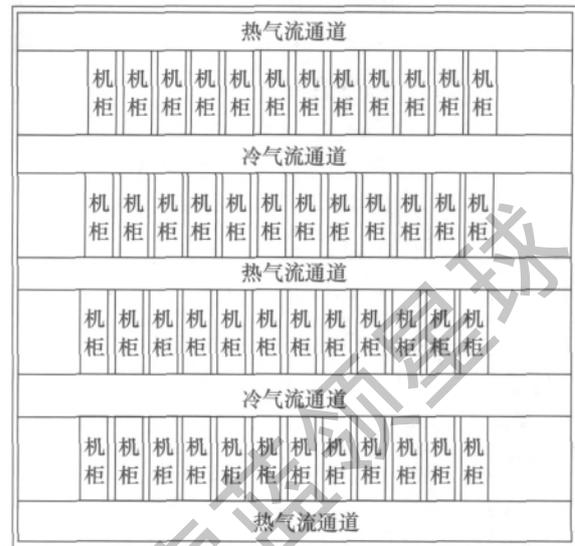


图 3 某 IT 机房平面布置简图

1.2 热气流通道封闭

热气流通道封闭系统(hot aisle containment system, HACS)将热通道封闭,机房内的冷、热气流同样得以分隔。与 CACS 不同,HACS 不会影响机房其他区域温度^[7]。例如,如果机房温度被设置为 24 °C,且采用 CACS 系统,则冷通道之外的机房温度将会升高,因为热空气将在到达制冷系统的过程中与冷通道外部的空气混合。如果采用 HACS 系统,则不会向外部空间送出热风,由此不会使现有制冷系统低效率运行,也能够保证机房的室温稳定凉爽。HACS 可以直接布置在机房内,而不需要对现有机房制冷系统进行任何改动。当采用行级制冷方式时,不需要安装专用风管系统,也不需要现有通风空调系统进行任何调整。

1.3 冷气流通道封闭和热气流通道封闭的节能效果

在实现相同冷却效果的前提下,封闭通道的方式都可依靠减少室内风机的送风量实现节能。

1) 封闭冷通道后室内风机送风量可减少 30%,室内风机可节电约 2/3;封闭热通道后室内风机送风量可减少 12.5%,室内风机可节电约 1/3^[8]。

2) 封闭冷通道后制冷系统的能耗在机房整体能耗中所占比例由 38%降低为 35.4%;封闭热通道后制冷系统的能耗在机房整体能耗中所占比例由 38%降低为 36.7%^[8]。

3) 机房封闭冷通道比封闭热通道节能 2%,比

不封闭通道节能 4%^[8]。

2 采用行级制冷或机柜级制冷

每一套机房制冷系统均有 2 项主要功能:提供总制冷量,并将冷空气分配至 IT 负载。第一项提供总的制冷容量的功能对所有制冷系统均相同,各种制冷系统之间的主要差异在于它们如何执行第二项关键功能,即向负载分配冷空气^[9]。

图 4 以平面图方式描绘了 3 种基本制冷系统,从左到右依次为房间级制冷系统、行级制冷系统、机柜级制冷系统。在图中,黑色方框表示成排布局的机柜,箭头表示机房空调送冷风的路径。在房间级制冷系统中,机房空调向机房送冷风;在行级制冷系统中,机房空调向每排机柜送冷风;在机柜级制冷系统中,机房空调则向每台机柜送冷风。

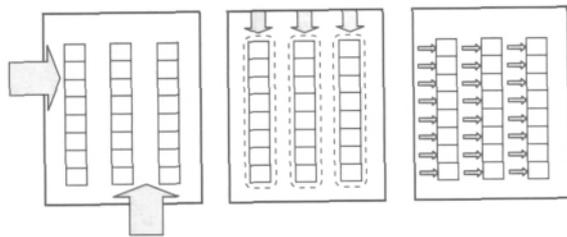


图 4 房间级、行级和机柜级制冷系统送风示意图

2.1 行级制冷系统

行级制冷系统将制冷源置于距负载非常近的地方,避免了冷空气经由拥挤的高架地板下长距离配送到达负载所造成的能源浪费。机房空调安装在 2 排 IT 机柜之间,可以在地板下安装(见图 5),也可以架空安装(见图 6)。与房间级制冷系统相比,其气流通路较短,可预测性要好很多。机房空调的全部额定制冷量均可得到利用,且可实现较高的负载密度。此外,气流路径缩短可降低空调风机功率,提高效率。这不是一个小优点,因为对于许多负载较低的机房,仅机房空调风机功耗就会超过 IT 负载总功耗。

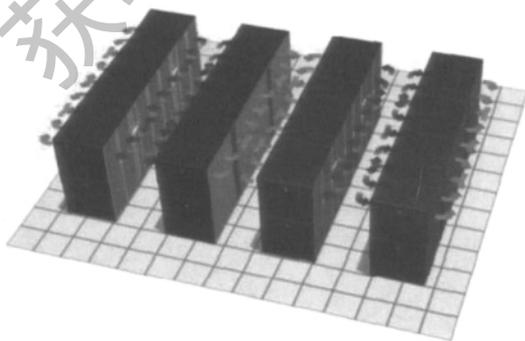


图 5 地板式行级制冷系统^[9]

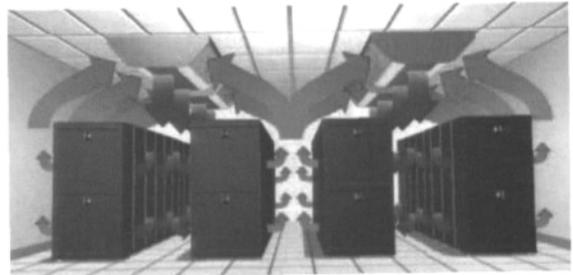


图 6 架空式行级制冷系统^[9]

2.2 机柜级制冷系统

机柜级制冷系统以冷却特定机柜为设计目的,机房空调直接安装在 IT 机柜上或其内部,见图 7。与房间级或行级制冷系统相比,机柜级制冷系统气流路径更短、更为明确,气流完全不受任何设施变动或机房约束条件的影响。机房的全部额定制冷量均可得到利用,并可实现最高的负载密度(每台机柜最高 50 kW)。气流路径再次缩短可最大限度地降低风机功率。

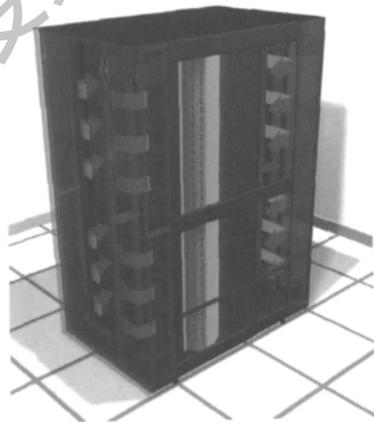


图 7 机柜级机房空调^[9]

2.3 混合型制冷系统

房间级、行级和机柜级制冷系统可以在同一机房中不受限制地任意组合使用。很多机房都适合采用混合型制冷系统,功率密度范围较宽的机房可以采用如图 8 所示的 3 种制冷系统组合而成的混合型制冷系统。

房间级制冷系统:向机房送风,但主要服务于布局诸如通信设备、低密度服务器及存储器的低密度区域。目标密度:每台机柜 1~3 kW, 323~861 W/m² (30~80 W/ft²)。

行级制冷系统:向配备刀片式服务器或 1U 服务器的高密度或超高密度区域供冷。

机柜级制冷系统:向独立的高密度机柜或超高密度机柜供冷。

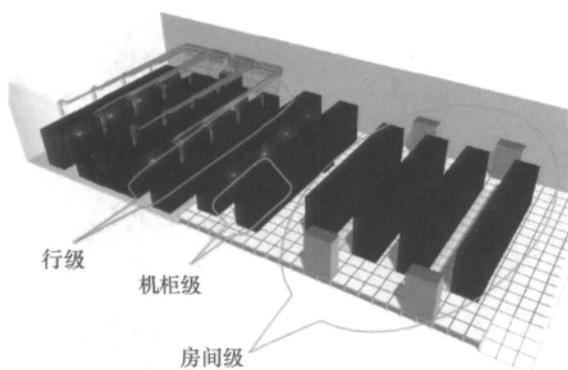


图 8 混合型制冷系统^[9]

3 均匀分布高热密度机柜

如果高热密度机柜紧密聚集在机房的地板上,则大多数冷却系统的冷却能力都不够用。将这些机柜在整个地板区域上分开布置,可以缓解这个问题^[10]。以下例子可以证明这一点。

某机房高架地板的面积为 465 m²,高架地板的深度为 762 mm,UPS 负荷为 560 kW,有 200 台机柜。机柜平均能量密度为 560/200=2.8 千瓦/台。假定在 200 台机柜中,有 5 台是高密度的“热”机柜(图 9 中灰色方框所示)。假定 5 台“热”机柜的负载各为 10 kW,其余 195 台机柜(图 9 中黑色方框所示)的负载各为 2.6 kW,则总平均机柜负载为 2.785 kW/台,并没有超过理论冷却限度。但若如图 9 所示将 5 台高密度的“热”机柜成排布置在一起,则这些高密度机柜的平均负载将为 10 千瓦/台,按平均负载选用的机房空调冷却系统远远不能为其提供足够的冷量。



图 9 高热密度机柜集中布置的机房^[10]

有效的解决方案就是将“热”机柜分散布置,保证平均冷却需要量,如图 10 所示。采用这种方案必须保证分开的“热”机柜可以有效地“借用”邻近机柜未充分利用的冷却能力。如果邻近机柜已经完全利用了冷却能力,则不能达到预期效果。

4 合理布局机房空调

机房空调单元的空气排放管必须合理布局,

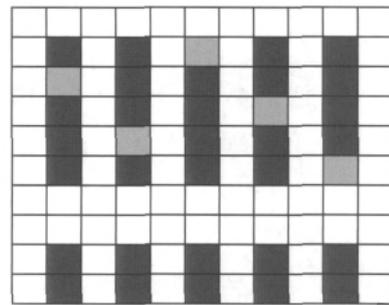


图 10 高热密度机柜分散布置的机房^[10]

以优化到地板栅栏的冷却空气路径。图 11 所示为传统的室内布局,其中机房空调单元均匀地布置在房间的四周,为热通道/冷通道布置服务。在这个例子中,平行于冷热通道的空调单元太靠近冷通道,这将造成此通道的气流绕过地板通风孔。如果将机房空调单元都垂直于冷热通道布置(见图 12),可有效解决这个问题。机房空调单元从平行于冷热通道处移至垂直于冷热通道处,并且与

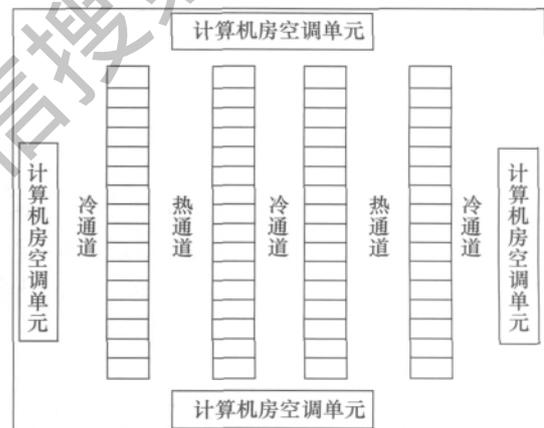


图 11 传统的机房空调布局^[10]

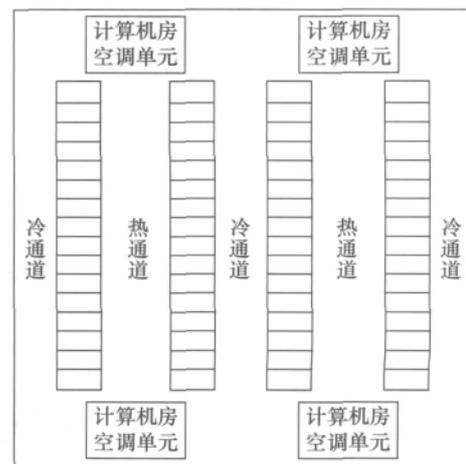


图 12 优化的机房空调布局^[10]

(上转第 78 页)

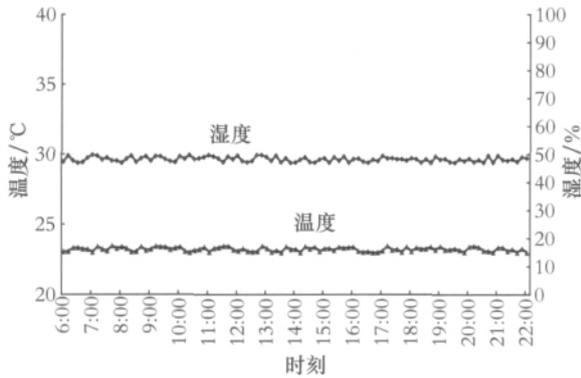


图 7 1 号楼 11 层西单元客厅温、湿度曲线(12 月 15 日)

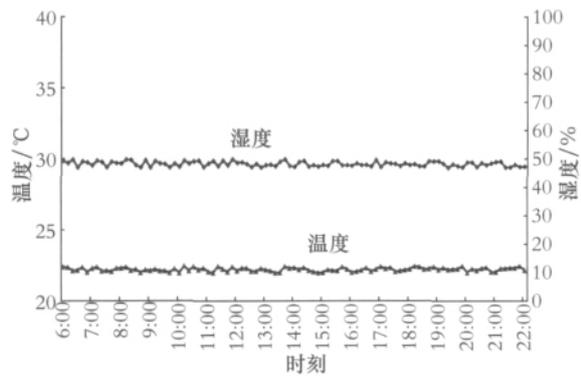


图 8 2 号楼 2 层东单元客厅温、湿度曲线(12 月 15 日)

(下接第 87 页)

热通道对齐,这种布置方式最为合理^[4]。如果对齐冷通道,则在机房空调入口处,热通道的热空气会进入冷通道,造成热空气和冷空气相混,从而使使得机柜入口的送风温度升高。

5 结束语

处理能力越来越强的服务器,容量越来越大的数据存储设备和网络设备,需要消耗更多的电能。而集成度越高的设备,发热量就越集中,导致机房温度控制成为难题。只有对降低机房能耗的新技术与新方法进行研究,力求通过采取合理选用服务器机柜,合理进行散热规划,优化机房设计、布局,使用等措施,提高机房散热效率,降低机房的整体能耗,才能达到节能减排的目标。

参考文献

[1] 陈钢. 机房高热密度机柜空调解决方案[J]. 华南金融电脑, 2010(8): 51-53.
 [2] 程序, 张万里. 高热密度通信机房的空调解决方案[J]. 邮电设计技术, 2008(5): 61-64.

从图 3~图 8 不难看出,夏季的温度大约在 25~27℃,相对湿度在 60%~65%,冬季的温度在 21~23℃,相对湿度在 50%~55%。根据 2009 年版《全国民用建筑工程设计技术措施·暖通空调》的室内计算参数,夏季室内设计计算温度 26~28℃,相对湿度 60%~65%,冬季室内设计计算温度 18~20℃,本项目的地源热泵空调设计、施工后,取得了很好的效果,完全达到设计参数的要求。

6 结束语

地源热泵系统利用土壤中储存的能量,夏热冬用,冬冷夏用,高效、节能、环保,符合国家节能减排政策的要求,响应当前国家倡导低碳建筑的号召。大量的数据和工程实例证明,地源热泵系统作为住宅小区等建筑类型的冷热源,是合理可行的。

参考文献

[1] GB 50366—2005 地源热泵工程技术规范[S]. 2009.
 [2] JGJ/T 177—2009 公共建筑节能检测标准[S].
 [3] GB 50411—2007 建筑节能工程施工质量验收规范[S].
 [4] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.

[3] 张继英. 高热密度水冷机柜制冷系统的方案设计与应用[J]. 制冷与空调, 2011(5): 90-93.
 [4] 陈延钧. 高热密度数据中心水冷解决方案[J]. 智能建筑与城市信息, 2008(7): 23-26.
 [5] 时昊. 数据中心“热问题”正确处理方案探讨[J]. 中国新技术新产品, 2010(4): 37.
 [6] 华嵩. 高热密度机房空调的两种设计方法[J]. 制冷空调与电力机械, 2010(2): 30-34.
 [7] John Niemann. Hot aisle containment and cold aisle containment[M]. American Power Conversion (APC) White Paper, 2008.
 [8] 傅烈虎, 丁麒麟. 封闭通道后数据中心的 PUE 分析[J]. 智能建筑与城市信息, 2010(8): 21-24.
 [9] Kevin Dunlap, Neil Rasmussen. Advantages of row level refrigeration system or cabinet level refrigeration system in data center [M]. American Power Conversion (APC) White Paper, 2006.
 [10] Peter Hannaford. Ten steps to solve cooling problem caused by high density server deployment [M]. American Power Conversion (APC) White Paper, 2004.