

在已有数据中心部署冷热气流遏制系统

第 153 号白皮书

版本 0

作者 Paul Lin
Victor Avelar
John Niemann

> 摘要

与未采用气流遏制措施的传统数据中心相比，气流遏制解决方案能够消除热点，提高节能效果。对已有数据中心来说，最佳气流遏制解决方案取决于数据中心的约束条件。对于热通道气流遏制系统，因为可以取得最好的节能效果，所以倍受青睐。而对于采用高架地板作为气流分配方式的已有数据中心，冷通道气流遏制系统则更简单易行、经济高效。本白皮书探讨了已有数据中心的各种约束条件，审查了所有可行的气流遏制方法，提供了确定最佳气流遏制解决方案的建议。

简介

数据中心气流遏制策略能够大幅提高传统数据中心制冷系统的可预测性和效率。事实上，绿色网格组织（The Green Grid）将气流管理策略称作“实施数据中心节能计划的起点”¹。但是，大多数已有数据中心由于受各种条件的制约，只能采用某些类型的气流遏制策略。请注意本白皮书是专门针对已有数据中心的。如果需要了解有关新建数据中心气流遏制解决方案的信息，请参见第 135 号白皮书《[热通道与冷通道气流遏制对数据中心的影响](#)》。

一般来说，气流遏制能为已有数据中心带来如下一些重要益处：

- **通过防止热点的出现可以提高可靠性。**气流遏制可以防止冷热气流混合，从而为 IT 设备提供均匀的、更低的进气温度，从而减少热点的发生。
- **通过消除热回风再循环，能够提高机柜功率密度。**对于一个未采用气流遏制措施的传统高架地板数据中心来说，机柜功率密度一般保持在平均 6 千瓦/机柜以下，以防止 IT 设备排出的热风再循环重新进入 IT 设备。通过采用气流遏制以及密封孔洞，切断了热风再循环的路径，因此机柜的功率密度可以提高，而且不必担心热点的威胁。
- **通过增大经过冷却装置空气的“温差”（冷送风与热回风之间的温差）来提高制冷能力。**在一个未采用气流遏制措施的传统高架地板数据中心内，制冷装置所供应的冷风中，因为存在一些泄漏通道，其中 50% 以上的冷风会绕过 IT 设备直接返回制冷装置。在采用气流遏制系统后，供应的冷风将被直接送入 IT 设备，吸收热量并将这些热量输送到制冷装置。排气温度越高，制冷装置的温差将越大，可以将制冷能力提高 20%，甚至更高。
- **因为采用了气流遏制系统，可以有效隔离冷热气流，所以能够关闭多余的制冷装置，从而提高了制冷系统的节能。**另外，自然冷却的时间也得以延长。也就是说，当室外温度低于室内温度时，制冷系统的压缩机不必工作就能将热量排到室外。

本白皮书介绍了当前可行的气流遏制方法，探讨了已有数据中心的制约条件和用户偏好，为确定适合的气流遏制解决方案提供了指导方针，并强调进行后续气流管理维护的重要性。

部署气流遏制系统的两种方法

从大的方面来说，冷气流遏制与热气流遏制是实施气流管理策略的两种方法，与未采用气流遏制的传统架构相比，它们都能够实现大幅节能。那么，我们为什么要从它们当中选择其一呢？为什么不能同时采用冷热气流遏制，并将设施的其它区域采用楼宇通风系统进行冷却呢？除了 IT 机柜位于比较恶劣的环境外（比如生产车间），同时采用冷热气流遏制并不会带来多少好处。采用其中一种就足以防止冷热气流的混合。如需了解更多有关气流分配的信息，请参见第 55 号白皮书《[用于 IT 环境的各种气流分配方案](#)》。

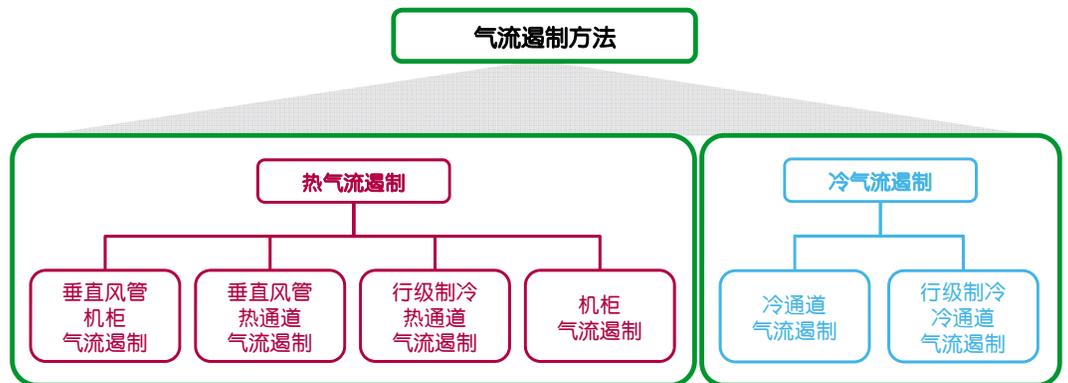


图 1
气流遏制方法分类

¹http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/White_Paper_11_-_Seven_Strategies_to_Cooling_21_October_2008.ashx?lang=en (于 2012 年 5 月 23 日访问)

图 1 所示的是冷热气流遏制的各种类型。对于已有数据中心来说，哪种类型的气流遏制更为合适呢？这个问题在生产商、数据中心咨询人员和终端用户之间产生了激烈的争论。实际上，究竟哪种最好，主要取决于设施的制约条件。一些 IT 经理可以为数据中心在两种甚至多种气流遏制方法中进行选择，而另一些 IT 经理出于物理制约的原因，可能只能选择其中一种，冷气流遏制或热气流遏制。

以下章节将介绍如何确定部署哪种气流遏制解决方案的步骤，从评估设施现状开始，到审查所有可行解决方案，直至最终选出适合的气流遏制解决方案。

评估设施现状

在为特定数据中心选择适合的气流遏制解决方案时，评估设施现状是十分重要的，而且应该提前完成。评估时，应将制约因素记录下来。制约是指那些无法克服的障碍，或者只有花费巨额费用才能改变或导致不可接受的结果。例如，提高已有数据中心室内净高是不现实的，因此被认为是一种制约。气流遏制可能会导致已有火灾探测/灭火系统故障，而这就是不可接受的后果，因此这也被视作制约。每个制约都必须仔细检查，以确定其对气流遏制解决方案部署的影响，以及考虑成本因素，它是否适合，或者拆除它是否会有其它负面影响。

对于复杂的项目，专家的审查十分必要，他们能够审查成本和制约造成的后果，而这些是最终用户可能无法意识到的。一旦某些制约的后果可以肯定、清晰明了，那么关键是审查它们，从而来判断它们能否改进或调整，以期达到更好的整体效果。已有数据中心设施有各种环境制约因素，而且并未在客户的控制之中。这些制约包括设施制约、法规制约或不可更改的业务需求等。以下是一些制约的实例：

IT 设备布局

数据中心缺乏统一一致的冷/热通道布局，这严重制约了可选的气流遏制解决方案。有着合理宽度的冷/热通道布局是通道气流遏制解决方案部署的重要条件。从长远来看，建议用户最终将其 IT 设备转化成冷/热通道布局，以便拓宽气流遏制解决方案的选择范围。

室内净高

这个制约可能体现在室内净高不够，无法安装吊顶来用作回风通道。这通常是采用垂直风管热通道气流遏制或垂直风管机柜气流遏制解决方案的必要条件。

高架地板深度

当高架地板深度过小时，将无法为任何高密度机柜提供足够冷风量，这被认为是一个制约。这主要是因为高架地板设计不佳，或因为高架地板下面的布线、和管网造成的阻碍。这将限制冷通道气流遏制解决方案的部署。

房间立柱位置

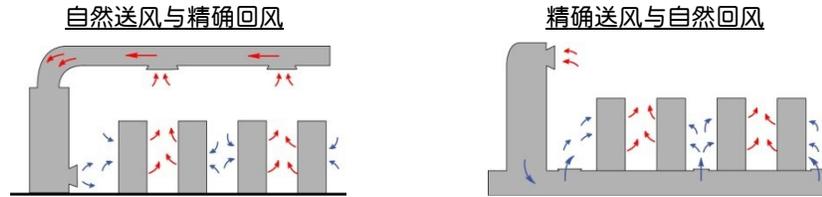
在数据中心，支撑立柱一般有两个主要位置（在一行机柜中间或与机柜通道对齐），这可能出现支撑立柱与通道气流遏制面板出现相互干涉的情况。

布线

架空电缆可能会与垂直风管气流遏制面板相互干涉。鉴于这个制约因素，就可能无法部署垂直风管热通道气流遏制解决方案或垂直风管机柜气流遏制解决方案。但如果布线只是穿过通道的某一位置，垂直风管解决方案仍然可行。

气流分配类型²

通常较难改变已有数据中心的气流分配类型，而在确定部署某种特定气流遏制方法的投资额和复杂度时，气流分配类型非常关键。例如，对于采用自然送风与精确回风的数据中心来说，部署热气流遏制解决方案较为简单且经济高效，而对于采用精确送风与自然回风的数据中心来说，部署冷气流遏制解决方案则较为简单和经济高效。

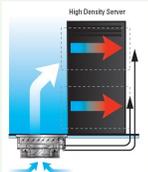


对照明的考虑

在已有数据中心创建一个气流遏制区域，可能会导致该区域的照明效果不佳。尽管一些气流遏制解决方案已使用透明或半透明的顶棚让已有光线照入，但它还是会降低光照强度，特别是在面板脏的时候。

活化地板

活化地板是提高高架地板效用的一种措施。它能够根据排风温度，通过调节风扇的RPM（每分钟转速），来控制气流流量。借助它，在未部署气流遏制系统的情况下，可通过提高气流流量，可支持高达12kW的机柜功率密度。下图所示为一个应用示例。



气流分配单元

气流分配单元（ADU）安装在机柜底部的U型空间实现垂直送风，在前门和服务器间形成了一个冷气流“风幕”。它能支持高达每机柜8kW的机柜功率密度。



对火灾探测和灭火系统的考虑

在部署气流遏制系统后，大量气流将在IT设备处被收集并输送回制冷装置。这种气流的高速流动模式能够稀释烟雾，因此，对需要必要烟气浓度的火灾探测和灭火构成了严重的挑战。火灾探测器的启动受到局部气流模式和烟雾稀释的影响，而灭火剂喷射则受空气流量以及用于部署气流遏制系统设备相关障碍的影响。

对制冷系统运行中断期间的考虑

在发生制冷系统运行中断时，气流遏制解决方案会对此期间剩余的可用时间产生一定的影响。如需了解更多有关此问题的信息，请参见第179号白皮书《[数据中心在制冷系统中断期间的升温](#)》。

对IT设备周边环境工作的考虑

在部署冷气流遏制系统后，房间的其他区域事实上将成为一个巨大的热回风通道，其温度与热通道相当。对始终坐在位于数据中心办公桌旁工作的IT人员来说，这是个问题。除了影响人体舒适度外，任何位于数据中心周边的IT设备的可靠性也会受到负面影响。而且，这些区域可能会违反OSHA法规或ISO 7243指南对于超过湿球黑球温度的规定。

可能的评估结果及解决方案

下面各点总结了部分可能的评估结果和推荐的解决方案。

- 数据中心采用冷/热通道布局。高架地板用作送风通道。机柜顶部和天花板之间的距离不足508毫米（20英寸）。如果所评估的数据中心情况如上，请阅读下文名为“[冷通道气流遏制系统](#)”的解决方案部分。需要注意的是，如果高密度机柜不能从高架地板下获得足够的冷风，则可能需要安装活化地板或气流分配单元。活化地板能够对特定机柜进行气流流量调节（见边栏）。

²如需了解更多有关此问题的信息，请参见第55号白皮书《[用于IT环境的各种气流分配方案](#)》。

- 数据中心采用冷/热通道布局。无高架地板。吊顶用作回风通道，机柜顶部和天花板之间的距离超过 508 毫米（20 英寸）。如果所评估的数据中心情况如上，请阅读下文名为“[垂直风管热通道气流遏制系统](#)”的解决方案部分。
- 数据中心未采用冷/热通道布局。吊顶用作回风通道，机柜顶部和天花板之间的距离超过 508 毫米（20 英寸）。零星分布着高密度机柜。如果所评估的数据中心情况如上，请阅读下文名为“[垂直风管机柜气流遏制](#)”的解决方案部分。
- 数据中心未采用冷/热通道布局。机柜顶部和天花板之间的距离不足 508 毫米（20 英寸）。零星分布着高密度机柜。如果所评估的数据中心情况如上，请阅读下文名为“[机柜气流遏制系统](#)”的解决方案部分。

审查所有可行解决方案

本部分介绍了各种气流遏制解决方案，介绍了它们推荐部署的场合、不是最佳部署方案的场合，以及部署时需要考虑的重要因素，如投资回收期。首先介绍了最常用的一些解决方案。重要的是，应注意投资回收期是基于等价的未部署气流遏制系统的数据中心而言的，这些数据中心随着机柜平均功率密度的增长将不可避免地出现越来越多的热点。所有这些气流遏制解决方案都支持更高的机柜功率密度、使制冷系统更加节能、消除热点并提高制冷装置的制冷能力，除了考虑投资回收期外，在进行成本核算时应该同时考虑所带来的以上这些益处。

冷气流遏制和热气流遏制两种类型永远不能混合部署，但是，同时可以部署两种类型的冷气流遏制系统，或多种类型的热气流遏制系统。**如果混合部署冷、热气流遏制系统，制冷系统的效率很可能低于仅部署其中一种系统的效率。**

冷通道气流遏制系统（CACS）

本气流遏制方法适用于高架地板（房间级制冷的下送风设备）气流分配系统。CACS将冷通道进行封闭，使机房内的其它区域成为一个庞大的热回风通道。通过封闭冷通道，将冷热气流隔离开来（如图 2 所示）。如需了解有关此问题的更多信息，请参见第 135 号白皮书 [《热通道与冷通道气流遏制对数据中心的影响》](#)。



图 2

采用房间级制冷的冷通道气流遏制系统示例（图中所示为施耐德电气 EcoAisle 解决方案）

CACS 在以下情况推荐采用：

- 当机柜和 IT 设备采用冷/热通道布局时
- 当数据中心采用高架地板送风和自然回风气流分配方式时
- 当数据中心周边没有独立 IT 设备（如存储）时
- 当高密度机柜无法从高架地板获得足够冷风时
- 当气流遏制项目必须快速完成时

CACS 在以下情况不是最佳解决方案：

- 未采用冷/热通道布局，而且也不可能升级为此布局时
- 下送风制冷装置与硬地板配合使用时（即自然送风与自然回风）
- 数据中心周边有独立 IT 设备（如存储）时
- 因地板下的障碍（如布线和管网等），穿孔地板无法提供足够冷风时
- 当人员经常长期位于数据中心时（热作业环境）

部署 CACS 时需要考虑的因素：

- 因降低了制冷装置的送风温度，自然冷却时间将缩短（假设为降低员工可能驻留工作环境中的热通道温度，而降低制冷装置送风温度）
- 应该在无气流遏制区域、暴露在高温下的周边 IT 设备（如存储、磁带库等）前面，安装隔离分区
- 因为有建筑立柱的制约、使用的 IT 机柜来自多个不同厂商，或是机柜/设备行数目为单数等因素，可能需要一些定制化的气流遏制解决方案
- 为使深度较浅的高架地板提供更多的风量，可能需要安装活化地板
- 冷通道内可能需要安装额外的照明设备
- 法规监管机构（AHJ）可能要求在冷通道内部署火灾探测和灭火装置，或者本白皮书后面所探讨的其它装置
- 穿孔地板或其它辅助制冷设备需要放置在位于数据中心周边的独立 IT 设备（如存储）附近，以防过热发生
- 投资回收期从几个月到数年不等，具体取决于可关闭制冷装置数量以及是否需要活化地板

垂直风管热通道气流遏制系统（垂直风管 HACS）

本气流遏制方法既可用于高架地板，也可用于硬地板（房间级制冷）气流分配系统。垂直风管 HACS 将热通道封闭，使室内其它区域成为一个庞大的冷回风通道（如图 3 所示）。如需了解有关此问题的更多信息，请参见第 182 号白皮书《[垂直风管气流遏制系统在数据中心的部署](#)》。

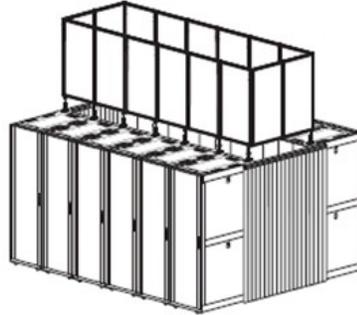


图 3

采用房间级制冷方法的垂直风管热通道气流遏制系统示例（图中所示为施耐德电气 EcoAisle 解决方案）

垂直风管 HACS 在以下情况推荐采用：

- 当机柜和 IT 设备采用冷/热通道布局时
- 当数据中心采用吊顶作为热风回风通道时
- 当数据中心周边有独立 IT 设备（如存储系统）时
- 人员经常位于数据中心时（不会在未部署气流遏制的区域造成热作业环境）

垂直风管 HACS 在以下情况不是最佳解决方案：

- 未采用冷/热通道布局，而且也不可能升级为此布局时
- 无吊顶（因此需要特殊的回风管道系统），或室内净高不够（无法安装吊顶回风通道）

部署垂直风管 HACS 时需要考虑的因素：

- 垂直风管可能会与已有系统（如布线、照明、灭火系统等）相互干涉
- 较长的每机柜部署时间（需要耗费更多的人力）
- 因为有建筑立柱的制约、使用的 IT 机柜来自多个不同厂商，或是机柜/设备行数目为单数等因素，可能需要一些定制化的气流遏制解决方案
- 热通道内可能需要安装额外的照明设备
- 法规监管机构（AHJ）可能要求在冷通道内部署火灾探测和灭火装置，或者本白皮书后面所探讨的其它装置
- 与采用活化地板的 CACS 相比，投资回收期较短，而与不采用活化地板的 CACS 相比，则回收期稍长

垂直风管机柜气流遏制

本气流遏制方法最适用于零散分布的、采用前进后出气流模式的高密度机柜。这种方法就是将一根垂直风管安装到机柜后顶部，来封闭热风并将其输送至吊顶。通过封闭排风路径来隔离冷热气流（如图 4 所示）。如需了解更多有关此问题的信息，请参见第 182 号白皮书《[垂直风管气流遏制系统在数据中心的部署](#)》。

图 4

垂直管道机柜气流遏制系统示例（图中所示为施耐德电气垂直风管气流遏制系统）



垂直风管机柜气流遏制在以下情况推荐采用：

- 当数据中心采用吊顶作为回风通道时
- 当数据中心零散分布着高密度机柜时（比如功率密度超过 6kW/机柜）
- 当机柜行长度不一致时
- 当机柜采用前进后出气流模式时
- 未采用冷/热通道布局，而且也不可能升级为此布局时
- 人员经常位于数据中心（垂直风管机柜气流遏制不会在通道或未部署气流遏制的区域造成热作业环境）
- 当立柱与通道气流遏制解决方案相互冲突并妨碍其部署时

垂直风管机柜气流遏制在以下情况不是最佳解决方案：

- 当机柜设计采用其它气流模式时（如侧进侧出）
- 无吊顶（需要特殊的回风管道系统）或室内净高过低（无法安装回风通道）
- 部署的 IT 机柜来自不同厂商，因此尺寸和风管连接接口都各不相同

部署垂直风管机柜气流遏制时需要考虑的因素：

- 为了与所连机柜相匹配，可能需要一些定制化的风管
- 需要密封机柜后门并更换顶面板，以确保气流封闭
- 架空线缆可能与风管干涉
- 每个机柜需要较长的部署时间（密封机柜后门，更换顶面板等）
- 如果为一个机柜或机柜行部署风管，可能会遮挡不同机柜行间的照明
- 法规监管机构（AHJ）要求风管内安装火灾或烟雾探测器
- 垂直风管机柜气流遏制的广泛使用，可能会导致吊顶内部或邻近机柜间的风压失衡
- 投资回收期基本与垂直风管 HACS 相当（从几个月到 3 年）

行级制冷热通道气流遏制系统（行级制冷 HACS）

本气流遏制解决方案适用于已部署行级制冷装置的数据中心，也可用于已部署周边制冷装置的数据中心。对于已部署行级制冷装置的数据中心，只需在通道上添加顶棚面板，就能实现气流遏制。对于已部署周边制冷装置的数据中心，该气流遏制解决方案需要在机柜间添加制冷装置（如图 5 所示）。该气流遏制方法应用于在低密度数据中心添加高密度机柜，并且所有机柜都采用某种形式的热通道部署时。如需了解更多信息，请参见第 134 号白皮书《[在低密度数据中心部署高密度区域](#)》。

图 5

预制行级制冷热通道气流遏制系统示例（图中所示为施耐德电气 EcoAisle 解决方案）



行级制冷 HACS 在以下情况推荐采用：

- 当已经部署了行级制冷装置时
- 当机柜和 IT 设备采用冷/热通道布局时
- 当冷通道气流遏制和垂直风管热通道气流遏制都不是最佳解决方案时（比如架空电缆与垂直风管气流遏制面板相冲突）
- 当在已有低密度数据中心添加高密度机柜时
- 当需要节省地板空间时（所占空间相当于两行低密度机柜所占地板面积）
- 当人员需要经常驻扎在数据中心时（不会在未部署气流遏制的区域造成热作业环境）
- 当气流遏制部署项目需要快速完成时（预制解决方案能够缩短部署时间）

行级制冷 HACS 在以下情况不是最佳解决方案：

- 未采用冷/热通道布局，而且也不可能升级为此布局时
- 无法在机柜行中间移动 IT 机柜来插入行级制冷装置
- 没有可以部署新机柜模块所需的机房内部额外地板空间

部署行级制冷 HACS 时需要考虑的因素：

- 添加行级制冷装置将提高成本
- 因为有建筑立柱的制约、使用的 IT 机柜来自多个不同厂商，或是机柜/设备行数目为单数等因素，可能需要一些定制化的气流遏制解决方案
- 热通道内可能需要安装额外的照明设备
- 法规监管机构（AHJ）可能要求在冷通道内部署火灾探测和灭火装置，或者本白皮书后面所探讨的其它装置
- 如果已有行级制冷装置，投资回收期大约在 6 个月到 2 年，而如果需要添加行级制冷装置，则可能需要数年

机柜气流遏制系统（RACS）

本气流遏制方法对于极高密度的机柜是一个理想的解决方案，通过将行级制冷装置与机柜集成在一起，限制气流仅在此气流遏制系统内部循环（如图 6 所示）。如需了解更多有关此问题的信息，请参见第 130 号白皮书《[数据中心房间级、行级和机柜级制冷的选择](#)》。

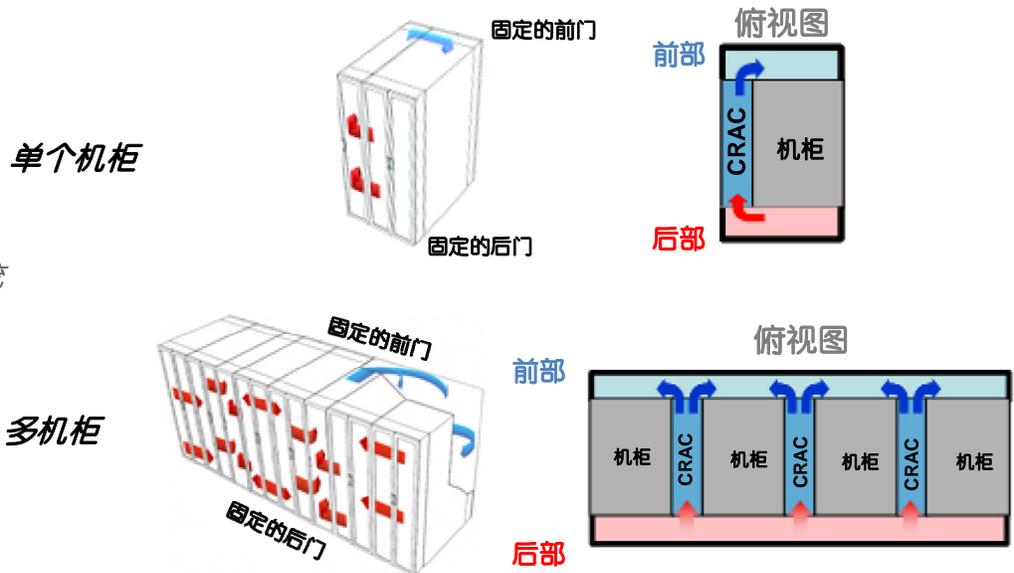


图 6

单个机柜或多机柜
遏制系统示例

气流

多机柜

RACS 在以下情况推荐采用：

- 当零散分布高密度机柜，或需要隔绝噪声时
- 当需要在独立开放数据中心环境，或混合部署环境实现完全隔离，或防止暴露于热通道时
- 在缺乏任何制冷，直接暴露于高温环境的高密度设备的配线间

RACS 在以下情况不是最佳解决方案：

- 需要频繁将机柜移入或移出已有的机柜行时
- 需要对多行机柜行进行气流遏制时
- 当机柜、制冷装置等的尺寸互不相同
- 当通道宽度过窄而无法添加气流遏制系统时（气流遏制系统会加大机柜深度）

部署 RACS 时需要考虑的因素：

- 不建议在配备加湿器的行级制冷系统部署带前门的 RACS，因为如果发生加湿器故障，会导致湿空气直接进入服务器
- 因为需要的制冷装置较多，所以初始成本最高
- 为实现冗余，需要部署更多制冷装置，这会进一步提高初始成本
- 机柜气流遏制系统将增加机柜的深度
- 因为有立柱的制约、使用的 IT 机柜来自多个不同厂商，或是机柜/设备行数目为单数等因素，可能需要一些定制化的气流遏制解决方案
- 如果需要为每个机柜安装制冷装置和气流遏制系统（将制冷装置与机柜集成在一起），则部署时间最长
- 如果行级制冷装置已经存在，则投资回收期大约在 6 个月到 2 年，而如果需要添加行级制冷装置，则该解决方案的投资回收期最长。

行级制冷冷通道气流遏制系统（行级制冷 CACS）

本气流遏制解决方案适用于配备周边制冷装置，且所有机柜都采用某种形式的冷通道部署的数据中心。此解决方案需要在机柜间添加制冷装置。冷通道被封闭，气流遏制系统作为一个区域模块部署（如图 7 所示）。如需了解更多有关行级制冷的信息，请参见第 137 号白皮书《[数据中心高效制冷：紧靠热源的行级制冷解决方案](#)》。



图 7

行级制冷冷通道气流遏制系统示例（图中所示为施耐德电气 EcoAisle 解决方案）

行级制冷 CACS 在以下情况推荐采用：

- 当机柜和 IT 设备采用冷/热通道布局时
- 所有 IT 机柜都可部署成某种形式的冷通道气流遏制系统，以避免排出的热风从前面进入未进行气流遏制的机柜
- 当高架地板因高度或阻塞，达到最高制冷气流极限时
- 当无法通过添加更多周边制冷装置来提高制冷能力时
- 当部署气流遏制项目需要快速完成时（预制解决方案能够缩短部署时间）

行级制冷 CACS 在以下情况不是最佳解决方案：

- 未采用冷/热通道布局，而且也不可能升级为此布局时
- 预算有限时（行级制冷装置需要高的投资成本）
- 无法为插入行级制冷装置而在行内移动 IT 机柜时
- 数据中心布满了 IT 机柜（难以隔离）

部署行级制冷 CACS 时需要考虑的因素：

- 添加行级制冷装置将增加投资成本
- 为插入行级制冷装置，需要在行内移动 IT 机柜
- 因为有立柱的制约、使用的 IT 机柜来自多个不同厂商，或是机柜/设备行数目为单数等因素，可能需要一些定制化的气流遏制解决方案
- 冷通道内可能需要安装额外的照明设备
- 法规监管机构（AHJ）可能要求在冷通道内部署火灾探测和灭火装置，或者本白皮书后面所探讨的其它装置
- 如果行级制冷装置已经，投资回收期大约在 6 个月到 2 年，而如果需要添加行级制冷装置，则该解决方案的投资回收期可能需要数年

表 1 对这六种气流遏制方法进行了全面的比较。可以注意到全部四种通道气流遏制方法都可能需要在通道内部添加额外照明设备、火灾探测和灭火装置（由法规监管机构决定）。

表 1

六种气流遏制方法的优缺点

气流遏制方法		优点	缺点
冷气流遏制系统	冷通道气流遏制系统	对采用高架地板气流分配方式来说简单可行且经济高效；两个机柜行内的机柜可共享制冷能力；在所有气流遏制系统类型中，所需部署时间最短	较短的自然冷却时间；在未进行气流遏制的区域会造成不舒适的工作环境
	行级制冷冷通道气流遏制系统	行级制冷装置增加了采用周边制冷装置 CACS 环境的制冷能力；预制解决方案可缩短部署时间	较高的初始投资成本；为插入行级制冷装置，需要在行内移动 IT 机柜
热气流遏制系统	垂直风管机柜气流遏制	对于零散分布的高密度机柜易于部署；无需冷/热通道布局；能够逐步部署，以降低初始投资；较长的自然冷却时间	可能会导致吊顶内部或相邻机柜间的风压失衡；增加了人工时；平均到每个机柜的部署时间较长
	垂直风管热通道气流遏制系统	在未进行气流遏制的区域创造舒适工作环境；两个机柜行内的机柜可共享制冷能力；较长的自然冷却时间	部署气流遏制热通道中的高温可能会在该区域造成不舒适的工作环境；平均到每个机柜的部署时间较长
	行级制冷热通道气流遏制系统	对已有行级制冷装置的数据中心是一种低成本的选择。不会对已有房间级制冷系统产生影响；两个机柜行内的机柜可以共享制冷能力；预制解决方案可缩短部署时间	在已有周边制冷装置的数据中心内：较高的初始投资成本；为插入行级制冷装置，需要在行内移动 IT 机柜。署气流遏制热通道中的高温可能会在该区域造成不舒适的工作环境
	机柜气流遏制系统	几乎不受已有设施约束的限制；支持任何功率密度；与已有制冷系统相隔离；可以隔离噪音	在已有周边制冷装置的数据中心：因为需要更多的制冷装置，所以初始成本最高；不能和其它机柜共享制冷能力；气流遏制系统会加大机柜深度，占用更多地板空间

气流遏制方法选择

一旦充分了解了已有设施的约束条件，审查并比较了气流遏制解决方案，就能很容易地在冷热气流遏制方法中作出选择。此时，大多数人会发现，对他们来说，只有一到两种可行的气流遏制解决方案。鉴于物理约束通常是对气流遏制系统部署的主要约束，所以将根据物理约束来选择气流遏制解决方案。冷气流遏制和热气流遏制两种类型永远不能混合部署，但是，同时可以部署两种类型的冷气流遏制系统，或多种类型的热气流遏制系统。如果混合部署冷、热气流遏制系统，制冷系统的效率很可能低于仅部署其中一种系统的效率。

气流分配方法和制冷装置的位置是物理约束的两个主要考虑因素。表 2 所示为两种常见气流分配方法的气流遏制建议；表 3 则提供了几种较少采用的气流分配方法可以选择的气流遏制系统。

表 2

根据常见气流分配方法选择气流遏制系统 (X 表示不建议或不可行)

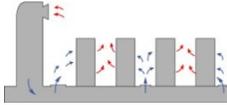
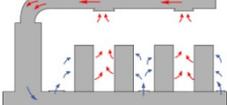
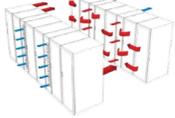
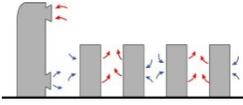
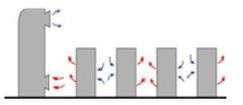
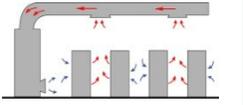
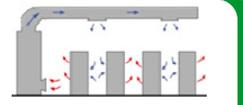
配风方式		 方式 1	 方式 2	 方式 2 (行级制冷装置)
冷气流遏制	冷通道气流遏制系统	最佳选择	当需要快速部署时选择	X
	行级制冷冷通道气流遏制系统	当无法从已有周边制冷装置获得额外制冷能力, 或受限于高架地板时选择	当无法从已有周边制冷装置获得额外制冷能力, 或受限于高架地板时选择	X
热气流遏制	垂直风管机柜气流遏制	X	仅建议用于零散分布的高密度机柜环境	X
	垂直风管热通道气流遏制系统	X	最佳选择	X
	行级制冷热通道气流遏制系统	X	当无法从已有周边制冷装置获得额外制冷能力, 或受限于高架地板时选择	最佳选择
	机柜气流遏制系统	仅建议用于零散分布的高密度机柜或只有一行机柜的环境		

表 3

根据不经常使用气流分配方法选择气流遏制系统 (X 表示不建议或不可行)

配风方式		 方式 3	 方式 4	 方式 5	 方式 6
冷气流遏制	冷通道气流遏制系统	X	X	X	最佳选择
	行级制冷冷通道气流遏制系统	X	X	X	当无法从已有周边制冷装置获得额外的制冷能力时选择
热气流遏制	垂直风管机柜气流遏制	X	X	仅建议在零散分布高密度机柜的环境中采用	X
	垂直风管热通道气流遏制系统	X	X	最佳选择	X
	行级制冷热通道气流遏制系统	当在已有传统低密度数据中心添加新的高密度机柜时选择	当在已有传统低密度数据中心添加新的高密度机柜时选择	当无法从已有周边制冷装置获得额外的制冷能力时选择	X
	机柜气流遏制系统	仅建议用于零散分布的高密度机柜或只有一行机柜的环境			

气流遏制系统硬件选择

在审查了所有可行解决方案后，我们可以发现大多数气流遏制方法在部署时都需要考虑以下常见因素：

- 如果存在不同类型的 IT 机柜，就可能需要定制化气流遏制解决方案
- 对于通道气流遏制或垂直风管机柜气流遏制，可能需要安装额外的照明设备
- AHJ 可能要求在通道气流遏制系统内安装灭火装置

寻找能够与已有设施环境相集成的硬件解决方案，是气流遏制系统部署成功的关键。此类解决方案的示例包括：

灵活性

气流遏制解决方案应该能够适应各种通道宽度、机柜高度、支持冷/热通道气流遏制的机柜深度、甚至单行机柜。可以让用户轻松移动通道上方某块顶板来进行布线和维护。

照明

采用能透过 90%光线的顶板。此外，具有自动开关感应功能的高效 LED 照明能够与气流遏制解决方案相集成（如右图所示）。



灭火

气流遏制解决方案能够根据温度或烟雾探测器，向工作人员发出报警信号并自动撒落顶板，让灭火系统扑灭火灾。图 8 说明了这一灭火方法。一些解决方案还提供了应急自动打开滑动门，以便在发生紧急事件时人员快速离开通道。

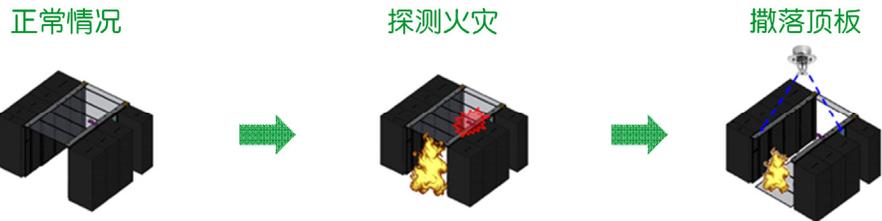


图 8

气流遏制通道内灭火系统示例

后续气流管理及维护

气流遏制系统部署完成后，并非一劳永逸。为了在最优化部署基础上取得并保持最佳效果，数据中心运营管理经理必须制定流程来监控气流模式和温度，以确保气流遏制的可靠性。

对于冷通道气流遏制，气流平衡和控制气流是一个大的挑战。唯一可用来冷却 IT 设备温度的气流就是送入冷通道中的空气。冷通道气流遏制系统应根据通道的压差来控制气流，还必须对处于无气流遏制区的非机柜式 IT 设备进行监控，以确保提供足够的冷量。

对于垂直风管热通道气流遏制，如果 IT 人员必须在那里工作，可临时打开通道门，让冷空气进入，以缓解热通道中的高温状况。此外，即便热通道保持封闭，仍能满足工作环境法规规定的要求，这是因为工作人员不会长期处于高温环境，大多数的日常工作都是在 IT 机柜前部完成的。

结论

数据中心气流遏制策略能够给数据中心带来巨大的益处。冷气流遏制和热气流遏制是部署气流遏制系统的两种方法。对于某个特定的部署来说，确定最佳解决方案的步骤应该是：先评估设施的制约条件，再审查所有可行的解决方案，然后选择合适的气流遏制硬件。

冷通道气流遏制和垂直风管热通道气流遏制对于已有周边制冷装置的数据中心是两种最常见的解决方案。将高架地板作为送风通道的数据中心最好选择冷通道气流遏制，而将吊顶作为热回风通道的数据中心则最好选择垂直风管热通道气流遏制。对于已有行级制冷装置的数据中心，行级制冷热通道气流遏制是最佳选择。其它气流遏制解决方案应根据特殊要求进行选择。

以上结论仅适用于已有数据中心。如果需要了解新建数据中心的气流遏制解决方案，请参见第 135 号白皮书 [《热通道与冷通道气流遏制对数据中心的影响》](#)。

关于作者

Paul Lin 是施耐德电气数据中心科研中心的高级研究员，主要负责数据中心物理基础设施最佳实践和解决方案的研究，以此来帮助客户优化其数据中心环境的可用性和能效。他拥有吉林大学暖通空调本科学位，同时还拥有吉林大学热能工程硕士学位。在加入施耐德电气之前，Paul 曾在 LG 电子研发中心担任研发项目经理多年。他现在被授予“数据中心认证专家”认证，拥有作为数据中心专业人员所需要的国际认可的专业知识和技术。

Victor Avelar 是施耐德电气数据中心科研中心的高级研究员。Victor 致力于数据中心的设计和运营方面的研究。并且通过向客户提供风险评估和设计实践方面的咨询，来优化数据中心环境的可用性和能效。Victor 于 1995 年从伦斯勒理工学院 (Rensselaer Polytechnic Institute) 获得了机械工程学的学士学位，而后在波士顿大学 (Boston College) 获得 MBA 工商管理硕士学位。Victor 是 AFCOM 和美国质量协会的成员。

John Niemann 是施耐德电气全球产品经理，负责预制模块化数据中心制冷解决方案。他拥有超过 15 年的暖通空调行业经验。其职业生涯起始于商业和工业暖通空调市场，在这些领域他专注于定制化的空气处理和制冷系统，其专业能力集中于关键环境的能源回收和筛选。John 最初加入施耐德电气时，任高级产品经理，负责 InRow 制冷产品的开发，之后他接管产品线管理工作，负责 InRow 产品和小型系统制冷产品。在他的职业生涯中，他曾担任过应用工程、产品管理、市场营销以及销售领域的多个职务。John 是美国采暖制冷与空调工程师学会 (ASHRAE) 和绿色网格组织 (The Green Grid) 的会员，并获得美国密苏里州圣路易斯市华盛顿大学 (Washington University) 的机械工程学位。



 [热通道与冷通道气流遏制对数据中心的影响](#)
第 135 号白皮书

 [用于IT环境的各种气流分配方案](#)
第 55 号白皮书

 [数据中心在制冷系统中断期间的温升](#)
第 179 号白皮书

 [数据中心高效制冷：紧靠热源的行级制冷解决方案](#)
第 137 号白皮书

 [垂直风管气流遏制系统在数据中心的部署](#)
第 182 号白皮书

 [在低密度数据中心部署高密度区域](#)
第 134 号白皮书

 [数据中心房间级、行级和机柜级制冷的选择](#)
第 130 号白皮书

 [浏览所有白皮书](#)
whitepapers.apc.com

 [浏览所有TradeOff Tools™ 权衡工具](#)
tools.apc.com

联系我们

关于本白皮书内容的反馈和建议请联系：

数据中心科研中心
DCSC@Schneider-Electric.com

如果您作为我们的客户需要咨询数据中心项目相关信息：

请与所在地区或行业的 **施耐德电气** 销售代表联系，或登陆：
www.apc.com/support/contact/index.cfm