

在低密度数据中心中 部署高密度区域

第 134 号白皮书

版本 2

作者 Neil Rasmussen 和 Victor Avelar

> 摘要

供电和制冷技术方面的全新突破可简单并快速地在现有或新建的低密度数据中心内实现独立的高密度区域的部署。这些独立的高密度区域可保证高密度设备可预见且可靠的运行，同时不会对现有低密度供电和制冷基础设施的性能造成任何负面影响。另外额外的好处是这些高密度区域的电力运行效率要比常规设计高得多。同时本白皮书还提供了针对高密度区域的规划设计、实施和可预见运营方面的指导。

目录

点击内容即可跳转至具体章节

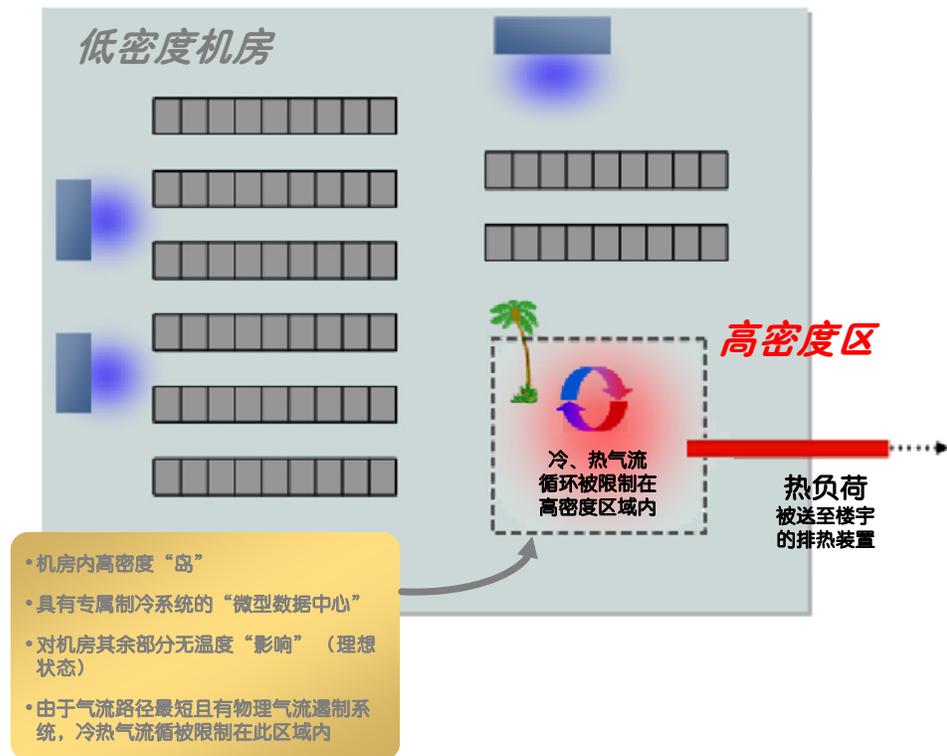
问题： 未管理的高密度	3
解决方案： 高密度区域	4
区域气流遏制方法	6
高密度区域的额外优势	11
自行部署Vs厂商协助部署	12
高密度区域的实时管理	15
结论	16
资源	17
附录A	18

简介

刀片式服务器、1U 服务器和多核高端服务器之类的高密度设备的单位瓦特运算能力要高于上一代服务器。然而，当整合之后，这些设备需要密集的供电和制冷资源。为支持更高的机柜密度，数据中心运营人员和 IT 执行人员往往不能确定其现有数据中心的容量以及是否需要建设新的数据中心。一种可以在传统低密度数据中心内快速部署高密度机柜的简单易行的解决方案。如图 1 所示的高密度区域让数据中心管理人员能够以仅相当于建设全新数据中心成本的很小一部分来部署和运营混合密度的数据中心环境。

图 1

高密度区域的基本概念



在本白皮书中，高密度区域定义为安装高密度设备的一行或多行机柜，配有专属的行级制冷，并能作为一个模块装置进行部署。高密度区域位于较大的低密度数据中心区域内。高密度区域不同于高密度数据中心，后者是专门用于支持高密度机柜的数据中心。本白皮书内容将不涉及高密度数据中心的部署和运营管理。

> 高密度可实现高效率

在使用房间级的供电和制冷的传统数据中心中，未管理的高密度机柜可能导致不稳定效应，如制冷效率低下、丧失制冷冗余、热点、过热宕机以及线路过载。

然而，利用当今全新的供电和制冷技术，以有效的部署以及“灵活智能”的行级供电和制冷系统为支撑，高密度机柜可显著提高效率和可预见性。

本文中所述的高密度区域方法通过利用针对性的、可扩展的、区域化的供电和制冷技术，在部署高密度同时又可实现更高的数据中心整体效率。

高密度区域与“分散”策略比较

尽管当前的 IT 设备以高功率密度运行（即每台单独的服务器都会需要大量电力供应），但这并不总是意味着此类设备必须采用高密度部署的方式将其全部集中于一台机柜内。实际上，一种普遍的策略是，在每台机柜内安装数量较少的高密度服务器，将其分散开来。如果设备如此分散，数据中心的平均功率密度将可能控制在数据中心的原始设计范围内。从而可避免很多技术上的问题。

但是，也可能会基于以下多种原因，“分散”策略并不可行：

- 将需要额外的地板空间，由此可能很难明确需要多少空间或根本没空间可用
- 高层管理人员认为机柜未装满即是浪费

资源链接
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

- 布线成本提高（因为走线更长）
- 维护成本和难度大大提高 — 线缆布设和安装可能以不规范的方式其他设备互为交错，遍布整个机房之中
- 数据中心电力效率降低，因为制冷系统气流路径更长，且针对性较差 — 这中无针对性的超长路径会增加热空气与冷空气的混合，而混合又会导致空调机回风温度较低。这就意味着这种系统排热的效率低，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》。

鉴于以上这些原因，数据中心运维人员自然而然会在一些区域内以机柜支持的最大密度来部署 IT 设备，而不是试图通过分散负载而将其保持在机房整体可支持功率密度范围内。现在利用全新的供电和制冷技术，可将高密度设备集中部署在某些区域内从而实现效率上的显著提升。

资源链接
第 46 号白皮书
超高密度机柜和刀片服务器的冷却策略

本白皮书假定已选择在低密度数据中心内部署高密度 IT 机柜。作为实现这类高密度区域的一种技术，无论是针对现有数据中心还是新建的数据中心，行级制冷都可作为解决其高密度供电和制冷问题的简单易行的解决方案。关于部署高密度设备的替代方案，包括分散 IT 设备的方案，更多信息参见第 46 号白皮书《超高密度机柜和刀片服务器的冷却策略》。

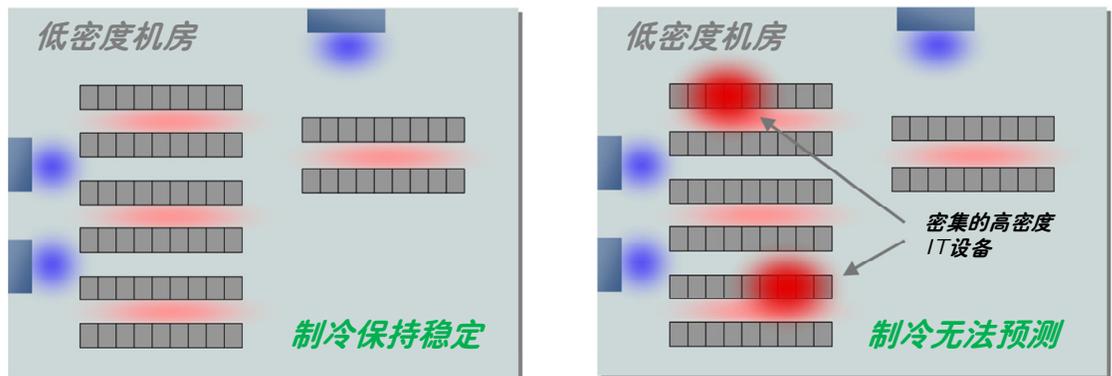
问题： 未管理的高密度

传统的数据中心设计采用高架地板向低密度 IT 设备分配制冷量（图 2a），而且未安装气流遏制系统。然而，当高密度设备随机安装在整个低密度数据中心内时，制冷稳定性将受到威胁，热点将开始出现（图 2b）。

图 2a 和 2b

2a - 低密度数据中心

2b - 高密度热点



针对低密度机柜（通常为每台机柜 1-3 kW）设计的数据中心在结构上会有很大的区别。天花板高度、高架地板的高度、机房几何形状、电力分配以及高架地板下的障碍物都有很大的差异。此外，不同的 IT 管理人员对高密度机柜的定义也各不相同。本文定义高密度机柜为 6 kW 或更高。不论采用何种数字来定义高密度机柜，以下部署方面的问题都必须考虑：

- 延缓服务器部署 — 由于不能确定哪台机柜能为新安装的服务器提供足够的制冷，所以需要进行制冷评估，因而会进一步延长原本已经很长的延缓
- 非例行宕机 — 因配电线路过载或 IT 设备过热宕机所致
- 整个数据中心内制冷变得不可预见 — 在每次迁移、添加或更改之后不能确保每台高密度服务器都能得到适量的制冷（请参阅第 121 号白皮书《数据中心采用地板下送风的气流均匀性研究》）
- 丧失制冷冗余 — 由于增加了更多的高密度机柜，原来作为冗余的空调单元现在需要用来提供集中气流。某些子系统在实施上存在瓶颈，或由于设备本身功耗原因导致成本过高（例如配电柜，由于输出接口的数量，或开关装置）

资源链接
第 121 号白皮书
数据中心采用地板下送风的气流均匀性研究

幸运的是，有一种解决方案可以解决这些问题，在以下各节将对其进行讨论。

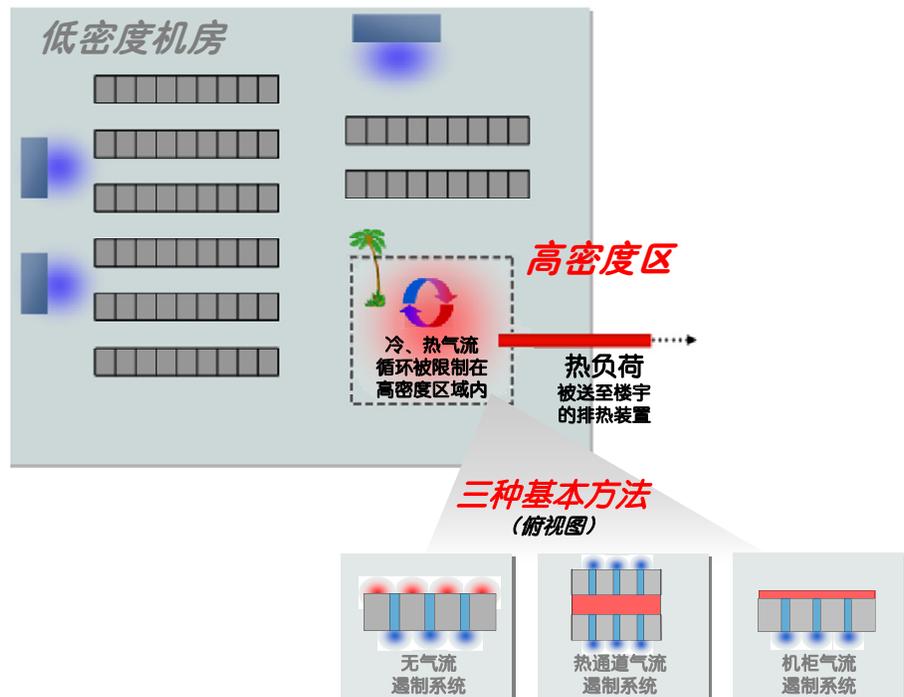
解决方案： 高密度区域

将高密度机柜置于数据中心内独立的标准化自封闭区域中是应对上述挑战的低成本且可行的解决方案。这一高密度区域可避免高架地板制冷所导致的不可预见性，同时安装前也无需进行复杂的计算流体动力学（CFD）分析。

图 3 示出了三种高密度区域实施方法，它们均支持独立的配电、UPS 和制冷系统。这种“嵌入式”解决方案就是将高密度设备简单地移入此带有专属行级制冷的区域内，消除了图 2b 所示的热点。此区域内高密度 IT 设备所产生的热量被排至室外，而不影响现有的数据中心制冷系统或周围的低密度 IT 机柜。实际上，该区域就成为现有的低密度数据中心内独立的、自给自足的高密度数据中心，而且至少对机房内其它部分在热学上“不会造成任何影响”，还有可能为低密度区提供额外的制冷容量。

图 3

独立的（独立于机房）、
自给自足的高密度区域



什么是热学上的“影响”？

高密度区域的工作原理是隔离服务器废热并将所有废热引入空调机进气口，在此热风被冷却之后再重新分配至服务器前方。通过对冷、热气流进行隔离，高密度区域可消除高密度 IT 机柜可能对传统低密度数据中心造成的热影响。换言之，高密度区域对于现有数据中心制冷系统是独立于机房的负载。更进一步，采用热通道或者机柜气流遏制系统还能够为机房的低迷渠道提供额外的制冷容量，从而产生积极的影响。

尽管本文重点是高密度区域的制冷，但也可以使用专门 UPS 和配电对此区域进行供电。这种方式尤其适用于现有数据中心 UPS 已经满载或使用年限已到需逐步淘汰的情况下，或者当特定区域对供电的可用性有特别的要求的情况下。

图 4 中的系统将一组高密度 IT 机柜与高密度行级制冷系统和高密度 UPS 及配电系统在预制造、预测试的区域中进行集成。

空调回风被重新制冷后（至房间温度）
重新被送至机柜前冷通道

废热被排至热通道，并从后部返回空调



图 4
标准化、模块化多机柜
高密度区域前视图
(本例中采用无遏制)

行级制冷构架

行级制冷构架使之可以具有独立于机房的高密度区域。行级制冷是空调专门用于特定机柜行的空气分配方式。这与房间级制冷“专门针对于”整个机房的包围式制冷形成了鲜明的对比。行级空调可安装在 IT 机柜上方、IT 机柜附近，或两种方式组合。图 5 中示出了行级空调的一个例子。

尽管多数设施和 IT 人员理解高密度区域的基本原理，他们仍然会提出疑问：该区域在不断的迁移、添加和变更中将怎样实现“独立于机房”。鉴于他们之前对高架地板制冷的可变性以及常见的复杂性的切身体验，所以对高密度区域的长期的可预见性存在怀疑并不奇怪。

尽管高架地板和高密度区域均受相同的流体动力学和热力学原理支配，但有一个主要的方面会将其区分开来——标准化。

如果高架地板被标准化而都具有相同的深度、尺寸、地板障碍物、地板下气流模式、CRAC 位置以及从打孔地板的出风量，它们将可更容易地进行实时建模，使用设计和规划软件工具预见其状况。如果此标准化存在，IT 管理人员应能够预见加装刀片式机笼对特定机柜的制冷影响并根据预测作出合理的决策。然而，这些按特定性质划分的高架地板属性通常是定制的，且无益于标准化。此外，所有这些属性的可变性将使实时计算流体动力学（CFD）建模在典型数据中心内几乎不可能实现。

> 行级制冷单元

与传统机房式方式相比，行级空调机的气流路径较短，且可预测性要高得多。此外，空调机的全部额定容量可被利用，并可实现更高的功率密度。与此同时，在 IT 负载从此系统上卸下并置入该区域时，周边（机房级）制冷系统的可用容量将得以提高，且在某些情况下其制冷冗余度被恢复为原始设计水平。

尽管在本文中不进行讨论，行级制冷也是对小密度数据机房（1-3 行机柜）进行整体制冷的有效方法。



资源链接 第 130 号白皮书

数据中心行级和机柜级制冷架构的优势

区域气流 遏制方法

相对而言，高密度区域采用标准化的冷/热通道宽度、机柜高度和气流到达机柜的距离。行级制冷还将消除由高架地板所造成的变数。这些简化将可实现以标准化工具设计的可预见的高密度区域。这些设计工具可以确保任何设计都能捕获排出的热气的预计量并将其中和掉。关于行级制冷构架以及其与机房式制冷之比较的更多信息，请参见第 130 号白皮书《数据中心行级和机柜级制冷架构的优势》。

服务器排出的热空气可通过三种方式被传送到空调：无气流遏制系统、热通道气流遏制系统以及机柜气流遏制系统（见图 5）。所有这些方法均采用行级制冷概念（如将空调机置于距 IT 机柜几步范围内）。

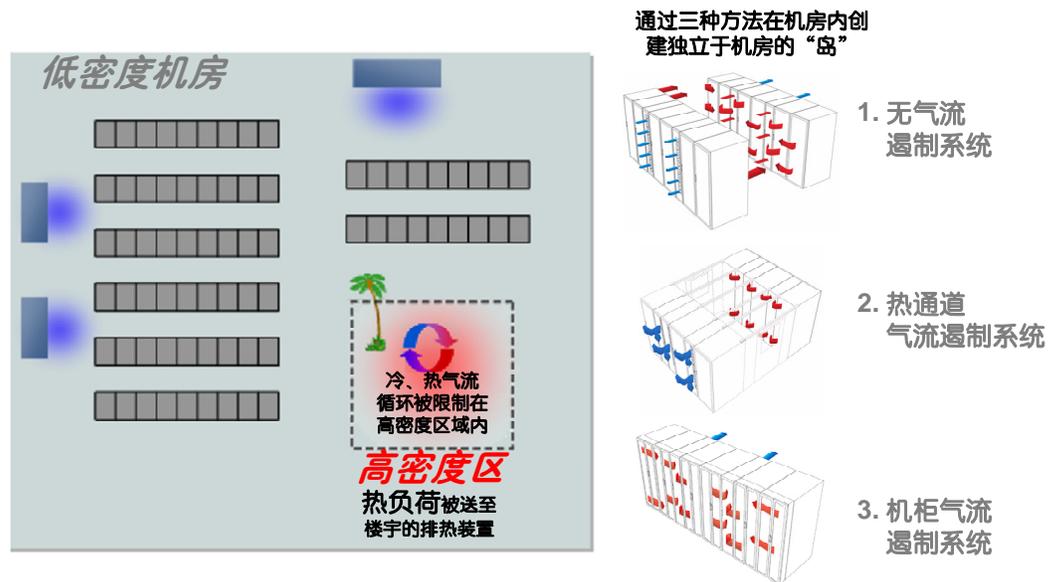


图 5

高密度区域气流遏制方法

1. 无气流遏制系统

无遏制区域采用热通道和冷通道的标准布局 and 标准宽度来防止冷热气流的混合。为此，开放区域取决于一行内的多台机柜，对独立制冷 IT 机柜不起作用。由各行机柜（在某些情况下还包括墙壁）形成的冷、热通道对冷、热气流进行隔离，如图 6 所示。IT 设备机柜距离行级空调越近，热空气的捕获量和被制冷的量也越大。随着 IT 机柜与行级空调机之间距离的增加，无气流遏制的数据中心内热空气与周围的空气的混合也就越多。

何种情况下采用本方法

- IT 机柜处于经常会移动和重新定位的区域时
- 使用的 IT 机柜来自多个不同的厂商时

需要权衡的因素

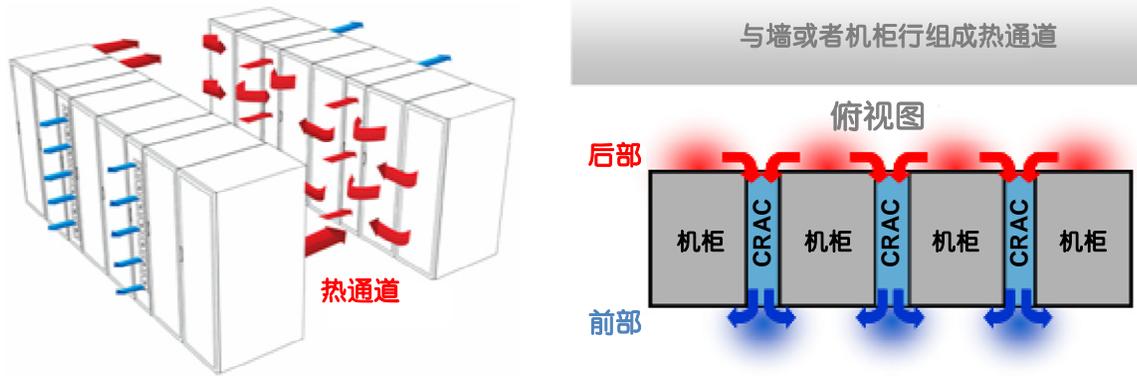
- 即便是在较低密度下仍需要更多的行级空调，以便很好的收集来自所有 IT 机柜的热废气

> 盲板的重要性

合适的行级制冷取决于热气流与冷气流之间的隔离。如果机柜内有任何垂直空间未安装设备，设备之间的间隙将使热废气能够穿过机柜并到达服务器等设备的前方。这种冷热气流的混合会降低行级制冷的效果。更多信息参见第 44 号白皮书《利用气流管理盲板改善机柜冷却效果》。

图 6

无气流遏制系统的高密度区域



2. 热通道气流遏制系统

热通道气流遏制区域与无气流遏制区域基本相同，只是每两行之间的热通道均被遏制。热通道通过天花板以及通道两端的门加以封闭，成为废热排放通道（图 7）。此外，机柜的后门被去除。废热被遏制系统隔离，不能与数据中心环境空气相混合。需要一面墙壁或另一排机柜来构成冷通道，以隔离冷空气供应。

> 为什么缩短气流路径可提高数据中心效率

在采用传统房间级周边制冷的情况下，到达每一机柜的冷空气所经过的距离更长，这需要额外的风扇电力。此外，如果没有高架地板，机房内冷供风与热废气之间可能存在实质性混合，从而需要将供风温度降至远低于 IT 机柜处所需的水平。热点可能导致进一步降低供风温度以控制过热。过低的供风温度可能存在冷却盘管上发生冷凝的风险，冷凝则可能导致浪费的除湿-再加湿过程，并降低系统制冷容量。较长的回风路径同样也会导致空气混合，由此降低向制冷单元的回风温度。较低的回风温度会减缓向盘管的热传递速度，从而使排热效率不高。

行级制冷中气流路径的大幅缩短将显著减少供风与回风的混合（在采用密封和盲板时，几乎可以消除混合）。在供风一侧，这将允许在较高的盘管温度下工作，这将使制冷器维持运行所需能量降低，并大大降低了导致冷凝浪费的可能性。在回风一侧，它将形成较高的回风温度，从而可提高排热率。与长路径制冷系统相比，这些综合的短路径效应可以（1）提高运行制冷效率，并且（2）增加排热系统的制冷容量。

何种情况下使用本方法

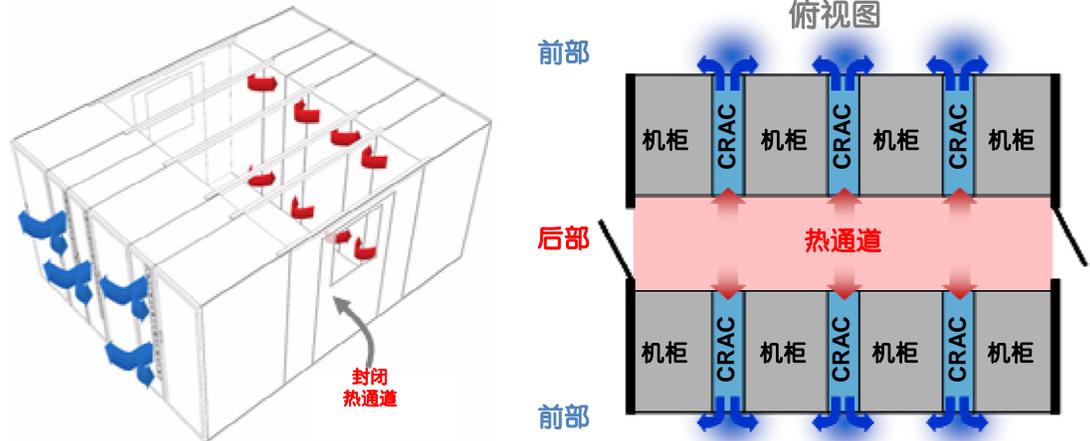
- 在必须节约占地面积的情况下。此方法普遍使用，因为它与两行低密度机柜的占地面积相同。
- 在采用热通道/冷通道布局的数据中心内

需要权衡的因素

- 热通道遏制挡板会提高基建成本
- 热通道遏制可能因为热通道内高温而超出工作环境规定限制
- 与某些类型的电缆、配电条、标签及其他并非针对高温设计的材料不兼容
- 不能对单行机柜使用
- 法规监管机构（AHJ）可能要求热通道内有灭火设施

图 7

采用热通道气流遏制系统的高密度区域



3. 机柜气流遏制系统

机柜遏制系统（也称为“机柜气流遏制系统”）与热通道气流遏制系统类似，只是利用设备机柜的后框架和一系列挡板形成后部气流通道将热空气加以遏制。此通道可被连接至一台 IT 机柜或一排机柜（图 8）。用于构建热空气通道的挡板会使常规机柜的深度增加 20 cm (8 in)。在必要的时候，可选用一系列的前挡板将冷、热气流完全遏制，如图 9 所示。这种可选的前部遏制将使机柜深度再增加 20 cm (8 in)。

何种情况下使用本方法

- 在热通道气流遏制系统为优选方法的情况下，只剩一个奇数行为无气流遏制系统
- 当要求经常操作且便于管理通信电缆时
- 在独立开放式数据中心环境或混合式布局等情况下需要实现完全隔离时 — 仅当可选的前部气流遏制系统应用时
- 在缺乏任何形式的制冷、高密度设备放置于高温下的布线室内 — 仅当可选的前部气流遏制系统应用时
- 当需要消音时 — 仅当可选的前部气流遏制系统应用时

需要权衡的因素

- 前方和后方密封挡板会增加基建成本
- 在单一机柜配置中，当需要制冷冗余时，成本会大幅增加

> 为什么不使用遏制?

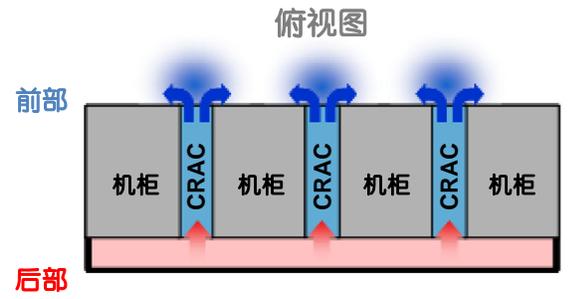
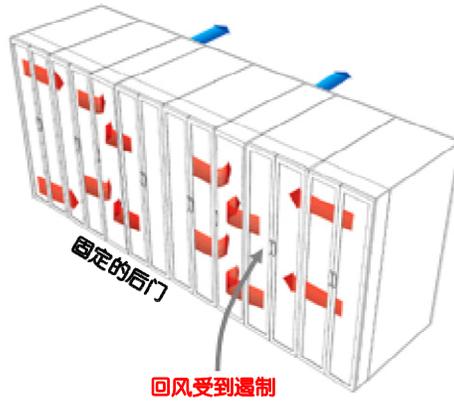
密遏制可能会是任何行级制冷情况下的明确选择。然而，事情并不总是这样。

采用行级制冷时，遏制系统在较低密度下更为重要，此时 IT 机柜所需空调之间的比值较高。此比值越高，IT 机柜与空调之间距离越大，热空气“逃逸”的机率越高。另一方面，高密度意味着 IT 机柜对空调机的比率较低，气流路径较短，热空气逸出机会较低 — 在此情况下，遏制不太重要，因为气流被紧密定向，倾向于完全自制的“运行”。

此外，取消遏制还可能有一些实际考虑，如特定机柜功率密度下成本较高、企业对高热工作环境（即对热通道进行遏制）的限制以及与现有机柜兼容性不足。

图 8

采用机柜气流遏制系统的
高密度区域（也称机柜式
空气遏制）



单个机柜

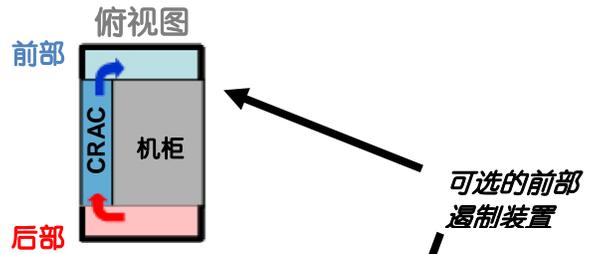
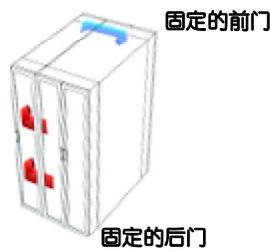
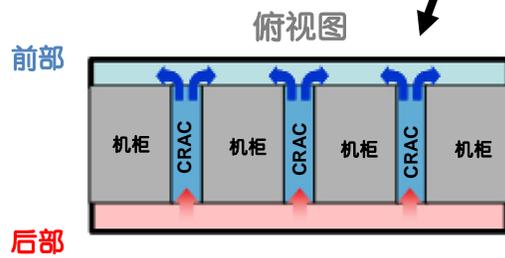
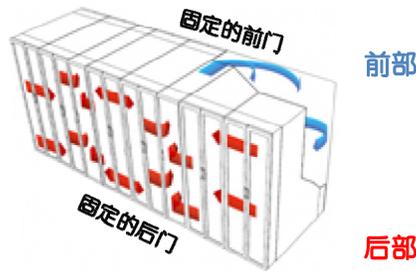


图 9

采用机柜气流遏制外加选
装前部遏制的高密度区域

多机柜



可选的前部
遏制装置

高密度区域方法的总体比较示于表 1 中。

表 1

区域密封方法比较

选择依据	无气流遏制系统	热通道气流遏制系统	机柜气流遏制系统	备注
最大限度减少占地面积	好	好	中到差	<ul style="list-style-type: none"> · 无气流遏制系统和热通道气流遏制系统可实现最小的行间距 · 机柜气流遏制系统使机柜深度增加 8 英寸，但这在合并应用中可能可以接受 · 前方与后方密封使机柜深度增加 16 英寸 — 应根据可用地面空间加以权衡
易于变更管理	好	中到差	中到差	<ul style="list-style-type: none"> · 当采用气流遏制系统特别是前部遏制相关硬件来约束机柜时，将机柜插入现有行或从中取出都更为困难
最大限度降低能耗	中	好	好	<ul style="list-style-type: none"> · 无气流遏制系统布局与现有数据中心布局紧密相关，这可能增加行级制冷的数量
易于冗余	中	好	中到差	<ul style="list-style-type: none"> · 热通道气流遏制系统行级 CRAC 位置与冗余无关 · 需要更多的行级 CRAC 来保持机柜气流遏制系统内的冗余
最大限度减少行级 CRACS 数量（特别是在低密度下）	差到中	好	中到好	<ul style="list-style-type: none"> · 机柜气流遏制系统和带有前部遏制的机柜气流遏制系统可能被限制，因为并非所有冷风可以像热通道气流遏制系统一样在所有行级冷却器之间共享 · 无气流遏制系统与机柜功率密度十分相关，高密度需要较少的行级空调机柜气流遏制系统 · 带有前部气流遏制系统的机柜气流遏制系统受冗余等级的影响（需要更多台的空调）
消音	差	中到差	好	<ul style="list-style-type: none"> · 仅采用机柜气流遏制系统时为差到中 · 当采用带有前部气流遏制系统的机柜空气遏制系统时较好 · 将降低制冷设备的噪音强度，但不会完全消除噪音
设施处于热学状况不稳定或非数据中心空间内	差	差	好	<ul style="list-style-type: none"> · 仅采用机柜气流遏制系统时为差到中 · 当采用带有前部气流遏制系统的机柜气流遏制系统时较好 · 实例包括布线室、办公室和商业空间
成本	取决于机柜功率密度和机柜数量等变量			<ul style="list-style-type: none"> · 尽管热通道气流遏制系统有附加盲板，会增加成本，但它所需要的行级空调数量要少于无遏制，特别是在较低的机柜功率密度下

高密度区域的 额外优势

决定是否部署高密度区域时还应考虑以下优势：

- 设计要素标准化
- 兼容新建或现有的任何数据中心
- 可配置专用 UPS 和配电
- 可配置为任何冗余级别
- 可配置任何数量的 IT 机柜

标准化设计要素

为使高密度区域实现可预期的性能，它们必须包含标准的设计要素。这包括空调机、配电、UPS 以及机柜等组件。此外，标准尺寸在可预见的隔离冷、热气流方面起关键的作用。标准尺寸包括热/冷通道宽度、机柜高度和标准（短）气流传输距离。

模块化也是标准化的一项优点，它使高密度区域可被快速部署、随时间推移进行变更，甚至被移至另一数据中心。标准化的组件和尺寸将大幅简化设计过程。对于其他数据中心，这些预先设计的标准解决方案甚至可以重新订购。数据中心人员也可部署用以保持高密度区域峰值性能的可预测式容量和变更管理软件，对标准化加以利用（这将在稍后讨论）。关于标准化的更多信息，请参见第 116 号白皮书《数据中心物理基础设施中的标准化和模块化》。

兼容新建或现有的任何数据中心

高密度区域为模块化，且与机房级制冷构架及现有 UPS 构架无关。因此，几乎不存在妨碍它们在新建或现有数据中心内部署的限制条件。只要有足够的地面空间可用，且地板必须有足够的承重能力。标准化高密度区域的其它所有特点在多种类型的数据中心内均可再现。

可配置专门的 UPS 和配电

高密度区域的构架在现有数据中心 UPS 已经满载或使用年限已到需逐步淘汰的情况下可实现特定区域专门 UPS 和 PDU 的部署。因为它是基于机柜式，并设计为模块化的且方便扩展升级。

可配置为任何冗余等级

冗余等级根据 IT 资产的关键程度而有不同。传统的数据中心设计是要使整个物理基础设施被建设成满足最关键资产集合的冗余度要求。

此类设计从基建成本和运营成本两方面讲都极其昂贵。一种成本效益要高得多的设计是仅在必要地点和情况下提供冗余电源和制冷。高密度区域可在需求时增加必要的冗余电源和制冷模块，以实现针对性的冗余/可用性。应注意，冷冻水管和电路入线等核心基础设施从设计和建设最初就必须在要求最高冗余等级。

可配置任何数量的 IT 机柜

高密度区域具有可伸缩性，即它们可以容纳特定功率密度下所需 IT 机柜的数量。这些区域的规模可以从一台 IT 机柜到 20 台或更多机柜，具体根据当地规范确定。

综合这些特性将形成高度灵活的高密度解决方案，它可以延长传统数据中心的寿命，并将建设新数据中心所需的基建投资推后。



资源链接

第 116 号白皮书

数据中心物理基础设施中的标准化和模块化

表 2

部署高密度设备：
传统与区域化方式
比较

属性	传统方式	区域化方式	备注
将数据中心定位为企业竞争优势的一个来源	困难	较容易	简单的经济考虑 - 基于单位运算输出所需业务运营成本得以降低
IT 部署的及时性	非常困难	容易	部署高度依赖于模块化和可预见的电源和制冷，它们会影响管理以及快速部署的能力
基于单位 IT 运算所需的能源成本	高	低	与数据中心基础设施效率密切关联
性能可预见性	低或没有可预测性	通过标准化，实现高度可预测	传统方式过分定制化，在不断变化的数据中心内无法实现可预测的性能
热点可能性	高	非常低	管理应用程序可确保设备在区域内的最佳布置，以防热点出现
制冷效率	差	很好	房间级制冷单元通过过度规划，以克服地板下障碍物、距离、空气混合、需求矛盾等的影响
进行规划的能力	差	很好	标准化/可预测性解决迁移、添加和变更的“如果”假设。

自行部署 Vs 厂商协助部署

资源链接
第 140 号白皮书
数据中心项目：标准化过程

数据中心业主在部署高密度区域时有两种选择：自己处理或厂商协助部署。两种情况下均需要一份可靠的项目计划。关于数据中心项目和系统规划的更多具体信息，可参见第 140 号白皮书《数据中心项目：标准化过程》和第 142 号白皮书《数据中心项目：系统规划》。

自行部署

IT 管理人员无需太多经验即可轻松部署较小规模的区域或较小的数据中心（少于 20 台机柜）。如附录 A 所示，即一份工作单和检查单。此工作单可作为一份有益的指南，可方便收集指定和部署高密度区域所需的信息。该工作单假定项目业主已了解所规划的高密度区域的相关 IT 设备信息（如总功率要求、插接要求、机柜 U 高度要求以及通信电缆布设要求）。

资源链接
第 142 号白皮书
数据中心项目：系统规划。

如果工作单已正确填写，则对于选择何种区域密封方法，将可作出有依据的决策。TradeOff Tool™ 权衡工具 10：数据中心 InRow™ 气流遏制系统选择器，（见图 10）可协助选择最合适的区域遏制方法。该工具所生成的结果基于典型情况，在某些情况下推荐的遏制方案可能与实际的最终设计不同。

资源链接
权衡工具 10
数据中心 InRow™ 气流遏制系统选择器

遏制系统类型一经选择，将需要决定区域将包含哪些组件。工作单可协助数据中心人员决定是否采用专门的 UPS、PDU 或冷水机组。在某些情况下，某些参数选择和约束条件将决定哪些组件应包含在区域内，而哪些不应在其中。表 3 列出了可能影响高密度区域最终配置的约束条件。

表 3
各种约束条件下的高密度区域组件

约束条件	高密度区域要求
无	机柜和行级制冷单元
无备用配电位置	机柜、行级制冷单元和行级配电单元 (PDU)
现有 UPS 系统上无备用功率容量	机柜、行级制冷单元、行级 UPS 系统和行级 PDU
现有冷水机上无备用制冷容量	机柜、行级制冷单元和风冷冷水机
现有 UPS 和冷水机上无备用功率或制冷容量	机柜、行级制冷单元、行级 UPS 系统和风冷冷水机
现有 UPS 和冷水机上无备用功率或制冷容量，或无备用配电位置	机柜、行级制冷单元、行级 UPS 系统、风冷冷水机和行级 PDU

图 10
用于选择密封方法的交互式工具

数据中心InRow™气流遏制系统选择器

参数选择和限制对所推荐的气流遏制方案的影响

关于本工具 输入

限制

为新的区域选择地面布局 (必选)

请选择布局方式

(显示当前所选)

所选布局中沿X轴方向 米

参数选择

平均机柜功率密度

区域内行列数 1 2

每行内机柜数 小于5 5或更多

优先级1 优先级2 优先级3

注意: 当输入允许应用于一个以上的解决方案, 选择优先级会影响所推荐的解决方案。

所推荐的解决方案

无气流遏制系统

机柜气流遏制系统

热通道遏制系统

机柜前后气流遏制系统

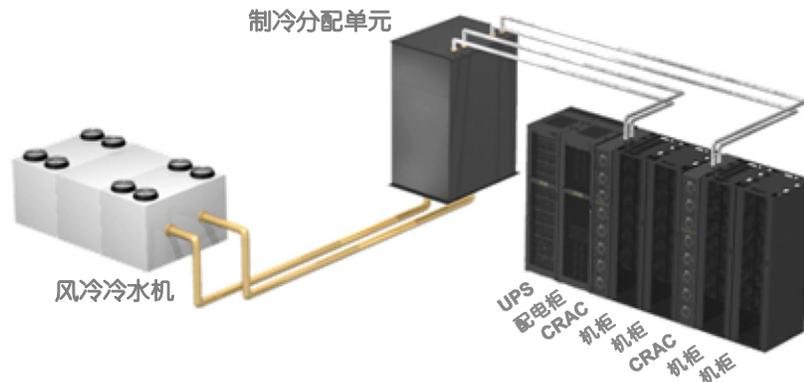
基于您的输入和布局选择, 本工具推荐“热通道气流遏制系统”的区域制冷解决方案。这是一个可以保护热面空间又提升制冷单元效率的解决方案。这种气流遏制系统解决方案必须安置在两列背面相对机柜行列之间。

下一步

Powered by APC INTERACTIVE 施耐德电气 LOGIC™ © 2008 施耐德电气旗下APC 版权所有, 未经书面许可, 任何组织和个人不得以任何形式对本工具系统内容使用、复写、复制、传播和转让。 TT 10 Rev 0

即使存在无备用 UPS、冷水机或配电容量的约束条件，仍然可通过安装区域专属的供电和制冷的高密度区域来延长现有数据中心的寿命。例如，图 11 中的高密度区域包括其专属的冷水机组、UPS 和配电。假定数据中心的电力输入线可为此整体方案提供足够的备用容量。在数据中心已没有足够的容量输入的情况下，必须决定是否增加电力输入或新建数据中心。在“租赁还是自建”的决策中还需要考虑其它超出本文范围的因素，如可用地面空间、虚拟化潜力、业务目标、租赁合同以及未来发展计划因素。

图 11
独立式一体化高密度区域



从确定需要高密度区域之时起，在所需预算获得批准的情况下，IT 及设施人员可望在 1 至 3 个月内将给定区域内的机柜安装完成。然而，公司内部过程可能会使拟定时间安排推迟。

厂商协助部署

尽管数据中心人员可以在没有外部协助的条件下部署高密度区域，但涉及有 20 台或更多机柜的数据中心的项目可能要复杂得多。在这种情况下，建议向设计专家和项目经理进行咨询。

厂商协助部署通常从评估现有数据中心或新建数据中心的设计计划开始。在任何一种情况下，评估均可向设计专家提供有价值的信息，包括参数选择和约束条件，由此将可实现最优的设计决策。评估将有助于回答相关的问题，如：

- 现有行可采用行级空调机进行更新以避免停机吗？
- 如果备用冷冻水容量不可用，是否应采用独立式空调单元取代风冷冷水机？
- 要提高未来高密度区域的部署速度，可以采取什么措施？

有效的评估（如施耐德电气旗下 APC 的刀片式服务器就绪状态评估）将测量主要备用电源和制冷容量以及备用分配容量。主要制冷容量可在冷却器处进行测量，而分配容量则在数据中心地板上的 CRAH 单元处测量。此数据将实现制冷容量的估算，并将约束条件与电流及未来需求进行比较。最终将有助于回答这一问题，“我何时会用完制冷容量而需要高密度区域？”

在测量和分析数据之后，将制定满足未来高密度需求的计划。最后，混合密度式数据中心的有效设计规划应涵盖供电、制冷和地面空间利用效率因素。有效的设计规划将使数据中心在未来同一时点上用尽其供电、制冷和备用资源，从而避免资源的闲置和浪费。

高密度区域的实时管理

行级制冷的构架使制冷性能的实时建模成为可能。设计工具可以根据单台机柜平均和峰值功率密度、遏制、冗余级别以及插接类型等高密度区域规范来配置机柜、行级空调、UPS 和配电。在高密度区域部署后，即使是在迁移、添加和变更发生之后，实时规划和管理工具也让 IT 人员能够保持运行状况可预见。相应设计和规划工具的实例包括施耐德电气旗下 APC 的规划设计工具 InfraStruXure Designer 和容量和变更管理器（Capacity and Change Manager）。



更多关于管理及其在可预期性能方面关键作用的信息，请参见第 150 号白皮书《数据中心供电和制冷容量管理》。

结论

以往要在同一数据中心空间中成功地混合部署高密度和低密度设备，对于 IT 人员是一个重大的挑战。传统的数据中心被设计为对均匀的机柜功率密度进行制冷，不能以可预见的方式对大量高密度机柜制冷。现在，行级制冷等构架可在现有或新建的低密度数据中心内快速部署高密度区域。在需要高密度机柜的场合下，现在可以加装模块化的行级电源和制冷，而不对现有机房级基础设施有任何不良影响。结合容量和变更管理系统，基于区域可实现高密度部署解决方案，这些解决方案即使在发生移动、添加和变更之后也能够保持独立于机房并实现可预见的运行。

关于作者

Neil Rasmussen 是施耐德电气旗下 IT 事业部—APC 的高级创新副总裁。他负责为全球最大的用于关键网络设备（电源、制冷和机柜等基础设施）科技方面的研发预算提供决策指导。

Neil 拥有与高密度数据中心电源和制冷基础设施相关的 19 项专利，并且出版了电源和制冷系统方面的 50 多份白皮书，其中大多白皮书均以十几种语言印刷出版。近期出版的白皮书所关注的重点是如何提高能效。他是全球高效数据中心领域闻名遐迩的专家。Neil 目前正投身于推动高效、高密度、可扩展数据中心解决方案专项领域的发展，同时还担任 APC 英飞系统的首席设计师。

1981 年创建 APC 前，Neil 在麻省理工学院获得学士和硕士学位，并完成关于 200MW 电源托克马克聚变反应堆的论文。1979 年至 1981 年，他就职于麻省理工学院林肯实验室，从事飞轮能量储备系统和太阳能电力系统方面的研究。

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获得了机械工程学的学士学位，而后在波士顿大学获得 MBA 工商管理硕士学位。Victor Avelar 是 AFCOM 和美国质量协会的成员。



资源

点击图标打开相应
参考资源链接

 **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

 **数据中心采用地板下送风的气流均匀性研究**
第 121 号白皮书

 **超高密度机柜和刀片服务器的冷却策略**
第 46 号白皮书

 **数据中心行级和机柜级制冷架构的优势**
第 130 号白皮书

 **数据中心物理基础设施中的标准化和模块化**
第 116 号白皮书

 **数据中心项目：标准化过程**
第 140 号白皮书

 **数据中心项目：系统规划**
第 142 号白皮书

 **数据中心供电和制冷容量管理**
第 150 号白皮书

 **利用气流管理盲板改善机柜冷却效果**
第 44 号白皮书

 **浏览所有白皮书**
whitepapers.apc.com

 **数据中心 InRow™气流遏制系统选择器**
权衡工具 10

 **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

如果您是我们的客户并对数据中心项目有任何疑问：

请与您的 **施耐德电气** 销售代表联系

附录 A

工作单和检查单

用于部署高密度区域

		数据 / 输入	值	备注
区域	1	关键性等级： 1、2、3 或 4		区域的可用性和可靠性目标，与企业任务相一致。关于选择合适的关键性等级的指导，见第 122 号白皮书。
	2	平均机柜功率密度 (kW)		每机柜平均 IT 负载。（区域的制冷将设计成对其进行处理。）
	3	峰值机柜功率密度 (kW)		该区域内任何机柜中的最大预期 IT 负载。（区域的制冷将按此进行设计。）
	4	是否有足够的市电接入容量来支持此高密度区域？（是 / 否）		电气市电接入容量必须能够支持由区域所产生的增量功率负载（IT 负载加电源/制冷基础设施）。
机房	5	数据中心地板类型 高架地板 vs. 混凝土地面		
	6	计入维修间隙，多大的地板至天花板高度可用于安装该区域的设备？（单位为 ft 或 m）		计入当地规范所要求的所有适用维修间隙的情况下，可用于当前及未来设备的高度。例如，喷洒装置将影响可用高度。
供电	7	该区域是否包括独立的专用 UPS？		如果为否，则跳至第 12 项
	8	UPS 或 PDU 的可用电源输入电压是多少？		
	9	向 UPS 或 PDU 供电的分配电盘可提供多大的电流？（A）		向机房供电的分配电盘的总备用电流 - 必须与第 21 项中的制冷设备共享。电工是此信息的最佳来源
	10	在面板中有多少 3 相断路器位置可用？		可供 UPS 和 PDU 使用的备用三相断路器位置的总数。电工是此信息的最佳来源
	11	优选 UPS 运行时间是多长？（分钟）		指导信息见第 52 号白皮书
	12	专用于数据中心的所有现有 UPS 系统的总备用容量		它将在计入所需冗余度和分配的条件下确定是否有足够的现有 UPS 容量来支持新的高密度区域。
	13	配电电缆将如何由 PDU 布设至机柜？ （地板下或者吊顶）		

数据 / 输入		值	备注
冷却	14	这一高密度区域将采用哪种方法？ 无气流遏制系统、热通道气流遏制系统或者机柜气流遏制系统？	
	15	现场已有哪些排热方法可用？ 冷冻水、乙二醇、制冷剂或者水冷？	识别现场可用排热系统的类型。这将有助于设计具有兼容型制冷系统的高密度区域。
	16	现有制冷系统的总“可感容量”是多少？ (kW)	现有制冷系统可用的总制冷容量（单位 kW）。对于冷冻水系统，这将是冷水机组容量。对于 DX 系统，这将是所有 CRAC 单元的总和。
	17	现有冷冻水系统的备用“可感容量”是多少？ (kW)	如果冷冻水备用容量将被用于此高密度区域，则应填写。
	18	制冷系统管道如何布设？ 地板下或者吊顶？	确定以下各项如何布设：DX - 乙二醇、冷凝水、加湿以及冷凝管线冷冻水 - 供水/回水管
	19	冷却水管道将如何布设至新的制冷单元？ 地板下或者吊顶？	制冷剂、加湿以及冷凝管线的布设
	20	新的 CRAC / CRAH 单元电源输入电压是多少？ (V)	如果为否，则跳至第 12 项
	21	可向新的 CRAC / CRAH 单元提供多大电流？ (A)	向机房供电的分配电盘的总备用电流 - 必须与第 9 项中的电气设备共享。电工是此信息的最佳来源。
	22	制冷解决方案对关键和非关键电源输入是否都需要？	如果为否，则跳过以下两项
	23	以何电压向制冷单元关键电源输入供电？	对风机和控制器供电的电压
24	以何电压向制冷单元的非关键性电源输入供电？	对压缩机（仅 DX 型）、加湿器和泵的电源电压。	

数据 / 输入		值	备注
监测/管理	25	高密度区域需要什么类型的物理安保系统? 门卡、摄像头、动作检测器	
	26	现有数据中心采用什么楼宇管理系统 (BMS) ?	
	27	现有数据中心采用什么网络管理系统? (系统名称/不使用)	
	28	仪表测量的优选水平是怎样? (典型配置或者完整配置)	识别高密度区安装仪表的最佳位置, 使用各种传感器例如温度, 湿度, 水和动作
	29	数据中心架构网络如何布线? 地板下或者吊顶?	架构网络是指连接数据中心基础设施设备的网络线缆