

用于IT环境的各种气流分配方案

第 55 号白皮书

版本 3

作者 Neil Rasmussen

> 摘要

在数据中心和网络机房，有九种基本的气流分配方案。这些方法在性能、成本及实施的难易程度上各有差别。我们阐述这些方案并对其各自的优势加以讨论。学会恰当地运用这些气流分配技术，无论对设施管理人员还是 IT 从业人员都是非常必要的。

目录

[点击内容即可跳转至具体章节](#)

简介	2
九种气流分配方案	2
推荐用于新建数据中心的气流分配方案	5
结论	8
资源	9

简介

资源链接
第 11 号白皮书
IT 环境中制冷和空调术语解释

数据中心排热是所有关键 IT 环境处理中最为基本而又最少为人所了解的内容之一。由于最新的计算设备变得越来越小，而耗电量则与其所替代的设备相同甚至更高，数据中心内会有更多热量产生。精密空调和排热设备用于收集热量并将其输送至室外大气中。

本文讨论了九种气流分配方法。这些信息将为 IT 从业人员进行成功选型、安装以及运行 IT 环境的制冷系统提供基础知识。对于本文所使用的各种术语的定义，请参考第 11 号白皮书《IT 环境中制冷和空调术语解释》。

空调机的工作原理

第 57 号白皮书《IT 设备空调系统的基本原理》提供了关于 IT 环境的热学特性，制冷循环的运行，精密制冷以及室外散热设备基本功能的相关信息。

资源链接
第 57 号白皮书
IT 设备空调系统的基本原理

制冷架构

一种制冷架构可以从根本上描述成：

1. 一种特定的排热方法
2. 一种特定的气流分配方案（本文的主题）
3. 为 IT 设备直接提供冷风的冷却装置的位置

为了提供关于整个数据中心制冷系统的信息，下文将对以上三个基本元素进行简单描述并附有它们所参考的白皮书。

资源链接
第 59 号白皮书
用于数据中心的各种制冷技术

排热

排热系统提供了大量冷却能力并将热量从 IT 环境传递或泵送到室外去。第 59 号白皮书《用于数据中心的各种制冷技术》描述了七种基本的冷却技术以及它们的组件。

气流分配

气流分配是本文的主题。

冷却装置的摆放位置

本文将冷却装置定义成为 IT 设备提供冷风的装置。冷却装置有四种基本摆放位置。通常，冷却装置同其它的散热设备是分离的。有些时候，整个制冷架构是“集装箱式的”并且放置在室外，紧靠数据中心。冷却装置的摆放位置在数据中心设计工程中起到重要的作用，包括总的制冷效率，IT 功率密度（kW/机柜）以及 IT 机柜空间的使用。参考第 130 号白皮书《数据中心行级和机柜级制冷架构的优势》可以获得更多的信息。

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

九种气流分配方案

气流分配与电力分配不同，电力分配受线缆的约束并在设计过程中清晰可见，而气流分配则受到房间设计的模糊约束。气流管理成为不同气流分配形式的主要目标。数据中心制冷系统效力的不同归根到底还是取决于气流分配的不同。

数据中心分配气流有以下三种基本方案：

- 自然送回风
- 精确送回风
- 气流遏制送回风

所谓自然送回风气流分配系统，就是仅利用房间的墙壁，天花板以及地板对送回风气流进行限制。这导致了冷风和热风的严重混合。

所谓精确送回风气流分配系统，一套机械装置（如通风管道，穿孔地板砖，放置在机柜行的冷却装置）直接将送回风控制在离 IT 设备进出风口三米以内的距离（10 英尺）。

所谓气流遏制送回风气流分配系统，IT 设备的送回风气流被完全封闭并隔离，以此消除冷风和热风间的混合。

这三种形式中的任何一种：自然送回风，精确送回风或气流遏制送回风，都可以使用在送风路径或回风路径。这就构成了九种可能的组合，或气流分配形式。所有这些形式都已经在不同的环境下使用，有时在同一个数据中心混合使用不同形式。

这九种气流分配形式见表 1。表中描述的是传统房间级制冷的运用，不一定能够支持所描述的最大功率密度。表 2 描述的是非传统房间级制冷的运用，在当今数据中心中使用越来越普遍。气流分配的实施以及气流管理的实际应用在以上九种气流分配方案中大大影响可支持的功率密度。例如，冷却装置可以放置在房间周边（表 1），或者它们可以被放置在机柜行中或室外（表 2）。一般情况下，气流分配实现的成本，复杂性以及功率密度（kW/机柜）容量在表的左上角是最低的，随着向下和向右的方向逐渐增大。

表 1

气流分配的九种方案
(运用在传统房间级制冷中)

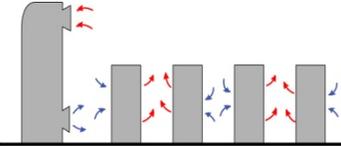
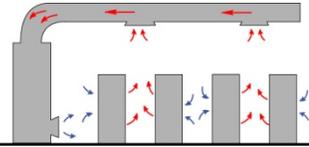
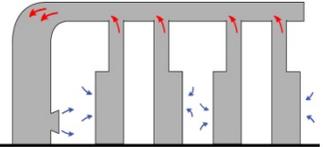
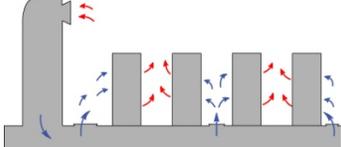
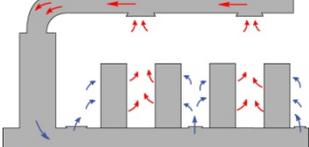
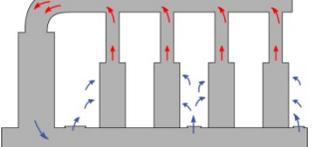
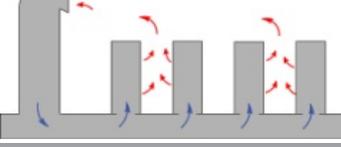
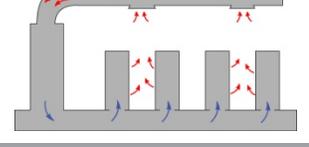
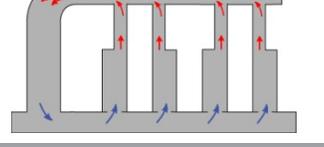
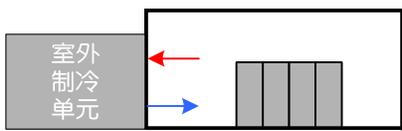
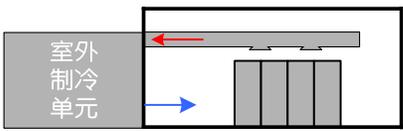
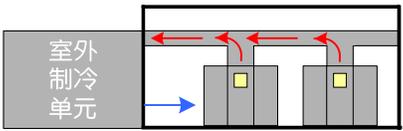
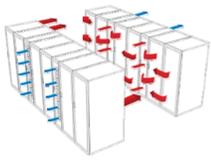
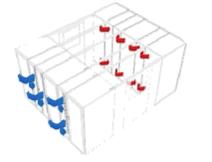
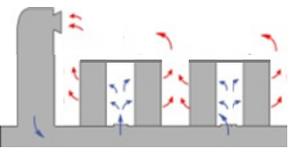
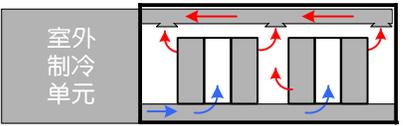
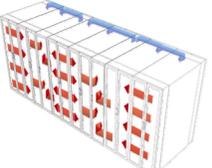
	自然回风	精确回风	气流遏制回风
自然送风	 <p>小型网络机房 (功耗低于 40kW) 绝大多数数据中心不推荐使用 成本低, 安装简单 在所有气流分配架构中能效最低, 原因是所有的冷送风气流将与热回风进行混合。送风温度难以预测。 可冷却功耗最高为 3kW 的机架</p>	 <p>一般用途 绝大多数数据中心不推荐使用 成本低, 安装方便 较自然回风更节能, 原因是 40-70% 的 IT 热回风将被捕获并输送回制冷设备。由于较少的热风与冷风混合, 送风温度较自然送风更可预测。 可冷却功耗最高为 6kW 的机架</p>	 <p>大型或托管数据中心 可升级的 (依厂商而定) 在所有气流分配架构中能效最高, 原因是这种架构允许较高的制冷设备送风温度, 从而增加了自然冷却的时长。70-100% 的 IT 排出的热风将被捕获并输送回制冷设备。由于热风不与冷风混合, 送风温度最可预测。 可冷却功耗最高为 30kW 的机架</p>
	 <p>功率密度相对恒定的数据中心 对新建数据中心不推荐使用 - 无法满足可预测的功率密度 较自然送风更节能, 原因是更多的热风被送回制冷设备。 可冷却功耗最高为 6kW 的机架</p>	 <p>小到中型数据中心 较自然回风更节能, 原因是 60-80% 的 IT 热回风将被捕获并输送回制冷设备。由于较少的热风与冷风混合, 送风温度较自然更可预测。 可冷却功耗最高为 8kW 的机架</p>	 <p>适合解决高热机架问题 可升级的 (依供应商而定) 较精确送回风能效率更高, 原因是 70-100% 的 IT 热风将被捕获并输送回制冷设备。由于热风不与冷风混合, 送风温度最可预测。 允许较高的制冷设备送风温度, 从而增加了自然冷却的时长。 可冷却功耗最高为 30kW 的机架</p>
	 <p>大型机或垂直气流机架 较精确送风更节能, 但与气流遏制回风相比效率较低。采用气流遏制送风, 导致房间其它区域成为热通道, 这限制了自然冷却的时长。由于较少的热空气与冷送风混合, 送风温度更可预测。 可冷却功耗最高为 30kW 的机架</p>	 <p>大型机或垂直气流机架 较精确送风更节能, 但与气流遏制回风相比效率较低。采用气流遏制送风, 导致房间其它区域成为热通道, 这限制了自然冷却的时长。由于较少的热风与冷风混合, 送风温度更可预测。 可冷却功耗最高为 30kW 的机架</p>	 <p>严格的非数据中心环境 由于风扇能耗较高, 比采用自然送风或精确送风和气流遏制回风的方案效率稍低。 允许较高的制冷设备送风温度, 从而增加了自然冷却的时长。 可冷却功耗最高为 30kW 的机架</p>
气流遏制送风			

表 2

非传统房间级制冷方案的运用

	自然回风	精确回风	气流遏制回风
自然送风			
	硬地板环境，制冷设备位于室外 绝大多数数据中心不推荐使用 由于气流混合妨碍 IT 入口温度的可预测性，造成低效。	硬地板环境，制冷设备位于室外 绝大多数数据中心不推荐使用 由于气流混合妨碍 IT 入口温度的可预测性，造成低效。	硬地板环境，制冷设备位于室外 推荐用于新建数据中心 由 IT 温度控制制冷设备的变频风机
	与传统房间级制冷方案相同 见表 1 中精确送风/自然回风方案	硬地板环境，行级制冷设备 推荐用于 1MW 以下的数据中心 由 IT 温度控制制冷设备的变频风机	硬地板环境，行级制冷设备 推荐用于 1MW 以下的数据中心 由 IT 温度控制制冷设备的变频风机
精确送风			
	硬地板环境，制冷设备位于周边 不推荐用于新建数据中心 已有数据中心中较好的解决方案 由压力控制制冷设备的变频风机，由 IT 温度控制活化地板	硬地板环境，制冷设备位于室外 由于采用气流遏制送风，精确回风价值不大，因此不推荐使用 由压力控制制冷设备的变频风机，由 IT 温度控制活化地板	硬地板环境，行级制冷设备 仅推荐用于对环境需要严格控制或某一行机柜需要气流遏制的已有数据中心（例如在已有热通道中强制添加一行机柜） 由 IT 温度控制制冷设备的变频风机
气流遏制送风			
	硬地板环境，行级制冷设备 仅推荐用于对环境需要严格控制或某一行机柜需要气流遏制的已有数据中心（例如在已有热通道中强制添加一行机柜） 由 IT 温度控制制冷设备的变频风机		

推荐用于新建数据中心的气流分配方案

数据中心气流分配系统的一个关键目标就是将 IT 设备的出风与进风隔离开以防止 IT 设备过热。出风与进风的分离也大大提高了排热系统的效率与能力。根据制冷设备的位置（例如：周边布置或行级摆放），随着设备功率密度的增加，出风量与进风量也相应增加，这需要气流分配的方案能够减少送回风气流混合的这种趋势。因此，随着功率密度的增加，采用精确送回风或气流遏制送回风（根据制冷设备的位置）是必要的。更多信息请参考第 135 号白皮书《热通道与冷通道气流遏制对数据中心的影响》。

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

随着计算设备功率密度的提高以及 IT 负载的动态变化，数据中心与网络机房的冷却面临重大挑战。服务器的整合与虚拟化，以及服务器与存储系统物理尺寸的缩小导致高功率密度与高热量的产生。尽管数据中心中每机柜的典型功耗还维持在 3kW 这样一个水平，但设备可以被配置成每机柜消耗 30kW。这造成传统高架地板自然气流回风系统的搁浅容量，由于高架地板设计只能

>使用高架地板的 注意事项:

使用高架地板需要注意的事项有专业工程设计、成本、设计时间、净空要求、抗震性、安全隐患、保密隐患、地板承重，进口斜坡以及其它问题。这些问题在第 19 号白皮书《重新考察高架地板对于数据中心的适用性》中有更详细的讨论。

资源链接 第 19 号白皮书

重新考察高架地板对于数据中心的适用性

资源链接 第 153 号白皮书

在现有数据中心中应用冷热通道气流遏制

资源链接 第 134 号白皮书

在低密度数据中心中部署高密度区域

够为每机柜提供 5 - 6kW 的制冷能力。而且，虚拟化的使用与虚拟机的相关迁移导致房间内潜在动态“热点”的危险。

虽然通常认为数据中心应使用高架地板，但任何规模的数据中心都可以且采用无高架地板设计。绝大多数局域网机房和网络机房都没有采用高架地板。许多新建的大容量数据中心也未使用高架地板。

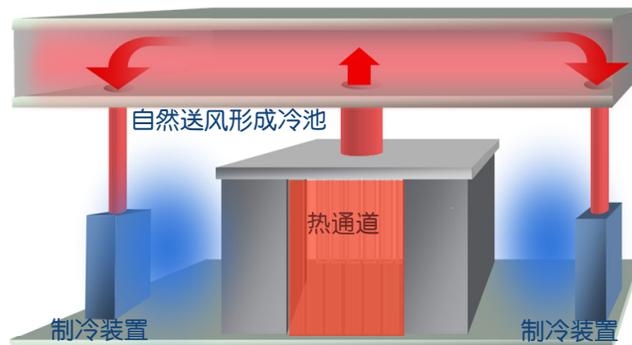
为新建数据中心选择合适的气流分配方案

对不同方式气流分配系统的了解是正确使用各种方式的重要基础。尽管情况各异，但还是能够给出各种方式使用的一般指导。

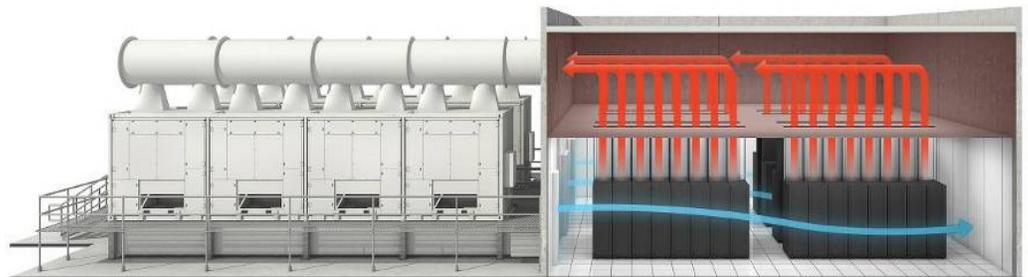
以下是进行有效设计的一个重要原则：根据所需平均功率密度设计气流分配系统，并使其制冷能力能够适应峰值功率。虽然高密度机柜一般只占总负载的一小部分，但事先无法准确预测他们在数据中心的位置。在使用传统设计方法的数据中心中，由于担心不能充分冷却潜在“热点”，而把制冷机组与气流分配系统设计的过度规划，这样不仅会导致资金和运行费用飙升，而往往仍达不到预期效果。气流遏制回风不仅能冷却高热密度区域，同时还可避免因制冷系统过度规划导致的额外成本。图 1, 2 和图 3 给出了新建数据中心中热通道气流遏制解决方案的举例（例如气流遏制回风）。

更多关于已有数据中心气流分配信息，请参考第 153 号白皮书《在已有数据中心中应用冷热通道气流遏制》与 134 号白皮书《在低密度数据中心中部署高密度区域》。

可以注意到采用气流遏制送风或回风的任意一种足以阻止气流混合。因此，不推荐同时使用气流遏制送回风的气流分配方式，因为同时封闭送回风气流将增加额外成本，而且得不到额外的好处。但对环境需要严格环境控制的全封闭 IT 机柜除外。



采用自然送风和气流遏制回风方案，制冷装置位于机房周边



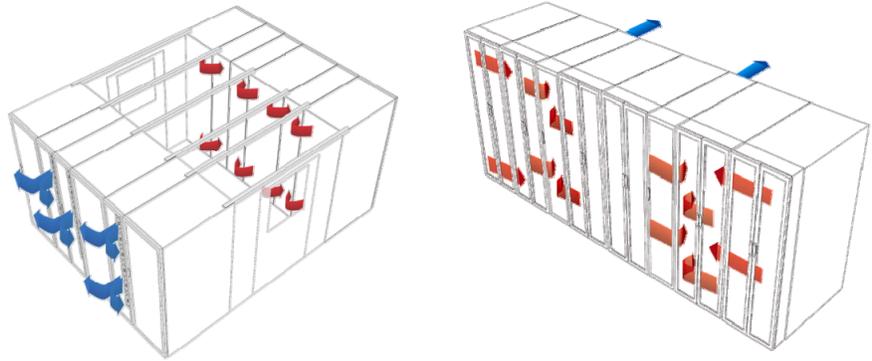
采用自然送风和气流遏制回风方案，制冷装置位于机房室外

图 1

用于新建数据中心通道气流遏制举例—自然送风和气流遏制回风

图 2

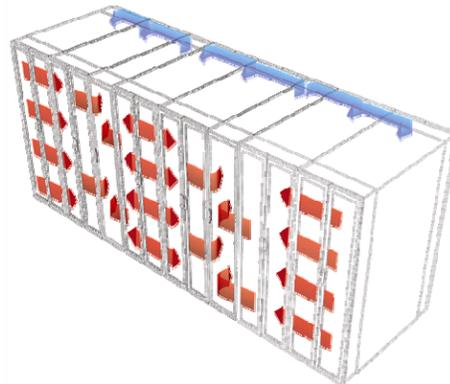
用于新建数据中心通道气流遏制举例—精确送风和气流遏制回风



采用精确送风和气流遏制回风方案，制冷装置位于机柜行间

图 3

用于新建数据中心通道气流遏制举例—气流遏制送回风



采用气流遏制送风和气流遏制回风方案，制冷装置位于机柜行间

结论

数据中心和网络机房的各种制冷系统，主要是气流分配方式上有所不同。送回风系统各有三种不同配置，它们又可以组合成九种基本气流分配系统。这九种气流分配系统各有所长，可应用于不同场合。

了解这九种气流分配系统及其特性，可帮助我们确立何时应用哪种系统的指导方针。本文给出了新建数据中心，采用高架地板的现有数据中心以及其它特殊情况。

大多数情况下，数据中心的首选为硬地板。与流行观点相悖的是，硬地板环境中的冷却系统的性能可与高架地板环境相媲美，甚至更好。

总之，对于功耗范围在 5 -15 kW 的机柜，可采用气流遏制送风或回风的方式进行冷却。除了 IT 机柜需要严格的环境控制，将不推荐使用送回风通道同时封闭。由于功耗为 5 -15 kW 的机柜一般只占数据中心负载的很小一部分，因此，常常将此方法与其他简单方法结合使用。送风或回风的全通道封闭允许数据中心按照平均热负荷进行设计，但仍能够根据需要对高密度机柜进行冷却。



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 25 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。



点击图标打开相应
参考资源链接



IT 环境中制冷和空调术语解释

第 11 号白皮书



IT 设备空调系统的基本原理

第 57 号白皮书



用于数据中心的各种制冷技术

第 59 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



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



重新考察高架地板对于数据中心的适用性

第 19 号白皮书



在现有数据中心实施热通道和冷通道气流遏制系统

第 153 号白皮书



在低密度数据中心中部署高密度区域

第 134 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