

利用上走线方式让 数据中心布线更加节能

第 159 号白皮书

版本 0

作者 Victor Avelar

> 摘要

数据中心采用吊顶的线缆桥架的上走线方式替代地板下走线的方式敷设电力和数据线缆，可以获得 24% 的节能收益。高架地板下布满线缆而形成障碍将使冷风很难到达机柜端为机柜提供足够的冷量。为了线缆接入机柜或者配电柜会在高架地板上形成的线缆切口，这将导致 35% 的冷风泄露。因此，线缆的阻碍和冷风的泄露导致过高的风机功率，制冷设备过度规划和选型，过高的水泵功率和过低的空调送风温度设定。本文着重讨论这些问题，并量化其对能耗和能源成本产生的影响。

目录

[点击内容即可跳转至具体章节](#)

简介	2
地板下走线方式的弊端	2
吊顶上走线方式更加节能	4
模块化的线缆桥架	5
结论	7
资源	8

简介

尽管从能效的角度考虑高架地板下送风并不是最佳的部署方式，但是高架地板作为送风通道将冷空气送至服务器进风口却是一种普遍采用的数据中心制冷方法。空调末端的风机将冷风输送到地板下，但是这种送风方式并不是唯一的途径。许多新建的数据中心已经放弃配置昂贵的高架地板，而将设备直接安置在经过处理的混凝土地坪上。它们使用行级、吊顶或房间级空调配以热通道气流遏制系统来冷却服务器。这种采用地坪的方式需要采用吊顶上走线的布线方式，而许多数据中心也趋向于使用吊顶上走线的布线方式。

在两种情况下，数据中心业主们都需要解决如何敷设电力和数据线缆的问题。采用高架地板下送风的数据中心通常在地板下敷设电力和网络数据线缆。这些线缆穿过地板上的线缆切口从机柜后部接入 IT 机柜。线缆切口会导致冷风不经过 IT 服务器前端的进风口直接与机柜后部的废热发生混合。这种设计方案会导致“热区”的产生和在地板下的送风路径形成障碍，以及降低制冷系统的整体效率。

本文将分析地板下走线对制冷和电力损耗的影响，并得出采用吊顶线缆桥架敷设网络数据线缆和电力线缆能够降低 24% 的风机和水泵功率的结论。

地板下走线方式的弊端

地板下走线方式使能耗升高，从以下三个方面：

- 线缆导致冷风输送受到阻碍
- 冷风从机柜的线缆切口泄露，与热风发生混合
- 冷风从配电柜的线缆切口泄露，与热风发生混合

线缆导致冷风输送受到阻碍

当在地板下添加新的网络 and 电力线缆时，很少移除现有的闲置线缆来清理空间。大多数情况下，为了将宕机的风险最小化，线缆被留在原地。线缆不断地累积造成气流路径受阻，最终导致数据中心内部“热区”的形成（见图 1）。

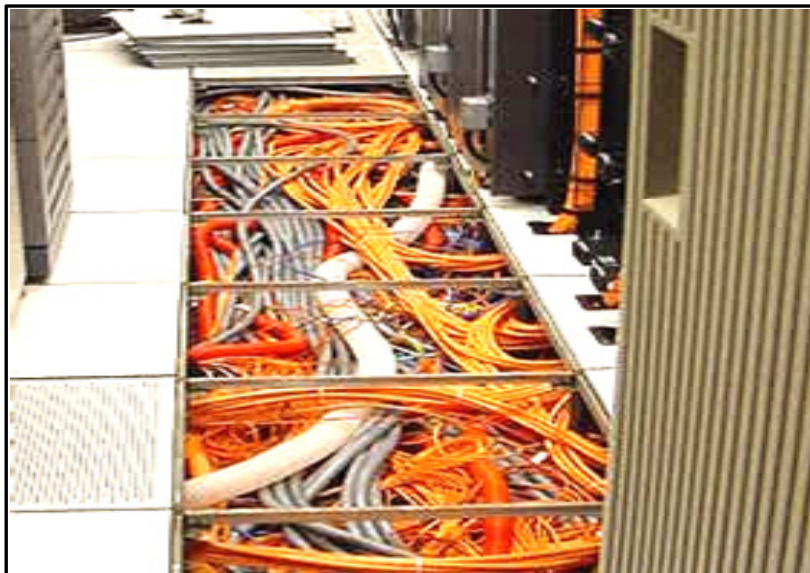


图 1

地板下的线缆阻碍冷风输送至服务器机柜

常见的解决方式是增加更多的空调末端，这样做的目的并不是为了增加制冷容量，而是额外的风机功率来增加静压补偿地板下障碍造成的损失。由于线缆隐藏在地板下，所以线缆的累积并不易于察觉。相反的，采用吊顶桥架布线在数据中心生命周期内更易于维护和管理。

“当在地板下添加新的网络和电力线缆时，很少移除现有的闲置线缆来清理空间。大多数情况下，为了将宕机的风险最小化，线缆被留在原地。”

”

冷风从机柜的线缆切口泄露，与热风发生混合

地板下走线要求线缆穿过地板砖从机柜后部接入机柜。地板砖上的线缆切口面积约为 20x20 厘米（8x8 英寸）。一般只有一半的面积有缆线穿过。冷风会从剩下一半面积泄露，进入热通道与废热发生混合（冷热通道布局）。

热通道本应该是数据中心热空气汇聚的地方，热空气应该从这里回到空调末端（CRAH）。冷空气泄露进热通道会导致回到空调末端的热风温度降低，降低了所能提供的冷量，即散热能力。例如，一个空调末端在 27°C（80°F）回风温度时提供 70 kW 的所能提供的冷量，那么当热回风温度是 22°C（72°F）时，所能提供的冷量降低至 43kW。由于冷热风提前发生混合而损失冷量导致“热区”的产生，很多时候却被误认为需要增加空调末端的数量。

冷风从配电柜的线缆切口泄露，与热风发生混合

多数配电柜都配置有高达 42 个开关位置，这意味着有高达 168 路线缆链接至 IT 机柜。除了支路导线，还有主输入导线接入配电柜。安装和移除这些导线需要在配电柜下开一个 0.8-1.5 m²（9-16 ft²）的进线口。这种方式导致的冷风泄漏同样会对制冷系统效率产生消极影响（见图 2）。

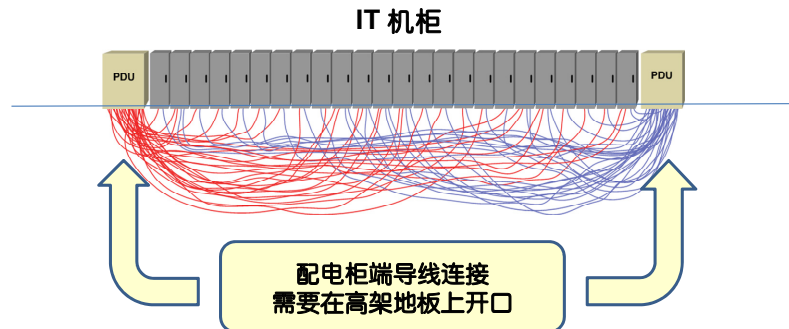


图 2

线缆切口或者地板砖缺失是冷风泄露的主要原因

吊顶上走线方式 更加节能

吊顶上走线方式通过降低风机功率和水泵功率达到节能的目的。如果提高冷冻水的供水温度，还可以实现节约冷水机的能源成本。下面我们通过一些列给定条件对一系列数据中心进行建模来评估采用吊顶层架敷设网络线缆和电力线缆的上走线方式的节能效果。分析中的给定的条件如下：

- 数据中心容量 (IT)：1 MW
- 制冷系统：冷冻水
- 定速 CRAH 风机
- 采用地板下走线方式的机柜进风温度：18°C (65°F)
- 采用吊顶上走线方式的机柜进风温度：20°C (68°F)
- 平均机柜密度：每机柜 2 kW
- IT 设备温差 ΔT ：11°C (20°F)
- IT 机柜数量：500
- 平均每机柜线缆切口面积：0.03 m² (0.33 ft²)，保守估计为当 8"x8"切口有部分线缆穿过。
- 机柜线缆切口总面积：15 m² (167 ft²)
- IT 设备所需最小风量：56,652 L/s (120,038 CFM)
- 热风泄露混合：IT 设备所需风量的 5%
- 每机柜前部平均进风量：113 L/s (240 CFM)
- 25%通风率的穿孔地板转：0.09 m² (1 ft²)
- 机柜平均进风速度：73 m/min (240 ft/min)

按此分析，1MW 数据中心在 100%负载时，其 500 个机柜的平均功率密度为每机柜 2 kW。表 1 显示经过计算的线缆切口面积机器冷风泄露量占总 IT 设备风量的比例。在采用高架地板送风的配置中，IT 机柜后部线缆切口的冷风泄露占比明显是最大的。

表 1

带切口的地板下走线与吊顶上走线线缆切口面积对比

位置	地板下走线		吊顶上走线	
	m ² (ft ²)	%泄露	m ² (ft ²)	%泄露
IT 机柜后部	15 (167)	33%	0 (0)	0%
PDU 下部	2 (20)	4%	0 (0)	0%
CRAH 后部	8 (88)	18%	6 (65)	13%
总面积	25 (274)	55%	6 (65)	13%

采用吊顶上走线方式敷设电力和数据线缆够减少总冷风泄露比例至 13%。空调末端 (CRAH) 的回风温度也将因为泄露的减少而显著上升，每台空调末端 (CRAH) 的制冷能力也会因此上升，最终所需要的空调末端 (CRAH) 的数量将会由此减少。表 2 显示地板下走线和吊顶上走线的建模结果。机柜进风温度和 CRAH 的送回风温度是基于冷、热风泄露之间的能量守恒原则。分析显示，t 空调末端 (CRAH) 的数量从 42 台减少至 31 台。这还会给风机和水泵的功耗带来 24% 节能效果。

本项分析并不包含由于地板下送风的风阻减少所获得的收益。从地板下移除废弃的线缆还可以进一步增强上述节能的效果。除了节能，少使用 11 台空调末端 (CRAH) 能够节省大量的投资成

本，约为\$90,000。最后，分析中两种情况下都是用专属的冷冻水系统，供水温度相同。但实际上，提高冷冻水温度也会相应的提高冷水机效率，是整个系统更加节能。

表 2
分析结果汇总

	地板下走线	吊顶上走线
机柜进风温度	18.3°C (65°F)	20.0°C (68°F)
CRAH 送风	17.7°C (64°F)	19.4°C (67°F)
CRAH 回风	23.0°C (73°F)	29.6°C (85°F)
CRAH 温差 ΔT	5.3°C (9°F)	10.2°C (18°F)
CRAH 装置数量	42	31
风机功耗	160 kW	118 kW
水泵功耗	20 kW	19 kW
总功耗	180 kW	137 kW
功率节约	24% 137 kW	

模块化的线缆 桥架

即使是吊顶上走线方式也会陷入线缆“纠结”的麻烦，即一大捆线缆绞缠在一起，难以分辨。当这种情况发生时，就无法在敷设新线缆的同时将废弃不用的线缆一并移除。线缆桥架将会因为承重问题开始变得松动，这将增加设备出现故障的风险。

例如一行装满服务器和网络设备的机柜。连接集线器和交换机的线缆沿机柜顶部的桥架敷设。当一个线缆触点断开时，两点之间的连接就会消失。在这种情况下发生时，在大量的、成捆的线缆中找到并移除这根故障线缆是非常困难或者说是几乎不可能的。此时，通常直接敷设新的线缆来连接这两点。但是原有的故障线缆就被遗留在原处。经过一段时间，这种不断地累积将导致 80% 的废弃线缆留在原处，线缆的总量显著增加。

线缆桥架不能为逐渐增加的线缆提供支撑，需要安装更多的支架。此外，在同一水平面内能够部署线缆的空间也变得越来越小，最终消耗殆尽。

针对这种问题的解决方案是利用安装固定在不同的水平面上的线缆桥架管理线缆（见图 3 和 4）。利用分层的线缆桥架理线方式，数据中心人员能够对线缆的位置，集成和移除不断地进行分类和规划。当需要移除废弃线缆时，从小捆的线缆中找到需要移除的废弃线缆是非常容易的。

随着数据中心的不断变化，现有设备被不断地迁入和迁出，新的设备不断地安装。这些变更导致线缆配置不断地变更。因此线缆桥架系统的设计方案要满足这些变更的需求。新的线缆桥架基础设施需要兼容原有的系统，并能与之互相交换。吊顶线缆桥架系统要有足够的柔性，在不对原有系统做根本性改变的情况下进行部署。

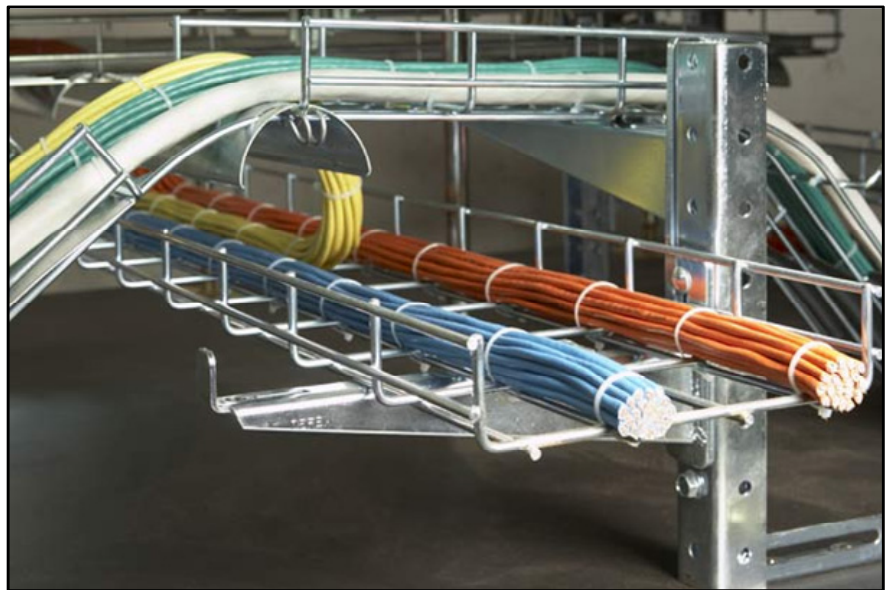
图 3

采用模块化线缆桥架能够分层敷设线缆，线缆更加易于维护



图 4

多层线缆桥架示例



结论

由于线缆在高架地板下拥塞形成“气坝”阻碍冷风输送造成巨大的能源浪费。而且线缆穿过地板砖会造成冷风逃逸和泄漏，并与热风发生混合。建模和分析显示采用吊顶线缆桥架敷设电力和数据线缆能够降低 24% 的制冷系统风机和水泵的功耗。

通过采用吊顶上走线方式节能是现实的，同时还可以通过改善线缆的维护方法来提高可靠性。在吊顶线缆桥架上敷设网络 and 电力线缆具有诸多优点。当采用高架地板下送风时，由于地板下没有敷设线缆，风阻将大大降低。而由于地板砖上没有走线所需的切口，冷风泄露也将减少。这就使冷却服务器所需的风机功率降低。此外，采用吊顶上走线的方式也削弱了高架地板存在的必要性，从而提供了摒弃高架地板，节省投资的机会。

吊顶线缆桥架的技术在最近几年中取得了长足的进步。这些系统现在以模块化的方式为动态数据中心环境提供更多的柔性部署方式。良好的布线方案应当是部署多层的吊顶上走线线缆桥架系统。



关于作者

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 (Babson College) 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。



点击图标打开相应
参考资源链接



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