

# IT 设备空调系统的 基本原理

## 第57号白皮书

版本 4

作者 Tony Evans

### > 摘要

每位负责计算机设备运营的 IT 专业人员都需要了解数据中心或网络机房内的空调功能。在本白皮书中，主要会介绍计算机房空调系统的基本组件及其作用。掌握本文所述的知识将为 IT 专业人员选型、安装和运营关键设施奠定基础。

### 目录

*点击内容即可跳转至具体章节*

简介	2
IT 环境内热量本质	2
制冷循环	2
制冷环境能耗	4
制冷环境在 IT 制冷系统中的应用	5
IT 制冷系统制冷循环的变化	6
结论	6
资源	7

## 简介

IT 机房或数据中心在用电的同时会产生热量，而这些热量必须从这些空间里排走。数据中心和 IT 机房排热是理解关键 IT 环境工作流程最基本也是最起码的要点之一。制冷不当或不足将严重损害 IT 设备的使用寿命和可用性。了解空调基本原理和精确制冷系统的基本布置方法可以促进 IT 专业人员和制冷专业人员之间的有效沟通，以便更好地选择、操作及维护制冷解决方案。

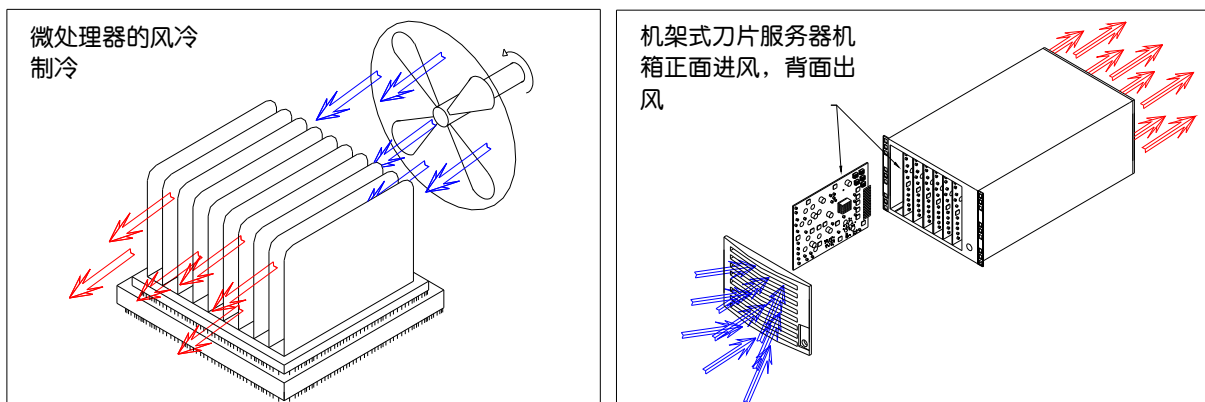
本白皮书将从 IT 的角度介绍精确制冷系统的基本工作原理和主要组件，为数据中心或网络机房的技术规格和设计提供基本的概念。本文是施耐德电气旗下 APC 推出的关于高级制冷技术知识的系列白皮书之一，旨在为对这方面知识有兴趣的读者提供参考。

## IT 环境内热量的本质

热量是能量的一种。当数据中心内的 IT 设备用电时，便会产生热量。除极少数的情况之外，IT 设备用电量的 99% 以上被转换成了热量。如果不将这些多余的热量排出，室内温度就会不断升高，并最终导致 IT 设备发生故障。服务器所产生的热量中约有 50% 来自于微处理器本身，故而可以使用风机将冷风对准芯片组件直吹进行制冷。含有微处理器的服务器或机架式刀片服务器通常从机箱的正面进风，然后从机箱背面出风，请参见图 1。目前，服务器产生的热量呈上升趋势。一台刀片式服务器机箱可向 IT 机房或数据中心释放 4 千瓦 (kW) 的热量。这一热量输出相当于 40 支 100 瓦 (W) 灯泡释放的热量，并且高于许多家用电烤箱所产生的热量。

图 1

微处理器和服务器  
制冷气流

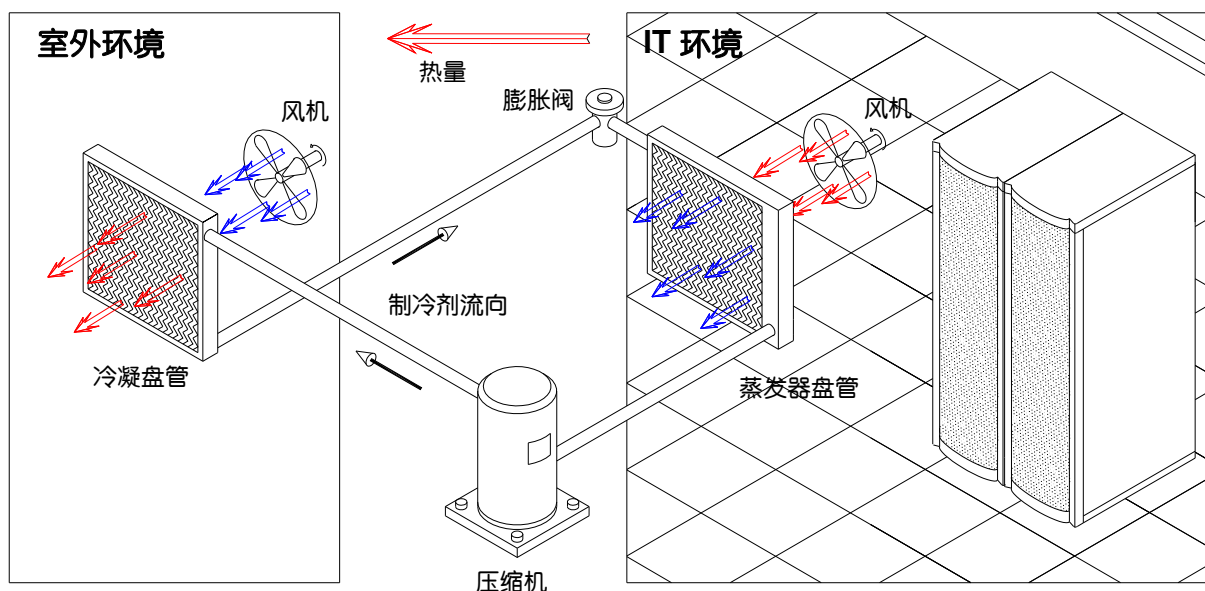


热量具有一种独特的特性，即它只能从高温向低温朝着这一个方向转移流动。比如，将一个温度较低的物体放到一个温度较高的房间内，这个物体的温度不但不会下降，反而只会升高，因为热量是从高温的房间转移至低温的物体。由此，人们发明了空调和冰箱。它们利用电能或机械能将热量从一个位置转移到另一个位置，甚至可以将热量从低温空间逆势转移到高温空间。利用这些装置，即使室外的温度高于数据中心内的温度时，我们也可以将热量排到室外，这种功能为高功耗计算机设备在密闭空间内正常运行给予了重要保证。了解这种功能的工作原理是理解 IT 制冷系统的设计和运行的基础。

## 制冷循环

热量从 IT 机房被转移到室外环境实际上是通过制冷循环来完成的。这种方式已经被使用了上百年。制冷循环是一种被称为“制冷剂”的液体的闭合循环过程，包括蒸发、压力变换、冷凝和流量调节。图 2 所示即为制冷循环及其应用于 IT 环境中的主要组件。它的具体工作流程和组件下面我们将详细介绍。

图 2  
通过制冷循环排热



## 蒸发

蒸发是将热量从 IT 机房排出的第一步。蒸发器盘管的工作原理类似于逆向工作的汽车散热器。IT 机房的热风被风机送到蒸发器盘管，同时向这些由管道组成的盘管供应低温制冷剂。（如何冷却制冷剂，我们将在后文中说明）。当 IT 机房热风穿过低温蒸发器盘管时，热风被冷却，其所形成的冷风被送回 IT 机房。

虽然蒸发器盘管本身是冷的，温度约在  $7.8^{\circ}\text{C}$  ( $46^{\circ}\text{F}$ )，但是其内的制冷剂仍然会蒸发或沸腾，从液态转化为气态<sup>1</sup>。而让制冷剂蒸发的正是来自 IT 机房的热量，在这个过程中热量被转移到了制冷剂上。制冷剂在这时转换成为低温气态物质，从细小的管道里将热量带出 IT 机房。

## 压缩

如图 2 所示，携带有数据中心热量的低温气态制冷剂被送入压缩机。压缩机有两个重要作用：

1. 它推动携带有热量的制冷剂在制冷回路里流动。
2. 它将来自蒸发器盘管的气态制冷剂压缩到 200psi 或 1379kPa 以上<sup>2</sup>。

气体的一个基本属性是在压缩后测量温度会上升。因此，压缩机内流动的气态制冷剂经过压缩后会变热，温度约在  $52^{\circ}\text{C}$  ( $125^{\circ}\text{F}$ ) 以上。压缩造成温度上升是制冷回路将热量释放到室外环境的一个关键环节。

## 冷凝

压缩后的高温制冷剂将 IT 机房的热量从压缩机带到冷凝盘管。就像蒸发器盘管一样，这个盘管的作用也是将热量转移到另一个介质上，比如空气。但是，蒸发器盘管的温度比通过盘管的气流温度低，而冷凝盘管的温度却比空气温度高。也就是说冷凝盘管会加热空气气流，而冷却其内部

<sup>1</sup> 大多数人都知道水的沸点温度为  $100^{\circ}\text{C}$  ( $212^{\circ}\text{F}$ )。那么要如何使制冷剂在  $7.8^{\circ}\text{C}$  时沸腾呢？根据每一种物质的构成和压力，它们都有一个特定的沸点温度。空调系统就是通过小心调节压力，使得制冷剂在  $7.8^{\circ}\text{C}$  左右温度时达到沸腾。以此类推，制冷系统的制冷剂沸点温度通常更低。

<sup>2</sup> Psi = 磅/平方英寸

kPa = 千帕

流过的高温气态制冷剂。热量从制冷剂转移到空气中。空气一般由风机送到冷凝盘管，也就将热风送到室外。利用这种方法，IT 机房的热量被排到了室外。

## 膨胀

冷凝盘管内的制冷剂为高温高压液态物质。然后制冷剂经由管道送到一个被称为“膨胀阀”的装置，这个装置位于蒸发器盘管的入口处。这个阀对于制冷循环有两个重要作用：

1. 它可以按照一定额度精确调整高压制冷剂在低压蒸发器盘管里的流量，保持适当压差，确保制冷剂在离开盘管前全部得到充分蒸发。
2. 在从膨胀阀离开并重新进入蒸发器盘管后，制冷剂可以重新被数据中心热量所蒸发（沸腾）。

这样制冷循环就可以反复进行，其结果就是热量不断流入蒸发器盘管又不断从冷凝盘管流出。以这种方式工作的空调可以不断将热量排出数据中心。

## 制冷剂

所有的空调都含有一定量的，被称作“制冷剂”的液体。制冷剂是一种用来将 IT 环境内产生的热量转移到室外环境的物质。许多常见的物质都可以被用作制冷剂，包括氨气、二氧化碳、空气和水。当前的系统通常使用不易燃且无毒的氟化烃作为制冷剂。这些制冷剂通常以其 ASHRAE（美国采暖、制冷和空调工程师协会）编号作为名称代号。由于以往使用的 R-12 制冷剂会破坏臭氧层，出于环保考虑，现在已被禁止使用。现如今，IT 环境内最常见的制冷剂是 R-22 制冷剂。但在 2010 年，已经明确立法禁止生产使用 R-22 制冷剂的设备。未来，制冷设备制造商很可能利用环保型的替代物质作为制冷剂，比如 R-134a。IT 专业人员和制冷专业人员应当协同合作，在基于环保政策和设备预期使用寿命的综合考量下，确保选择正确的制冷设备和制冷剂。

## 制冷循环的能耗



资源链接

第 25 号白皮书

计算数据中心的总制冷量

泵循环运送 IT 机房的热量需要耗电。但是要搞清楚具体需要耗电多少，您首先必须知道 IT 环境到底会产生多少热量。关于这方面的详情，可参见第 25 号白皮书《计算数据中心的总制冷量》。在 IT 机房里，耗电量与其产生的热量大体相同，也大致等同于所需的制冷容量。因此，这也是何以精密空调的额定功率以 kW 为单位，而不采用传统的 BTU/小时。

计算一个 IT 机房制冷所需的耗电量非常简单。风机在蒸发器盘管和冷凝盘管循环送风需要消耗的电能相当于额定制冷容量 (kW) 的 5~10%。压缩机消耗的电能约为额定制冷容量 (kW) 的 20~30%。也就是说，每从 IT 机房排出 1000 瓦热量，空调约需要消耗 350 瓦的电能。不幸的是，鉴于我们在其它白皮书中已经探讨过的原因，IT 机房空调的工作效率一般远低于其设定值。一个普通的、常见的空调系统的实际耗电实际上大体等同于所需处理的制冷容量。

关于区域关键的设施内的空调效率详情，请查看以下白皮书（本文最后提供有参考资源链接）：



资源链接

第 49 号白皮书

数据中心或网络机房内可能降低冷却性能的可避免错误

第 49 号白皮书《数据中心或网络机房内可能降低冷却性能的可避免错误》

第 44 号白皮书《利用气流管理盲板改善机架冷却效果》



资源链接

第 44 号白皮书

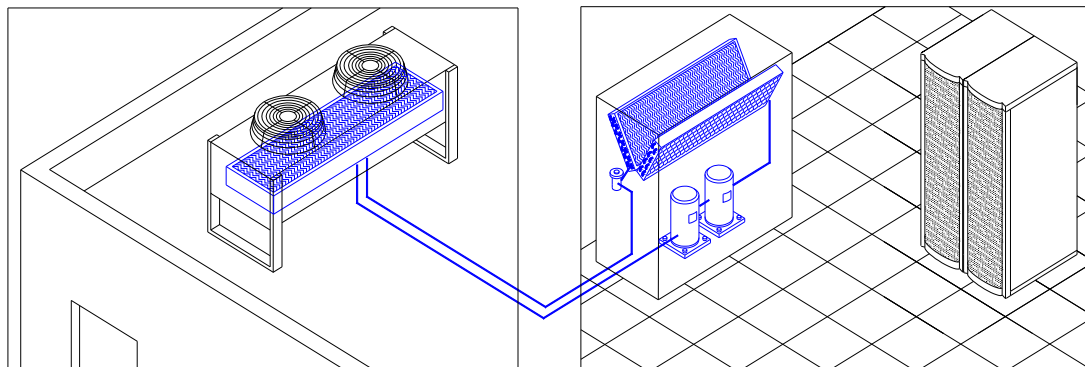
利用气流管理盲板改善机架冷却效果

## 制冷环境在 IT 制冷系统中的应用

### 资源链接 第 56 号白皮书

任务关键制冷系统与普通的空调有什么不同？为什么？

图 3  
普通排热和散热组件



### IT 环境之内的制冷设备（室内机）

IT 机房或数据中心内精密制冷系统的常见配置包括大型落地式 IT 机房空气调节装置（CRAC）、IT 机房空气处理装置（CRAH）、吊顶式空调以及便携式空调（也称作“热点冷却器”）。关于这些排热装置的详情，请参见第 59 号白皮书《用于 IT 环境的不同类型的空调设备》。所有常见的计算机空调都可以进行制冷，但是还有许多送风量、出风量和连接问题需要 IT 专业人员小心注意，因为任何一个环节出现失误都可能导致 IT 设备发生故障。如图 3 所示，一个落地式 IT 机房空调系统可以将 35~150 kW 的热量从 IT 环境内排出。一台设计用于排出 50kW 热量的空调系统的送风量、出风量和物理特性如下：

- 每分钟 226.5 立方米（8000 立方英尺）以上特定温度和湿度的空气从数据中心进入空调。这个数值比两辆牵引拖车的容量还多。
- 空调每分钟释放出有等量的、温度和湿度在用户设定水平的新空气。
- 三相空调耗电约 30 kW（这个热量空调自己会移除，不会释放到 IT 环境里）。
- 两根直径约为 25 毫米（1 英寸）的管道分别负责向室外排热装置循环输送和运回制冷剂。
- 一根直径为 22.2 毫米（7/8 英寸）的管道负责将空调内的水排放到建筑排水管内。这个管道称为“冷凝水管”。
- 一根直径为 6.4 毫米（1/4 英寸）与建筑饮用水供水管连接的管道向空调释放出的空气添加水蒸气以调节出风湿度。
- 空调自身 178cm（长）x 89cm（深）x 193cm（高）（相当于 3 个 IT 设备机架式机柜的大小），重 1350 磅（612 公斤）。（长 70 英寸、深 35 英寸、高 76 英寸）

### IT 环境之外的制冷设备（室外机）

IT 专业人员通常非常熟悉位于 IT 机房或数据中心内的 IT 机房空气调节装置或空气处理装置。但却不太了解制冷系统的另外一部分——外置排热装置。除了一些吊顶式和便携式空气调节装置外，制冷系统总有一台或多台主要组件被外置到 IT 环境的外面。这些外置装置的作用是将 IT 环境内产生的热量转移到室外。前面讲到的 IT 机房空气调节装置需要配备一台称为“风冷冷凝器”的装置

资源链接  
第 59 号白皮书  
用于 IT 环境的不同类型的空调设备



来将 IT 环境产生的热量转移到室外。与图 3 所示 IT 机房空气调节装置匹配的风冷冷凝器规格如下：

- 机身 304cm（长）x 122cm（高）x 122cm（宽）（长 10 英尺、高 4 英尺、宽 4 英尺），重 408 公斤（900 磅）。
- 连接两根从 IT 环境室内 IT 机房空调设备接出的制冷剂管道。
- 每分钟经过风冷冷凝器的室外空气流量在 566 立方米（20,000 立方英尺）以上，以便将热量从 IT 环境内排出。
- 它必须固定在室外的屋顶或混凝土基座上。
- 三相风冷冷凝器大约消耗 5 kW 的电能。

## IT 制冷系统制冷循环的变化

在前面的章节中，我们已经介绍了风冷 IT 机房空气调节装置（CRAC）系统的特性及其相关的排热组件。IT 机房和数据中心还有许多其它常用的制冷系统配置，这些 IT 专业人员都应当了解和掌握。所有这些制冷系统都需要使用制冷剂并最终起到排热的作用。关于 IT 机房和数据中制冷的不同配置，请参见第 59 号白皮书《用于 IT 环境的不同类型的空调设备》。



资源链接

第 59 号白皮书

用于 IT 环境的不同类型的空调设备

## 结论

数据中心和 IT 机房的制冷系统利用制冷循环移除 IT 设备产生的热量。制冷不足或不可靠会引发设备过热而增加宕机风险，从而影响 IT 可用性。掌握精密制冷系统、组件和配置相关知识的 IT 专业人员可以与制冷 ([人员进行更加有效的沟通，确保选择和采购最佳的制冷解决方案。



### 关于作者

**Tony Evans** 是施耐德电气的资深工程师。Tony 在供电和制冷系统设计领域拥有 14 年的丰富经验，而且是美国采暖制冷空调工程师学会（ASHRAE）TC9.9 技术委员会（任务关键设施，科技空间和电子设备）的成员。



点击图标打开相应  
参考资源链接



计算数据中心的总制冷量

第 25 号白皮书



任务关键制冷系统与普通的空调  
有什么不同？为什么？

第 56 号白皮书



数据中心或网络机房内可能降低  
冷却性能的可避免错误

第 49 号白皮书



利用气流管理盲板改善  
机架冷却效果

第 44 号白皮书



用于 IT 环境的不同类型的  
空调设备

第 59 号白皮书



浏览所有 白皮书

[whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com)



浏览所有 TradeOff Tools™ 权衡工具

[tools.apc.com](http://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](mailto: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