

计算数据中心的 总制冷量

第 25 号白皮书

版本 3

作者 Neil Rasmussen

> 摘要

本文档介绍如何估算数据中心内的 IT 设备和其他设备（如 UPS 等）的发热量，以确定空调系统的冷却容量。此外，本文档还包含一些常用的转换系数和指导性设计值。

目录

点击内容即可跳转至具体章节

| | |
|------------|---|
| 简介 | 2 |
| 测量 散热量 | 2 |
| 典型系统示例 | 3 |
| 其它热源 | 4 |
| 加湿 | 4 |
| 确定空调系统制冷容量 | 5 |
| 结论 | 6 |
| 资源 | 7 |

简介

所有电子设备都会产生热量，为了避免设备温度升高至无法接受的程度，必须使这些热量扩散掉。数据中心或网络机房内的大多数 IT 设备和其他设备都是通过空气冷却的。为了确定制冷系统的容量，必须了解封闭空间内设备的发热量以及其他常见热源所产生的热量。

测量散热量

热量是一种能量，通常用焦耳、BTU、吨或卡来表示。设备发热率的常用度量单位是 BTU/小时、吨/天、焦耳/秒（焦耳/秒等于瓦特）。并没有令人信服的理由可以解释为什么要用这些不同的度量单位表示同一个量，但是上述任何一个单位都可以用于表示电源容量或冷却容量。不同度量单位的混用给用户和规则制定者造成了很多不必要的混淆。令人欣慰的是，全球范围内的标准化组织都倾向于将所有电源容量和制冷容量的度量单位统一为公用标准单位：瓦特 (W)。BTU 和吨这两个古老的术语将逐渐退出历史舞台¹。因此，本白皮书在讨论制冷容量和电源容量时将以瓦特为单位。将瓦特作为统一标准单位是明智的，因为在稍后的说明中可以看到，它可以简化数据中心的设计工作。

在北美地区，电源容量和制冷容量的规格说明中往往仍使用传统单位 BTU 和吨。因此，为了方便读者，下表提供了这几个单位之间的转换关系：

表 1

散热量单位转换表格

| 初始单位 | 转换系数 | 结果单位 |
|--------|----------|--------|
| BTU/小时 | 0.293 | 瓦特 |
| 瓦特 | 3.41 | BTU/小时 |
| 吨 | 3,530 | 瓦特 |
| 瓦特 | 0.000283 | 吨 |

计算设备或其他 IT 设备通过数据线传输的能量可以忽略不计。因此，交流电源干线所消耗的能量基本上都会转换为热量。这样一来，IT 设备的发热量就可以简单地等同于该设备的电力消耗量（均以瓦特为单位）。虽然有时设备数据表中会包含以 BTU/小时为单位的发热量值，但在确定设备的散热量时它们并不是必需的。发热量可以简单地等同于电力输入量²。

确定整个系统的发热量

一个系统的总发热量等于它所有组件的发热量之和。整个系统应包括 IT 设备及其他项，例如 UPS、配电系统、空调装置、照明设施和人员等。不过，可以根据简单的标准规则确定各项的发热量。

UPS 和配电系统的发热量由两部分组成：一部分是固定的损耗值，另一部分与负载功率成正比。对于不同品牌和型号的设备，可以认为它们的这两部分热量损耗是一致的，因此可以比较准确地估计它们的发热量。照明设施和人员所产生的热量也可以使用标准值进行估算。要确定整个系统的热负荷，只需要一些很容易获取的数值信息，例如地板面积（平方英尺或平方米）和电力系统的额定功率等。

¹术语“吨 (Ton)”指冰的冷却能力，它是 1870 年至 1930 年期间遗留下来的，当时冰箱和空调的冷却能力是通过每天运送冰块提供的。

²注：一个例外情况是 IP 语音 (VOIP) 路由器。在这类设备中，设备所消耗的电量最多有 30% 会传输到远程终端，因此它们的热负荷将低于所消耗的电量。如果根据本文的假设，假定所有电量都转换为本地的散热量，则将对 VOIP 路由器的散热量做出过高的估计，不过在大多数情况下这只是一个极小的误差。

空调装置的风扇和压缩机会产生相当多的热量。不过这些热量大部分会释放到房间外部，不会给数据中心内部带来热量负荷。但是它会降低空调系统的效率，因而在对空调系统的功率选型时通常需要加以考虑。

可以使用数据中心内各项的发热量进行详细的热量分析，不过有一种更快的方法，即利用简单规则进行估算，这样所得的结果与复杂分析的结果相差不大。这种快速估算法的优势还在于不具备任何专业知识或未经过专业培训的任何人都可胜任这一工作。

表 2 为快速计算热量负荷数据表。使用该数据表，可以迅速可靠地确定数据中心的总的热负荷。该数据表的使用方法见表 2 后的计算步骤。

表 2

数据中心和网络机房发热量计算表

| 项目 | 所需数据 | 发热量计算 | 发热量分类汇总 |
|----------|-----------------|---|----------|
| IT 设备 | IT 设备总负载功率 (W) | 等于 IT 设备总负载功率 (瓦特) | _____ 瓦特 |
| 带电池的 UPS | 电源系统额定功率 (W) | $(0.04 \times \text{电源系统额定值}) + (0.05 \times \text{IT 设备总负载功率})$ | _____ 瓦特 |
| 配电系统 | 电源系统额定功率 (W) | $(0.01 \times \text{电源系统额定值}) + (0.02 \times \text{IT 设备总负载功率})$ | _____ 瓦特 |
| 照明设施 | 地板面积 (平方英尺或平方米) | $2.0 \times \text{地板面积 (平方英尺)}$ ， 或 $21.53 \times \text{地板面积 (平方米)}$ | _____ 瓦特 |
| 人员 | 数据中心最大人员数 | $100 \times \text{最大人员数}$ | _____ 瓦特 |
| 合计 | 上述各项合计 | 各项发热量合计 | _____ 瓦特 |

计算步骤

首先收集“所需数据”列表中要求的信息。如有疑问，请参考下面的数据定义。然后进行发热量计算，并将结果填写到“发热量分类汇总”列表中。将各分类汇总项相加，得到总发热量。

数据定义

IT 设备总负载功率 (W) — 所有 IT 设备电源输入功率之和。

电源系统额定功率 — UPS 系统的额定功率。如果使用了冗余系统，请勿包括冗余 UPS 的功率。

典型系统示例

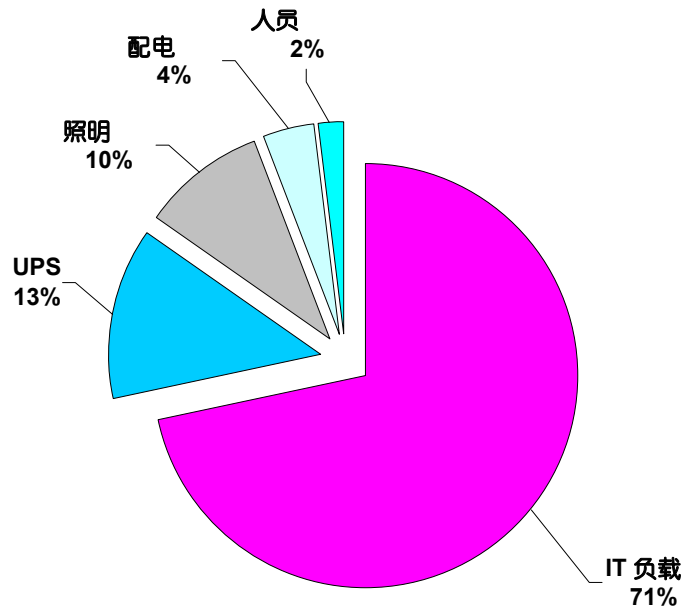
资源链接 第 37 号白皮书

避免数据中心和网络机房基础设施因过度规划造成的资金浪费

下文以一个典型系统为例说明如何计算发热量。该系统为一个面积为 465 平方米 (5000 平方英尺)、额定功率为 250 kW 的数据中心，内有 150 个机架，最多有 20 位人员。在本例中，按照惯例假设该数据中心的功率负载为额定功率的 30%。有关典型利用率讨论，请参见第 37 号白皮书《避免数据中心和网络机房基础设施因过度规划造成的资金浪费》。这样，数据中心的 IT 设备总负载功率为 250 kW 的 30%，即 75 kW。在上述条件下，数据中心的总发热量为 108 kW，约为 IT 设备负载的 1.5 倍。

在本例中，总散热量中数据中心内各项所占的百分比如图 1 所示。

图 1
典型数据中心总发热量的组成



值得注意的是，由于系统仅工作在最大功率的 30%，所以对 UPS 和配电系统在总发热量中所占比例的估计要高于其实际值。如果系统以满负荷运转，电源系统的效率将提高，它在整个系统发热量中所占的比例将降低。如果对系统进行过度规划，那么将付出效率大幅降低的高昂代价。

其它热源

上述分析并没有考虑周围环境中的热源，例如透过窗口照射进来的阳光和从墙外传导进来的热量。许多小型数据中心和网络机房没有暴露在室外的墙或窗户，这时不考虑上述热源的假设是正确的。但是，对于墙或屋顶暴露在室外的大型数据中心而言，额外的热量会进入数据中心，空调系统必须将这些热量带走。

如果数据机房位于有空调设备的封闭空间内，则其他热源造成的影响可忽略不计。如果数据中心有较大面积的墙或屋顶暴露在室外，则需要请暖通空调专家估算出最大热量负荷，然后将该值添加到前一部分中确定的整个系统的发热量中。

加湿

数据中心空调除了热交换外，还应能控制房间相对湿度。在理想情况下，达到所需相对湿度时，系统将在水分含量稳定的空气中工作，这时不需要持续进行加湿。但不幸的是，在大多数空调系统中，其空气制冷功能会造成水蒸气大量凝结，从而使空气相对湿度不够。因此，需要进行补偿性的加湿以维持所需的湿度。

补偿性加湿会给空调系统带来额外的热量负荷，实际上降低了空调系统的制冷容量，在设计容量时需要考虑这一点。

对于小型数据机房或较大的配线柜而言，空调系统通过管道隔离了送风与回风，不会造成冷凝，因此不需要持续进行补偿性加湿。这样空调的制冷能力可以得到充分利用，从而使制冷效率达到最高。

对于气流大量混合的大型数据中心而言，空调系统必须提供温度较低的空气，以抵消设备释放的热空气回流所造成的影响。这将导致空气相对湿度显著降低，因而需要进行补偿性加湿。这使空调系统的性能和制冷能力受到较大影响。因此，在确定空调系统的制冷容量时，必须加大 30%。



确定空调系统制冷容量

总之，在估计计算机机房空调系统的制冷容量时，需酌情增加：如果是通过管道隔离回风的小型系统，则无需增加；如果是室内空气混合程度很高的系统，则需增加 30%。有关加湿方面的更多信息，请参见第 58 号白皮书《数据中心和网络机房的加湿策略》。

在明确冷却需求之后，就可以确定空调系统的制冷容量了。如前文所述，在此过程中需要考虑下列因素：

- 设备（包括电源设备）的热负荷
- 建筑物的传导热负荷
- 考虑加湿所需而过度规划的热负荷
- 支持冗余所需而过度规划的热负荷
- 未来所需而过度规划的热负荷

所有这些因素的热负荷之和 (W) 即为总的热负荷。

结论

在确定 IT 系统的冷却需求时，可采用一个简化的过程，未经专门培训的任何人均可胜任。采用统一的瓦特单位表示电源容量和制冷容量，有助于简化此过程。一般情况下，计算机房空调系统的额定功率必须是预期的 IT 额定负载及冗余负载之和的 1.3 倍。对于面积在 372 平方米（4000 平方英尺）以下的小型网络机房，这一方法都是适用的。

对于规模更大的数据中心，在选择空调系统时通常还要考虑冷却需求之外的其他因素。一般而言，墙和屋顶之类的其他热源和空气回流等造成的影响不容忽视，必须针对具体情况加以考虑。

通风管道或高架地板的设计对整体系统性能有较大的效果，也会显著影响数据中心内的温度均匀。采用简单、标准化和模块化的空气分配系统结构，以及本文介绍的简单的热量负荷估算方法，可以大大减少数据中心设计过程中的工程设计需求。



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 10 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



避免数据中心和网络机房基础设施
因过度规划造成的资金浪费

第 37 号白皮书



数据中心和网络机房的加湿策略

第 58 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

如果您是我們的客戶並對數據中心項目有任何疑問：

請與您的 **施耐德電氣** 銷售代表聯繫