

计算数据中心的总功率需求

第 3 号白皮书

版本 1

作者 Victor Avelar

> 摘要

数据中心的规划和设计工作包括计算 IT 设备的供电和制冷需求，以符合电力基础设施的容量。本白皮书说明了计算供电和制冷需求的方法，并提供确定支持数据中心（包括 IT 设备、制冷系统、照明设施和备用电源）所需总功率容量的指导原则。

目录

[点击内容即可跳转至具体章节](#)

简介	2
需求评估	2
确定支持数据中心所需的电源功率容量	2
最终电源容量计算	4
结论	9
资源	10

简介

采用可扩展的“按需付费”UPS 架构后，系统安装变得更加容易。这样，在数据中心的需求增长时，数据中心管理者只需添加模块就可以了。但是，这样很容易忽略大型机构内数据中心或数据机房未来的电力需求。

要估算数据中心或数据机房的电力需求，需要了解制冷系统、UPS 系统和关键 IT 负载所需的电量。虽然这些元素的功率需求彼此之间可能相差很多，但是如果已经确定了已规划 IT 负载的功率需求，就可以使用简单的方法准确估计出这些元素的功率需求。除了估计电力线路的容量，如果数据中心的负载需要备用发电机系统，这些元素还可以用于估计备用发电机系统的功率输出容量。

需求评估

不论何种规模的数据中心，在准备提高其环境容量前，都必须首先进行需求评估。需求评估基本可以确定由 IT 设备负责的业务应用的可用性需求。可以将时间不紧迫或分批处理性质的业务流程的负载功率和空调系统设置为“N”配置，没有内部冗余提高可用性。时间紧迫的工作可能需要关键组件系统中有某种程度的冗余，使用“N+1”拓扑结构的配置。每个关键系统元件都有一个冗余设备，这样如果某个单元出现故障，系统仍然可以维持 IT 关键负载的正常运行。要求绝对可用性 (7x24) 的最关键数据中心应用环境应使用 2N 拓扑结构，这样关键系统就拥有完全冗余。虽然某个关键系统会出故障，但是另一系统会保持负载的正常运行。这也提供了某种程度的可同步维护性，可以在另一系统承担负载时对该系统进行维护。有关不同系统配置类型的详细信息，请参阅第 75 号白皮书《比较 UPS 系统设计配置方案》。

 资源链接
第 75 号白皮书
比较 UPS 系统设计配置方案

无论实际 UPS 系统设计是何种配置 (N、N+1、2N)，其核心问题都是如何为关键负载提供充足电力并对其进行冷却，必须得到很好解决。对所需容量估计不足可能会导致将来被迫中断电力以增加容量，而估计过高则会导致额外的初始安装成本以及高额的运行维护费用。

确定支持数据中心所需的电源功率容量

大多数数据中心都位于大型建筑物内。建筑物的一部分会专门作为数据中心或数据机房，下面介绍的确定电源功率的步骤会有助于估计这部分建筑所需的电源功率。在计算功率容量需求时，稳定状态功率和峰值功率之间的差值十分关键，本白皮书始终都在强调这一点。有关电源功率变化原因的详细信息，请阅读第 43 号白皮书《数据中心和网络机房的动态功率变化》。如果所安装的空调系统、制冷机或备用发电机等关键组件需要共用或需要为数据中心之外的设施提供负载，估算系统容量需要咨询工程师进行更为全面而复杂的分析。


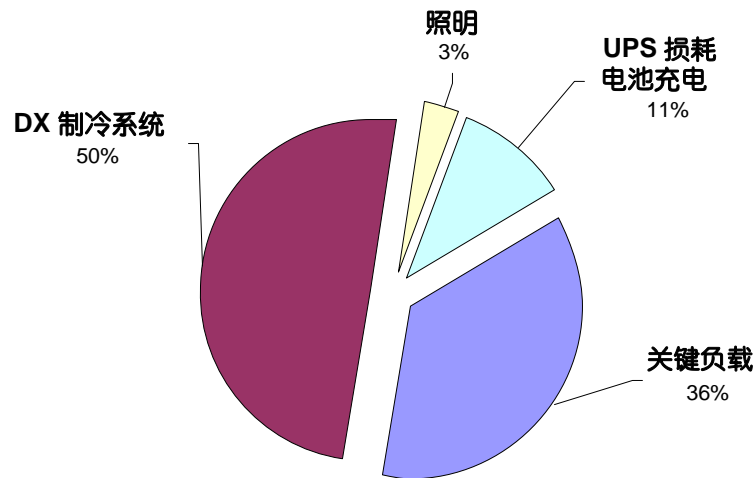
 资源链接
第 43 号白皮书
数据中心和网络机房的动态功率变化

图 1 说明了电力容量在数据中心各种负载间的典型分配比例。该细分图假设数据中心的面积为 465 平方米 (5000 平方英尺)，初始稳定状态关键负载为 50 kW，未来稳定状态负载再加 50 kW。假定制冷系统为直膨(DX) 式，并且市电电压为 480 V 交流电。

图 1
数据中心电力需求明细



关键负载

不论是单机柜环境还是完整规模的数据中心，正确规划数据中心的第一步就是确定要为其供电并提供保护的关键负载大小。关键负载是指构成 IT 业务架构的所有 IT 硬件组件：服务器、路由器、计算机、存储设备、通信设备等等，还包括保护它们的安全系统、消防和监控系统。这个过程首先需要列出所有这些设备，包括它们的铭牌额定功率、电压要求以及是单相设备还是三相设备。然后必须调整铭牌信息以反映预期的真实负载。铭牌功率需求是指该产品在美国新产品承诺实验室 (Underwriter's Laboratory) 要求的最坏情况下的功率消耗数值，在绝大多数情况下，该值远远高于预期的运行功率水平。著名工程咨询公司和电源制造商的研究显示，大多数 IT 设备的铭牌额定值至少超出实际运行负载 33%。美国国家电气标准 (NEC) 和类似的国际规范组织都已认识到这一事实，允许电气系统设计者累加预期负载的铭牌数据，再乘以不同的系数，来估计并非所有设备都满负荷运行的情况。另外，还可以使用高级估算器（可以在下面的网址中找到）。诸如此类的计算器收集了各家制造商的功率消耗数据，并进一步指定不同的设备配置。

UPS 选择器

在此网站上，IT 专业人员可以根据“品牌”配置服务器的典型机架构造。该工具在后台运行，可以累加给定服务器配置内每个组件的已知功率需求。例如，如果用户指定某台服务器，就会要求在此框内记录 CPU 的数量和其他详细信息。用户输入信息后，UPS 选择器会计算机架所需的总功率。（功率将使用伏安 (VA) 来表示）工具还包括了有关制造商推荐的输入电压和电源插头的重要信息。

有了组成关键负载的预期组件列表，通过使用估算计算器就可以得到基本负载。对于计算器中没有列出来的 IT 设备以及消防、安全和监控系统的功率需求，应使用下列步骤：

1. 累加预期负载的铭牌功率。如果设备上没有列出功率，可以将电流（安培）和设备电压相乘得到 VA 值，该值近似等于设备消耗的功率。
2. 将预期的 VA 数乘以 0.67 以估计关键负载的实际功率（以瓦计）。
3. 将这个数除以 1000 就得到预期关键负载的千瓦级 (kW) 负载数值。

未来的负载

数据中心的负载不是一成不变的。建成后，在数据中心的生命周期内，IT 设备将几乎一直处于一种不断变化的状态。IT 更新至少 3 年一次循环，到时候会添加新的、功能更强大或效率更高的设备，或者替换初始规划列表上的设备。应该由 IT 组织对将来变化和升级的范围和时间做出切实的评估，这样可以正确规划最初确定的功率需求。对于电源和配电系统的“下游”元件，可以根



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

据目前和未来的负载情况进行扩展或调整（请参阅第 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》），但是必须充分估算为数据中心物理基础设施（DCPI）组件供电的电力线路的容量以承担已知初始负载和未来负载，或者可以在不造成停机这一严重影响 IT 客户的期望可用性的前提下增加功率容量。

在估算出未来负载量后，将其加到上面算出的基本负载信息上，这样就可以得到以 kW 表示的电源关键负载量。

UPS 负载

假设需求评估（如上所述）中的可用性确定工作得出需要 UPS 电源的结论（几乎所有情况下都需要 UPS），那么总负载功率必须考虑 UPS 系统的效率损耗因数以及电池充电所需的额外功率。

UPS 效率随产品型号不同而异，而且受 UPS 负载的影响很大。UPS 很少能够达到其广告中所宣称的效率。实际上，典型安装中的 UPS 效率约为 88%，该值相当准确。

电池充电也需要消耗大量电力，但不会连续消耗。在电池已充满电的正常操作状态下，可忽略电池充电负载。但是，当电池已部分或完全放电后，电池充电功率可占额定 UPS 负载的 20%。尽管这样的负载极少出现，但在估算发电机和线路入口容量时必须包含该负载。

照明设施负载

照明设施负载包括建筑物数据中心部分的全部照明设施，是数据中心地板面积的函数。此类型负载有一个很好的经验公式，每平方英尺 2 W 或者每平方米 21.5 W。

制冷负载

有关数据中心环境中热负载的详细论述，请参阅第 25 号《白皮书计算数据中心的总制冷量》。使用该白皮书提供的表格可以计算要冷却 IT 设备所产生热量必需的制冷量。设计者还可以使用该表格创建支持已规划关键负载所需的制冷量。制冷系统在效率上有很大差别，不过可细分为冷冻水系统和直接膨胀系统。冷冻水系统的效率通常更高，功耗值通常为所支持总峰值负载的 70%。直接膨胀系统需要大约所支持总峰值负载的 100%。注意，制冷负载启动时的峰值负载超过了本计算方法中使用的稳定状态值。本白皮书的表 1 使用这些规则对制冷系统的电源功率需求进行了估算。这将有助于确定支持整个数据中心所需的电力配电系统的容量。

估算电源系统的容量

已经确定了两个重要数字，它们可用来估算为数据中心环境供电的电力系统容量：总关键负载和总制冷负载。一般而言，电源供给必须足以支持这两个负载之和，另外加上数据中心的相关照明设施负载。

数据中心内负载的稳态功耗决定了用于计算电力成本的功耗。但是，为数据中心供电的电力线路和发电机电源不能按稳定状态值估算。这些电源必须按负载峰值功耗估算，再加上标准或工程惯例所规定的降额系数或裕度。实际上，这会导致电力线路和发电机的设计容量大大高于期望值，将在下一节进行讨论。



资源链接

第 25 号白皮书

计算数据中心的总制冷量

最终电源容量 计算

按照上述过程以千瓦为单位估算出总电源容量后，就可以进行两项关键计算：首先是估算为数据中心供电所需的电力线路的容量，其次是估算为达到预期可用性所需的所有备用发电机的容量。

确定电力线路的容量

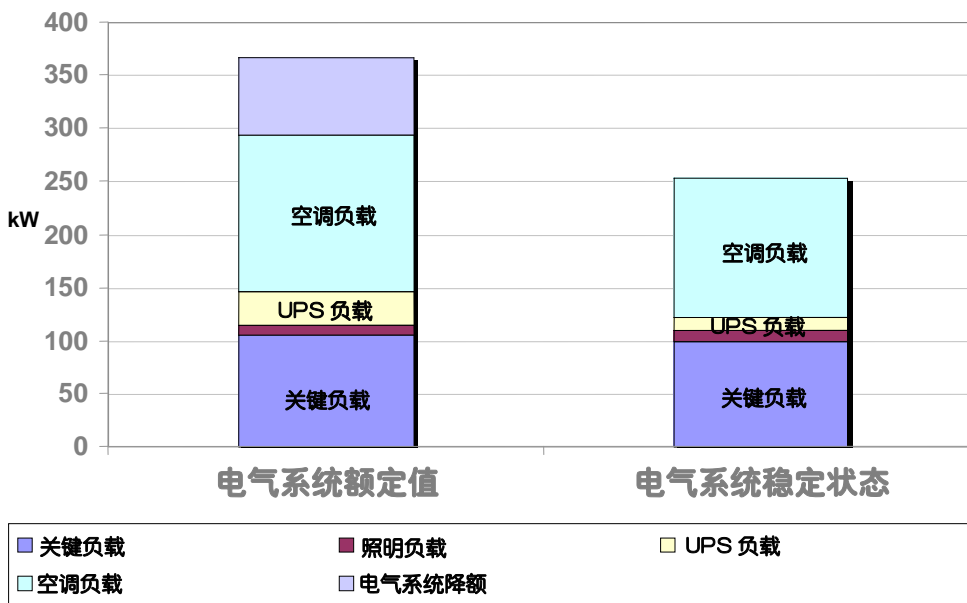
电力线路可按照以下方式计算：

1. 以千瓦为单位获得所需的总电力容量，并乘以 125% 以满足美国国家电气标准和类似规范组织的要求。
2. 确定供电公司提供的线路入口三相交流电电压。通常在美国是 480 V 交流电，在世界上其它大部分国家/地区是 230 V 交流电。
3. 使用下面的公式确定为数据中心供电的电力线路容量，以安培为单位：

$$\text{电流 (安培)} = (\text{功率 (kW)} \times 1000) / (\text{电压 (伏特)} \times 1.73)$$

这为数据中心提供了支持关键负载、制冷和建筑功能所需的电力线路容量。使用图 1 的假设，图 2 通过比较额定（峰值）功率和稳定状态功率的电力线路需求，强调了这二者间的重要区别。必须注意，这仅仅是估计值，而最终线路容量的确定在很大程度上取决于准确的现场详细信息。强烈建议您聘请有资质的专业咨询工程师核实初始估算数据并设计最终数据中心电力供给。本白皮书末尾的数据表 1 总结了上面讨论的内容。

图 2
典型 100 kW 关键负载的
额定与稳态电力线路功
率。电力线路额定值
几乎是稳定状态关键
负载值的 4 倍



估算发电机备用电力系统的容量

确定了电力线路的容量后，就可以考虑估算相应备用发电机的容量，以便在市电故障时能够提供备用电源从而提高数据中心的可用性。典型发电机安装如下面图 3 所示：

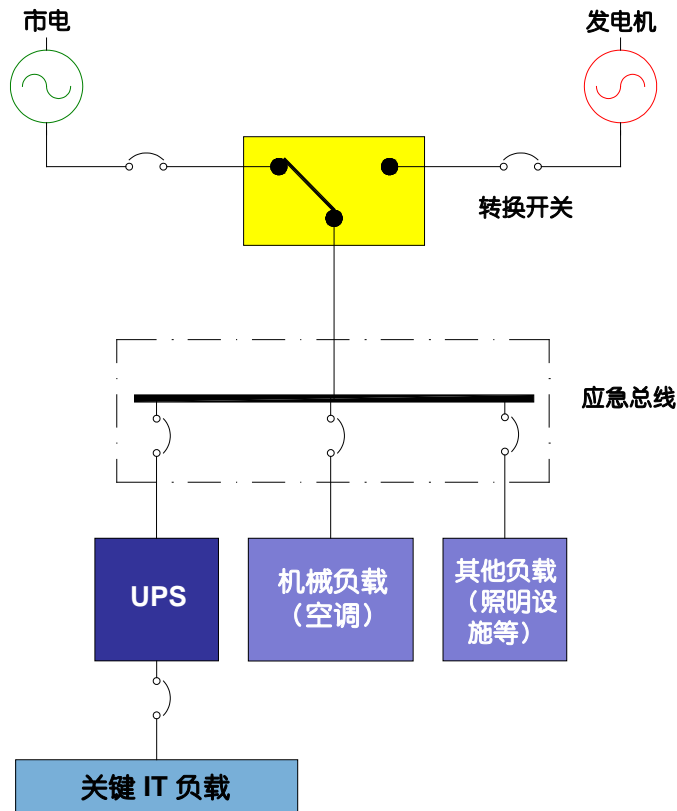


图 3

典型发电机系统

首先要注意上图中假设数据中心是唯一的负载，而且该负载受到备用电源的完全保护。“市电”供给可能只是标准商业电力配电系统的一部分，所以该图只是更大电力系统的子集。该子集是为关键 IT 负载供电的数据中心部分。

要估算关键负载所需的发电机容量，请使用表 1 底部的计算公式。但是有些负载通过转换开关附加到发电机上，必须考虑这些负载的电力特性。例如，机械负载需要高启动电流，而且还会产生谐波电流，这会影响发电机提供所需电力容量的能力。如果 UPS 没有在高输入功率因数下运行，其本身可能会导致这样的问题，而且如果它将超前功率因数施加到发电机上，还可能导致发电机出故障。

如何针对运行特性选择有利于发电机可靠运行的 UPS 系统涉及的内容很多，本白皮书没有进行讨论。为了获得端到端的可靠性必须谨慎选择 UPS，了解这一点就已经足够了。避免使用在低负载条件下表现出高电容特性的 UPS 系统。某些 UPS 拓扑结构（如 delta 转换）对于发电机供电的系统是十分理想的，而且不会产生使用输入滤波电容的传统双转换系统的不良运行特性。在选择 UPS 时，仅是拓扑结构选择就会对所需的发电机容量产生重大影响，通常系数为 3（典型双转换 UPS 的发电机会是 Delta 转换 UPS 发电机的 1.75 倍到 3 倍）。与电力线路功率相同，通过比较额定（峰值）功率和稳定状态功率的发电机需求，图 4 强调了这二者间的重要区别。

在选择发电机时，为了方便，一般根据发电机的额定功率 (kW) 进行选择，但要注意发电机在设计中是以小于 1 的功率因数（通常为 0.8）来运行负载。这意味着电流和电压的相位会稍微有些不同，发电机必须能够承受这个差异。一个 1000 kW 的发电机，设计在运行负载功率因数为 0.8，那么其额定功率为 1200 kVA。不要将发电机的 kVA 额定值和实际功率容量相混淆，后者总是以 kW 来计算的。有关功率因数的详细信息，请参阅第 15 号白皮书《瓦特和伏安：巨大的混淆》。

资源链接
第 15 号白皮书
瓦特和伏安：巨大的混淆

图 4

典型100 kW 关键负载的额定与稳态发电机的功率。电力线路的额定值是稳定状态关键负载值的4倍以上

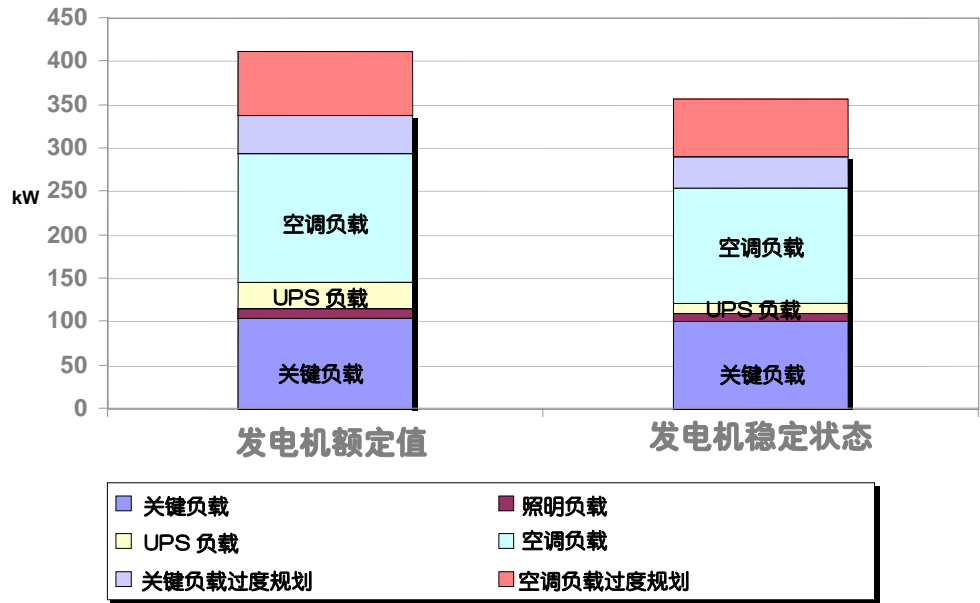


表 1

数据中心功率需求估计计算数据表

项目	所需数据	计算	合计 (kW)
功率需求 — 电力			
关键负载 - 来自施耐德电气旗下 APC 网站的估算计算器值	每个 IT 设备的额定功率	(计算器总 VA 值 x 0.67) /1000	# 1 _____ kW
对于估算计算器中没有列出的设备, 关键负载 - 铭牌	合计 VA 值 (包括消防、安全和监控系统)	(合计 VA 值 x 0.67) /1000	# 2 _____ kW
未来的负载	每个预期 IT 设备的铭牌 VA 值	[(未来设备的累计 VA 额定值) x 0.67]/1000	# 3 _____ kW
由于关键负载变化导致的峰值功率下降	稳定状态关键负载的总功率下降值	(# 1 + # 2 + # 3) x 1.05	# 4 _____ kW
UPS 功率损耗和电池充电	实际负载 + 未来负载 (以 kW 计)	(# 1 + # 2 + # 3) x 0.32	# 5 _____ kW
照明设施	与数据中心有关的地板总面积	0.002 x 地板面积 (平方英尺), 或 0.0215 x 地板面积 (平方米)	# 6 _____ kW
用于满足电源需求的总功率	上述 # 4、# 5 和 # 6 的总和	# 4 + # 5 + # 6	# 7 _____ kW
功率需求 — 制冷			
用于满足制冷需求的总功率	上面 # 7 中的总和	冷水机系统 # 7 x 0.7 DX 系统 # 7 x 1.0	# 8 _____ kW
总功率需求			
用于满足电源和制冷需求的总功率	上面 # 7 和 # 8 中的总和	# 7 + # 8	# 9 _____ kW
估算电力线路容量			
满足 NEC 和其他规范组织的需求	上面 # 9 中的总和	# 9 x 1.25	# 10 _____ kW
线路入口处提供的三相交流电压	交流电压		# 11 _____ VAC
需要从供电公司获取的电力容量 (以安培计)	# 10 中的总和以及 # 11 中的交流电压	(# 10 x 1000) / (# 11 x 1.73)	_____ 安培
估算备用发电机容量 (如果可用)			
需要备用发电机的关键负载	上面 # 7 中的总和	# 7 x 1.3*	# 12 _____ kW
需要备用发电机的制冷负载	上面 # 8 中的总和	# 8 x 1.5	# 13 _____ kW
所需发电机的容量	上面 # 12 和 # 13 中的总和	# 12 + # 13	_____ kW

*警告: 1.3 变量适用于使用功率因数完全修正后的 UPS。如果使用带有输入谐波滤波器的传统双转换 UPS, 则必须乘以 3.0。

结论

对支持和冷却数据中心中的关键负载所需的电源功率进行评估，这在满足最终用户可用性预期的设备开发过程中十分重要。通过使用上述过程，可以做出功率需求的合理估算。这有助于指定网络关键物理基础设施组件的容量，以达到需求评估所确定的可用性。在做出了初步估算之后，就可以在具有竞争力的 NCPI 系统供应商或咨询工程师（如果数据中心的规模足够大）的协助下开始概念设计和详细设计。根据上述功率需求评估过程确定的容量和可用性配置，随后就可以进行成本估算了。



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

 **比较 UPS 系统设计配置方案**
第 75 号白皮书

 **数据中心和网络机房的动态功率变化**
第 43 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**
第 37 号白皮书

 **计算数据中心的总制冷量**
第 25 号白皮书

 **瓦特和伏安：巨大的混淆**
第 15 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