

在230VAC国家应用于高密度 机柜供电的可选方案

第 28 号白皮书

版本 1

作者 Neil Rasmussen

> 摘要

本文将介绍并比较向数据中心和网络机房内的高密度机柜供电的替代方案。所涉及的问题包括馈线数量、单相与三相、断路器的数量和位置、过载、连接器类型选择、电压选择、冗余以及冗余缺失。机柜电源系统按照变化的要求进行调整的需求将被确定并加以量化。为使机柜电源系统能够可靠地向高密度负载供电而同时又可适应需求的变化，制定了相应的准则。

目录

点击内容即可跳转至具体章节

简介	2
以往对机柜供电的方式	2
机柜供电要求	2
选择合适的配电系统	8
机柜的可调整式电源 体系结构	12
结论	14
资源	15
附录	16

简介

信息技术 (IT) 的发展使数据中心和网络机房通常每隔 2 到 3 年就要更新一次。随着设备的变更, 功率要求、冗余度要求以及连接器要求经常也会变化。由于机柜机箱已成为盛装和组织计算及通信系统的标准方式, 机柜机箱的配电系统必须适应这些变化的要求。

由于最新一代计算设备的高功率密度, 数据中心内机柜的功率密度预期值已经在急剧的上升。在一个配置完整的机柜中, 1U 服务器或刀片式服务器等现成的 IT 设备可能需要 20 kW 甚至更高的功率。在普通机柜由单一 230V 10A 电源回路供电的数据中心环境中, 无法支持这种密度。在双路供电的电气环境中, 每个机柜将需要 20 个这种回路方可支持 20 kW 的负载。

根据计算负载的情况, 现代计算设备的功率要求会随时间而变化。到 2000 年之前, 对于几乎所有计算和通信系统, 这种变化还都非常小, 可以忽略。然而在 2000 年, 处理器和服务器中开始实施电源管理技术; 今天, 功耗随计算负载而有实质性变化的计算设备的比例在不断增长。这种变化的幅度可能高达设备基准功耗的 200%。机柜机箱的配电系统设计必须考虑到这种变化。

本文重点在交流机柜配电。直流配电在现代高密度数据中心中作用有限, 如第 63 号白皮书《数据中心交流与直流配电综述》中所述。

本文仅限于对 230 V 配电系统和连接器标准的讨论。对于在北美占主流的 120 V 配电系统, 适合的机柜配电策略会有相当大的差别。



以往对机柜供电的方式

今天最常见的方式是设计、构建并安装特定于机柜机箱的电源解决方案。如果该机柜机箱的要求发生变化, 则必须设计、构建并安装一个替代的电源解决方案。尽管这种方式可以考虑到任何独有的电源要求, 但它需要相当多的规划、工程设计以及重新布线的工作。机柜机箱通常由数据中心或网络机房内的公用配电盘供电。在许多情况下, 该配电盘不能为了调整机柜机箱配电系统 (即安装另一台断路器) 而断电。其结果称为“热作业”, 这不仅会引入非常严重的安全威胁, 还有造成以下情况的很大可能性: 在被操作回路中形成故障, 并 / 或使相邻的连线回路产生移位或故障。这种问题会导致意料之外的停机。

理想情况下, 机柜机箱电源系统应根据需要适应任何现实可行的设备组合, 而无需进行任何可能造成安全威胁或对系统可用性有负面影响的操作。

机柜供电要求

以下各节归纳了各种方面的机柜机箱电源要求。其中对要求的性质进行了概述, 并归纳了合理的设计方式。

电压要求

在世界大多数地区, 数据中心由 230V 电源供电。这使得其配电相对北美地区的数据中心要简单很多。选择 230V 作为数据中心的单一电压标准可以确保兼容 97% 以上的设备, 包括最为关键的设备。对于某些设备, 必须采用一个选择开关将电源由 120V 切换为 230V 方式运行; 如果在装有该开关的设备上没有激活此开关, 则可能在由 230V 供电时造成灾难性故障。其余 3% 的仅以 120V 运行的设备可以从数据中心中排除, 因为在几乎所有情况下, 这些设备是小型附件设备, 可以更换为适于 230V 下运行、性能可接受且可随时获得的替代产品。

机柜环境为单相式。需要三相电源的机柜安装式 IT 设备的数量可以忽略不计 (某些品牌的刀片式服务器是值得注意的例子)。有时候会采用一个内部配电单元 (PDU) 连接预先配置的 OEM 机柜机箱, 该单元取用三相电源, 再向单相 IT 负载提供 3 个单相电源支路。需要特别注意的是, 这些 IT 负载实际上是单相的。尽管没有三相负载, 还是有应向机柜配送三相电的案例, 如后文所示。

功率要求

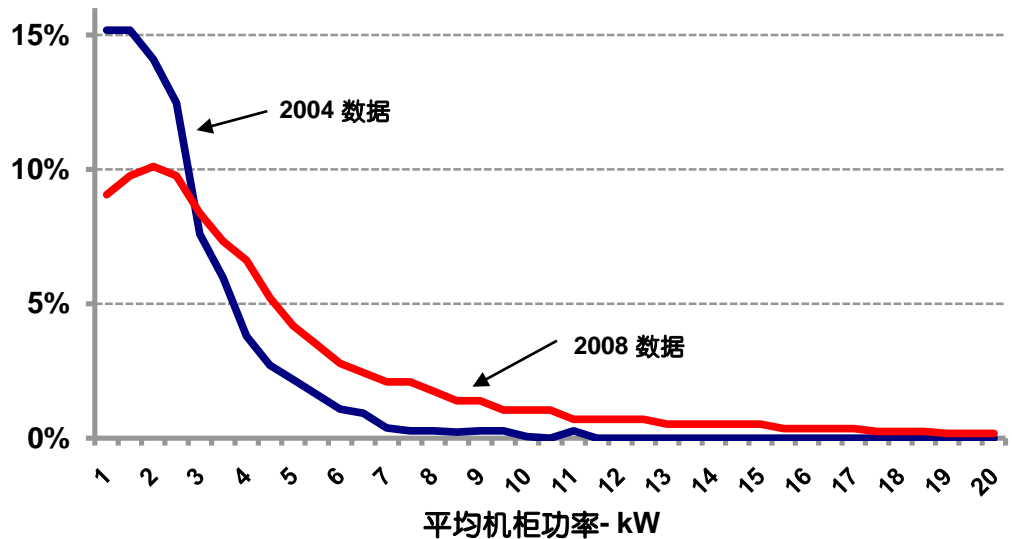
根据所安装的设备，机柜机箱内的功率密度可能有很大差别。在负载极低的情况下，机柜机箱可能只有无源接线板或少数互连交换机，其取用功率小于 100W。在负载极高的情况下，机柜机箱可能完全被高密度服务器充满，总负载达到 20 kW 甚至更高。

除了满足机柜整体功率要求之外，机柜电源系统还必须能够为每一设备提供所需的功率。向机柜提供多个支路可能能够满足总体功率要求，但个别大负载的功率要求可能会超出任何回路的容量。例如，如果机柜内有一台需要 16A 电流的设备，则向其中送入多少条 10A 支路都是不够的。另一个例子是，一台具有 16A 连接器的刀片式机柜，最初它可能只装有少数刀片式设备，在 16A 回路上仅使用 5A 的容量。有些客户可能认为可以将多个刀片式机柜置于一个 16A 回路上，但随着机柜的填充，回路会出现过载。在这类情况下，建议每一支路上仅连接一个负载设备。

关于机柜平均功率水平的适当设计值有相当多的争论。施耐德电气对于 2004 年企业数据中心、网络机房及通信机房使用模式的一项调查确定了图 1 中所示的每台机柜功耗的分布。此图显示了按照不同功率水平配置的机柜的出现频度。出现频度随功率水平的提高而降低。95% 的机柜所需的功率低于 6.5 kW。

图 1 中还示出了对 2008 年使用情况的预期（基于技术/客户趋势）。图示表明每台机柜的平均功率在随时间上升。如果完全装满机柜机箱，现在可以配置出超出每台机柜 20 kW 功率要求的 IT 设备。尽管有可能实现，但我们还是没有看到这种情况在现实设施中频繁地出现。所收集的数据显示，每台机柜机箱的平均功率密度将会显著上升。然而，功率密度大于 6 kW 的情况在已装机设施中占的比例仍然较小。

图 1
每台机柜功耗频度分布



对机柜功率分布基础数据的分析表明以下结论

- 非常低的负载主要是带有接线板、交换机和集线器的机柜机箱
- 1 kW 以内的负载主要是内装设备比较稀疏的机柜机箱
- 2-3 kW 范围内的负载主要是装有典型设备但机柜空间明显未充满的机柜机箱
- 5 kW 范围内的负载有一部分是装有 1U 服务器，或者包含各种技术的组合
- 7 kW 以上范围的负载较为少见，但根据客户的需要，随着服务器技术的进步，近年来密度在增加，这一范围的负载正在变得更常见

企业计算环境下机柜功耗的平均值约为 1.7 kW。然而，在企业的整体机柜机箱环境内，其平均功耗却是不同的。各个企业在机柜机箱内安装设备的密度方面采用不同的方式。有些会在机柜机

箱内留出大量的未使用空间，而其他则是将设备封装得尽可能紧密。因此，整个市场范围内的平均机柜功耗并不一定是企业内平均机柜功耗的良好预测指标。

最后一个过流保护器与设备之间的电路称为“支路”。在多数采用 230V 电压的国家，实际上机柜机箱内的所有支路的额定值均为 16A¹。

表 1
支路功率限制

电压	最大支路 额定电流	每一支路的最大 容量 kW 值	1/2/3/4 条支路 的总机柜功率
230 V	16A	3.7 kW	3.7 / 7.4 / 11 / 14.7

机柜机箱可用的最大功率取决于机柜机箱内所提供的支路的数量及类型。显然支路的数量要大于 1，以支持当前和未来 IT 技术条件下的功率密度。

综合表 1 和图 2 的数据，可以得出以下结论：

- 单一的 230V 支路可以支持当前最常见的机柜机箱的负载要求，但未来将无法满足要求。
- 两条 230V 支路可以支持当前约 98% 的机柜机箱负载要求，但未来只能支持 90% 的机柜。
- 三条 230V 支路可以支持当前几乎所有机柜机箱的负载要求，在未来的支持比例仍可达到 98% 以上。

应注意，即使不能为机柜机箱提供足够的支路，也不会妨碍系统的运行。如果机柜的配电容量不足，也可通过从机柜机箱中取出设备、将其移至另一机柜机箱的方式降低其所耗用的功率。然而，其后果是会出现空间利用率下降。对于非常用的机柜机箱，这并非严重的问题。在数据中心内分散负载的成本和收益将在第 46 号白皮书《超高密度机柜和刀片式服务器的制冷策略》中讨论。

可调整式机柜机箱电源系统应能够在任何时候向任何机柜机箱提供最大预期负载所需的足够功率，而不需要对电源系统进行重新设计。每台机柜机箱配备两条 230V 支路是一项实际设计准则，能够轻易地加装额外的回路。

冗余度要求

在电源系统中实现冗余和/或容错将可以提高计算系统的可用性。在高可用性环境中，一种实现冗余的通用方式是对每一个计算设备均提供两条独立的电源路径；继而设备会通过独立的并联电源接受两条电源馈线，并联电源的规格使得仅有一条电源路径时设备也可以继续运行。这种系统可以实现以下关键优势：

- 如果一个电源失效，系统将正常运行
- 如果一条电源馈线由于设备功能失常而失效，系统将正常运行
- 如果一条电源馈线由于用户错误而失效，系统将正常运行
- 如果电源的失效使得电源馈线故障并使断路器跳闸，共用该断路器的设备将不受影响
- 如果有一条电源馈线需要切断以进行维护或升级，系统将正常运行

为使此方式有效，必须满足以下要求：

1. 被保护的必须支持双电源馈线，并可在一条馈线故障时保持运行

¹ 请注意，25A 和 32A 电路也被接入机柜，但这些电路是馈线电路而非支路，因为它们需要在机柜内有附加的断路器，如后面几节所述。能够直接使用 25A 或 32A 支路的机柜设备非常少；它们通常是刀片式、路由器或独立式服务器或存储设备。

- 在正常条件下，每一电源路径内断路器的加载率必须总是小于跳闸额定值的 50%，因此将伴随替代路径故障产生的负载上升不会导致断路器跳闸。这也有助于防止替代路径由于线路电压低的条件而跳闸。

满足这两项要求可能会非常困难。有些计算设备仅配有一条电源线。也有配三条电源线的设备，但需要其中任意两条正常方可正确运行。这些类型的设备不能在一条电源馈线缺失的条件下运行。在这些情况下，可以采用自动转换开关（ATS），它可以有两路输入形成一条馈线。这种 ATS 可以集中部署，也可以分布式部署，即在配有保护设备的机柜机箱内安装小型机柜安装式 ATS。更多信息，请参见第 48 号白皮书《比较各种机架电源冗余配置的可用性》。

可调整式机柜机箱电源系统应能够支持单路或双路环境，抑或单路与双路设备的混合。此外，还必须提供电流监测，确保所有回路的负载均不超过 50% 的容量，以防止断路器在一条电源路径缺失时跳闸。

过载保护要求

支路的过流保护是配电方面引起最多误解的概念之一。机柜机箱内的每条支路必须由一个独立的断路器供电，典型的机柜机箱将需要多个支路。图 2 所示为对机柜配电的常见方法，图中示出了各种不同的支路配置。在图 2a 中，一条支路对一个机柜供电。对于 10 A 的系统，这种安排在 230V 下最高容量限值为 2.3 kW。为实现更高的机柜功率，需要更大的断路器和导线，或者需要采用多个支路。为一个机柜机箱提供多个支路有两种备选方案，如图 2b 和 3c 所示。

资源链接
第 48 号白皮书
比较各种机架电源冗余配置的可用性

图 2
为机柜提供支路的方法图示，显示向机柜提供多条支路的备选方法

图 2a.
对机柜的单一支路

图 2b.
多条支路：
在 PDU 上生成所需的支路

图 2c.
多条支路：
在机柜内生成所需的支路

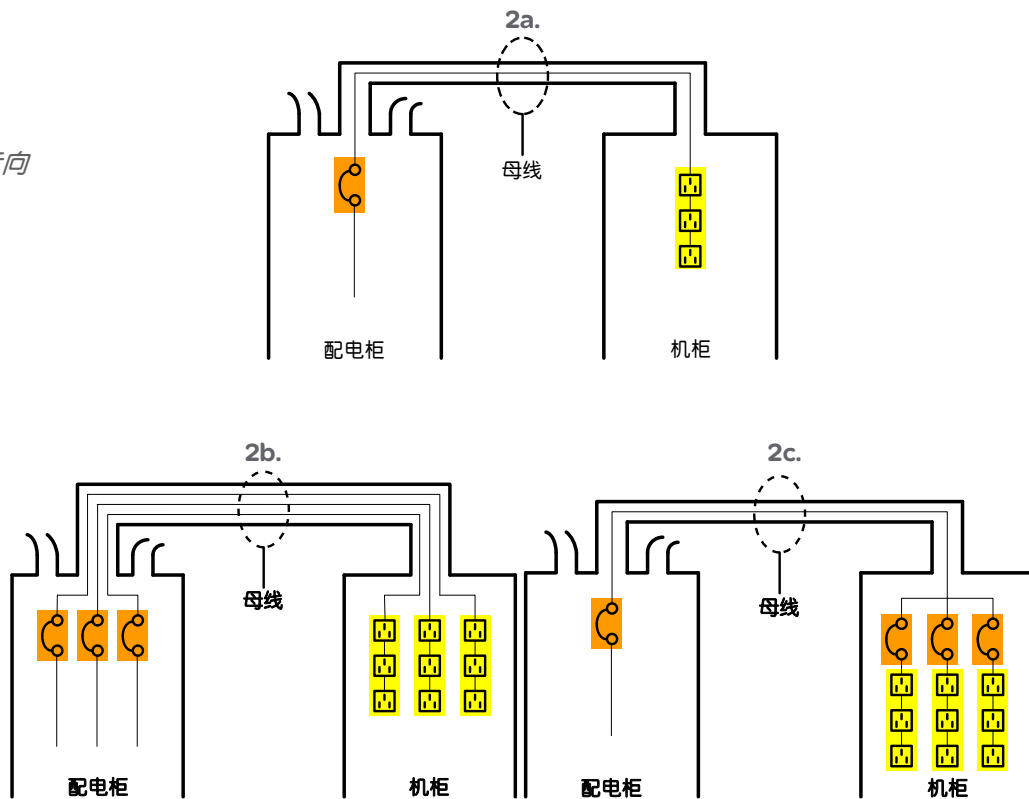


图 2b 和 2c 的安排能够提供相同的功率，但配线和断路器布置并不相同。应注意，在图 2b 中，导管或“线缆”包含有多条支路。这些备选方案会产生显著的优势和劣势，如表 2 中的归纳。

表 2

向机柜机箱提供多条支路的两种备选方案的比较

	馈线数目	断路器位置	优势	劣势
在配电柜上生成所需的支路	每一条所需支路上一条馈线	仅配电柜	总断路器更少 无故障协调问题 每一条支路均可用于全容量 引向机柜的馈线可以插拔	配电柜内需要有更多的断路器位置
在机柜机箱内生成所需的支路	机柜机箱内单位电压值所需的馈线数更少	配电柜内的馈线断路器 位于机柜机箱内的支路断路器	引向机柜的馈线更少 配电柜内的断路器更少	需要更多的断路器来监测有无过载。 故障协调。 更多断路器串联会降低可靠性 馈线可能需要硬连线。 由于附加断路器的损耗，会对电气效率有些许影响

表 2 的归纳表明，避免在机柜机箱内形成生成支路的需求，将可实现非常大的优势。

向机柜内送入 25A 或更大规格电路的多数用户并不理解：这些回路是馈线回路而非支路。当采用 25A（或更大）的线缆时，向插座供电所需的典型 16A 支路**必须**由位于**机柜内部**的符合支路额定值的断路器来实现。

可调整式机柜电源系统应不需要硬连线、顺序启闭断路器组以及断路器协调分析，这将需要采用每台机柜多条支路的优选方式。理想情况下，多条支路可采用连至机柜的一条多导线电缆来实现，以简化向机柜的连线。

连接器要求

机柜机箱内使用的所有交流供电设备中 99.99% 以上通过电源线和插头连接（采用硬连线方式的比例可以忽略）。而且，数据中心内所有 IT 设备中有 99% 采用可分离的电源线，这意味着插头类型可以更换。OEM 供应商在创制完整的机柜系统时会利用这一点，而且经常会在机柜机箱内的所有设备上安装采用 IEC 60320（先前为 IEC-320）型式电源插头的导线，并配以 IEC60320 型式的插座排。这样做的好处是单一配置可以在全世界使用。从国际上讲，IEC 插头类型出现频率的大致统计分类在表 3 中提供：

表 3

IT 设备上 IEC 连接器类型的出现频率

频率	连接器类型	说明	使用场合
80%	IEC 60320 (先前为 IEC-320) C-14 (公头) C-13 (母头)	230V 10A (单相)	小型服务器、集线器、部门交换机、监视器、电源组块、企业服务器、路由器、某些刀片式服务器、大型部门服务器
16%	IEC 60320 (先前为 IEC-320) C-20 (公头) C-19 (母头)	230V 16A (单相)	企业服务器、路由器、某些刀片式服务器、大型部门服务器、存储设备
1%	IEC 60309 (先前为 IEC-309)	230V 各种电流额定值 (单相和三相)	企业服务器、电信级路由器、存储设备
3%	其他 IEC	230V 各种电流额定值 (单相)	小型服务器、集线器、部门交换机、监视器、电源组块

各国的插头确实有所不同，但除北美地区之外，多数国家均采用单一的供电电压，因此多数电源线的额定值为 230V 16A。这意味着一种插头类型即可服务于从小型集线器到企业服务器的大多数应用场合。然而，许多 IT 人员并没有采用 IEC 插头为其设备供电，而是采用特定国家的插头（即 Shuko 或 UK），放弃了标准化的所有优势。这样做的理由包括：某些设备供应商并不提供两端配有 IEC 对 IEC 连接器的电源线。即使带有这类 IEC 电源线，它们也经常被抛弃，而是采用特定国家使用的电线。实际上标准化的好处并没有被很好地理解，以至于在仅提供 IEC 对 IEC 的电源线时，有些 IT 人员还会要求供应商提供针对特定国家的电源线。

通过对 IEC 插头类型、PDU 和 UPS 的标准化，IT 管理员可以有可预期的电源方案，在这类方案中，几乎所有机柜安装设备均由 C13 或 C19 插座供电，由此可以方便 IT 方面的更新。当对地处多个国家的多个数据中心进行管理时，这种优势就更具价值。例如，采用针对特定国家的 PDU 需要向多个厂商采购，这就进一步增加了数据中心管理的复杂性。采用独特插座组合的 PDU 的交货时间会造成时间和成本超限。从库存和管理的角度，插座类型的各种组合会很快变得无法应对。关于标准化好处的更多信息，请参见第 116 号白皮书《数据中心物理基础设施中的标准化和模块化》。

机柜机箱内所需插座的数量随所安装的设备会有很大的差别。一个机柜机箱最少可能仅有一个单个负载，也可能走向另一个极端，即装有（42）台薄服务器，每台服务器有两路电源线，总共需要 84 个插座。

可调整式机柜机箱电源系统应能够为所遇到的各种类型的插头提供电源插座，并提供两路馈线，每路包含（42）个插座。为实现这一目的，必须在每台机柜机箱内提供大量且多种类的插座，或者提供许多易于更换的插座选件，以满足不断变化的要求。



资源链接
第 116 号白皮书

数据中心物理基础设施中的
标准化和模块化

资源链接
第 26 号白皮书
谐波和零线过载的危害

谐波要求

在历史上，计算设备曾经在交流电源线上产生谐波电流，由此需要在电源系统中加入专门的功能部件，如超选型的中性线导线和 K 倍额定值的变压器。在 20 世纪 90 年代，对于计算设备的设计制定了相应的规章，而且老旧的设备也在不断地淘汰，这就使得 2000 年之前，这方面的问题已经被消除。在机柜机箱电源环境中不需要采用根据谐波选择其额定值的配线以及变压器。关于这方面的更多信息，请参见第 26 号白皮书《谐波和零线过载的危害》。

降容要求

与北美地区不同，其他国家的电路不需要降容。因此用户可望能够利用系统的全部电流或功率额定值。本文中所述配电体系结构的功率容量均为全额定值。

资源链接
第 19 号白皮书
重新考察活动地板对于数据中心的适用性

电缆要求

向机柜机箱供电的电缆是机柜机箱电源系统的基本组成部分。今天通常的做法是采用地板下电缆布设法。地板下电缆布设方法会对适应性造成多种障碍，如第 19 号白皮书《重新考察活动地板对于数据中心的适用性》中所述。

在可调整式机柜机箱电源系统中，布设至每一机柜的电缆将提供可能需要的所有支路。机柜机箱内设备变更时无需对布设的电缆进行任何改动。未来向加装的机柜机箱提供相应的电源馈线也将容易而且安全。

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

电流监测要求

由于设备的安装和拆卸，以及所安装设备耗用功率的动态变化，机柜机箱电源系统会不断地经历负载的变化。这些情况将要求对支路内的功率流进行监测，以防由于过载造成故障或危险。这一问题在第 43 号白皮书《数据中心和网络机房的动态功率变化》中有详细介绍。

一致性要求

由于在典型的数据中心内有大量的电源回路，最大限度简化所提供配电的类型（支路额定值、每条线缆极数、断路器类型以及位置等）将有很大的好处。理想情况下，对每台机柜应提供均匀、单一的电源馈线类型，以使灵活性最高，并减少人为错误。

人为错误是数据中心内持续存在的风险，是很多停机的原因。对满足 97% 时间需求的公共配电回路进行标准化，这只是减少人为错误风险性的一种方法。通过采用标准化的线缆，用户产生混淆的可能性可以降低，零配件可以最大限度简化，学习曲线也可以加速，这些都可以降低出现代价高昂的错误的风险。

选择合适的配电系统

尽管有很多种要求，仍然有多种电路组合可被用于对机柜机箱供电，其总功率容量及主要特性各有不同。对于每一机柜在 2.3 kW 至 44 kW 范围内的机柜机箱，至少有 22 种实用而不同的方式进行供电。这些备选方案的详情在附录 A 中提供。

通过对这些备选方案的系统性研究，可以确定这些方案在成本和收益方面并不相当，某些方案具备明显的优势。当考虑前一节所确定的要求时，附录 A 的分析表明，在 PDU 与机柜之间有四种基本的优选机柜配电型式，每台机柜中会对其以多重方式使用，以实现所需的功率密度。优选的型式为：

230V 16A 线缆

230V 32A 线缆

230V/400V 16A 三相线缆
230V/400V 32A 三相线缆

图 3 通过显示支路配置示出了这四种优选型式。表 4 中给出了这四种基本优选配电类型的特性和优势。在表 4 中，带阴影的属性代表了该特性的最佳性能水平。该图显示了对机柜进行三相配电的明显优势。

本文的分析表明，包括单相或三相 25A 线缆的配电线缆并非优选，专用线缆情况除外。25A 线缆值并非最优，因为机柜内必须形成的最常见的支路规格为 16A，这将导致采用 25A 线缆规格时出现两种不利的问题：

1. 16A 支路断路器与 25A 馈线断路器之间难以实现协调，会使顺序启闭断路器跳闸的可能性增加。
2. 完全利用单一 25A 线缆相线馈线需要要有两条 16A 支路，而如果其中一条支路被完全利用，另一条则只能被利用一半。这是断路器低效使用的情况；此外，馈线断路器还可能在支路断路器跳闸之前跳闸。

当所需的容量高于由一条或多条 16A 或 16A 三相线缆可以实现的值时，32A 三相线缆是比 25A 三相线缆更好的解决方案。

图 3
对机柜配电的四种优选型式图

3a.
230 V 16A 线缆

3b.
230 V 32A 线缆

3c.
230 V 16A 三相线缆

3d.
230 V 25A 三相线缆

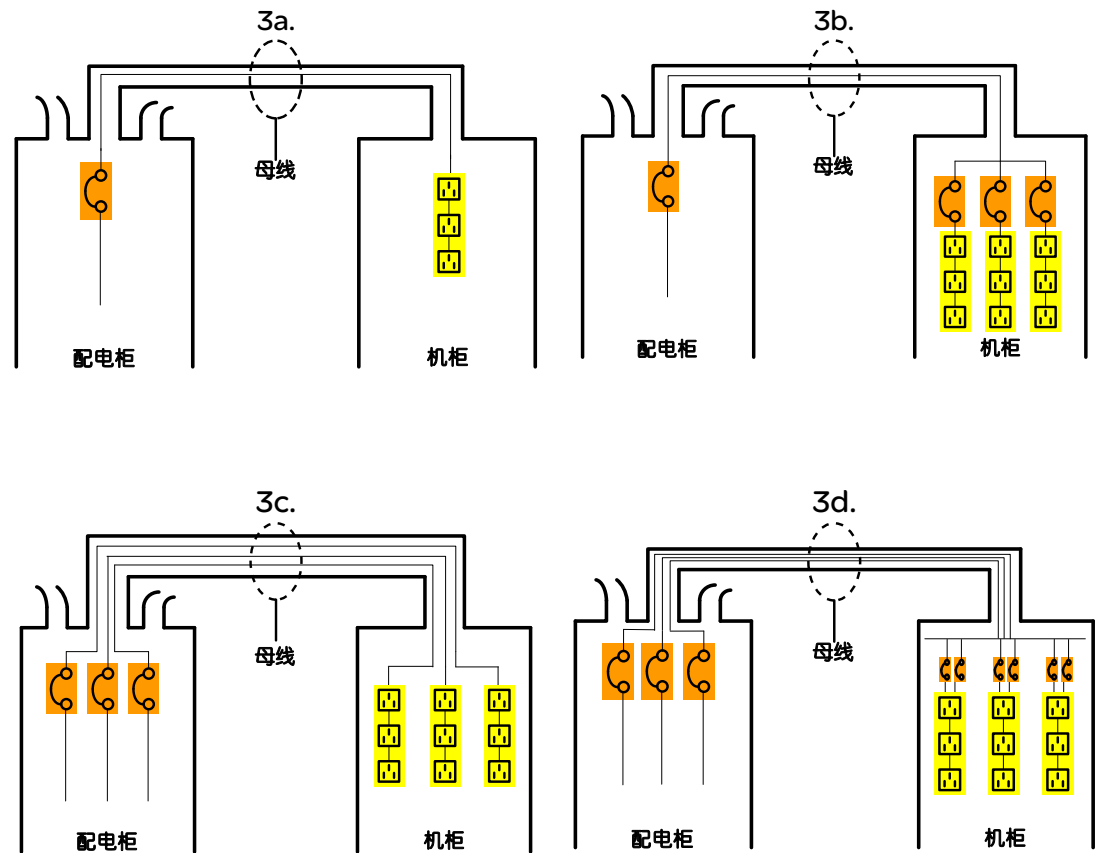


表 4

四种优选机柜配电类型的特性

特性	230V 32A	230 V 32A	230/400 V 16A 三相	230/400 V 32A 三相	备注
可由 1、2、3 或 4 条线缆实现的功率水平 (kW)	3.7 7.4 11 14.7	7.4 14.7 22.1 29.4	11 22.1 33.1 44.2	22.1 44.2 66.2 88.3	
每条线缆的功率 (kW)	3.7	7.4	11	22.1	
每个 PDU 断路器面板极位置的功率 (kW)	3.7	7.4	3.7	7.4	
最大单一负载 (kW)	3.7	7.4	3.7	7.4	目前几乎没有每一插头需要功率超过 7.4 kW 的批量生产的 IT 机柜产品，但这种情况可能会改变。
每条线缆的 1kW IT 设备的数量	3	7	11	22	应注意，一条专用馈线只能支持一个设备。
与负载串联的断路器数量	1	2	1	2	
故障协调	E	G	E	G	32A 设计需要机柜内有附加的支路断路器。
每台机柜 2kW 条件下的每 kW 成本	270 美元	320 美元	515 美元	645 美元	包括源断路器、线缆以及机柜 PDU。
每台机柜 10kW 条件下的每 kW 成本	81 美元	64 美元	52 美元	64 美元	包括源断路器、线缆以及机柜 PDU。

注：蓝色阴影部分表示该特性的最佳性能水平

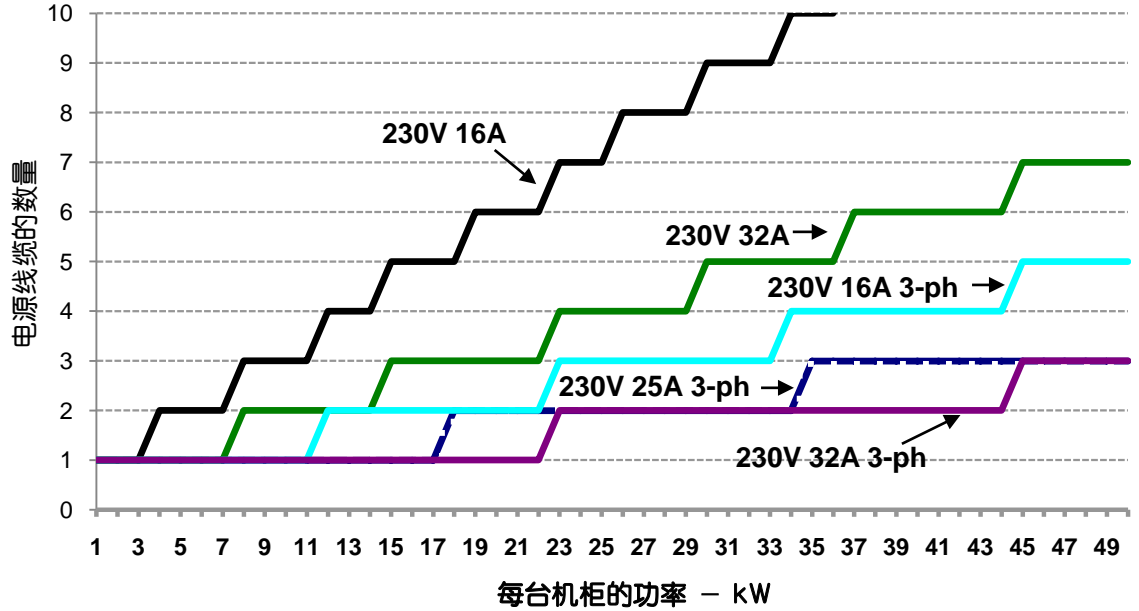
注：线缆成本不包括任何安装成本

故障协调 图例： E = 优秀 G = 良好

优选型式可多重应用，以实现更大的机柜总体额定功率。图 4 示出了实现机柜总体额定功率提高而需要的线缆数量。图中的四条曲线代表了各种类型配电的线缆计数。230V 25A 三相机柜配电回路并非优选的方式，只是在图中作为参考之用。应注意，所需的线缆数量会按照预期随机柜额定功率的增加而线性增加。对于每台机柜额定功率高于 11 kW 的情况，采用 230V 16A 和 32A 单相系统时其线缆数量将会很大。

应注意，对于 2N 双路供电系统，图 4 中的线缆数量必须乘以 2。

图 4
对于四种不同的线缆规格，所需机柜电源线缆或馈线数量与机柜额定功率的函数关系



专用线缆

另一种型式的配电是专用线缆。然而专用线缆只有当机柜内的负载设备仅有少数电源线、每条均吸收大量功率的情况下才是优选方案，特别是在设备采用非常见的插头类型或电源配置时更是如此。实际上，业界公认的 IT 设备紧凑化趋势正在造成两个重要的后果：

- 每一设备电源线所吸收的电流和功率增加，正在接近其 16 A 的极限。其结果是，多插座、机柜式电源板正在缩减为每相一个可用的插座。
- 机柜后方数据电缆的增加给机柜式电源板留出的空间更少。

这些后果正在迫使 IT 运行人员在高密度应用中抛弃传统的机柜式电源板，转而采用可留出数据电缆空间的专用三相线缆。某些刀片式服务器和 SAN 存储单元是这种方式的可用场合。例如，具有三相 IEC 60309 电源插头的大型刀片式服务器电源子系统。

专用线缆的优势在于，它们从不会要求在机柜内加装断路器，由此可提高可靠性，并节省开支。专用线缆的重大劣势是当未来对设备进行变更时缺乏灵活性。表 5 中对专用线缆与标准 230V 32A 线缆进行了比较。

表 5

提供非常高密度功率的两种备选方案的比较

	线缆数量	变更方法	优势	劣势
标准 230V 32A 三相线缆	每 22 kW 一条线缆	容易：插头插入机柜内不同的插座板	针对小型或计划外设备提供有各种插座	限于 22 kW
专用线缆	机柜内每条电源线一条线缆，或者机柜内每三条电源线一条三相线缆	困难：断电并向 PDU 布设新的导线	无故障协调问题 由于电源线与断路器之间有一对一的关系，没有断路器跳闸风险 可以应对任何不常见的插头或电路规格 成本最低	必须提前规划，并了解机柜内可能存在的每一条电源线 对小型辅助 IT 设备没有准备 馈线必须采用硬连线

总体而言，专用线缆的应用应仅限于以下场合：标准 IEC 230V 32A 三相回路不能实现功率要求或插头配置，或成本因素远远重要于日后重新配置机柜的能力。

配电选择策略

从这些分析，可以得出关于支路优选配置的如下结论：

1. 使用一条 230V 16A 单相电源线缆对常见的每台机柜约 4 kW 以下的中等密度机柜供电；默认对每台机柜提供此配置。
2. 使用一条 230V 16A 三相线缆对每台机柜可达约 11 kW 的较高密度机柜供电。
3. 对于密集封装的 1U 服务器或刀片式服务器应用，采用一条或两条 230V 16A 三相线缆。
4. 对于每条电源线的输入电流要求超过 20A 的某些极高密度负载，采用两条或更多 230V 32A 三相线缆。

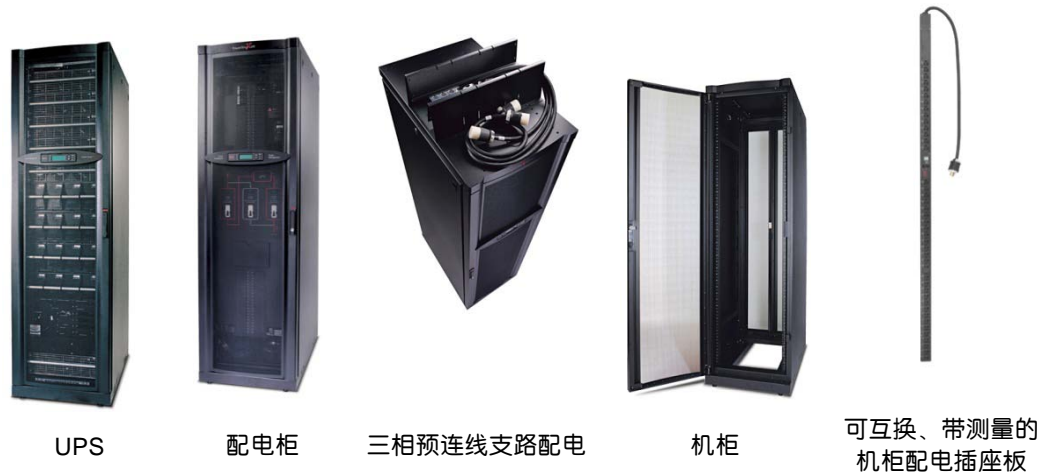
机柜的可调整式电源体系结构

业界对于本文所述问题日渐增长的认知度已经使数据中心和网络机房的设计师和操作人员开始开发其自有的创新解决方案，以解决对可调整式机柜机箱电源系统的需求。尽管如此，从设备提供商的角度来看，集成化且节约成本的方式一直是缺乏的。一种完全集成化的方式应包括一个模块式系统，该系统应实现配电的所有方面，从设施的交流主线连接，经过 UPS，经过配电盘，一直到机柜机箱内插头连接的机构。

第一套集成化且可调整的机柜机箱电源系统于 2001 年引入业界，如图 5 所示。正在专利的英飞 InfraStruXure™ 系统包括为满足可调整式机柜机箱电源系统要求而设计的组件。该系统包括预制的多支路配电线缆、具有多种插座配置的快换式多电压测量型插座板、预先设计的断路器协调、可在机柜机箱或排一级配置的单路和双路供电支持、应用直流容量点以及快速无导管安装。该系统作为一个整体系统提供，可被配置为从库存组件中订购。

图 5

可调整式机柜电源系统示例



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

可调整式机柜机箱电源系统除了具有快速且经济地应对变化的能力之外，还具备与系统初始安装相关的循环时间和成本的优势，包括对与数据中心设计相关的先期工程和安装工作的大幅简化。此外，调整机柜机箱电源系统的能力也可使系统按照实际负载要求“正确选型”，并随需求的扩展而发展。正确选型的经济效益可以远远超出数据中心或网络机房全寿命期成本的 50%，这方面在第 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》中有更为详细的讨论。

结论

数据中心或网络机房内单台机柜机箱的功耗可能有很大的差别，而且预期在后续几年中会有增长。在数据中心的寿命期内，逐件更换的前提下，机柜机箱设备会被更换 5 次或更多次。这种情况需要机柜机箱配电系统能够应对变化的要求。文中对有效的机柜配电系统的主要要求进行了说明，其中提出了一种可满足可调整式机柜机箱电源系统要求的实用的机柜机箱电源体系结构。推荐的方式对配电的四种主要方式进行标准化，并提出了对给定设施进行最佳方式选择的策略。当采用这一方式时，其结果是可实现减少人为错误、适应变化的需求、最大限度减少提前规划要求并满足高密度 IT 设备要求的配电系统。



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



数据中心交流与直流配电综述

第 63 号白皮书



谐波和零线过载的危害

第 26 号白皮书



比较各种机架电源冗余配置的可用性

第 48 号白皮书



超高密度机柜和刀片式服务器的制冷策略

第 46 号白皮书



重新考察活动地板对于数据中心的适用性

第 19 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



数据中心物理基础设施中的标准化和模块化

第 116 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

附录 A: 对全套机柜供电 备选方案的详细 分析

在以下表 A1 中罗列了包括三相回路在内的为机柜供电的各种实际的回路种类。表的内容按照机柜功率容量生序排列。

表 A1

实用的机柜电源电路
配置的特性

总功率 (kw)	电路类型	线缆数	每条线缆的功率 (kw)	极数	每极功率 (kw)	最大单一负载 (kw)	断路器数	协调
2.3	230V 10A	1	2.3	1	2.3	2.3	1	E
3.7	230V 16A	1	3.68	1	3.7	3.68	1	E
4.6	230V 10A	2	2.3	2	2.3	2.3	2	E
5.8	230V 25A	1	5.75	1	5.8	5.75	3	P
6.9	230V 10A	3	2.3	3	2.3	2.3	3	E
6.9	230V/400V 10A 三相	1	6.9	3	2.3	2.3	3	E
7.4	230V 32A	1	7.36	1	7.4	7.36	3	G
7.4	230V 16A	2	3.68	2	3.7	3.68	2	E
11.0	230V/400V 16A 三相	1	11	3	3.7	3.68	3	E
11.0	230V 16A	3	3.68	3	3.7	3.68	3	E
11.5	230V 25A	2	5.75	2	5.8	5.75	6	P
13.8	230V/400V 10A 三相	2	6.9	6	2.3	2.3	6	E
14.7	230V 32A	2	7.36	2	7.4	7.36	6	G
17.3	230V/400V 25A 三相	1	17.3	3	5.8	5.75	9	P
17.3	230V 25A	3	5.75	3	5.8	5.75	9	P
20.7	230V/400V 10A 三相	3	6.9	9	2.3	2.3	9	E
22.1	230V/400V 32A 三相	1	22.1	3	7.4	7.36	9	G
22.1	230V/400V 16A 三相	2	11	6	3.7	3.68	6	E
22.1	230V 32A	3	7.36	3	7.4	7.36	9	G
33.1	230V/400V 16A 三相	3	11	9	3.7	3.68	9	E
34.5	230V/400V 25A 三相	2	17.3	6	5.8	5.75	18	P
44.2	230V/400V 32A 三相	2	22.1	6	7.4	7.36	18	G

故障协调 图例： E = 优秀 G = 良好 P = 差

表 A1 中所述的备选方案最多采用 3 条线缆，且仅包含整数倍增情况，其中所有线缆均采用相同的电路配置。专用线缆可以是上述每台机柜列表中一些线缆的混合组合。

尽管此表已经详尽，但如果目的是向高密度机柜机箱供电，则可以排除某些组合。高密度负载的电源系统也应能够对至少 3 kW 的单一负载供电，因为有许多高密度负载需要最高 3 kW 的电源。在多数采用 230V 标准的国家中，实际上向机柜机箱供电的所有支路均按照 16A 设备确定额定值。有鉴于此，可以排除 10A 线缆备选方案。此外，高密度负载的电源系统不应呈现较差的断路器协调比率。通过排除不满足这些判据的备选方案，表 A1 中的列表缩减为表 A2 的列表

表 A2

适用于高密度负载的
机柜电源电路配置的特性

总功率 (kw)	电路类型	线缆数	每条线缆功率 (kw)	极数	每极功率 (kw)	最大单一负载 (kw)	断路器数	协调
3.7	230V 16A	1	3.68	1	3.7	3.68	1	E
7.4	230V 32A	1	7.36	1	7.4	7.36	3	G
7.4	230V 16A	2	3.68	2	3.7	3.68	2	E
11.0	230V/400V 16A 三相	1	11	3	3.7	3.68	3	E
11.0	230V 16A	3	3.68	3	3.7	3.68	3	E
14.7	230V 32A	2	7.36	2	7.4	7.36	6	G
22.1	230V/400V 32A 三相	1	22.1	3	7.4	7.36	9	G
22.1	230V/400V 16A 三相	2	11	6	3.7	3.68	6	E
22.1	230V 32A	3	7.36	3	7.4	7.36	9	G
33.1	230V/400V 16A 三相	3	11	9	3.7	3.68	9	E
44.2	230V/400V 32A 三相	2	22.1	6	7.4	7.36	18	G

故障协调 图例： E = 优秀 G = 良好 P = 差