

如何选择机架式IT配电单元

第 202 号白皮书

版本 0

作者 Brian Mitchell

摘要

如何在市面上众多产品中选择最佳的机架式配电单元（PDU）存在着诸多挑战。大多数情况下，通常会面临多达 100 至 700 种型号，因此供应商通常会提供产品选型指南，帮助客户缩小选择范围。其它方面的挑战还包括考虑系统可用性以及给更高功率密度设备供电能力等。一旦选定机架式 PDU，IT 管理员会考量该产品是否能支持下一代 IT 设备，考量因素包括供电容量、插座类型及数量等。包括虚拟化、融合式基础设施以及高效率需求等在内的新趋势，使得通盘考虑如何选择机架式 PDU 变得尤为重要。本白皮书中详述了机架式 PDU 产品的选择准则，并介绍了一些可以有效降低宕机时间的实用方法。

简介

不同的机架式配电单元 (PDU) 产品具备诸多不同的产品特性、额定功率以及输入输出电缆连接类型。选择正确的机架式 PDU 有时并非易事, 尤其是并不知道安装于机架内设备的确切信息时。包括虚拟化、融合式基础设施 (包含有计算、存储和网络) 以及高效率需求等在内的新趋势, 使得通盘考虑如何选择机架式 PDU 变得尤为重要。本白皮书中详述了机架式 PDU 产品的选择准则, 并介绍了一些可以有效降低宕机时间的实用方法。

为特定机架挑选一款合适的机架式 PDU, 需要了解机架中设备的相关信息、现场的配电情况以及对其它辅助功能的需求。大多数情况下, 我们遵循一个“由内而外”的顺序挑选机架 PDU:

1. 确定输出插座类型及数量
2. 预估配电容量
3. 确定输入插座类型
4. 选择支路的可视化功能和控制选项
5. 选择外观与安装方式

步骤 1: 确定输出插座类型与数量

根据“由内而外”的方法, 第一步选型是基于机架内部的应用设备。机架内部安装的 IT 设备配置不同类型的插座。数据中心最常用的插座类型为 IEC 60320 标准中明确定义 C-13 与 C-19 插座 (参见图 1)。C-13 插座常用于服务器与小型交换机, 由于需要更大的载流容量, 刀片服务器以及大型网络设备通常使用 C-19 插座。几乎所有新型服务器、刀片服务器机箱或者企业级交换机都能使用 C-13 或者 C-19 输入插座, 具体取决于功耗情况。大部分既不使用 C-13 插座又不使用 C-19 插座的设备可以归为以下三类: 老旧设备、单线接入 30A 或以上电源的设备, 或者其它应用设备, 如空调、风扇以及配置了当地标准电源接头的笔记本电脑充电装置 (例如 NEMA5-15 标准)。






图 1
C-13 与 C-19 插座是 IT 设备中最常用的插座类型

选择合适的机架式 PDU 组合的输出插座口, 首先需要了解运行在机架内部的 IT 设备。机架式 PDU 中的插座至少需要与机架内每种类型的设备所需的插座数量相当, 确保每台设备都能连接供电。

数据中心众多运营商选择的机架式 PDU 中, 所配备的不同类型的插座数量往往会超过初始负载的数量, 便于给未来设备做好预留插座。表 1 提供了通常情况下不同 IT 设备组合所需插座数量。多数制造商提供的常用插座组合为 (36) C-13 与 (6) C-19 插座, 因为二者能同时满足低密度和高密度设备所需。从数据中心运营角度来看, 这就意味着单台常见的机架式 PDU 就可以满足机房内几乎所有机架的需要。选择通用的插座配置可以帮助确保在任何时候需要时, 机架式 PDU 均有库存且即时可用。

表 1

每个机架对应的典型功率密度与插座数量

IT 设备	功率密度范围	馈电线路 电源线数量	插座类型
1U 服务器	2 ~ 9 kW	21 - 42	IEC C13  , NEMA 5-  15R
2U/4U 服务器, 混合环境	3 ~ 10 kW	10 - 21	IEC C13  , NEMA 5-  15R
刀片服务器	6 ~ 20kW	6 - 12	IEC C19 
高密度网络设备	6 ~ 10 kW	2 - 6	IEC C19 
更长的高密度网络设备	6 ~ 25+ kW	3 - 6	IEC C19 
网络存储设备	4 ~ 8 kW	10 - 21	IEC C13  , NEMA 5-  15R
融合 IT 基础设施	6 ~ 8 kW	10 - 21	IEC C13  , IEC C19 

建议：(36)个 C-13 与(6)个 C-19 插座为常见组合产品，能够为几乎所有机架式 PDU 应用提供足够的插座容量。

步骤 2: 预估配电容量

故障电流额定值

有效故障电流，单位为千安培 (kA)，就是指馈线的最大故障电流，是由电气系统的设计来决定。

机架式 PDU 输入端的故障电流限制在 10kA，因为大部分电缆罩（即输入连接插头等等）的额定值为 10kA。欲了解更多详细信息，请参阅第 194 号白皮书《[数据中心 IT 机房电弧放电的考量因素](#)》。

可通过多个途径来估算每个 IT 机架所需的最大功率。一旦确定了功率需求，就可以选择合适的机架式 PDU，机架内的负载提供足够的功率支持。

1. 估算 IT 机架内部设备功耗情况。当机架内安装有大功率负载时，通常会采用这种方法，如企业级的服务器、刀片服务器或者高速网络设备。由于设备铭牌上的额定功率值是基于满载情况下的电源功耗，所以该值一般比实际使用功耗值要大。一般情况下服务器并不会满载运行，因此这种方法估算出来的功率容量值略为保守。
2. 包括思科、戴尔以及惠普在内的一些制造商会提供在线的功率计算器，帮助更加准确地估算特定配置时的功耗值（板卡、驱动器的数量与类型等）。施耐德电气提供的“数据中心功率选型计算器”，可以基于特定模块与配置，精确地估算实际的功耗情况。表 1 提供了机架内安装不同 IT 设备所对应的整机架的功率密度范围，可做参考。
3. 基于数据中心的整体利用率来估算 IT 机架的最大功率水平。例如，如果数据中心为 IT 负载提供 1MW 的功率，IT 负载由 100 个机架组成，则对于据大多数的机架而言，预估的最大功率等级为 10kW 左右。相比于单独计算每个机架的最大功率容量，这个方法显得更加简单易行。这种方法通常用于多种类型的计算应用环境，难以预测所需的 IT 设备类型。用户通过限制在机架内安装多余服务器的方式防止达到最大功率等级，从而实现对应用环境的控制。施耐德电气开发的的权衡工具 (TradeOff Tool™) “数据中心功率选型计算器”为估算数据中心功率范围提供了详细指南。

步骤 3: 确定输入插座类型

当我们完成对机架内部的考量后，就需要考虑机架列的整体配电。确定好现场的接入电源电压（例如 208V、240V 等）以及确定接入机架的是单相或三相电源。三相电源接入优势的详细信息，请参阅 Geist 白皮书 EP901《[计算机数据中心用三相配电方案](#)》。

现场配电方案（电压与相数）以及预估功率需求将决定 IT 机架所需的输入电源线或者线缆电流或者安培数。请参阅表 2 与表 3 确定线缆规格。表中显示了每个安培数的对应的连续功率（单位千瓦）。灰色背景的数值代表不常见的功率等级，通常设计工程师不会推荐使用该功率等级。

表 2
美国国家标准协会 (ANSI) 规定基于电压与电流的连续功耗

线缆安培数	单相/分相			三相	
	120V	208V	240V	208V	415V
20A	1.9kw	3.3kw	3.8kw	5.8kw	11.5kw
30A	2.9kw	5.0kw	5.8kw	8.6kw	17.3kw
40A	3.8kw	6.7kw	7.7kw	11.5kw	23.0kw
50A	4.8kw	8.3kw	9.6kw	14.4kw	28.8kw
60A	5.8kw	10.0kw	11.5kw	17.3kw	34.5kw

表 3
国际电工技术委员会 (IEC) 规定基于电压与电流的连续功耗

线缆安培数	单相 230V	三相 400V
16A	3.7kw	11.1kw
32A	7.4kw	22.2kw

为了缓解过载给 IT 设备正常运行带来的风险，通常做法是限制单相 PDU 的安培数 ≤40A 或者三相 PDU 的安培数 ≤32A。安培数高于上述数值的机架式 PDU 会使大部分设备面临所对应的断路器过载的风险。如果单个机架内有更大的功率需求，需在另外安装 PDU 组件。最佳做法是尽可能选用 ≤20A 的机架式 PDU，因为这些 PDU 产品不包含断路器，这样就能在功率路径上减少一个元件的使用，帮助提升系统可靠性。此回路始终受到上游 20A 断路器的保护。类似于使用 230V 电压的地区，使用 120V 电压的国家可以将电压转换为 240V。相比于 120V 电压，240V 电压可以为 20A 回路提供两倍电源功率。该主题在第 128 号白皮书《[绿色数据中心高效率交流配电](#)》一文中有详细阐述。

通常来说，机架式 PDU 要么是带锁定功能的 NEMA（北美）标准插座，要么是 IEC 309（EMEA）标准插座，用于连接上游配电。在某些特定情况下（但这种情况并不常见）要求配电产品具备防水功能的连接头，主要是考虑该连接头安装在高架地板下，在发生火灾等特殊情况下可能会被水淹没。

通常机架式 PDU 提供多种线缆长度可选。进行选型时需要选择具有合适线缆长度的产品，确保足够的松弛度，以便电源软线插头可轻松连接到电源插座上，便于维护。通常而言，2 米（6 英尺）的线缆长度足以将电源插头连接到输入配电端。

建议：尽可能选用 16A 与 20A 的机架式 PDU，二者操作简便、可靠性高并且布局简易。为机架配置三相电源的机架式配电单元可以为未来负载扩增提供额外的功率容量。

步骤 4：选择支路的可视化功能和控制选项

除了可以监控机架在较长一段时间内的总体功耗趋势，机架式 PDU 还可监控电源情况以及瞬时功耗情况。

根据机架功率状态的可视化等级，可分三类：基本级、监控级与计量级。**基本级**可视化不会提供任何关于功耗情况的信息。在这种视图下，机架有可能处于濒临跳闸状态，但是却无人察觉。

监控级可视化提供一个显示屏，显示实时信息而已。这些信息可用于帮助确定相位平衡以及基本的回路负载状态，但是仅能提供一个瞬时信息。基于上述信息所做的决策不能兼顾峰值使用或者周期循环趋势等因素。这些设施不能将信号只能显示在本地的显示屏上，在高风险状况发生时候不能向 IT 运行人员发出报警信息。

对于数据中心而言，当回路快要接近最大容量以及断路器面临跳闸风险的时候，**计量级**可视化提供了掌握这些情况的有效方法。计量型 PDU 内置智能网络管理芯片，当负载接近预设的阈值上限时候，可以在故障发生前通过邮件、短信、显示屏上的可视化报警信息以及其它途径发出警报。IT 运行人员可以借助功耗历史存储数据分析功耗趋势，从而做出最佳决策，决定在何处安装新的设备，使回路负载达到平衡，规避过载风险。这种主动规划对于消除由于断路器跳闸而引起的故障停机是一种行之有效的措施。

一些机架式 PDU 具备计量单个插座的功能，而不仅仅只是计量支路。到目前为止，尽管大多数数据中心尚未准备好利用这项先进的手段对机架内部功耗进行更深层次的监控，但该技术确实是 IT 界内的专业人士的一把利器，可以帮助他们更好地进行能源管理。

多数机架式 PDU 同时还可以测量 IT 运行环境中的其它变量。通常来说，计量机架式 PDU 可以连接温度传感器与湿度传感器。PDU 可以将测量得到的温度与湿度信息显示在显示屏上，并且还可存储下来，或通过网络传送到其他地方。温度是仅次于断电因素导致设备故障与停机的主要诱因。安装在机架内部的温度传感器可以连接到机架 PDU，从而保障服务器与其它 IT 设备在正常的环境中运行。

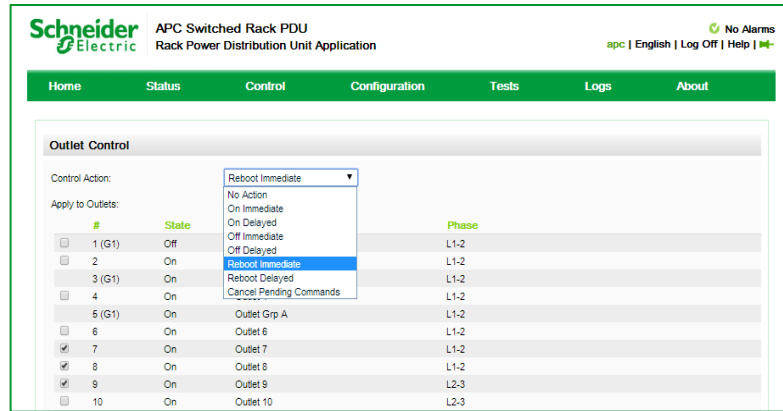
建议：如果未在机架式 PDU 支路上游安装专用的计量设备，推荐使用计量式机架 PDU。

机架式 PDU 在提供监控手段的同时还可具备控制功能。使用开关功能，借助网络可实现插座的远程遥控开/关循环操作。该功能在远程现场比较常见。服务器或者交换机偶尔需要进行手动重启，有时这些设备位于办公室环境或者没有现场 IT 运行人员的场所。常见的解决办法就是呼叫本地的管理人员来协助解决。管理人员进入并不熟悉的网络柜中，摸索着确认故障设备，然后进行重启。即使非常小心谨慎，错误重启设备现象也不可避免。借助开关型机架式 PDU，专业的 IT 工作人员即使不在现场也可以便捷地控制设备的开关操作。

对于托管设备而言，最常见的呼叫就是请求人工重启挂起的服务器。为解决该问题，托管工作人员需要进入机架，找到需要重启的服务器，手动重启，然后与客户确认任务是否成功完成。上述工作流程费时费力，并且通常托管方会对上述协助工作收费（一般收费标准为 100 至 200 美元每小时）。机架式 PDU 具备远程插座开关控制功能，可以很好地解决上述做法导致的延时、风险和费用问题。**图 2** 中所示为机架式 PDU 插座控制界面。

图 2

在主机托管环境中，可以通过具有开关功能的机架式 PDU 控制插座的开关操作，重启服务器



计量设备的精度

与所有计量设备一样，计量型机架 PDU 也存在计量精度公差范围。机架式 PDU 中常用的霍尔效应电流传感器（CT）的公差受运行环境温度与电流负载的影响。如图 3 所示，随着环境温度的上升，电流传感器的测量公差也会随之增大。高机架功率密度以及气流遏制方案会使得机架内热通道温度上升到 32°C (90°F) 以上或者更高。数据中心的运行环境为机架的运行环境温度设定了无法回避的边界。冷通道温度一般不会低于 15°C (60°F)，服务器热排气温度一般不会高于 45°C (113°F)。超出这个温度范围时，由于电子元件在高温环境中不会持续正常工作，就会影响服务器正常运行的稳定性。须知机架式 PDU 一般安装在 IT 机架的后部，恰巧处于气流遏制的热通道中，运行环境温度可能会高达 45°C (113 °F)。因此，选型时请确保机架式 PDU 适合在高温环境中连续运行。

计量误差与环境温度关系

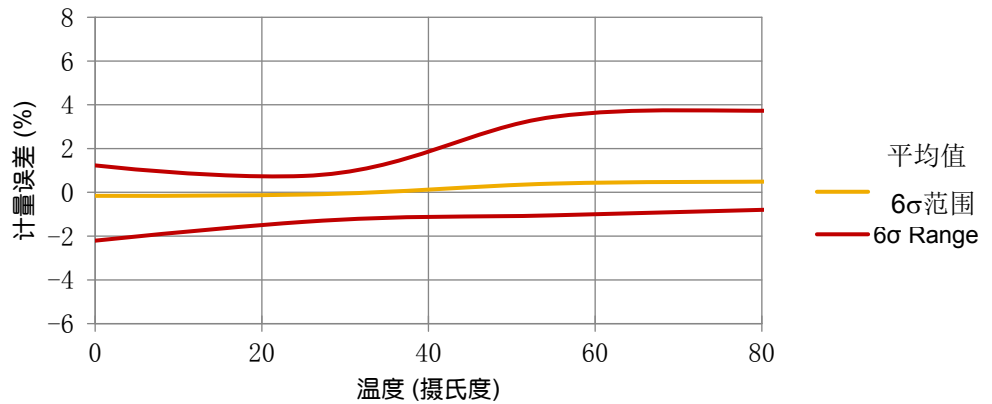


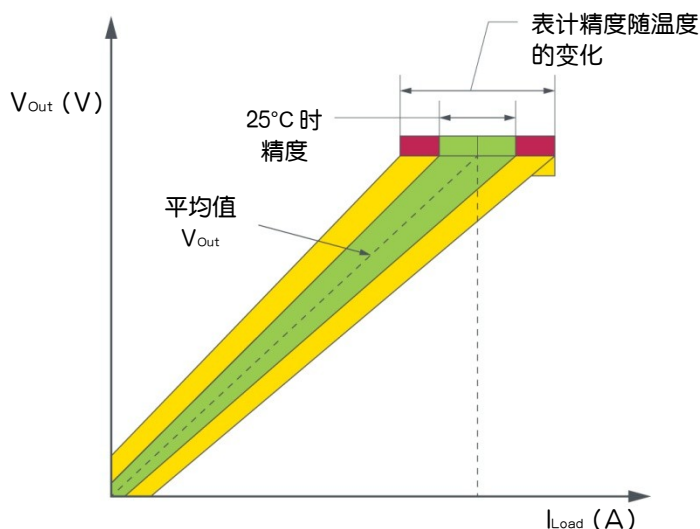
图 3

电流计量公差随着温度变化而变化，如果在极端环境中使用，可能会偏离合理范围

同样地，如图 4 所示，电流传感器在其电流感应容量上限区域时，其测量精度会下降。这一精度发散考虑甚少的原因是因为表计的主要作用是避免断路器过流跳闸，而这个 过程自然会考虑到表计较高精度范围。

图 4

电流计量公差随着电流负载增大而增大



±5%以内的精度对于数据中心是可以接受的。举例来说，在美国，对于 20A 断路器，机架式 PDU 允许其持续工作负载额值为 16A。这可提供充足的冗余，避免在设备启动阶段由于涌流电流而造成回路过载。对于 16A 的电流，精度为±5%的计量仪表给出的读数范围是 15.2A-16.8A。即使考虑到涌流电流尖峰脉冲，16.8A 仍然处在断路器阈值可接受的范围之内。这个精度范围足以满足电费按区域退款时的功率计量要求。

更高精度的计量设备对于数据中心应用而言并没有更大的好处，通常仅适用于某些特定的运行环境中。当 PDU 在这些更为严格的参数范围之外运行时，公差范围会变大。

建议：务必确保机架式配电单元额定值能够在高达 45°C (113°F) 的运行环境中持续正常运行。选择精度在±5%以内的计量机架式配电单元，该精度足以提供对回路的监测，从而防止回路断路器过载。

如果相关的销售是基于表计所测量的电能，则要求选用符合 ANSI C12.1-2008 或 IEC 62052-11 或 62053-21 标准的机架式 PDU。上述标准规定了更加苛刻的精度范围与特殊的校准程序，从而为公用设施计量提供更高的精确度。包括多数主机托管应用的数据中心计量通常不需要这种精确度与校准程序。机架式 PDU 因此被标为以下三个等级：“公用设施计量”、“营业收入计量”或者“收费级别计量”，但是如果产品没有达到这三种等级，则不能用于按照表计测量电能做相关销售的目的。

步骤 5: 选择外观与安装方式

通常而言，每种 IT 设备均配置有冗余电源，以备在其它电源故障时可以提供备用电源。对于数据中心应用而言，这些电源通常连接到独立的冗余机架式 PDU，而这些冗余 PDU 又是通过独立的电源或者回路进行供电。这样就可以避免当功率链中某一段发生故障时，所有负载均发生掉电现象。

机架式 PDU 安装在服务器机架的背面，提供插座方便 IT 设备接入或者设备配置人员进行操作。如图 5 所示，两种主要的安装方式如下：

- 水平式 482.6 毫米（19 英寸）机架安装式 PDU，主要与开放式框架机架配套使用，且配有音频/视频设备。
- 垂直式 0U PDU 使得配电插座更加靠近所供电的设备。该安装方式的产品为数据中心的首选，因为它们不占用机架空间，且所需电源线更短，电缆布线管理方便。这种安装方式可确保每条电源线布线井然有序。

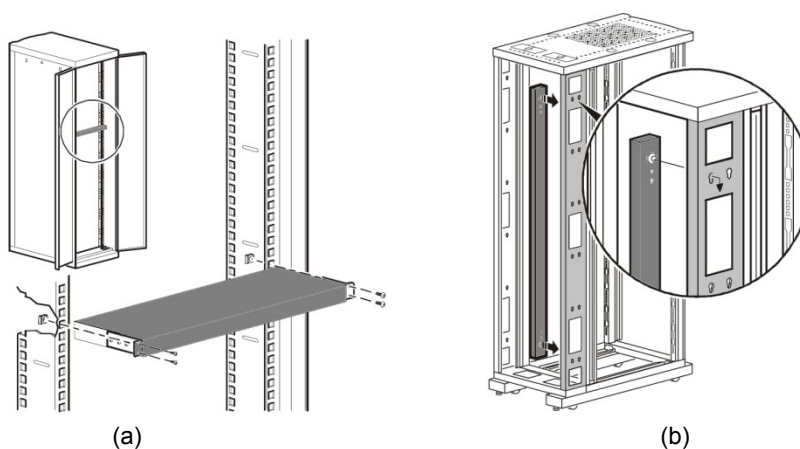


图 5

水平式(a)与垂直式 0U(b)安装方式

建议：在数据中心应用环境中，尽可能选择垂直安装式 0U 规格的产品，这样可以有效利用空间，并减少电缆布线杂乱现象。

结论

选择机架式 PDU 之前需要先了解需要安装的设备类型。这些 IT 设备将决定插座类型与数量，以及功耗需求。借助估算的功率需求与现场电压相关信息，可确定合适规格的线缆以及输入电源线。

此外还需考虑如何防止回路过载以及高温运行情况。计量型机架 PDU 可以在回路发生过载现象之前向 IT 管理人员发出报警信息，从而降低停机风险。相比于单单读取瞬时读数，这类产品可为运行人员提供历史功耗数据，从而帮助 IT 管理人员做出最佳决策。

大多数情况下，一到两个标准化的机架式配电单元就足以满足几乎所有数据中心内的机架所需。常见的机架式 PDU 参数包括：

- (36) C-13 与 (6) C-19 插座
- 20-30A (ANSI) / 16-32A (IEC) 输入电源线路
- 至少 2 米 (6 英尺) 长的线缆和电源插头
- $\pm 5\%$ 以内精度的计量支路
- 0U 外观

关于作者

Brian Mitchell 先生现供职于施耐德电气 IT 事业部，任职机架与机架产品经理。Brian 先生有着 8 年的专业经验，曾先后效力艾默生、伊顿与施耐德电气，负责过多个配电及通信项目。Brian 先生毕业于密苏里科技大学，拥有经济学与机械工程学双学士学位以及机械工程学硕士学位，并在鲍德温华莱士学院取得了 MBA 学位。



[高密度机架配电的可选方案](#)

第 29 号白皮书



[监测系统如何降低分布式服务器机房和远程网络配线间中的人为错误](#)

第 103 号白皮书



[绿色数据中心高效率交流配电](#)

第 128 号白皮书



[如何选择 IT 机架](#)

第 201 号白皮书



[IT 机架中电源和数据电缆管理的有效规划](#)

第 203 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：

数据中心研究中心
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，或登陆：
www.apc.com/support/contact/index.cfm