

数据中心交流与直流配电综述

第 63 号白皮书

版本 6

作者 Neil Rasmussen

> 摘要

多年来，一直有人建议，用直流供配电来替代数据中心交流供配电，而很多错误信息和相互矛盾的说法误导了关于这种作法的探讨。详细的分析和模拟测试表明，一般公认的直流供配电的许多优势实际上并不存在或被过度夸大了。本文阐述了为什么高效率交流供配电将可能成为数据中心配电的主流选择的原因。

目录

[点击内容即可跳转至具体章节](#)

简介	2
各种交流和直流配电选项	2
效率比较	4
成本、兼容性、可靠性、谐波和安全性	9
在机柜中使用直流配电	11
结论	12
资源	14

简介

数据中心或网络机房中 IT 设备的配电有两种方式，即交流配电和直流配电。交流电一般经由 120V、208V 或 230V 本地干线配送。直流电则通常以 48V 电信标准电压配电。

大多数部署地点普遍使用交流配电。但自上世纪 90 年代初开始，各地的生产商和工程师就时常得到更改为直流配电的建议，这些建议称，直流配电较有优势，预计数据中心直流配电标准将广为采用。但实际情况却恰恰相反，相对于交流配电，直流配电的采用比例不断下降。

最近，为解决过去部分直流配电问题，诞生了 48 V 以上电压进行直流配电的新思想。在多个会议交流场合中，建议使用 300 V、380 V、400 V 和 575 V 直流配电。

在本文中，介绍了交流配电和直流配电的特征、特性和限制。此外，借助有关两种交流配电系统和三种直流配电系统的效率的数学模型，来确定不同配电系统在不同运行环境中的预计电效率性能。

许多数据中心和网络机房操作人员都对电信局站的高可用性表示满意，过去，电信局站的可用性远远高于网络机房和数据中心。很自然地，人们希望在商业网络中能复制这一高可用性水平。由此，人们得出的推论是，使用直流配电等作法是实现电话系统高可用性的原因所在，应该在网络中也照此办理，本文对这种推论进行了审视。

各种交流和直流配电选项

当比较交流配电和直流配电时，会有人认为我们只在比较两种方法，但实际上，在进行它们的比较时，我们一般至少会讨论到五种配电设计，每种都有不同的效率、成本和限制。因此，了解它们，并认真、独立地评估每种方法，是非常重要的。图 1a-1e 中介绍了这五种基本配电方法。

以下图片显示了五种基本配电类型，在每张图片中，交流市电从左边输入，右边的终端代表 IT 设备中的内部配电电压。请注意，IT 设备中使用的内部配电电压可能不同，但这并不影响任何一种基本配电方法的使用。在本文中，我们假设内部配电电压为 12 V 直流电。

图 1a-1e

包括两种交流配电和三种直流配电的数据中心配电方法

图 1a
北美地区通用交流配电

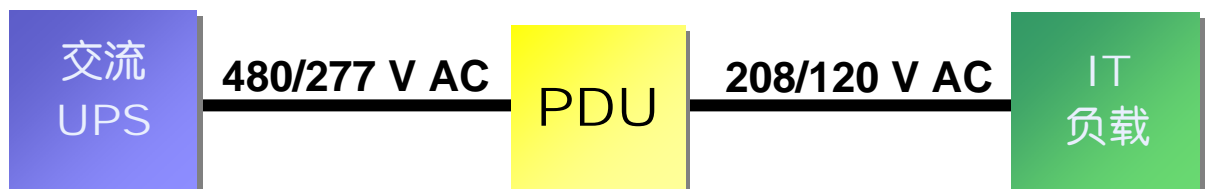


图 1a 是北美地区通用的交流配电系统。电能先流经一个 UPS 和一个有变压器的配电柜(PDU)，再进入 IT 设备电源。此系统中有五种主要损耗：UPS 损耗、主配电线损耗、PDU 损耗、分支电路配电线损耗和 IT 电源损耗。

图 1b
非北美地区通用交流配电

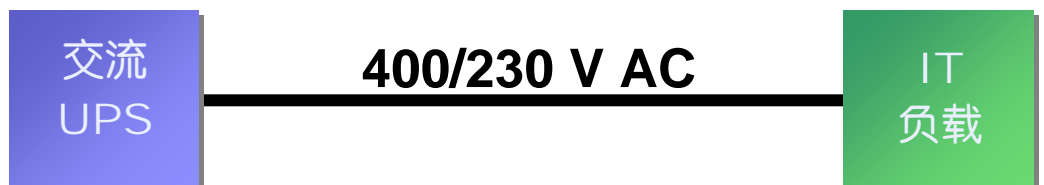


图 1b 是非北美地区的通用交流配电系统。请注意，该系统没有 PDU 变压器，消除了相关损耗。这是因为 UPS 的输出电压与几乎所有 IT 负载的输入电压范围直接匹配。

图 1c
常规电信直流配电



图 1c 是常规电信直流配电。直流 UPS 提供 48 V 直流电，向使用直流电的 IT 负载配电。

图 1d
380 V 直流理论
配电方法



图 1d 是 380 V 直流系统假定配电方法。为了实施此方法，应配备使用 380 V 直流系统的 IT 设备。

图 1e
575 V 直流系统
理论配电方法



图 1e 是混合 575 V 直流系统假定配电方法。该系统使用在 48 V 直流电下运行的 IT 设备，以及一个 575 V 直流电 UPS 和一个 575 V 到 48 V 直流电降压转换器。它结合了图 1c 和图 1d 的部分特性。

在对图 1 中的五种配电系统进行比较时，必须考虑以下因素：


- 效率
- 成本
- 兼容性
- 可靠性
- 安全

在本文后面的部分中，对上述每个因素都进行了讨论。首先详细分析效率问题，因为这是大家公认应考虑采用直流配电的主要原因。

效率比较

人们之所以认为应该在数据中心采用直流配电，其主要原因是因为大家认为它提高了电效率。这种想法的根据是，直流配电消除了部分功率转换步骤，因此减少了损耗。电力系统的损耗发生在：不间断电源、配电和 IT 设备电源。在比较交流配电和直流配电效率的文章中，通常会有各种假

设，而本文将证明它们都是不切实际的，从而导致公布了很多有关不同配电系统的价值的错误结论。为准确评估实际环境中的电效率，需要建立一个数学模型，该模型应该：(1) 考虑到不同负载下，设备效率的不同，以及 (2) 正确理解规模问题。下一部分介绍了这样一个模型，以及定量效率分析结果。

 资源连接
第 127 号白皮书
数据中心高效交流配电与直流配电的量化比较

在本文中，我们比较了五种不同配电系统在 50% 负载下的效率。在此比较中，两种方法明显具有较高效率：一种是直流配电系统，另一种是交流配电系统。为了更精确地比较这两种效率较高的方法，我们在配套白皮书，第 127 号白皮书《数据中心高效交流配电与直流配电的量化比较》中，提供了基于大量数据的详细分析。

配电系统效率模型

 资源连接
第 113 号白皮书
数据中心的电力效率建模

施耐德电气已为数据中心开发了一个强大的效率模型，具体请参见第 113 号白皮书《数据中心的电力效率建模》。本文将不再重复该模型的整个构建过程和运行原理。此模型的主要特征包括：

- 对于设备效率随负载不同而发生的变化有效建模
- 对于不同设备类型的部分负载有效建模
- 对于冗余配置有效建模
- 提供任意系统负载下的效率数据

分析表明，以上所有特征对于实际、有效地比较效率非常重要。

利用此建模方法，我们为在前面介绍的五种不同配电方法开发了数学模型。对于进行建模的每种设备类型，我们都使用最佳范例中的实际数据来构建模型。对于假定设备，根据可实际实现的性能进行估计。

能够重现模型中使用的最佳设备数据很关键。UPS 和 IT 电源等实际设备性能会有相当大的变化。本分析的结果之一就是，部分已公布的模型采用了不负责任的作法，将使用低效设备的交流配电设计，与使用理论上可达到高效率设备的理论直流配电设计进行比较。在这种情况下，结果被严重扭曲。此分析力争改正这一错误。

效率模型的计算结果

为每种配电系统，根据最佳数据估算出 50% 负载下每条配电路径的损耗。无冗余环境中的计算结果如表 1 所示。

表 1

对五种交流和直流配电方法进行比较，计算50%负载下的总配电效率

	UPS		配电线 + PDU 线路 + 降压转换器		IT 电源	总效率
480 to 208 V AC ¹	96.20%	X	96.52% ¹	X	90.00% ¹	= 83.56%
400/230 V AC ¹	96.20%	X	99.50% ¹	X	90.25% ¹	= 86.39%
48 V DC ²	92.86%	X	99.50% ¹	X	91.54% ²	= 80.74%
380 V DC ¹	96.00%	X	99.50% ¹	X	91.75% ¹	= 87.64%
575 V DC ²	95.32%	X	92.54% ¹	X	91.54% ²	= 80.74%

采用不同配电方法所得出的数据差异很大。在所有建模系统中，380 V 直流系统的效率最高，混合 575 V 直流系统的效率最低。值得注意的是，400/230 V 交流系统的效率几乎与 380 V 直流系统相同。

此外，也可以计算冗余双路电源系统使用不同配电方法时的效率，在此情况下，所有方法的效率都将降低，但每种方法的相对性能不变，400/230 V 交流和 380 V 直流配电系统的效率最为出色。

解读效率计算结果

计算结果支持一个普遍说法，即减少电力转换次数能够提高用电效率。380 V 直流系统和 400/230 V 交流系统这两种最出色的方法，都省去了中间的电力转换环节，而其它部分方法仍采用电力转换环节，如前面图 1 中所示。这两种方法使电路在最高电压下运行，损耗最小。

详细的模型研究揭示，实际上，对于数据中心来说，布线传导损耗几乎可以忽略。这是因为负载多种多样，而平均起来，实际电路负载远低于额定值，即使数据中心在满载下运行时，也是如此。这并不表示线路尺寸可以缩小，因为出于安全考虑，仍应以最坏情况为基准，来设计线路的尺寸。

从数据中可以看出，在这五个接受测试的系统中，有两个系统的效率明显领先，是新建数据中心的最佳选择。如果将高效率作为主要目标，则另三种配电方式应该淘汰，无需再考虑。380 V 直流系统的效率极高，但对行业提出了在未来很长一段时间内进行剧变的要求。400/230 V 交流系统效率也很高，且已经是大多数地区的实施标准，也可在北美地区实施。因此，这两个领先系统应该进行更加细致的比较，清晰、定量地分析它们在效率方面的差异，以及各种理论和实际可行性。第 127 号白皮书《数据中心高效交流配电与直流配电的量化比较》中，提供了详细分析。

资源连接
第 127 号白皮书
数据中心高效交流配电与直流配电的量化比较

¹ 第 127 号白皮书《数据中心高效交流配电与直流配电的量化比较》

² A. Pratt, P. Kumar, and T. Aldridge, Corporate Technology Group, Intel Corporation, *Evaluation of 400 V DC Distribution in Telco and Data Centers to Improve Energy Efficiency*.

本文的效率结果与其它已发表文章相悖的原因

本文中的研究结果显然与许多已发表文章存在冲突，大部分已发表文章认为直流配电系统的效率较高。我们查看了多份有关此问题的已发表文章，并将它们与本文的计算结果进行了比较。我们发现，大体来说，其它文章使用了不恰当的模型和假设，从而容易得出不同的结论。下面详述了其它研究与本研究的结果不同的主要原因。

在其它针对直流与交流配电的研究中，使用过去的交流设备效率数据，与现状完全不符，但同时却用假定处于最佳状态的直流设备进行对比分析。例如，最近一篇文章是以假设一个交流 UPS 效率是 74-96%，而一个假定直流 UPS 效率是 97% 为前提的。这个前提与事实不符，施耐德电气至少有三条不同的产品线都已通过独立认证，在 56-100% 负载情况下，交流 UPS 效率始终保持在 96% 以上。这种对新 UPS 系统效率过低的估计是一个巨大的错误，正是造成以此为前提的文章得出不同分析结果的主因。

其它针对直流与交流配电的研究假设，如果有一条可用的 48 V 直流配电总线，IT 设备就能直接通过其获得电能，无需进行各级功率转换。出于以下两个原因，这种想法从逻辑上就是错误的：

1. 所有使用直流输入的 IT 设备在设计时，负载与直流 UPS 之间的电路是完全隔离的，这可通过采用和交流电源相同的独立功率转换器实现。隔离电源很必要，能够确保高功率直流电源不会直接通过电线连接到 IT 设备机箱。**如果没有隔离，那么直流在机柜外壳和电线套管间就有可能形成回路，带来安全隐患。**例如，最近公布的一个数据中心设计中，转换器的生产商表示应遵循以下应用准则³：“直流-直流电源模块应安装在符合应用要求的最终设备中，并由隔离的二次电路供电”。虽然部分转换器也提供有限的隔离，但这并不能符合高功率配电的相关安全要求。
2. 大部分服务器使用一条内部 12 V 直流配电总线。需要一个转换器，将本文中提及的配电电压转换为 12 V 直流电。

为同一 IT 设备，如路由器或服务器，分别配置交流电和直流电，测量其功率，能够证实上述事实。

在其它大多数研究中，进行比较时都不包括 400/230 V 交流配电选项。本文明确指出，如果以实现高效率为目标，那么 400/230 V 交流系统配置要优于各种传统方法，且效率几乎与最高效率的 380 V 直流系统相同。

对于一项具体节能分析的推敲

在大多数表示直流系统在效率方面占有优势的文章中，没有提供详细的、基于计算与数据的模型，而劳伦斯伯克利国家实验室确实在 LBL.gov 网站上，公布了一个用于比较交流与直流配电的模型。在这个 2004 年 4 月 10 日公布的参考模型中，将一个 48 V 直流系统与一个交流系统进行了对比，计算得出，直流系统每个服务器每年因省电而节约 86 美元（功耗大约减少 30%）。

但在其模型中，假定 UPS 系统效率为 85%，服务器交流/直流电源效率为 72%。**这些数值要远远低于目前这些设备能够达到的效率。**例如，当采用 UPS 效率 96%、电源效率 90% 来计算时，按照此公布模型，直流系统根本没有优势可言。正如前面提到的那样，APC Symmetra MW 等新 UPS 在主要运行范围内，已经证实其效率高于 96%。而 90% 的电源效率确实是当前最佳效率，但新服务器很容易达到此性能，并且在一年之内，效率高达 94% 的电源就有望面世。**这个公布的模型常常被各种声称直流系统具有优势的文章引用，但当使用当前实际交流性能值来计算时，直流系统完全体现不出优势。**

³ <http://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/154/PKJB1.php> (访问于 2006 年 4 月)

400/230 V 交流配电选项

本文的效率计算结果表明，400/230 V 交流配电具有效率优势，但此方法在各种文章中并不常提及。请注意，这种配电方法是北美地区的标准数据中心设计架构。

从本文的分析可以看出，北美标准数据中心使用的 PDU 明显是造成低效的主因之一，而且会占用地面空间，增加地板负重。如果部署的是冗余双路系统，则问题会复杂一倍。PDU 一般不会以额定功率运行，而是在较低的效率下运行。此外，与额定系统负载相比，它们一般来说规模过大。因此，在北美，能够去除 PDU 变压器的系统有较大优势。**重要的是，应该了解，在现代化的数据中心内，不必一定采用 PDU 变压器，可将其从系统中去除。**数据明确表示，如希望创建一个高效率数据中心，应该尽可能使用 400/230 V 交流配电。有关如何在北美部署中去除 PDU 变压器，从而减轻重量、减少损耗的全面讨论，请参见第 128 号白皮书《应用改进型高密度配电系统提高数据中心效率》。

资源连接 第 128 号白皮书

应用改进型高密度配电系统提高数据中心效率

380 V 直流配电选项

本文中的效率计算结果明确显示，380 V 直流配电是最高效率的直流配电选项，特别是与 48 V 直流系统或混合 575 V 直流系统相比较时，优势更为明显。在满负载系统的情况下，比较合理的估计是，380 V 直流配电方式与最佳交流系统相比，效率大约会高出 1%。对于大多数部署来说，当与其它可避免损耗，如空调损耗等比较，这一效率提升幅度较小；但如果用于非常大型的数据中心，这就有可能实现相当大程度的节能。

此外，380 V 直流配电方法可能比其它任何系统都要节省铜线。根据所定义的精确电压，能节约 10% 的铜线成本。在一个 400/230 V 交流系统中，使用 50 A 电线、四线配电，来提供 150 A 或 34.5 kW，相对于每条电线 8.625 kW。使用 380 V 总线和 50 A 电线的 380 V 直流系统，双线配电 50 A 或 19 kW，对应于每条电线 9.5 kW。这一计算可扩展到任意电线类型，380 V 直流系统大约减少 10% 的铜质电线用量。

380 V 直流配电与 400/230 V 交流配电相比，在效率方面确实稍有优势。但因为实际上，所有 IT 设备都兼容 400/230 V 交流配电，而没有 IT 设备兼容 380 V 直流配电，所以如果使用 380 V 直流系统，会有很大障碍。而且，380 V 直流系统的兼容性和安全性方面都有严重问题。

必须先存在大量 380 V 直流设备，用户才能创建 380 V 直流数据中心。对于 IT 厂商来说，要实现这一转换，唯一现实的途径就是提供支持交流或 380 V 直流的设备。但此变化太过革命性，需要有巨大的经济利益的驱动——而本文认为，对大多数用户来说，经济优势相对较小。

380 V 直流系统的另一潜在优势是，减少了散热，增加了机柜中的可用空间。电源中交流/直流转换的去除，是提高效率的主因，也相应地将机柜中的散热量减少了 1.5% 左右。另外，如果电源的设计中没有此交流/直流转换电路，那么电源的尺寸可缩小大约 20%，能够节省将近 3% 的机柜空间。虽然这些节省幅度并不太大，但它们还提高了计算密度。

380 V 直流配电最适合用于 IT 设备类型极为统一的超大型数据中心，在这样的数据中心，有可能部署支持 380 V 直流输入的特殊 IT 设备。大型超级计算机即是此类数据中心的实例。

生产能支持 380 V 直流或交流的现成计算机设备是可行的。但这需要为 380 V 直流输入提供特殊连接器，绕过电源的内部交流/直流前端电路并关闭所有未使用的电路。在此情况下，电源的尺寸不会缩小。这种多输入架构最有可能出现在高端服务器中，普通用途的 IT 设备不太可能提供此架构。

除效率外，还应在成本、兼容性、可靠性、谐波和安全性方面，对交流配电与直流配电进行比较。

成本、兼容性、 可靠性、谐波 和安全性

成本

直流 UPS 系统的成本一般要比交流 UPS 低 10% 到 20%。但是，直流 UPS 的工程设计、特殊断路器和配电线成本较高，抵消了这一优势。在一些配电成本很低的低密度部署，如信号发射塔基站等，直流的优势体现得最为明显。而在数据中心中，还需要为一些只接受交流电的设备供电，这增加了直流系统的成本。服务器或存储等直流供电设备的成本也是直流系统的一个弱点。但是，对于 48 V 直流系统来说，最大的成本问题在于连接 IT 设备的配电线。它需要的配铜线的重量和成本是交流系统的 10 倍或更多。将如此多的铜线安装并端接到 IT 设备机柜，不仅极为昂贵，而且如果每机柜功率高于 20kW，则是不切实际的。如果采用 380 V 直流配电，铜线用量就会大大减少，稍低于最佳交流配电方案。

整体而言，当为数据中心或网络机房供电时，交流系统对比 48 V 直流系统来说，在设备成本方面略胜一筹。因为 380 V 直流设备很少，所以现在对比交流系统，并无成本优势，但如果 380 V 直流成为标准，那么它就具备了成本优于交流系统的潜力。

兼容性

用于铜缆环路的语音交换机等电路交换电信设备，过去一直设计为使用 48 V 直流输入。而服务器、存储、路由器等分组交换电信设备则几乎都是使用交流输入的。因此，设施中究竟选择交流还是直流，主要取决于它们哪一个能提供更高兼容性。在网络机房和数据中心，分组设备占主要地位，这意味着采用交流系统能获得更高兼容性。要想获得许多产品，如显示器、NAS 存储设备或 PC 等的直流版本几乎是不可能的。如果使用逆变器来为这些设备供电，则效率将会降低。

如果为数据中心或网络机房选择直流供电，则会严重限制能够使用的 IT 设备的类型。在大多数情况下，如果不增加一个起补充作用的交流供电系统，是不可能投入运行的。如果将部署的应用是一系列经过协调的标准化 IT 设备，如超级计算机等，则会减少兼容性问题。

此外，在高密度部署中，ASHRAE 和其它多个机构都已证实，需要空调风扇不间断运行。这就是说，在电源故障期间，空调风扇必须持续运行，无法等待发电机启动，所以需要为其配备不间断电源。如果采用交流系统，其布线很简单。但如果选择直流系统，那么就on必须使用与外部直流电兼容的空调。这种设备目前还未面世，即使面世，估计价格也相当不菲。

可靠性

交流和直流供电系统的可靠性比较，主要取决于我们的假设前提。直流供电系统由一排直流整流器组成，提供一个或多个并联电池组。最近推出的 UPS 产品采用了类似架构，将一排 UPS 模块与一组并联的电池组相连。因为其架构类似，所以采用此类设计的直流和交流系统能够直接进行比较。从比较的结果可以清楚地看出，电池系统决定了整个系统的可靠性。对于各种电池系统的详细比较，请参见第 30 号白皮书《数据中心和网络机房蓄电池系统：铅酸电池组的选择》。利用同样的生命周期成本，能够创建可靠性与直流 UPS 电池系统相同的交流 UPS 电池系统。

在生命周期成本相同的情况下，数据中心或网络机房采用交流或直流供电的可靠性相当。

谐波

在许多已发表的文章中提到，数据中心选择直流的一个关键优势是，可以消除“谐波问题”。早期的 IT 设备会生成电流谐波，造成数据中心发生各种严重问题，包括中性线和变压器过热。但必须指出的是，自 1993 年左右，国际规范已禁止生产会生成谐波的 IT 设备。如需了解数据中心谐波问题的历史和详细信息，请参见第 26 号白皮书《谐波和零线过载的危害》。只有采用了某些 1993 年前生产的 IT 设备的数据中心才会有严重谐波电流出现。很明显，任何新数据中心都不会安装那个年代的 IT 设备，所以有关直流配电能解决谐波问题的说法，是以对于数据中心供电

资源连接 第 30 号白皮书

数据中心和网络机房蓄电池系统：铅酸电池组的选择

资源连接 第 26 号白皮书

谐波和零线过载的危害

系统来说，非常错误、过时的见解为基础的。应该认真考察提出这种说法的人士的动机以及他们是否值得信任。

安全性

目前，世界上有很多针对交流配电的法规，标准化程度很高。不仅有国际法规，而且还有国家级法规、地区或州立法规，甚至某些城市也制定了具体法规。这些法规都是总结了将近 100 年来商用和民用交流配电的经验教训后制定的。

对比而言，商用直流配电方面的法规很少。这一方面表示，存在着创建全球直流配电标准的机会，另一方面也说明，在中短期部署直流系统方面有巨大的障碍。例如，本文中介绍的 380 V 直流配电架构在日本是不合法的，因为日本现在规定的最高电压为 300 V。目前，如果在数据中心安装非 48 V 直流系统，会给工程团队、当地承包商、维修人员和当地建筑物验收人员带来极大挑战。例如，在北美没有对于商用直流系统电弧的法规，这就导致大家对于空间距离、接入要求等产生各种各样的理解。

交流与直流比较总结

上述讨论说明，对大多数数据中心用户来说，综合考虑效率、成本、兼容性、可靠性和安全性，从交流系统迁移到直流系统并非明智选择。在考察的所有方案中，380 V 直流系统的理论效率最高，但它同时具有严重的兼容性问题。400/230 V 交流系统的效率稍低于 380 V 直流系统，但非常普及，兼容性出色。基于此原因，400/230 V 交流系统是一种非常实用的获得高效率的方法。

我们还发现，当以获得高效率为目标时，北美使用的传统 480 V 交流配电系统表现不佳，如果数据中心采用 400/230 V 交流系统，将能立即提高效率。

电信局站可靠性

人们通常认为，电信局站可靠性要比典型的商用数据中心的可靠性高出一或两个数量级。但本文指出，在电信局站中使用直流电并非是获得此高可靠性的关键因素。电信局站之所以能够具备高可靠性，有其它解释。

实际上，没有任何科学文献表明，直流电有高于交流电的理论或实际可靠性优势。

网络机房和数据中心的宕机数据显示，网络机房和电信局站间的根本差异在于环境的稳定性。大多数数据中心宕机是由人为错误造成的。在数据中心，设备的平均寿命只有两到三年，且配置不断发生变化。这种变化给系统带来的后果是无法预料的，而且在更改配置时也会出错，这成为导致绝大多数宕机的原因。

在电信局站，能够接入系统、进行操作、影响系统的人员数目十分有限，而且电话系统具有结构化和标准化的特点，操作流程已经成熟，这些都是重要的可靠性优势。

在实际安装和设计中，不需要活动地板、功率密度低、通常使用对流冷却等，都是电信局站获得基本可靠性优势的关键因素。

在数据中心和网络机房中，为提高可用性，急需接入控制系统、基础设施标准化，以及监控和管理系统。使用交流还是直流，对于这些问题影响极小。

直流交流混用设施

许多数据中心或网络机房有一小部分负载需要 48 V 直流配电。对于有大量电信设备的互联网托管设施，48 V 直流电需求可能是交流电需求的 10%。这就出现了如何最好地为这些负载供电的问题。

建议在交流电系统中采用小型无电池直流整流器。借助这种方法，能够在负载需要直流电的任何地点，部署小型机柜安装整流器。藉此，无需再保留一个或多个直流电池组，也不必在运行系统中增删直流配电线。实际上，完全不需要制订任何直流配电计划。

在机柜中使用 直流配电

本文讨论的核心是数据中心是否应选择直流配电来替代交流配电。另一个相关问题就是机柜中直流配电的使用。在此模型中，向机柜提供交流电，但在机柜内配电前，将交流电转换为直流电。因此，交流/直流电源都集中在机柜内。这使得机柜中的各种 IT 设备能够缩小体积、稍稍减少散热。而且，藉此，机柜内集中电源能够通过可能在 IT 设备级禁用的方式，来提高效率。机柜中配电距离很短，且经过明确定义，所以如果使用 48 V 直流系统，铜线损耗很小。部分 IT 设备，如第一代 HP p 级刀片服务器等，一直采用此方式（但第二代 HP c 级刀片服务器未使用此方式）。然而，与机柜中传统交流配电相比，这种方法对部署选择提出了一些令人无法接受的限制，阻碍了它的推广。

目前我们还无法肯定在机柜中是否会长期使用直流配电。但机柜中直流配电与为整个数据中心提供直流电是完全不同的技术方法，有着不同的优缺点。本文并不旨在回答机柜中直流配电适用性的问题。

结论

因为交流电具有出色兼容性，所以正在取代直流电，发展成为网络机房和数据中心配电的主要方法。与交流配电相比，选择直流配电的优势极小，而且实际上，部分直流配电类型还会严重降低效率。效率最高的直流配电方法是 380 V 直流配电架构。但这种方法需要目前还未面世的新一代 IT 和电源设备，所以现在还无法使用。对于希望提高效率的客户来说，目前有更为实用、出色的方法，应优先予以考虑。

为降低数据中心成本，提高数据中心效率，本文中明确指出，合理规划系统、采用改进的制冷架构以及部署空调节电器等作法，都能极大地提高效率。而在提高可用性方面，从本文也可看出，改变控制流程能够优化所有数据中心的可用性。

一些已发表的文章称，直流配电能带来巨大效率优势，但分析发现，这一说法是以不恰当模型、过时的产品效率数据和/或错误的假设前提为基础的，因此完全是错误的。

在北美，数据中心的交流配电系统一般采用基于变压器的配电装置，这严重增加了损耗、所占空间和重量。如希望系统地改进配电系统效率，应如本文所述，从系统中去除这些设备开始。本文的一个重要发现就是，北美使用的 480 V 交流配电系统效率低下，在所有新设计中，都不应再使用此方法。

效率最高的配电架构是 380 V 直流系统架构和 400/230 V 交流系统架构。因为它们的效率很接近，所以对它们进行详细、实际的定量比较是很必要的，具体请参见配套白皮书，第 127 号白皮书《数据中心高效交流配电与直流配电的量化比较》。在此白皮书中的研究结果与本文一致。

新数据中心应选择 400/230 V 交流配电系统，配以高效率 UPS 和服务器电源。这已经是北美以外地区的默认作法，因此无需进行任何改变。而在北美，需要引进新思想和新设计。一些供货商已经在北美推出支持 400/230 V 交流配电的设备。

网络机房和数据中心将继续由交流和直流设备混合构成。对很多设备来说，交流电是唯一可用的选择。

本文并未详细阐述机柜中直流配电问题，即使用一个集中机柜交流/直流电源来取代为 IT 设备部署的独立交流电源。很明显，在未来数据中心中，刀片服务器等将需要交流/直流电源为机柜中的多个 CPU 供电。但机柜中更多采用集中电源以及直流配电的趋势，对本文的结论无影响。

对于基于电路的网络，如传统电话有线网络等，直流供电仍是最佳选择。而交流配电的灵活性和兼容性，以及交流配电能提供极高效率的事实，则使得交流配电将继续成为网络机房和数据中心的标准配电方法。

资源连接
第 127 号白皮书
数据中心高效交流配电与直流配电的量化比较

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

 **数据中心高效交流配电与直流配电的量化比较**
第 127 号白皮书

 **数据中心的电力效率建模**
第 113 号白皮书

 **应用改进型高密度配电系统提高数据中心效率**
第 128 号白皮书

 **数据中心和网络机房蓄电池系统：
铅酸电池组的选择**
第 30 号白皮书

 **谐波和零线过载的危害**
第 26 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

如果您作为我们的客户需要咨询数据中心项目相关信息：

请与所在地区或行业的 **施耐德电气** 销售代表联系，或登陆：
www.apc.com/support/contact/index.cfm