

如何为IT用户分配数据中心能源成本和碳排放

白皮书 161

第1版

编著：Neil Rasmussen



为 IT 用户测算及分配能源成本和碳排放是否需要使用复杂的软件和工具？或者我们是否可以通过一种简单且低成本的办法来分配能源成本和碳排放？这种分配需要精确到什么程度？

本白皮书将介绍能源成本和碳排放分配策略及其精确度。任何数据中心，无论大小新旧，其能源成本与碳排放分配都非常简单而且所需投入很少，但是如果对分配的准确性要求特别高时，那么分配时的费用和复杂程度将相应提高，同时投资回报率（ROI）会随之降低。

目录

点击具体章节，可直接跳转至该章节内容

序言	2
目标是什么？	2
测量 vs. 建模	4
需要哪些测算点？	5
将能源分配到 IT 用户	9
能源转换成碳排放	11
为 IT 用户提供指导	11
总结	13
参考资源	14
附录	15

序言

调查数据显示，数据中心所消耗的能源往往超出实际所需。现有数据中心可利用高性价比的方法短期内有效降低能耗，而更主要的方式是利用能耗控制影响全新数据中心的设计，这在业内已形成广泛共识。正是基于此，数据中心现已成为政府监管部门及企业高管的关注重点，他们都在探寻这些降低能耗的手段和机会，从而实现社会逆向成本和经济逆向成本的最小化。

在过去，数据中心的设计和运行都非常重视可靠性和容量，从而导致数据中心的效率未能有效优化的尴尬局面。事实上，我们很难说某一个方面会对数据中心的效率起着决定性的影响，因为设备设计师，系统集成人员，控制程序员，安装工程师，施工承包商，IT 经理和运营商等各独立环节的决策均对数据中心的整体能效起着重要的作用。

近期的研究结果显示，能耗是 IT 运行中的一项重大成本，有时甚至超过 IT 硬件本身的成本。这种成本压力以及提高数据中心能耗效率的可行性促使许多数据中心运营商将能源管理作为优先考虑的问题。

能源管理过程非常简单，需要进行的测评工作也不复杂，只需一些简单的步骤即可为 IT 用户管理基础设施能耗以及分配能源成本和碳排放提供必要的信息。我们将在本文中介绍：任何人皆可立即掌握的，只需少量测量，特别简单的流程，便可为您提供准确性恰到好处的有效的能源管理计划。

目标是什么？

一般来说，数据中心能效或碳排放影响评估系统包含三种不同的目标：

- 一次性或周期性的绩效基准衡量
- 将能耗或碳排放分配转移到其他方
- 掌握相关信息降低基础设施的能耗或碳排放影响

具体数据中心而言，明确上述一种目标（或所有三个目标）相当重要，因为正确了解目标关系到技术上的实施。

目标 1：一次性或周期性的绩效基准衡量

针对能效或碳排放实施一次性或周期性的绩效基准衡量可以帮助确定现有能源管理计划是否需要着手调研或可以开始实施。如果基准衡量显示其能耗或碳排放表现与类似数据中心相当或更优，那么无需进行其它后续操作。反之，如果基准衡量显示其能耗和碳排放表现劣于类似数据中心，那么开展能源管理计划很可能带来良好的投资回报。

须注意一点，仅实现本目标并不能为降低能耗或碳排放提供可付诸行动的信息。遗憾的是，众多数据中心运营商一开始就朝着此目标前进，但最终结果却令他们大失所望。实际上，要切实降低能耗或碳排放，需要执行以下目标之一或同时执行以下两个目标。

目标 2：将能耗和碳排放分配转移至其他方

一些数据中心扮演着向其它机构供应数据中心设施的角色，它们以计算机或服务器为基础，向客户提供数据中心物理基础设施或是 IT 基础设施。因此，可能要求能耗或碳排放分摊给数据中心客户，或甚至向客户收费。其原因可能是内部组织要求，合规性要求或是合同义务，目的旨在为数据中心客户提供经济方面或其它方面的奖励，从而敦促客户调整某些行为方式降低能耗或碳排放，比如关闭不使用的服务器，支持电源管理功能，加强不必要的储存管理，或服务器虚拟化。一般说来，通过 IT 能效管理实现数据中心能耗节省以及和降低碳排放的机率相当大，取决于数据中心现有的成熟度和虚拟化程度，直降幅度介于 10%至 80%不等。由于许多可执行的改进方

案几近零成本投入，或只需在 IT 翻新时期投入不多的成本，因此能耗或碳排放转移分配是实施成功且低成本能源管理计划的关键所在。



图 1
能源成本配置的级联效应

目标 3：掌握相关信息降低基础设施的能耗或碳排放影响

在每个数据中心内，物理基础设施（电源、制冷、照明、控制等）是能源的主要消耗者以及碳排放的主要来源。我们采用电力使用效率或 PUE 为度量标准评估数据中心基础设施能源消耗情况（或者采用与 PUE 不同的数据中心基础设施效率，即 DCiE，作为评估标准）。许多数据中心的物理基础设施耗电量原高于 IT 负载的耗电量（PUE > 2）。因此，降低物理基础设施能耗（用百分比表示）及降低 IT 负载几乎同等重要。

此目标意在提供必要的信息以明确并量化更改设备、配置或设置的可实施机率，从而降低能耗且不对 IT 负载产生负面影响。在节能增效方面，一般的数据中心可通过管理物理基础设施方式进行节能及控制碳排放影响。由于数据中心的条件、设置、配置及负载的不同，因此，降低比率在 10%至 40%之间不等。

上文所述的两大目标，即 IT 能源成本分摊以及物理基础能耗管理，均能为一般的数据中心实现能源和碳排放的大幅降低。在综合考虑具体的数据中心能耗和碳排放的目标时，首先需在这两种目标中择优选用，亦或两者兼而有之。

目标选择

前文探讨的三种数据中心节能增效与碳排放影响估测目标中，我们可以观察到以下关键点：

- 当对 IT 操作行为和物理基础设施同时进行有效管理时，一般数据中心的能耗降低空间极大，可实现 20%至 90%的能源节省和碳排放下降。
- 基准衡量本身无法实现任何改善效果，它不能作为能耗和碳排放良计划的核心部分。其主要作用是帮助确定管理能源所需部署的资源量。
- 对 IT 用户的能耗和碳排放作出分配，使他们能够就 IT 部署作出合理的节能决策
- IT 能源成本分摊（a）与物理基础设施能耗管理（b），均能为数据中心实现能源和碳排放的大幅降低。如若将两者结合利用，效果将更加卓越。

如果我们的目的是实现能耗和碳排放的全面减少，那么将上述所有目标相结合，同时适度考虑基准衡量评估标准，将是一种上策。同时执行以上所有目标是一项庞大、复杂、且花费昂贵的任务吗？这种方式下取得的投资回报率（ROI）可否令人满意？我们的答案是：只要正视问题、方法

正确，所有这些目标都能够以极其简单且低成本的方式得到实现。不仅如此，数据中心运营商还可以收获立竿见影的效果。我们将在下文中作具体说明。

测量 vs. 建模

大多数关于能源管理的讨论主要集中在能源的测量或计量方面。不过，任何一种合理的能源管理方式均需对所测量到的能耗数据作出一定的解释和说明。在改进或采取行动前，我们必须对各种变化对能耗的影响有所了解。

在了解如何利用测量来确定和量化改进所带来的结果前，我们必须建立一个数据中心工作模型。例如冷冻水泵耗电量的测量，冷水泵是否按预计的性能参数运行、冷水泵的选型是否恰当、更改某些阀门或编程是否可以降低能耗、或者不同的冷水泵是否同样具备降低能耗的功能等方面，其本身无法提供指导说明。若要了解提高能效的机率，我们必须拥有隐性（经验丰富的专家提供的专业知识）与显性（软件工具）两种模型。

实现向 IT 用户分摊能源成本的目标甚至也需要创建模型。当服务器的耗电量能够直接测量并且有效关联到 IT 用户时，数据中心的主要耗电体为 IT 负载而不是服务器。另外，为了将这些能耗与具体 IT 用户产生关联，我们也需要创建一个模型。

图 2 为数据中心能源管理的一般流程：

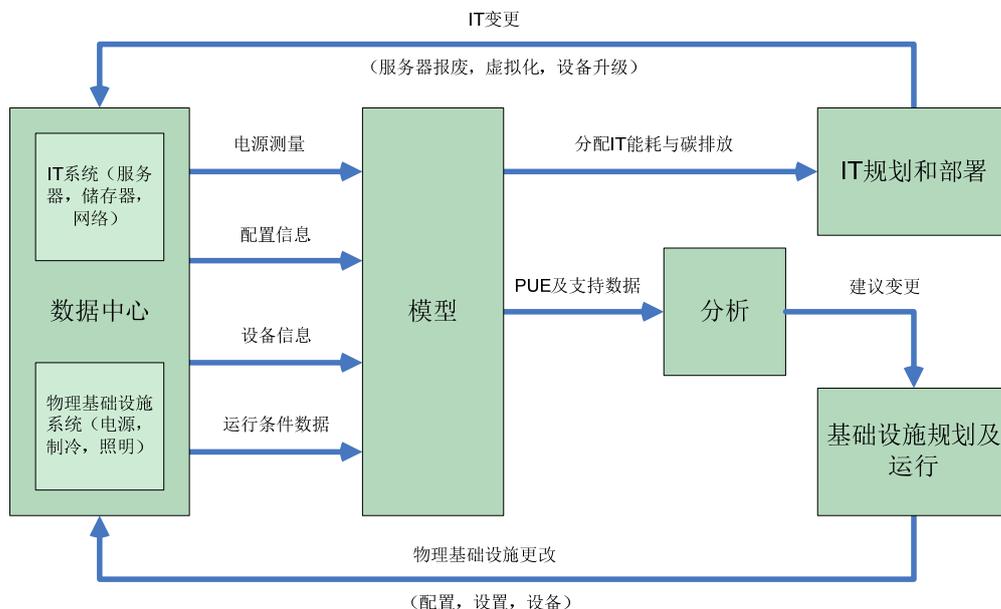


图 2

右图为数据中心能源管理流程的信息流示意图，图中显示模型和分析功能如何与现有 IT 和基础设施规划活动集成并产生作用，从而导致变更并达到降低能耗目的。

图 1 的能源管理流程包含两个主要的改进途径。图表上方的 IT 变更与数据中心模型提供的能耗和碳排放数据相对应。图表下方的基础设施更改实施与模型提供的能源指导说明相对应。这两种途径虽需进行测量工作，但完成改进工作须由模型提供说明和指导。

请注意，本图表中描述的系统包含前文所述的三种数据中心能源管理目标：它为基准衡量提供数据、分配 IT 能耗和碳排放、以及为改进物理基础设施提供指导说明。缺乏模型和流程的测量则徒劳无益。反之，哪怕是再简单的模型，即使在测量数据不完整的情况下，也能发挥重要作用。

总而言之，数据中心能效测量的一个关键目的是获取相关信息，为该数据中心创建精准的模型奠定基础。只有模型才能提供关于数据中心能效的可执行信息，而单凭测量则做不到。关于这个问题的详细论述，可参见 APC 白皮书 154《数据中心的电力效率测量》。

利用测量辅助建模

相关参考资料
APC 白皮书 154
 数据中心的电效率测量

如果能够为数据中心创建完美的模型，那么测量环节即可省略。该模型须包含 IT 负载的性质、数量及运行条件等完整信息，以及所有基础设施设备的特性和运行条件，甚至过去的气候输入数据，并且能够对所有能源流进行简化计算。事实上，由于获取 IT 设备配置和运行条件、基础设施界面和运行条件、以及意外运行条件，比如机舱故障、滤器阻塞或空调相互影响等各方面的确切数据非常困难，因此创建这种完美的模型只能是天方夜谭。

完美的数据中心模型可能需要大量的定制编程和数据维护，但是我们可以只需草拟一份基础设施和 IT 部署设备清单，以及根据它们的配置（N+1, 2N, 等）和它们的电气特性的一些基本知识即可创建令人意想不到的实用模型。图 3 为适用于一般数据中心的物理基础设施的简易模型执行软件图例。

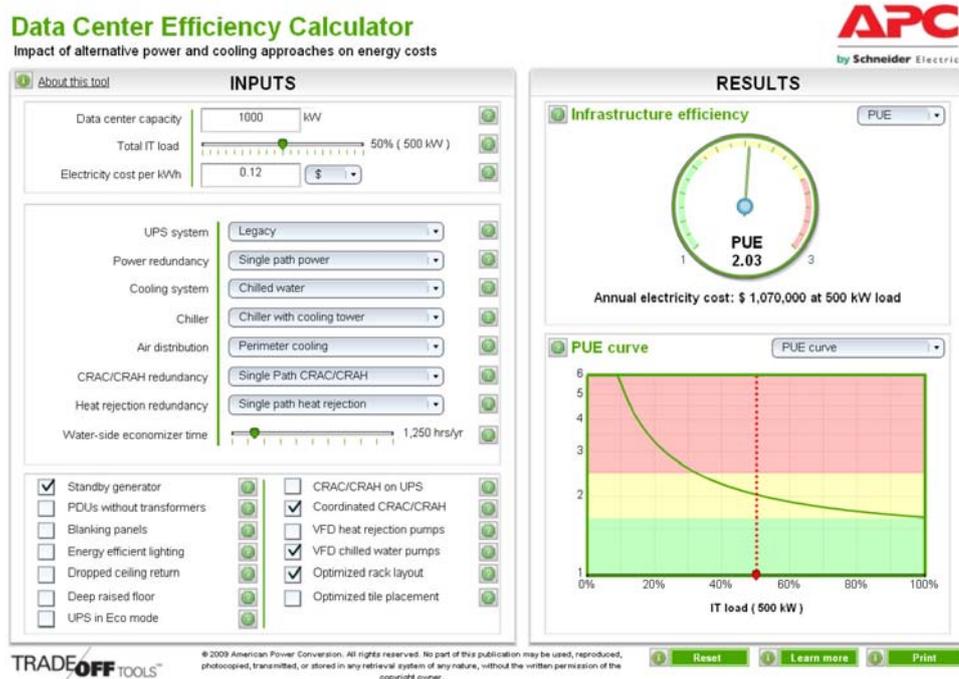


图 3

适用于一般数据中心配置的数据中心基础设施建模工具图例（基于网络的免费工具）

显然，管理与降低能耗需要创建某种数据中心模型。那么，此种模型是否可以省略测量步骤或简化测量任务？为了提供所需的信息以便管理基础设施能耗以及分配 IT 用户的能源成本和碳排放，模型可以简单到什么程度，如何精简测量程序？答案即是：一个极为简易的模型，哪怕测量步骤相当少，都能够为能源管理计划提供令人满意的精确数据。

需要哪些测算点？

测量的基本原则是，了解能耗数据后再开展测量工作。在错误的时间、精度不足、或缺乏条件方面的详细资料时进行的测量，最终的结果要么不充分要么毫无参考价值。相反，与简单测量相比，精确度极高的测量则相当昂贵、过程复杂、且不具任何优势。这些问题往往出现在数据中心运营商试图改善其能源管理系统的时候。测量系统的目标是利用最简单、最经济的测量方案实现管理系统的目标。

提供数据中心能耗方面的完整信息需要何种复杂程度的系统？测量系统可以简单到什么程度？为了弄清上述问题，我们可以通过两个极端测量案例比较其性能加以阐明：综合能源测量系统 vs. 粗略估算系统。

图 4
能源测量方法比较



极端测量案例 1：总数据收集系统

当我们谈到管理系统的测量时，如果忽略测量的准确性和频率问题，那么探讨是不全面的。其主要原因在于这两个因素对测量的复杂程度和成本有着重要影响。我们可以假设这样一个例子以供参考：某种能源计量系统实时测量和记录数据中心内各设备和电路的能耗情况，精确度要求为 2%。表 1 为功率 1MW 的数据中心的要求及成本估算值。

利用本极端测量系统，我们可以准确地为每台 IT 设备分配用电量，并告知用户或向用户适当收费。此外，我们可以精确确定每台基础设施设备的用电量，然后将其与预期值进行比较，从而确定需要改进的地方。此系统也需要一个复杂的软件系统，且要求配置齐全，以及大量的数据维护投入。遗憾的是，此系统所需成本在数据中心基础设施总成本中占相当大比例，几乎接近数据中心一年内总用电的一半费用。因此，从投资回报的角度来说，此系统不切实际，除非该计量系统的成本能够下降到原成本的十分之一。即便如此，系统的安装费用仍将是一笔可观的数目，且安装过程复杂、危险重重，这对于现有的数据中心来说，更是如此。

因此，总体数据收集系统存在理论可能性，但不具备可行性。

表 1
一个 1MW 数据中心高准确性能源监控系统的成本

测量电路	数量	单位成本 (已安装)	总成本
测量数据中心的输入电源 ¹	1	\$9,000	\$9,000
测量基础设施子系统电路	80	\$1,500	\$120,000
测量 IT 分支电路	1000	\$100	\$100,000
测量 IT 插座电路	4000	\$40	\$160,000
维护 (10 年)		\$100,000	\$100,000
软件 (10 年期使用许可)		\$50,000	\$50,000
软件的安装、调试和维护		\$60,000	\$60,000
成本总计			\$600,000

极端测量案例 2：零成本数据收集系统

接下来我们来讨论另一个极端案例，在此例中我们完全不进行任何测量。该系统基本属于免费。数据中心使用的服务器数量是我们唯一需要输入的信息。我们甚至可以不考虑电力公司发出的月电费单，因为数据中心内部通常没有安装专用电表。

¹ 通常，单个计量表无法完成本测量工作 – 需要汇总一个以上计量表的计量结果。

根据唯一提供的服务器数量，我们可以粗略估算出数据中心每台服务器的用电量。按服务器计算的数据中心用电量包含服务器自身的耗电，以及网络、储存器、电源设备、制冷设备、照明设备和辅助设备的耗电。在完全不进行测量的情况下，我们可以基于数据中心所安装设备的数量所统计的平均数据对每台服务器使用的制冷电量、照明电量等进行粗略估算。我们可以假设支持一般平均数量服务器的数据中心使用一定数量的物理基础设施配置，以及一定数量的储存器和网络设备。这种“有根据的推测”由专家顾问或软件工具提供，比如前面图 3 中所示的免费软件工具。综合得出的“有根据的推测”将构成我们数据中心的粗略模型。本系统的精确值可参见表 2 中的汇总概括。

利用这种零测量系统，我们可以根据服务器平均数向用户分摊能源和碳排放成本，但其准确性偏差仅为 +/- 36% 左右。尽管此方法不尽理想，但它仍然可以为用户作出行为变更提供有用的指导。如果能够提供更准确的能源和碳排放成本辅助数据的话，大多数 IT 行为变更将不会受到影响。然而，本系统虽可以为 IT 用户提供有用的信息，但却无法为数据中心的电源或制冷基础设施进行改进提供任何有帮助的指导信息，因为所有的这些数据均以行业平均值作为基础进行估算。不过，零成本本身就是一个显著的优势。如果数据中心运营商希望快速控制能源成本，但时间有限而又缺乏资源时，那么不妨考虑采用这种零测量系统。关于此方法的实施详情，可参见本文末的附录部分。

表 2
1MW 数据中心低成本能源
监控系统的准确性

用电	占总用电的比例	估算准确值	对整体准确性的影响 ²
服务器	36%	+/- 50%	+/- 18%
储存器	10%	+/- 70%	+/- 7%
网络	4%	+/- 50%	+/- 2%
电源	8%	+/- 50%	+/- 4%
制冷	38%	+/- 80%	+/- 30%
照明	2%	+/- 60%	+/- 1%
辅助设备	2%	+/- 80%	+/- 2%
综合得出的总体能源准确值			+/- 36%

“恰到好处”的能源数据收集系统

前面两个能源数据收集策略的极端测量范例引发我们思考一个问题：是否有其他的既具低成本又能收获高 ROI 的折中数据收集策略能够提供“恰到好处”的数据准确性以达到能源管理目标。表 3 显示内容为增加成本与复杂性能的能源管理系统如何提高准确性和投资回报率，它有助于我们解开上述疑问。

表 3 采用了基于服务器数量之上的零成本管理系统方法，每一行代表一项针对该管理系统增加的建模或测量性能。随着性能的增加，误差相应降低，而系统成本则相应提高。

IT 分配误差指的是为 IT 容量内的指定设备分配能耗和碳排放时产生的误差，比如标准服务器。为具体服务器分配能耗时实际出现的误差可能比本表中列出的误差高出许多。本表所列的部分性能，比如服务器分类及测量所有 IT 设备，可以极大改进向具体服务器分配能耗和碳排放时的准确性。相关详情我们将在后文中作具体说明。

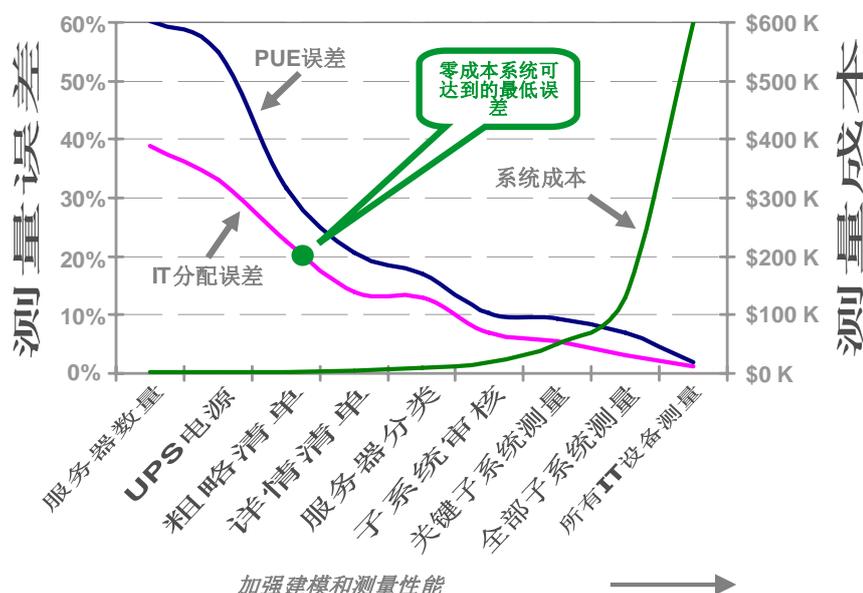
² 子系统能源估算的误差为正交误差，因此总误差等于子系统误差平方值总和平方根。

表 3
增加建模和测量性能对 1 MW 数据中心管理系统准确性和成本的影响

增加的建模和测量性能	PUE 误差	IT 配置误差 ^{3,4}	系统成本 (每 MW)
服务器数量	61%	39%	0
+ UPS 电源	55%	33%	0
+ 粗略清单 ⁵	23%	20%	0
+ 详细清单	14%	12%	\$2,000
+ 服务器分类	14%	12%	\$4,000
+ 子系统审核	8%	7%	\$10,000
+ 关键子系统测量	6%	4%	\$50,000
+ 全部子系统测量	3%	2%	\$130,000
+ 所有 IT 设备测量	2%	2%	\$600,000

为了更好地理解能源管理系统增加功能后其准确性和成本之间的权衡关系，请参见利用表 3 中数据绘制成的示意图（图 5）。

图 5
增加建模和测量性能后，成本相应提高，数据中心能源测量系统误差相应降低



从图 5 中，我们可以看到在增加简单的建模和测量性能后，数据中心能源测量系统的准确性迅速得以提高，但成本增加不大。然而，当误差下降低于 10% 后，成本显著上升。

³ IT 分配误差可能比 PUE 误差小，因为与 PUE 相关的能耗和碳排放仅是总能耗的一部分。
⁴ 本表中的 IT 分配误差针对的是“标准服务器”，而非某一台具体的服务器。具体服务器的误差更大，但在增加了“服务器分类”性能后，该误差将大幅下降。相关情况可参见后文描述。
⁵ 粗略清单内容为数据中心内的主要电源、制冷和 IT 设备的能力和型号。而清单结合那些设备数据，则可以进行较为精确的能耗估算。其可由专家在能源评估报告中提供，或由行业数据中心运营商提供。关于本方法的附加指导说明可参见本文未列出的其他 APC 白皮书。

经分析，我们建议采用以下测量和建模策略以实施数据中心能源管理计划：

- 基于服务器数量、UPS 电源读数和粗略清单的零成本能源建模系统足以以为 IT 用户提供的有效的能源分配。
- 额外的低成本措施可以根据具体情况增加以便完善能源管理系统，包括利用详细清单和服务器分类创建更准确的模型，以及利用能源审核和关键子系统测量提高测量结果的精确度。
- 对所有基础设施子系统和 IT 设备进行大范围测量对完善能源管理系统来说作用不大，而且投资回报率不高。

将能源分配到 IT 用户

测量和分配 IT 容量的方式多种多样，包括计算周期、服务器、芯部、字节、机柜、平方英尺、虚拟服务器等。理想的 IT 使用模型可能包含所有这些因素进行分配成本，能源或碳排放。但是，我们只需要一个简单的模型即可测量基于服务器数量的 IT 容量。它能达到与许多其它测量方法同等的效果，因此这种方式颇受欢迎。

如果 IT 用户需分配大量的服务器，那么我们只需通过为这些服务器分配能源即可完成对该用户的能源和碳排放分配。这时，该 IT 用户的总能耗即为其所分配得到的服务器数量乘以每台服务器被分配的能耗。这要求我们识别出数据中心内的所有能耗并将它们分配到每一台服务器。一台服务器的总能源配置为这台服务器自身的能耗，加上储存器、网络、电源、制冷、照明和辅助负载的分配能耗。关于一般数据中心的能源分配，请参见图 6。

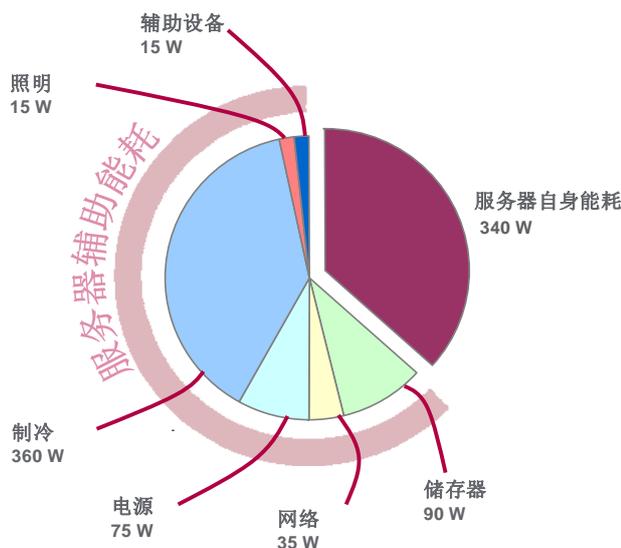


图 6

本图显示的是一个 930W 能源配置的服务器所分配到的数据中心能耗细目。服务器自身的实际耗电仅为 340W。

在本示例中，尽管服务器自身的实际耗电只有 340W，但分配该服务器的总耗电量高达 930W。

标准 IT 设备 vs. 具体 IT 设备

将能源分配到 IT 用户的方法以标准服务器的“服务器单元”为基础，具有很多不确定性，因为它假定每台服务器的资源用量相同，并且假定所有服务器相互一致。但具体服务器的实际总耗电量根据服务器的类型，电源管理特性，以及使用的其它 IT 资源而各有不同。

对于服务器类型相对统一的数据中心，按照平均值为每台服务器分配能源成本是一种有效的办法。但是，如果数据中心的服务器类型较多，使用标准“服务器单元”分配能源则效率不高。比如，假设一个 IT 用户有 8 台刀片式服务器作为简单的应用服务器，而另一个 IT 用户有 8 台大型服务器并包含大量在线储存。显然大型机用户的耗能更多，但是如果按照标准服务器能源分配方

法，两个用户将分配到相同的能耗和碳排放。这种方法得出的总能耗较为精确，只不过大型机用户的部门能耗将不公平地转配至刀片服务器用户身上。

理论上，此问题可以通过测量所有 IT 设备并按照该测量结果为 IT 用户分配能源予以解决。但我们已经讲过，这种办法是不实际的，因为：

- 很大部分的能耗来源于通常与 IT 用户并不直接相关的电源设备、冷却设备、网络装置和其它负载。
- 测量 IT 设备的计量系统成本以及相关软件系统的成本和复杂性都非常高。

要以简单且经济的办法解决这一问题，我们可以对服务器进行分类，每种服务器类型使用相应的能耗标准。表 4 显示的是创建服务器分类表，用以代替原先将全部服务均作为标准“服务器单元”处理的方式。

服务器类别	服务器功率	网络分配	储存器分配
1U 应用服务器	250W	0.2	0.1
虚拟服务器 ⁶	90W	0.4	0.2
网络刀片服务器	200W	0.3	0.1
ERP 刀片服务器	200W	0.1	0.4
大型服务器	4000W	0.1	0.5
3U-10U 服务器	2000W	0.1	0.1

表 4

服务器分类示例表

我们可以直接使用以上列表（辅以适当的功率值），或是根据具体数据中心的用户实际情况扩展或细化后进行使用。

每台服务器均有指定的基本标准功率级，以及与网络和储存器相关的基本功率分配比率。电源、制冷和照明成本将以 IT Watt 为基础进行平均分配，而不随服务器类型的不同而发生变化。

分类系统的使用方法如下：

- 将所有服务器分类
- 为 IT 用户从各类服务器中分配一定数量的标准服务器
- 汇总所有服务器类别的计算功率，然后匹配实际的 IT 负载功率（根据模型或测量确定）
- 应用 PUE 数据到每个服务器类别

⁶ 如果虚拟服务器归为一个类别，那么虚拟服务器的分配数量将超过物理服务器的数量。这种情况下，承载虚拟服务器的物理服务器不分配给 IT 用户。

这样，数据中心的总能耗可在不同服务器类别中进行分配，然后再转分到 IT 用户。这个过程可以利用软件工具执行，比如施耐德电气旗下的 APC 这样的供应商提供的软件，或是利用电子表格执行。

能源转换成碳排放

一旦我们确定了数据中心内 IT 负载或基础设施系统的能耗，我们就可以为他们分配碳排放。数据中心的碳排放属于间接排放，主要有三个来源：

- 数据中心建造时以及 IT 和基础设施设备安装时产生的碳排放（所谓的“隐含碳”）
- 供暖系统，应急发电机或热电联产系统产生的本地碳排放
- 数据中心所需电源在发电过程中产生的碳排放

总之，大多数关于运行所产生碳排放的讨论、基准衡量或报告均限于这些方面。隐含碳在碳排放总量中占很大比例，但是目前对隐含碳评估的方法和标准研究还有待提高。

数据中心不直接产生大量的二氧化碳或其他类似于二氧化碳的有害气体。应急发电机运行所产生的碳排放只占碳排放总量的 0.01% 以下比例，基本可以忽略不计。数据中心在高电源密度下运行，几乎不需要补充热量，因此加热相关的碳排放也可以忽略不计。极少有数据中心配有联产发电设备，因此多数情况下也无需考虑这个因素。

在本文中，我们将对碳排放的度量限制在电能供应上，其占数据中心运行相关碳排放的 99% 以上。

碳排放与能源的等量关系

如果已知数据中心的用电量，就可以估算出用电所产生的碳排放量。供电商可以根据其能源组成，提供生成每千瓦时能源产生的碳排放信息。（请注意：在分析碳减排量时还有另外一种方法，即基于最后一次分配的能源量，这样得出的碳排量结果一般偏高。因为现有电力设施节能量增加，但并不等于所有发动机的负载会有所减少 - 相反，只是降低低成本发电的成本，例如使用天然气发电）。如果供电商不能提供此信息，那么可以使用区域数据。该数据以每千瓦时产生二氧化碳吨数为计量单位，发电机的碳排放范围一般在 0.1 至 1 吨/千瓦时之间。要明确数据中心发电机的负载，数据中心的耗电量应包含发电机与数据中心之间的配电损失（一般约为 10%）。以下公式显示的是一个设备负载的年碳排放量。

$$\text{年CO2排放量 (吨)} = \text{负荷 (千瓦)} \times \frac{\text{碳}}{\text{千瓦时}} \times \frac{8760 \text{小时}}{\text{年}} \times \frac{1}{(1 - \text{配电损失})}$$

为 IT 用户提供指导

IT 用户不是一定要理解和掌握本文所述之原则和技术才能在 IT 规划和部署时合理考虑能源因素。IT 用户所需要的只是一份简要的能耗和碳排放总结报告。提供给 IT 用户的报告如表 5 所示。

表 5
IT 用户年能耗和碳排放配置列表

服务器类别	安装总数	每台服务器用电	每台服务器碳排放量
1U 应用服务器	50	6,000	2.7
虚拟服务器	30	2,650	1.2
网络刀片服务器	15	5,200	2.3
ERP 刀片服务	10	5,500	2.5
大型服务器	2	117,000	53.0
3-10U 服务器	15	44,000	20.0
总能耗和碳排放量 (每年)		1,409,000 千瓦时	634 吨
能源成本 (每年)		\$169,000	

总结

本白皮书描述了如何为 IT 用户配置数据中心能耗和碳排放的逻辑策略。

简单、零成本的能耗模型可用于 IT 标准设备的能耗和碳排放分配，比如，标准“服务器单元”。该模型不够精确，但足以帮助建立一个有效的数据中心能源管理系统。

随着时间的推移，通过增加额外的测量和建模功能可以提高能源管理系统的简易性，从而为用电情况提供更准确的数值和更多的参考信息。本白皮书大致介绍了这些加强功能的合理实施顺序。利用少量的能源测量仪器并结合专门的数据中心能源审核以及简单的软件工具，即可构建一个高效率，低成本的系统。

数据中心运营商不应认为要获得高效的能源管理系统或将能耗和碳排放分配给 IT 用户必须建立和执行复杂而昂贵的测量体系。事实上，极端测量系统的投资回报率非常低。

本白皮书大致介绍了可为数据中心经营者利用的零成本能耗和碳排放分配办法。该方法适用于任何大小的数据中心，并且能够为任何人立即掌握。数据中心任何一瓦特的不必要功率都代表一次不可恢复的损失。立即实施粗放且简单的能源管理系统远比以后再实施完美的系统更经济划算，因为无论一个能源管理系统的效率有多高，它都不能恢复已耗损的能源。

编者简介

Neil Rasmussen 是施耐德电气公司旗下的 IT 业务公司 - APC 的高级创新副总裁。他负责为全球最大的用于电源、制冷和关键网络设备的机架基础设施方面的研发预算项目提供技术指导。

Neil 拥有与高密度数据中心电源和制冷基础设施相关的 14 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 InfraStruXure 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。



参考资源

点击图标链接到相关资源



浏览所有 APC
白皮书
whitepapers.apc.com



数据中心的电气效率测量
APC 白皮书 154



实际数据中心内的效率计算 (PUE) 指南
APC 白皮书 158



数据中心电气效率建模
APC 白皮书 113



实施数据中心能效管理
APC 白皮书 114



浏览所有 APC 权衡
工具™
tools.apc.com



联系我们

如您对本白皮书有任何反馈意见或建议，敬请联系我们：

施耐德电气 APC，数据中心科学中心
DCSC@Schneider-Electric.com

作为 APC 的客户，您的数据中心项目如有任何具体问题：

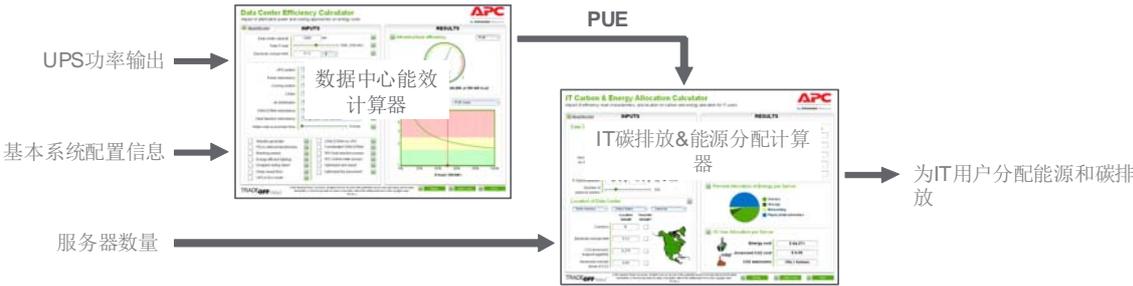
请联系您的施耐德电气 APC 客户代表

附录： 确定分配数据中 心能源和碳排放 的简单方法

本白皮书已就如何为数据中心的 IT 负载分配能源成本和碳排放进行了简要说明，包括一系列在成本增加的基础上可提高分配准确性的测量和建模加强功能。最简单的分配方法几乎是零成本，但仍然可以提供令人惊讶的准确性，足以帮助建立和实施能源管理计划。

本附录将阐述数据中心如何立即执行 IT 负载能耗和碳排放分配系统，并且准确性达到 +/- 20%。这里所述的方法与前文提到的“粗略清单”密切相关。这是一般数据中心运营商在无专家帮助下就可以达到的最高水平。本方法使用 APC 开发的免费软件工具，但利用其它类似工具也可以达到相同目的。分配流程请参见图 A1。

图 A1
数据中心 IT 负载的能源和
碳排放分配步骤示意图



数据中心配置、服务器数量、以及 UPS 负载功率的当前读数（几乎所有数据中心均可提供这一功率读数）方面的基本信息由客户提供。软件工具提示输入相关信息。这些信息指可供任何数据中心或 IT 专业人员获取，或经过简单浏览后即可确认的信息。

第一个工具用于估算数据中心的 PUE。第二个工具用于接收第一个工具估算出的 PUE 值并以每台服务器（标准服务器）为基础计算分配到 IT 的能耗和碳排放量。然后这些“标准”服务器将根据业务模型被分配给 IT 用户。软件工具附带有相关帮助文件。

图 A2 显示的是分配工具的一个工作截屏示例。在这个示例中，每台服务器均被分配了每年 \$1,482 的电费和 15.4 吨的碳排放量。对于一个拥有 100 台服务器的 IT 用户来说，其每年分配的电费将为 \$148,200，碳排放量为 1,540 吨。

IT Carbon & Energy Allocation Calculator

Impact of efficiency, load characteristics, and location on carbon and energy allocation for IT users

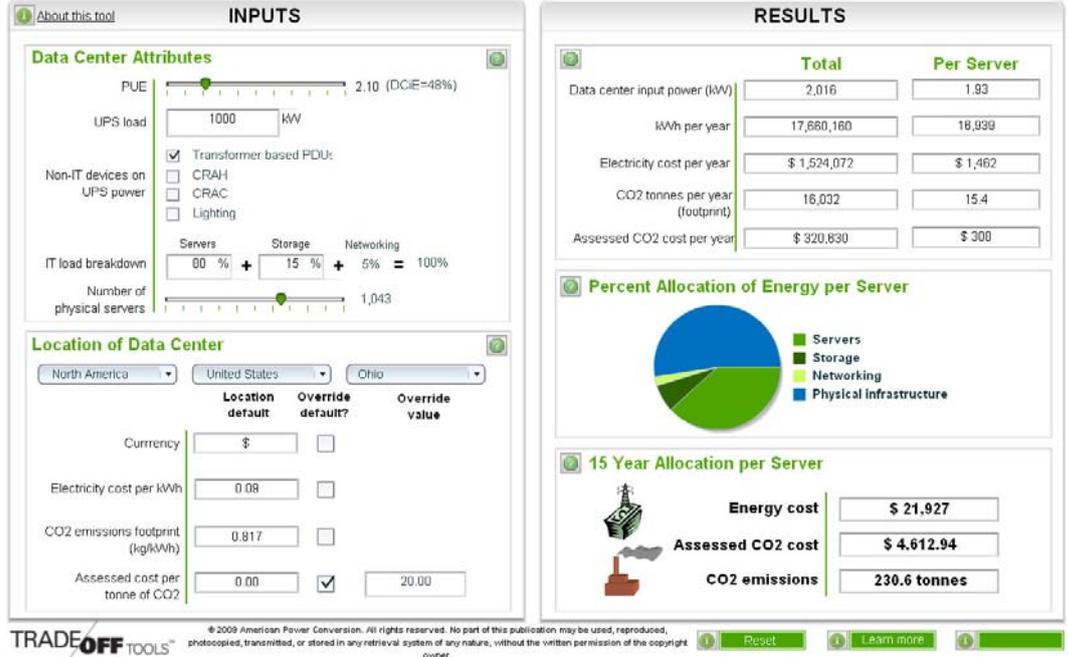


图 A2
IT 碳排放&能耗分配计算器的输出截屏示例

我们提供本示例，是因为其易于实施，能够发挥作用，帮助提高节能环保意识，促进 IT 行为的改善。但是，它也有很大的局限性，包括：

- 其准确性只有 +/- 20%，因此它很大程度上不适用于计费用户：对于计费用户，可以使用本文中推荐的其它较高级的分配功能。
- 它将能源成本和碳排放按照“标准服务器”进行分配，当一些 IT 用户使用刀片服务器而另一些 IT 用户使用大型服务器时，它不能做到准确分配能源成本；这种情况可以增加本文所述的服务器分类功能。
- 它不能提供基础设施系统的损失细目，因此也不能为基础设施的改进提供指导；这时可以增加本文前面提到的基础设施审核功能和关键基础设施系统测量功能。