

# 如何评估数据中心的碳足迹

## 第 66 号白皮书

版本 0

作者 Dennis Bouley

### > 摘要

数据中心碳排放越来越受到全球关注。美国环境保护署（EPA）将数据中心作为美国能源消耗的主要源头之一。EPA 为政府数据中心设定的能效目标是：在 2011 年实现 20% 的碳足迹缩减。欧盟（EU）成员国也已经同意到 2012 年将他们的温室气体排放量相比 1990 年降低 8%。有关各方也将更加敦促数据中心业主报告他们的碳排放情况。本白皮书将介绍一种用于评估数据中心碳足迹的简单办法——即一种基于网络的免费评估工具。该工具适用于对全球各数据中心进行碳足迹评估。

### 目录

点击内容即可跳转至具体章节

简介	2
数据中心总体碳排放概况	4
发电对碳排放的影响	6
数据中心能耗与碳排放的相关性	7
评估电力碳足迹的工具	9
结论	13
资源	14

## 简介

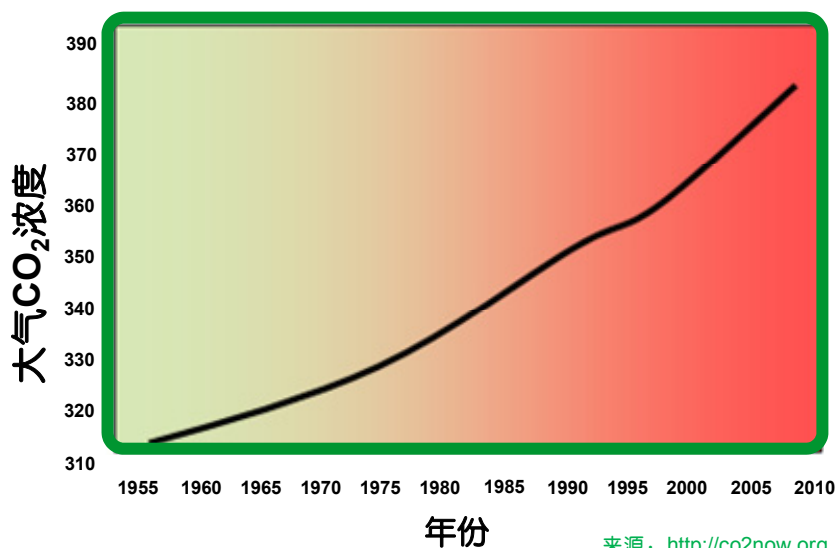
碳排放和能源问题正越来越频繁地登上全球媒体的头版头条。政府、非盈利机构和公司企业都在定期分析研究他们的碳足迹。他们的目标是衡量自身活动对全球变暖的影响，并制定相应的行动计划积极减少碳排放。

根据美国环境保护署（EPA）的报告，美国数据中心 2006 年的耗电量达到 610 亿千瓦时，占到同年全美耗电总量的 1.5%，成本约合 45 亿美元。数据中心已经被认定为增长最快的耗能源头之一。EPA 已经授权政府部门制定能效战略计划，要求政府数据中心到 2011 年将能效提高 20%<sup>1</sup>，并且可能很快会要求企业数据中心遵守强制性二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放限制规定。

早在 2004 年之前，欧盟 15 个成员国已经承诺遵守《京都议定书》的原则。他们同意到 2012 年将其温室气体排放量相比 1990 年降低 8%<sup>2</sup>。此外，欧洲委员会（EC）也制定了《数据中心能效行为准则》，规定了一系列自主自发的节能增效办法，为未来更为严格的能效政策奠定了最低标准。最终的目标是使数据中心的效率提高 30%。

图 1

全球大气层 CO<sub>2</sub> 浓度的增长状况



在 2007 年，西欧国家的数据中心每年的耗电量达到 56 万亿瓦时（TWh），这个数字非常之惊人。根据欧盟的预测，这一数字很可能到 2020 年翻倍，达到 104 万亿瓦时（TWh）<sup>3</sup>。如果不通过能效管理方面的创新来加以控制，欧盟很有可能不能实现它们的总体碳排放量降低和阻止气候变化的目标。数据中心的能耗以及如何利用它们估算碳足迹是本白皮书的主要探讨内容。图 1 所示的是世界各地的大气层二氧化碳增长状况。

如何让数据中心变得“绿色环保”呢？为了回答这个问题，数据中心专业人员必须首先确定数据中心的能耗，然后将能耗换算成碳排放量。在判断数据中心的碳足迹是否正在减少时，第一步是要正确计算出能耗。有三个关键变量会对数据中心能耗产生重要影响：数据中心所在的位置、IT 负载以及电气效率。我们可以利用施耐德电气的一系列 TradeOff Tools™ 权衡工具来模拟这些变量发生变化时产生的影响。

### 关键术语的定义

在确定一个数据中心的环境影响时，准确理解用来说明测量数据的术语非常重要。以下是一些在谈论数据中心环境影响时经常使用的术语：

<sup>1</sup> 美国环境保护署《服务器和数据中心能耗国会报告》— 公共法 109-431，2007 年 8 月 2 日

<sup>2</sup> 欧洲环境署《2008 年欧洲温室气体排放趋势和预测》2008 年 EEA 5 号报告

<sup>3</sup> 欧洲委员会《数据中心能效行为准则》1.0 版，2008 年 10 月 30 日

**二氧化碳排放系数（“碳足迹”）** 这是一个关于温室气体排放量的测量数据，包括汽车行驶或为电站供电等日常活动所产生的二氧化碳（CO<sub>2</sub>）。如果是电站，测量数据包括从发电端到用电端整个过程中的发电、输电及配电损耗。在本白皮书中，我们将数据中心的碳足迹定义为与一个数据中心总耗电量相等的碳排放。

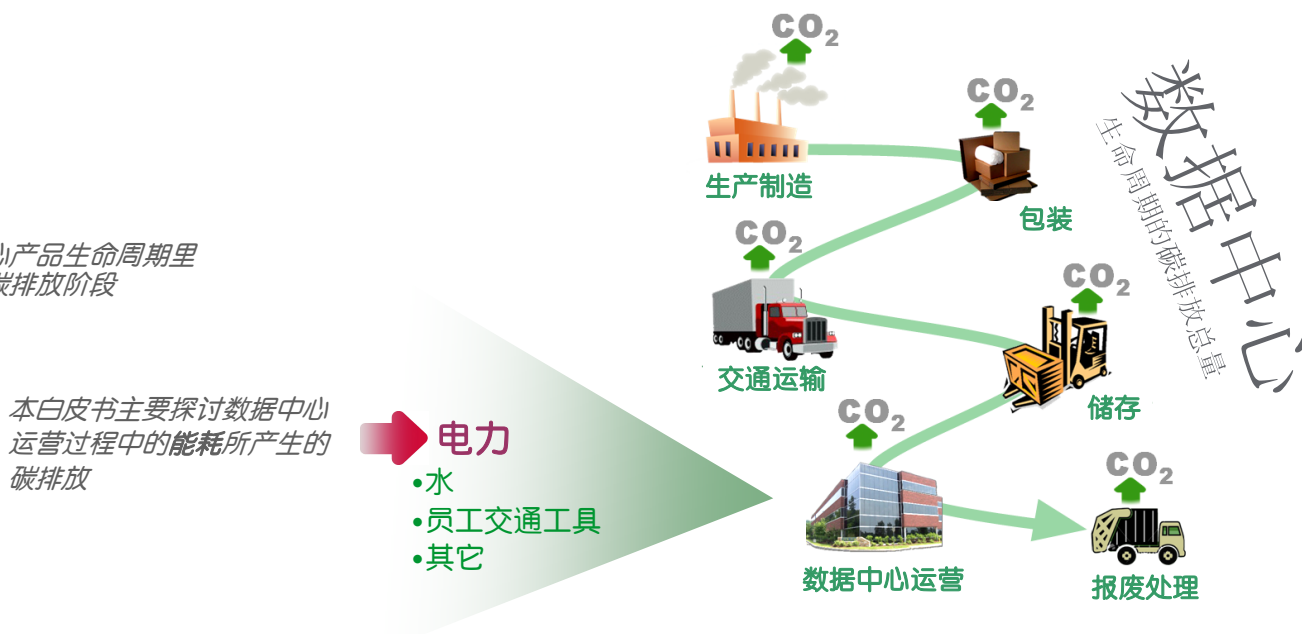
数据中心所处的地理位置在这里也扮演着重要角色。比如，相比位于严重依赖煤电、石油发电或天然气发电地区的数据中心来说，位于主要依靠水力发电、核电或风力发电地区的数据中心的碳足迹较低。

**峰荷发电厂** 市电公司为应对发电高峰期的需求会运行一个辅助电厂，叫做“峰荷发电厂”。这些辅助电厂通过烧煤发电，会产生大量二氧化碳。根据各个地区市电电网的具体情况，峰荷发电厂可能每天都会工作数小时或者每年才会工作若干小时。市电公司依靠这些老旧低效的发电厂在供电高峰时期满足供电需求——比如，炎夏的下午和傍晚，这个时间段公司还没有下班或者人们已经回到家开始准备晚餐。如果峰荷发电厂对于数据中心所在的地理区域来说是重要的供电来源，那么它还会影响“数据中心碳排放量计算器”工具的“减排”数据输出（详情会在后文中介绍）。

**减排** 当数据中心的耗电量降低时，对市电的电力需求就会随之减少，从而降低碳排放和减少碳足迹。如果耗电量降低还减少了市电公司对峰荷发电厂的使用，那么减排量可以进一步加大。“减排”是“数据中心碳排放量计算器”工具可选的计算项之一，详情我们会在后文中介绍。如果峰荷发电厂对于数据中心所在的地理区域来说是一项重要的供电来源，那么这个数据将是比碳足迹更为精确的减排指标。

**二氧化碳（CO<sub>2</sub> 或“碳”）** 二氧化碳是对地球温室效应影响最大的气体，占我们大气层中温室气体的 76%<sup>4</sup>。二氧化碳被大量排放到大气层中，在大气层中可存在约 100 年。从数据中心总体生命周期来看，“碳排放”术语也包含数据中心内所有组件（如服务器、UPS、建筑外墙、制冷系统等）在制造过程所排放的二氧化碳。这类碳排放可以用“隐含碳”这一术语加以表达。“碳排放”术语还包括数据中心在运营中（耗电产生的碳排放）、维护时（即，消耗品的更换，比如电池、电容器等）以及数据中心生命周期结束时组件报废处理所产生的碳排放（请参见图 2）。本白皮书的主要内容以及后面将介绍的工具都将着重探讨数据中心运营过程中的能耗所产生的二氧化碳排放。

**图 2**  
数据中心产品生命周期里的各个碳排放阶段



<sup>4</sup>联合国政府间气候变化专门委员会 IPCC《第四次评估报告》2007 年

## 数据中心总体 碳排放概况

本白皮书主要介绍如何评估数据中心运营过程中的耗能所产生的碳排放量，碳排放量可以利用我们后文介绍的计算器工具进行评估。但完整的碳足迹分析还应当包括（1）图 2 所示的数据中心生命周期各阶段的“隐含碳”，以及（2）如果是专门的数据中心楼宇，那么还应包括大楼本身的碳排放。这些碳排放的评估不在本文的探讨范围内，但是我们可以从下面的表格中进行大致的了解：

### > 数据中心

对 1MW 数据中心进行量化

电能	177,000,000 千瓦时
水	227,000,000 升(60,000,000 加仑)
铜	65,771 千克 (145,000 磅)
铅	9,525 千克 (21,000 磅)
塑料	14,968 千克 (33,000 磅)
铝	33,112 千克 (73,000 磅)
焊料	5,443 千克 (12,000 磅)
铁	171,004 千克 (377,000 磅)

假设条件：数据中心的生命周期为 10 年，冗余性高，有两次 IT 设备更新，包括电源/制冷/机架/IT，不包括建筑翻新

### > 楼体设施

对 1MW 数据中心进行量化

混凝土	
砖石	砖，石，水泥浆
金属	钢梁，铅管，铜线，铝板，楼梯，栏杆，楼面板，格栅，钉子，螺丝，螺栓，铝制防水板，金属片材，铝制通风装置，百叶
木材、塑料、复合材料	房间框条，电缆包覆层，门，窗
隔热/防潮保护层	保温层，防潮层
水	清洁用水，制冷用水，消防用水
化工材料	胶剂，乙二醇，清洁剂，防水密封剂，灭火剂
玻璃	
柏油	屋顶，路面，人行道，停车场
木瓦，地砖	

在建筑施工时，如何根据碳排放量列出各项材料的明细呢？表 1<sup>5</sup> 所示即为建筑“外壳”施工中基本材料的相关明细表。

<sup>5</sup> 爱丁堡碳管理中心，苏格兰林业委员会温室气体排放对比分析 — 建筑木材的碳效益，2006 年 8 月

**表 1**  
建筑建材隐含碳明细表

材料 – 建筑外壁 5,700 ft <sup>2</sup> (530 m <sup>2</sup> ) 办公设施面积	CO <sub>2</sub> (吨)	%占比
地基 (混凝土)	4.7	4%
地面 (混凝土板, 保温层)	39.9	31%
天花板 (灰泥板)	2.3	2%
结构 (钢梁)	15.4	12%
外墙 (砖, 保温层)	32.1	25%
内墙 (木框架和灰泥板)	8.7	7%
楼梯 (混凝土)	1.1	1%
窗 (玻璃和窗框)	0.59	0.4%
室内门 (刨花板) *	-0.4	-0.3%
室外门 (塑料)	0.6	0.5%
屋顶 (木材, 混凝土, 保温层)	23.4	18%
<b>总计</b>	<b>128.3</b>	<b>100%</b>

\*表内的负数实际上代表对二氧化碳排放有正面作用 (即, 超出了二氧化碳排放的中和值), 因为使用的是回收材料。

### 办公楼与数据中心的比较?

商务办公楼和数据中心的耗能方式不同。数据中心耗能属于能源密集型; 相比办公楼, 它的耗电量和制冷量需求更多。也就是说普通办公楼的建筑材料碳排放在其总体碳排放中相对占有更大的比例, 因为办公楼的能源强度相对较低。

事实上, 数据中心的能源强度可能是办公楼的 40 倍。因此, 数据中心更像是工业设施而不是办公楼。数据中心设计针对的对象是计算机, 而非人; 因此大多数数据中心没有窗户, 也不具备基本的通风。此外, 办公楼的工作时间线和数据中心也有很大不同, 办公楼的使用寿命是 50 年, 而数据中心的使用寿命只有 10 年。图 3<sup>6 7</sup>所示为办公楼和数据中心的能耗比较。

### 隐含碳

请注意表 1 显示的二氧化碳排放数据, 包括所有材料和设备的生产、运输和报废过程 — 这部分碳排放称之为“隐含碳”。

假设, 数据中心内有一台新服务器, 它在制造和运输过程中产生的“隐含碳”应当加到该服务器所在数据中心的总体碳足迹中 (包括 (制冷) 耗水、耗电、(原材料供应商的) 排烟以及员工交通工具 (驾车或商务飞行出差)。单就员工交通工具来说, 其所产生的碳排放也是非常可观。如果一家大型公司拥有 100,000 名员工, 其中 50% 每年平均乘坐飞机出差两次。假设每次出差

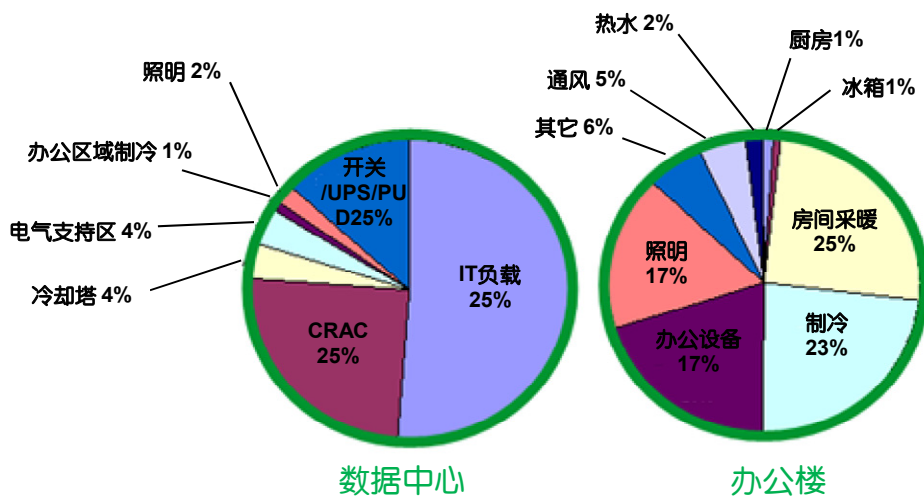
<sup>6</sup> 劳伦斯伯克利国家实验室 (LBNL) 53483 《高性能数据中心》, William Tschudi、Teng Fung Xu、Dale Sartor、Jay Stein, 2004 年 3 月 30 日

<sup>7</sup> <http://www.epa.gov/RDEE/documents/sector-meeting/4bi-officebuilding.pdf> (改编自 E Source 2006)

的往返飞行（比如飞到纽约出差再飞回来）<sup>8</sup> 将产生 0.33 吨碳足迹。那么这家公司员工交通每年产生的碳排放将达到 33,000 吨（100,000 次出差飞行 x 0.33 吨/次）。此外，所有服务器和数据中心相关设备在运营期间也会产生二氧化碳。

关注全球变暖问题的公司和政府正积极倡议为所有公司分配碳排放指标。根据这项配置计划，超出碳排放指标的公司将被处以罚金和其它惩罚。这种规定碳排放额度以及允许碳排放额度进行交换的理念也正在全球许多地区推广（如，在数据中心或周围地区植树可以减少碳足迹）。全球碳足迹测量值包括公司内的所有生产流程和采购行为。**图 3** 所示为办公楼和数据中心的能耗比较。<sup>9</sup>

**图 3**  
数据中心和办公楼的  
能耗比较



## 发电对碳排放的影响

要了解数据中心耗电对碳足迹的影响，应当首先了解供电设施。与能源相关的二氧化碳排放占到全球二氧化碳排放的 60%（在大多数发达国家这一比例更高达 80%）。由于市电公司需要将许多不同类型的原生能量转换成电能，因此其规模会异常庞大。市电公司采用许多不同的原材料进行发电，如煤、天然气、石油、核反应堆、水力、潮汐和风力。

市电公司用来发电的“混合”能源或者能源的“属性”对数据中心的碳足迹有重要影响。矿物燃料，是二氧化碳排放的最大源头（请参见表 2）<sup>10</sup>，而其目前仍然在全球能源供应中占据主要地位（2007 年约 82%）。市电公司具体使用哪种矿物燃料作为发电原料也具有有重要影响。尽管在 2007 年煤只占一次能源总体供应量的 26%，但是它却在全球 CO<sub>2</sub> 排放量中占到了 42%（请参见表 2）。煤每释放一个单位的能量都会产生严重的碳排放。与天然气相比，煤的能源强度接近它的两倍。

而且，当数据中心从市电公司购电时，在将燃料转换成电力并将其输送到用电端的过程中将产生三倍的碳排放。

<sup>8</sup> 爱丁堡碳管理中心《选定项目和活动的碳排放评估》，ECCM 4 号技术文件，2000 年 10 月

<sup>9</sup> 图 3 所示的制冷系统是一个带有冷却塔采用 DX 系统的 CRAC。

冷冻水系统和干式冷却器系统的总制冷负载相当，但是构成的 CRAC、冷水机和冷却塔数量不同。

<sup>10</sup> 国际能源署《燃料燃烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放》2009 版

表 2

全球一次能源和相应的 CO<sub>2</sub> 排放

燃料类型	在全球一次能源供应量中所占%	在全球 CO <sub>2</sub> 排放占比
石油	34%	38%
煤	26%	42%
天然气	21%	20%
其它*	19%	0%

\*包括核能、水力、地热、太阳能、潮汐、风力、易燃可再生能源和废料

发电是温室气体排放的三大源头之一（另外两个分别是汽车/交通工具和森林砍伐/农业）。在减少数据中心耗电（温室气体排放）时面临的最大的挑战之一是将数据中心活动与耗电联系起来。当IT和物理基础设施负载通电后处理信息或当制冷系统将数据中心产生的热量排放到室外以保持数据中心内温度稳定时，数据中心就会耗电。

用以发电的燃料或能源是影响CO<sub>2</sub>排放年度同比变化的重要因素。因为在条件允许的情况下，水力和核能发电可以代替矿物能源发电。如果不能使用水力或核能发电而使用矿物燃料发电作为代替，CO<sub>2</sub>排放量就会增加。相反，大量使用核能、水力和可再生能源发电则可以大幅降低CO<sub>2</sub>排放量。<sup>11</sup>

## 数据中心能耗与碳排放的相关性

影响数据中心碳足迹的主要因素有三个：

1. 数据中心位置
2. IT负载
3. 电气效率

### 第一个关键因素：数据中心位置

气候变量，比如室外温度和湿度都是能耗的影响因素。处于极端温度和湿度条件的地理区域会消耗更多的能源，因为数据中心的物理基础设施需要工作更长时间来保持稳定且适当的温度和湿度。

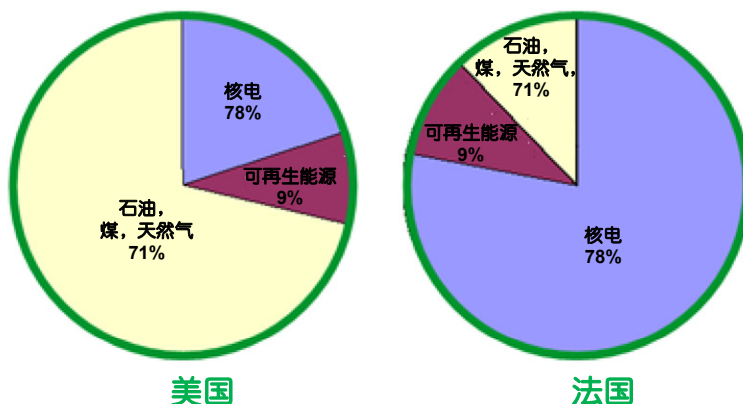
数据中心所在地区的本地发电站也会对数据中心的碳足迹产生很大影响（请参见图 4）<sup>12</sup>。比如，在法国，大多数市电公司利用核能发电。从日常运营的角度来看，位于法国的数据中心相比位于美国中西部的数据中心来说所产生的碳足迹相对要低。美国数据中心的发电原料一般采用混合能源，其中包括 60%煤、20%石油、10%天然气、5%水力和 5%风力。而位于法国中部的数据中心，其 95%的电都由核电站供应。核反应堆不会释放二氧化碳。而煤电站则会释放二氧化碳。

<sup>11</sup> 美国能源部/环境保护署《美国发电产生的二氧化碳排放》2000年7月

<sup>12</sup> <http://www.getenergyactive.org/fuel/mix.htm> - 2010年2月8日  
[http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/doc/factsheets/mix/mix\\_fr\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/mix/mix_fr_en.pdf) - 2010年2月15日

图 4

美国与法国的发电燃料比较



数据中心所处地理位置的独特性也会影响“减排”的频率。减排反映的是本地市电电网中峰荷发电厂的平均使用率。当能耗需求降低时，峰荷发电厂就会减少使用（或者关闭使用）。这里的“减排”只针对矿物燃料发电机。过去，峰荷发电厂通常是陈旧低效的设备。而现在大多数峰荷发电厂已经被更换为更加洁净、更加高效的设备，但仍然只在电能需求高峰期使用。

通常用电高峰期出现在工作日的早晨和下午临近傍晚前后。在这些时间段中，许多工作场所还没下班或者人们已经下班回家开始准备晚餐并且打开空调或采暖（视数据中心所处具体地理位置和季节而定）。而这些时间段正是峰荷发电厂可能投入工作的时间段，从而导致本地数据中心碳足迹升高（请参见图 5）。

## 第二个关键因素：IT负载

IT负载反映出数据中心内IT设备的能耗需求。IT负载包含组成IT业务架构的所有IT硬件：如服务器、路由器、计算机、存储设备、通信设备以及用以保护他们的安保系统、消防系统和监控系统。负载可能增加（受业务处理需求增加的影响），也可能减少（受虚拟化或整合的影响）。负载越高，就需要越多的电能来保证数据中心正常工作，相应地碳足迹也越高。

## 第三个关键因素：电气效率

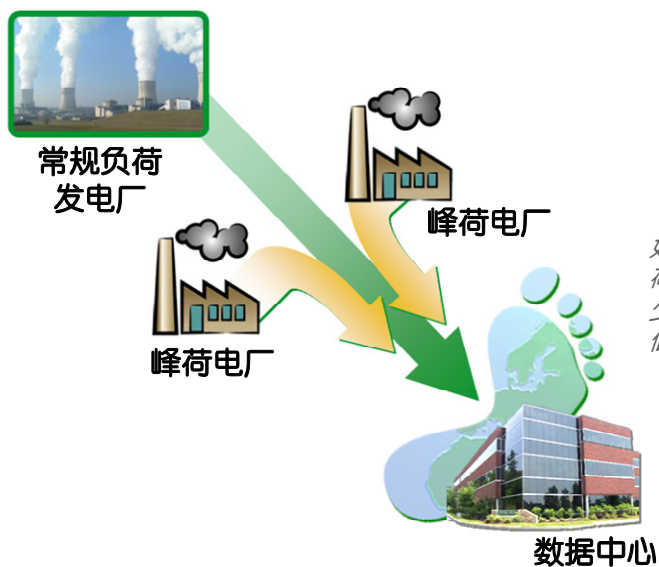
不幸的是，对数据中心物理基础设施过大选型的传统做法对数据中心总体效率有着负面影响，因此也会影响到碳足迹。数据中心过大选型是为了规避在低估数据中心容量时可能产生的失误。过大选型导致设备得不到充分利用（比如服务器一天 24 小时都会插电，但是实际很少被用到）。幸运的是，“边成长边投资”的扩展原则可以帮助优化设备使用率。此外，经过改进的容量计划软件现在已经可以帮助我们更精确地估算数据中心的容量以及耗电量。

数据中心内的许多因素都会对效率产生影响。从数据中心总体设计（服务器行的方向、电源架构、制冷架构、服务器设计、冗余水平、IT负载等）到具体的技术设备部署（UPS、冷水机、节能模式）都会影响到效率。关于如何管理影响数据中心效率的因素，请参见本文最后列出的相关白皮书。



图 5

峰荷发电厂会增加电气碳排放在数据中心碳足迹中所占的比率



如果数据中心的耗电减少，峰荷发电厂的碳排放也会相应减少，从而增加“减排”量，降低碳足迹。

## 评估电力碳足迹的工具

自动评估工具，如施耐德电气的TradeOff Tools™ 权衡工具中的“数据中心碳排放量计算器”、“数据中心效率计算器”、“IT碳排放与能源分配计算器”以及“数据中心功率计算器”，都可以帮助数据中心专业人员了解如何用电以及效率变化会对碳足迹有什么影响。这些工具未计入评估隐含碳，即数据中心用材和设备在制造、运输和报废过程中产生的碳排放以及建筑施工过程中产生的碳排放。

利用这些在线网页工具，您可以快速估算您数据中心的碳足迹。上面这四个工具采用相同的标准格式设计，条件输入在左，计算结果在右。

### 数据中心功率计算器

“数据中心功率计算器”可用以定义IT负载的基本特性，计算支持该负载所需的电力。互动式计算工具，允许用户通过更改服务器、大型主机和储存器的负载特性来体验“如果...会怎样”的模拟情景，然后计算总负载并得出相应的市电供电需求。

点击图标  链接至最新在线工具

### 数据中心效率计算器

“数据中心效率计算器”可用以定义数据中心的基本配置，基于数据中心的重要特性计算其效率和电力成本。互动式计算工具，允许用户输入供电和制冷基础设施的详细信息，而所得出的结果则是基于效率模型对所输入基本信息进行验证。

### IT碳排放与能源分配计算器

这一计算器可用于为数据中心用户分配碳排放和能源成本。其目标是让用户了解他们的能源成本问题，并鼓励他们采取节能措施，比如虚拟化和旧服务器报废。关于数据中心用户节能方法的更多详情，请参见第 161 号白皮书《为IT用户配置数据中心能源成本和碳排放》。

 资源链接  
第 161 号白皮书

为IT用户配置数据中心能源成本和碳排放

## 数据中心碳排放量计算器

数据中心碳排放计算器可通过将能源使用率转换成碳排放量的方式计算数据中心的“绿色环保”特性。这一工具将根据数据中心所在位置、效率和IT负载的变化显示它们对二氧化碳排放和耗电的影响。

碳排放量计算器内输入的数据简明直观：

- 原先和后来两种情景的物理基础设施详情
- 原先和后来的IT负载
- 数据中心的地理位置

根据DCiE/PUE和IT负载计算出的总耗电量（单位为千瓦时），乘以数据中心所在地理位置的电能碳排放率，然后转换成等量的汽车排放量。除了用以测量和计算DCiE/PUE的数据之外，不需要到现场收集任何特定数据。

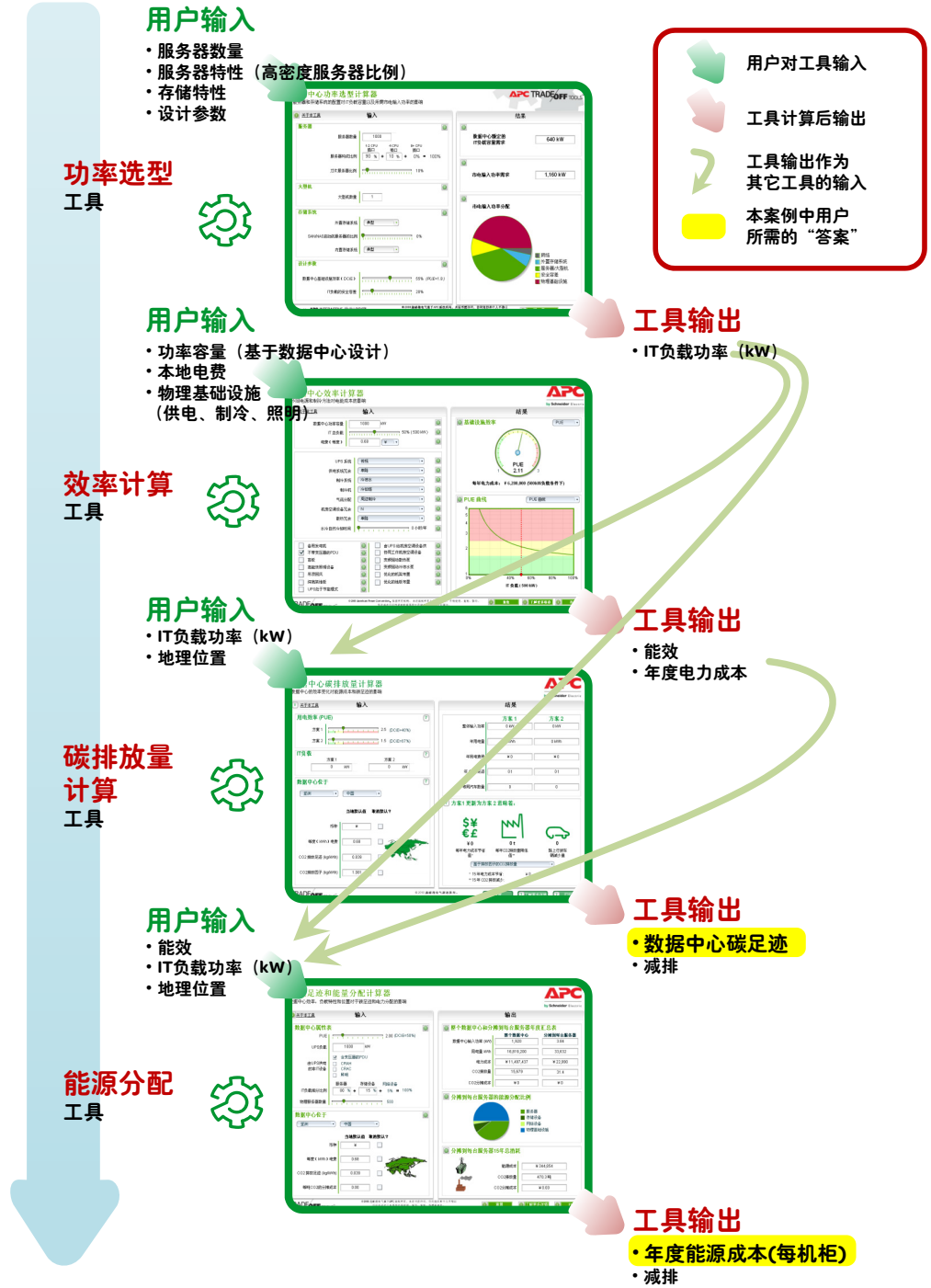
在计算碳排放量时，不同国家和州省的数据摘自EIA报告（美国能源信息署）<sup>13</sup>。关于等量的汽车排放量，根据EPA公布的数据，假设其二氧化碳排放为4.5吨/年。

这四个计算器工具可以相互协作 — 即一个工具的输出结果可以作为另一个工具的输入数据。虽然这四个工具可以相互结合使用，但是根据您所掌握数据的多少，您可能只需要用到其中的部分计算器工具。比如，如果您已经知道IT负载，那就不需要用到功率计算器。如果您已经知道PUE值，那就不需要用到效率计算器（除非需要对原始PUE值进行验证）。

比如：您想估算数据中心一年能耗所产生的碳足迹并为特定用户组计算出预计成本。您可以借助施耐德电气的TradeOff Tools™ 权衡工具，按照图6的步骤完成估算。

<sup>13</sup> 碳排放计算器里的碳排放数据来自美国能源部的文件《温室气体自愿报告》（附录F：电气碳排放因素，2007年）。[http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/pdf/Appendix%20F\\_r071023.pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/pdf/Appendix%20F_r071023.pdf) 2009年12月

点击图标  链接至最新在线工具

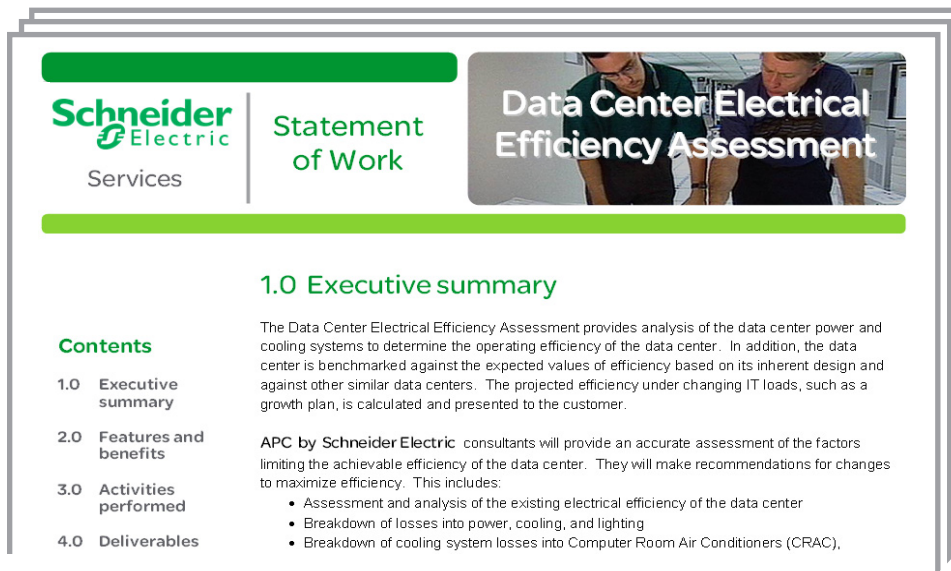


**图 6**  
使用在线权衡工具计算服务器一年能耗所产生碳排放的步骤示例

结合这些工具提供的数据和计算结果可以估算出数据中心的效率和碳排放。在每个计算器工具内输入数据时都需要对数据中心的具体环境状况有所了解（比如，服务器数量、制冷系统类型、配电）。有时，IT工作人员和厂务工作人员需要协同合作以便收集合适的输入数据。第三方，比如施耐德电气，也可以提供数据中心效率评估方面的信息，为这些工具提供有价值的输入数据（请参见图7）。

图7

电气效率评估可以提供数据中心的实际能源测量值，为能源分析工具提供精确的输入数据



## 结论

数据中心业主，出于政策、社会或经济等原因，都要求降低他们的数据中心能耗。许多现在已有的数据中心并没有对能耗采取严厉的控制措施。传统的电源和制冷系统效率低、搁浅容量率高并且服务器利用率低。因此，数据中心的碳足迹严重高于实际值。

要解决这些问题，能源供应商应当承担部分责任。这需要重新设计国家和国际电网，从而整改或淘汰低效的矿物燃料发电厂。但是能源用户对电气效率的提高也扮演着重要角色。数据中心可以首先从供电和制冷基础设施的“优化选型”开始入手，让实际IT工作负载更接近满负载容量。

供应商和用户之间的中间商，比如像施耐德电气这样的公司，也可以通过为数据中心、楼宇和住宅提供高效解决方案和能效管理工具来帮助解决这些问题。


节能增效是全球应当力行的长效措施，需要各方的通力合作。估算工具，比如施耐德电气 TradeOff Tools™ 权衡工具中的功率计算器、效率计算器、碳排放和碳配置计算器是我们为应对能源挑战所迈出的一小步。

### 关于作者


**Dennis Bouley** 是施耐德电气数据中心科研中心的高级战略研究员。他获得了罗德岛大学（University of Rhode Island）新闻专业和法语专业双学士学位，并获得了法国巴黎索邦大学（Sorbonne）的年度证书。他曾在全球关注数据中心 IT 和基础设施环境的期刊上发表了多篇文章并为绿色网格组织撰写了多份白皮书。




点击图标打开相应  
参考资源链接

 **如何为IT用户分配数据中心  
能源成本和碳排放**  
第 161 号白皮书

 **数据中心的电力效率建模**  
第 113 号白皮书

 **适用于高效率、高密度数据中心的  
改进型架构**  
第 126 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

 **数据中心的电力效率测量**  
第 154 号白皮书

 **浏览所有 白皮书**  
[whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com)

 **数据中心功率选型计算器**  
权衡工具 1

 **IT 碳足迹和能源分配计算器**  
权衡工具 2

 **数据中心效率计算器**  
权衡工具 6

 **数据中心碳排放量计算器**  
权衡工具 7

 **浏览所有 TradeOff Tools™ 权衡工具**  
[tools.apc.com](http://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](mailto: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