

Eco模式：UPS节能运行模式的收益和风险

第 157 号白皮书

版本 0

作者 Neil Rasmussen

> 摘要

许多新上市的 UPS 系统都配置了节能运行模式，它被称为“节电模式”或冠以其它名称。但是，调查显示，鉴于已知或可能产生的副作用，事实上没有数据中心会实际用到这个模式。遗憾的是，在这些运行模式的营销宣传资料中往往并没有交代清楚它们的成本/优点之间的权衡关系。

在本白皮书中，我们可以了解到节电模式一般可帮助数据中心节能 2%-4%。同时，本白皮书也将解释节电模式的各种局限性和问题。此外，还将阐明使用这种运行模式适用情况。

目录

[点击内容即可跳转至具体章节](#)

简介	2
Eco 节能运行说明	2
提升效率的收益	4
失去保护的风险	7
对可靠性的影响	8
对运行的影响	9
结论	10
资源	11

简介

与数据中心能源使用相关的财务和环境成本不断提高，促使人们越来越关注提高数据中心能源和制冷系统的效率。

提高效率，优化 PUE，可在数据中心的多个层面实现：

- 整体系统架构
- 按需规划的可扩展系统设计
- 分别提高各个装置的效率
- 运行决策

Eco 模式是一种风险与收益共存的决策

> Eco 节能模式存在多个名称和叫法

技术名称

- 旁路

供应商命名

- ESS - 节能系统
- SEM - 超级节电模式
- VFD - 基于电压和频率的模式
- 最大化节能模式

本白皮书着重阐述通过让双转换式 UPS 在 Eco 模式（习惯上也称作“静态旁路”）下运行以提高其运行效率的特殊技术。Eco 模式是让 UPS 在减少电源保护的情况下运行的一种方式，目的是提高用电效率和节能。它被供应商冠以多种不同的名称在市场上销售（参见左侧边框）。

本白皮书将阐述以下内容：

- 什么是 Eco 模式及其运作方式？
- 可能或期望得到什么收益？
- Eco 模式下牺牲保护和降低可靠性
- Eco 模式运行的注意事项

Eco 模式可以节能，尽管节能量非常小。此外，这种节能是以牺牲一定程度的电源保护和可靠性为代价。少数数据中心业主认为为了节能值得承担这些风险和问题，而绝大多数的数据中心运营商仍以保证可用性为首要目标。

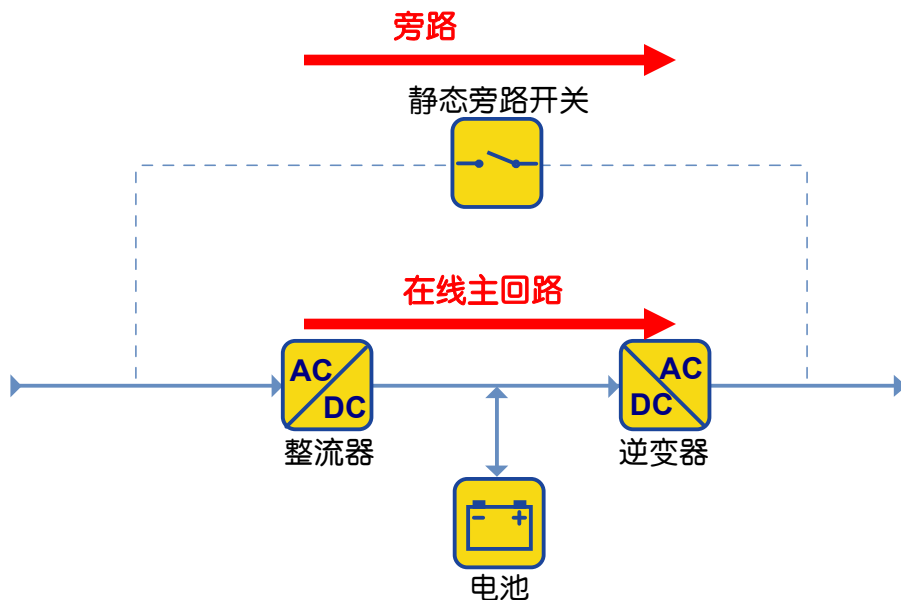
Eco 节能模式说明

许多关于 UPS 的 Eco 模式的营销资料里对它的阐述都非常模糊，将其描述为一种只存在极小或根本不存在不利风险的革新性新技术。这是一种误导，因为 Eco 模式这种运行模式已经存在数十年，实际上，它是离线式 UPS 所采用的基本运行模式，也称作“后备式”或“在线互动式”。¹

所有大型双转换在线式 UPS 都配备了“静态旁路”，它具备多种功能，其中包括作为 UPS 逆变器的冗余资源。请参见图 1。

¹ 参见第 1 号白皮书《不同类型的 UPS 系统》

图 1
UPS 电气单线示意图



两条通路都可以承担供电负载，一个是在线（双转换）主回路，一个是旁路。注意当旁路激活时，负载被暴露于未经调节的市电接入²。下表显示的是在在线模式和 Eco 模式下两种电源路径的具体工作情况：

表 1
UPS 运行在 Eco 模式
与在线模式的差异

	在线模式	Eco 节能模式	备注
正常运行情况下	整流器/ 逆变器	旁路	Eco 模式将负载直接暴露 在市电接入
电力干扰情况下	逆变器	逆变器	在线模式要求在发生电力 干扰时不进行切换
功率模块故障情况下	旁路	旁路	极少发生

值得注意的是，当处于在线模式下，UPS 只有在出现故障时才使用旁路。在 UPS 的使用周期里，故障属于小概率事件。因此，当在线模式运行时，关键负载并不受制于电力干扰，即使主市电输入出现问题也不例外。而在 Eco 模式下，任何市电输入异常都会导致 UPS 在旁路和逆变器之间转换供电通路。

在线模式下，UPS 会不间断地提供稳定的输出电压。而在 Eco 模式下，负载一般由旁路提供电源，并允许市电输入直接为负载供电，同时只有当市电输入消失时才会启用 UPS 逆变器。在 Eco 模式下，UPS 逆变器处于“后备”状态。原则上讲，这只是对 UPS 控制软件的一个简单改动。但是，实际情况更为复杂，本文后面的章节将作具体的介绍。

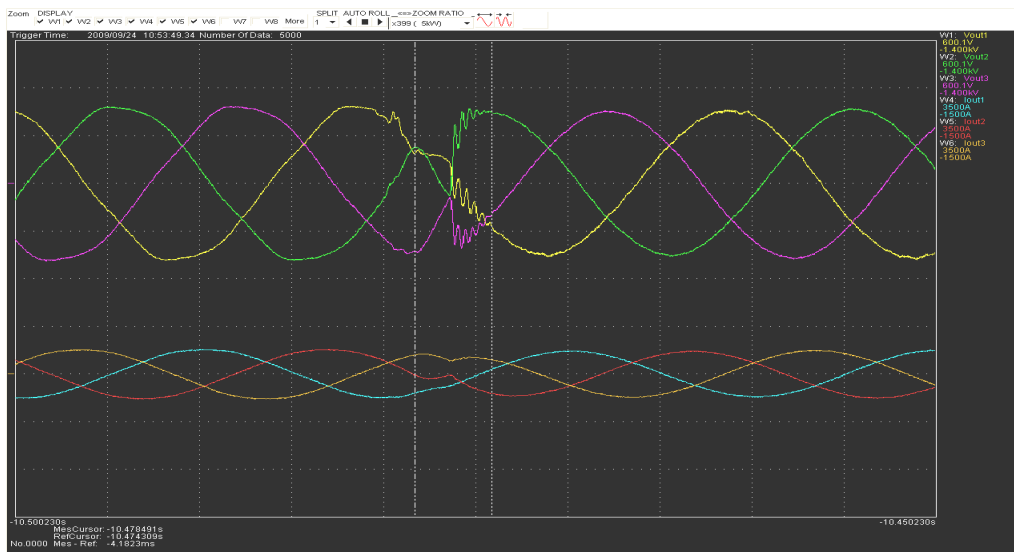
² 在本文中，“市电”指的是与主回路拥有相同电压，波形，频率，接地系统和电阻抗的电源。请注意，市电输入本身可能会配置一些并联保护，比如浪涌抑制。有时，旁路会配置变压器，它可以改变接地系统和电阻抗，但是不能改变波形或频率。UPS 也可能在电压相位之间或相位和接地之间配置输出电容器；这种电容器可过滤部分高频噪音，但是不能矫正频率，电压或波形；实际上，它们还会增加共振，加重电压畸变，参见图 2。

Eco 模式的优点是旁路的效率一般在 98.0%-99%之间，而基本型 UPS 的效率在 94%-97%之间。也就是说，当使用 Eco 模式时，UPS 的效率将提高 2%至 5%。

采用 Eco 模式的代价是 IT 负载接入市电供电，而没有经过 UPS 调节。UPS 必须不断监控市电输入，并在发现问题且当该问题尚未影响到关键负载时，迅速切换到 UPS 的逆变器。这听起来很简单，但实际操作起来非常复杂并且需要承担很多风险以及一些潜在的负面影响，我们会在后文中详细探讨。图 2 展示的是一台 UPS 在 Eco 模式下应对电源故障的输出电压波形。

图 2

Eco 模式下运行的 275 kVA UPS 在发生电源故障时的输出电压波形（上方波形为输出电压，下方波形为输出电流）



需要注意的是供应商宣称对电源故障的探测和转换响应时间为 1.2 毫秒，但是在本示例中显然其表现并没有达到这一性能指标。

不同的供应商采用的 Eco 模式各不相同。系统运作备用逆变器的方式可以有很多种。模式的激活也可以有很多种，可在各种不同的设定情况下返回到 UPS 正常模式。一些供应商声称拥有特殊专利技术可以控制他们的转换开关。但是他们都采用相同的基本概念，那就是将 IT 负载暴露在未经调节的市电，发生电力问题时通过切换动作来获得少许的效率提升。

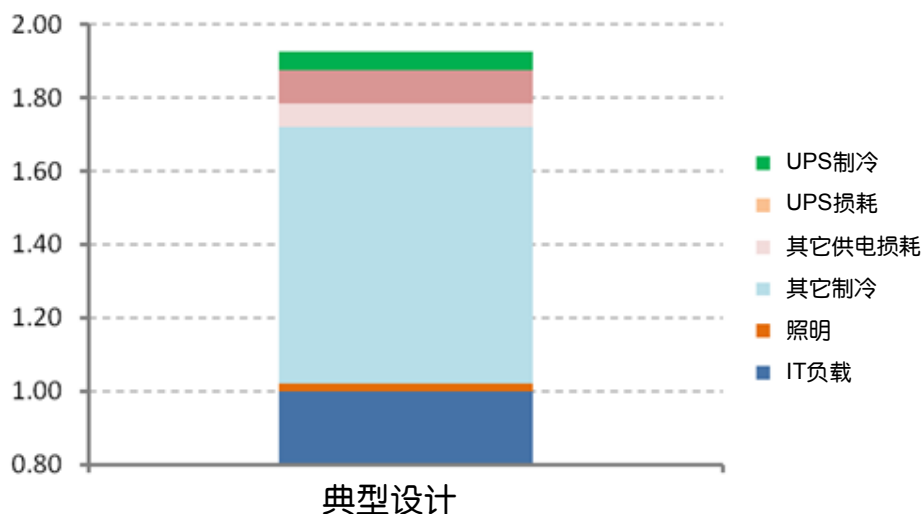
特别需要注意的是，大多数 UPS 系统提供的 Eco 模式并没有被实际使用。这种模式由用户选择激活。事实上，当施耐德电气旗下 APC 在上世纪 90 年代首次在大中型 UPS 系统上提供 Eco 模式时，我们就发现实际上并没有客户使用了这项功能。但是，近期数据中心的节能风潮又将 UPS 系统的 Eco 模式带回了人们的视线。

改进效率的收益

UPS 系统是导致数据中心总体效率低下（电能“损失”）的众多因素之一，特别是对数据中心的 PUE 的影响最为显著，请参见图 3。

图 3

典型数据中心内的 PUE，
本图显示的是 UPS 能耗和
其它系统对总体 PUE 的影
响



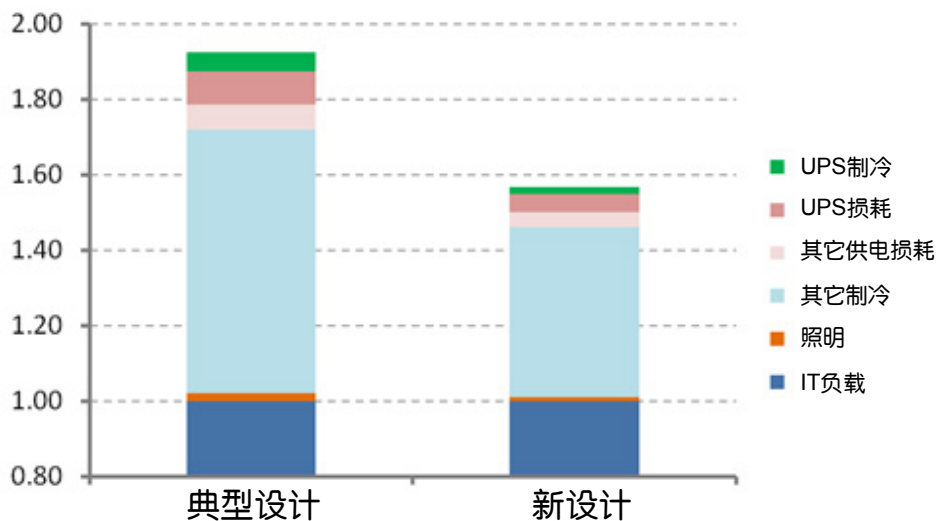
注：图中纵轴的起始值为 0.8——而不是常见的数字 0。IT 负载对 PUE 值的影响占比是 1.0。

UPS 对 PUE 的影响分为两部分：UPS 本身的损耗在 9% 左右，用于冷却 UPS 发热的能耗约为 5%。UPS 电能损耗换算成 PUE 的值等于 UPS 损耗占 IT 负载百分比。UPS 制冷的负载换算成 PUE 的值等于 UPS 损耗除以制冷机组的性能系数³（COP）。为了展示这些 UPS 导致的损耗对 PUE 值的影响，我们将这两部分放在图 3 的柱状图的顶部两层。

上述该值代表 PUE 值为 1.92 的典型数据中心。但是，由早期安装的设备组成的基础设施，现在看来已经陈旧，并不能代表数据中心当前所使用的新一代设备。如果在高密度数据中心设计中使用最新的设备，我们可以获得更好的 PUE 值，请见图 4。

图 4

标准数据中心内 PUE，
本图显示的是当前新设计相
比典型设计所能实现的
PUE 提升

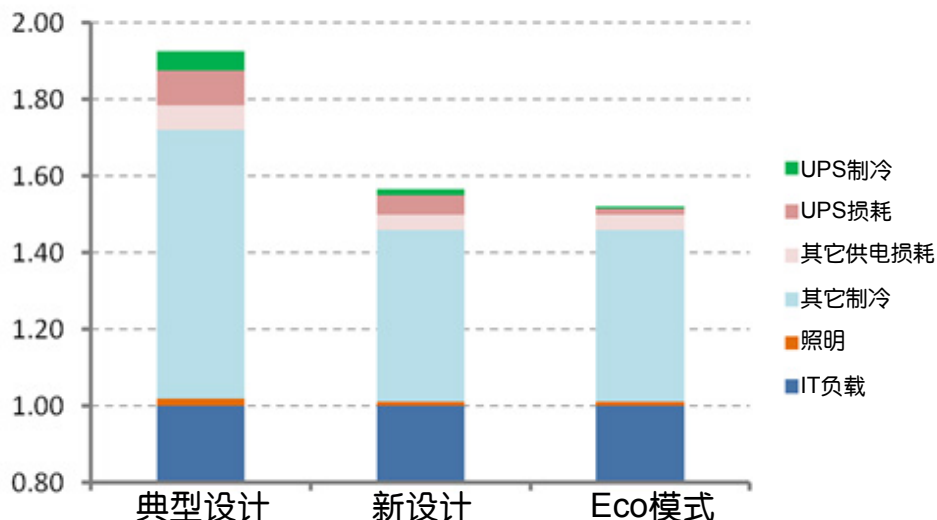


³ 性能系数 COP 指的是随制冷机组所需电源的功率增加而递增的制冷量（单位：瓦特）。其取值范围通常在 2-6 之间，一般来说它比制冷机组的总 COP 更好（高），因为总 COP 会受固定负载的影响而有所降低，比如风机和泵。

这里需要注意的是新型数据中心的 PUE 值为 1.57，这比上一代典型数据中心的 1.92 的 PUE 值要好很多。事实上，给定 IT 负载的能源消耗与 PUE 呈正比关系，因此我们可以说新一代数据中心与上一代典型数据中心相比在同样 IT 负载下可以降低 18% 的能源使用。现在我们可以再在图中再加入第三项数据以显示 Eco 模式对 PUE 值提高的作用，请参见图 5。

图 5

标准数据中心内 PUE，本图显示的是当前新设计相比过时设备基础安装所能实现的 PUE 提升



当启用 Eco 模式时，UPS 损耗从 5% 降至 2%（效率也相应从 95% 升至 98%），但是 PUE 仅从 1.57 降至 1.52。这表明总能耗节省了 3.3%。在这一分析案例中，我们假设数据中心使用新型高效 UPS 系统并在 50% 负载下运行。结果通常是：

UPS 运行在 Eco 模式可以节能约 3.3%。如果是 1 兆瓦的数据中心且在 50% 负载运行，每年将可节省 10000 美元。

实际的节能数量取决于所选择的具体设备和架构，以及数据中心的负载量和当地的用电成本，但以上分析结果是适用于一般情形的合理节能估算。

有趣的是，我们可以看到，总体来讲，数据中心的总节能量将比 UPS 节能略高。许多关于 Eco 模式的分析认为总节能量将比 UPS 效率提升⁴很多，但是这些分析就 UPS 损耗对 PUE 的影响以及 UPS 损耗对空调能耗的影响设置了许多错误的假设条件。

虽然 3% 的效率提升并不大，但仍然具有价值。然而，Eco 模式在运行时还会产生许多其它后果，因此在决定是否使用这种模式以及获取它所提供的效率提升收益时必须充分考虑到这些后果。这些注意事项包括：

- 牺牲电源保护
- 影响可靠性
- 运行问题

这些因素往往会令数据中心业主最终决定放弃使用 Eco 模式，我们将在后文中详细探讨。

⁴ 在此举一个错误分析的例子，在 UPSonNet.com 上刊载的《利用节电模式提高 UPS 效率》一文中写道：“节电模式所能提供的益处非常诱人。从 UPS 效率来看，平均可节能 3.5%。如果将制冷需求考虑其中，可以节约接近 9% 的输出功率。”而事实上，在 UPS 效率上获得的 3.5% 节电只能转化为 4.2% 的总节能量。

失去保护的 风险

一直以来，UPS 系统的一个重要功能是“净化”电力且不改变原始市电输入的电压、频率和瞬态。其核心理念是，如果这些数据发生改变将会干扰到敏感的 IT 系统的运行。

但是，IT 设备的特性已经取得重大改进。例如，事实上目前市场上销售的所有设备都不会受电源频率变化的影响并且在设计上能够适应电源电压在一定工作范围内的波动。实际上，今天的 IT 设备在保证可靠运行方面的电源调节需求相比几十年前已少得多了。

好比拿现代化的个人电脑来说，如果市电输入电压能够保证不会下降 20% 以上且下降时间在 8 毫秒以内，同时有害的浪涌电压能够得到有效过滤，那么就可以保持可靠运行。原则上，台式的后备式 UPS 就能实现这一结果，因为基本上它本身就是一个永久运行 Eco 模式下的 UPS。以此类推整个数据中心本应该也可以在备用或 Eco 模式下运行。但是，数据中心的负载并不像是一台大型个人电脑。数据中心的 UPS 负载是一个复杂的电气系统，包括各种 IT 设备和变压器，可能还包括其它复杂设备，比如静态开关、PDU、风机和水泵。虽然我们可以让一台个人电脑很好地应对电力波动，但要保证整个数据中心的性能表现则要困难得多。

Eco 模式需要时间来响应电源问题

Eco 模式不能预知未来。它只能响应已经发生的问题并切换到逆变器。这意味着只有在以下四个条件都按顺序满足之后，UPS 才能为负载提供保护。否则电力问题将穿过 UPS，对负载产生负面影响：

1. 电力问题被探测到
2. UPS 确定响应以及如何响应
3. 逆变器被激活使用
4. 转换开关执行切换动作

在实际操作中，这些工作需要耗时 1 至 16 毫秒，在这期间数据中心负载将遭受电力问题的影响。请思考以下情形：

- 1-16 毫秒的断电可能不会影响到标准 2U 服务器，但变压器遭遇 8 毫秒的断电就可能导导致变压器在恢复时铁芯磁通量饱和，从而导致断路器跳闸。
- 对于配置了静态开关的 PDU，即使一条输入端仅出现几毫秒的断电，都会导致开关的状态切换。这可能导致整个电源系统切换到不利状态，包括过载或负载掉电。
- 16 毫秒以内的断电可能导致水泵和风扇的保护装置被激活，使得系统出现无法预期和不利的状态切换。
- 服务器以外的 IT 装置，比如开关和其它配套设备，可能不能像服务器一样能够应对 1-16 毫秒内的电压骤降和暂降。
- Eco 模式下 UPS 系统所使用的静态开关只有当市电输入电压低于逆变器电压或市电输入电压零交叉时才能切换。因此，它们不能保护负载免受主输入过电压的影响，即使它们已立即探测到这些过电压状况。

谐波和 Eco 模式

谐波在这里也是一个问题。在传统 UPS 中，负载与市电输入电压所含的谐波隔离，反过来看，主电源与负载电流所含的谐波也是隔离的。运行在 Eco 模式时，这两种隔离功能都失效。虽然今天的 IT 负载在额定负载下谐波电流流量较低，但是当 IT 负载在节能模式下运行时，仍然含有相当数量的谐波电流，如果不进行充分考虑和处理，这些谐波电流可能会影响到整个电源系统。此外，数据中心一直以来还因为安装大型电动机驱动装置而被诟病，比如冷水机、风机和水泵的驱动装置，因为它们会在市电输入回路上形成电压谐波，而这些电压谐波不应影响到 IT 负载。通常对

当前大部分数据中心来说谐波问题并不严重，但是如果使用 Eco 模式，则应对其进行仔细分析或采取恰当规避措施。

使用 Eco 模式需要倍加小心和特定分析

本章节提及的所有问题都是可以通过技术手段解决的问题。但是，很难保证它们在具体安装中不会成为负面因素，因此数据中心的设计在所有方面都应该得到非常好的分析和考量。使用 Eco 模式而导致电源保护减少或许可以被接受，但是这个问题绝对不能被忽略。大多数数据中心都需要部署一系列复杂的设备，而它们之间的互联可能并不完美，同时，要让系统保证在牺牲部分电源保护的 Eco 模式下可靠运行几乎是不可能的。因此，如果要采用 Eco 模式，那么则需要打造高度标准化和预设计的数据中心设计方案，所有方面都必须经过严格的分析和测试。

对可靠性的影响

在前面的章节中，我们探讨了 Eco 模式会导致电源保护降低。本章节我们将探讨 Eco 模式对系统可靠性的影响。

温度急增和热循环

在 Eco 模式下运行的系统需要启动逆变器并进行供电回路切换以响应探测到的电源事件。供电回路切换发生的频率取决于多种因素，包括 UPS 设置的敏感度，主电源质量和其它设备在设施内构成的电源干扰。无论供电回路切换每月或每小时发生一次，UPS 逆变器上的电源变化会造成瞬间发热的情况并会对系统造成冲击。业界普遍认为热瞬变是造成电子电力系统故障的一个主要原因。

如果热瞬变刚好发生在最需要 UPS 且没有其它替代方案时，情形将会更加恶化。因此，我们将把对这种故障风险的关注放在最需要 UPS 的时间段。

在不使用 Eco 模式的正常 UPS 运行状态下，市电输入发生故障将不会造成热瞬变。如果 UPS 逆变器遭受突发故障，几乎可以肯定这时主电源仍然存在，因此 UPS 将转入旁路且负载不会因此掉电。

电池的使用寿命

关于 Eco 模式和电池使用寿命有两个需要关注的因素，一个是电池损耗，一个是电池运行温度。

转移到逆变器下运行通常会使电池瞬间启动，即使市电输入仍然存在，整流器也能够工作。这意味着，相比双转换模式下运行的 UPS，在 Eco 模式下运行的 UPS 会更加频繁的切换到电池模式。如果此类事件的发生频率仅为数月一次，可能不会产生什么后果，但是如果发生频率为每天数次，那么就会造成不必要的电池损耗。启用 Eco 模式，当地的电源质量以及 Eco 模式的设置都会影响到电池的额外损耗。提前预测电池损耗可能很困难，因此它需要在具体现场的实际操作中作出判断。

原则上，Eco 模式更为高效，因此 UPS 产生的热量较少。这可能意味着电池在运行时温度较低，因此可以维持更长时间。但是，实际情况是，这种结果只能是假设，电池温度在很大程度上会受到 UPS 设计的影响。比如，如果电池由 UPS 风机制冷，而这些风机在 Eco 模式下会被关闭，那么电池实际上在 Eco 模式下将以更高的温度运行。但如果电池被放置在 UPS 电力电子设备以外的单独柜体内，那么 Eco 模式可能不会对它产生影响。因此，Eco 模式对电池使用寿命的影响没有固定的假设条件，而只能具体问题具体分析。

故障清除

正常设置下的 UPS 可以探测到输出故障并切换到旁路以获取额外的故障清除电流以便快速打开下游的保护装置。这是一种能防止 IT 负载在故障期间宕机的有用功能。但是，当 UPS 处于 Eco

对运行的影响

模式下运行时，将很难区分输出故障和输入功率损失。在输出故障时，处于 Eco 模式下的 UPS 可以探测到输入电压的骤降并切换到逆变器，而这样会延长故障清除的时间并且可能使关键 IT 负载暴露在瞬间断电的风险下。一些供应商声称他们的 Eco 模式 UPS 中启用了成熟精准的控制技术和探测计算方法，可以减少这类问题。然而在利用 Eco 模式获取效率提升时还需权衡随之而来的许多其它成本和风险，故障清除也是其中应该加以考虑的因素之一。

认识和规划 Eco 模式对数据中心运行的影响非常重要。我们将在下面两个章节中具体谈论。

测试

Eco 模式的性能表现根据具体现场的条件而有所不同。它受市电输入质量的影响，同时设施内其它负载对市电输入回路的作用也会对它造成影响。因此，一个重要的步骤是进行测试以确定 Eco 模式是否与设施兼容，并确定 Eco 模式的具体设置。这个过程将包括试运行测试和运行期间的实时测试，以确定系统是否按照预期运行。

验证 Eco 模式在实际数据中心中的运行可靠性非常困难。导致电力瞬变现象的事件种类繁多，很难在测试中进行模拟。

Eco 模式的设置

所有 Eco 模式下的 UPS 系统都可以通过不同设置来适应现场的具体需求或用户的偏好。特别是可以调节 Eco 模式的敏感度或延时性。如果 Eco 模式的敏感度太高，它可能对轻微电力干扰反应过度，导致逆变器频繁反复被激活。而如果敏感度过低，Eco 模式的响应时间可能过长而不能及时对严重电力问题作出及时反应。UPS 通常还具备一项功能，那就是当发现电力问题时及时退出 Eco 模式，然后在电源稳定一段时间后重新启动 Eco 模式。这些设置没有统一标准，不同的供应商可能对它们冠以不同的名称且工作方式也不尽相同。

一些供应商在 Eco 模式启动时提供时间设置功能。比如，Eco 模式可被设置在 IT 可靠性的关键程度相对较低的夜间和周末运行。

Eco 模式的设置可能需要时时调整，当前设置和历史设置都进行记录。

程序

数据中心应考虑是否就 Eco 模式的使用制定程序。例如，制定相应程序在发现存在频繁电源切换时（比如，受到附近施工活动的影响）及时退出 Eco 模式。另一个可能性是制定程序在发生暴风雨前退出 Eco 模式以提升系统的抗灾能力⁵。

电源诊断

高可用性数据中心在遭受负载骤降或故障时常常需要分析根本原因。具备记录和诊断能力的功率表可以帮助实现这一目的，比如 PowerLogic™ ION 系列功率表和软件就可以记录故障期间的电源详情以便后期分析。一些客户依靠 UPS 系统的隔离功能来减少数据中心内部电源诊断的需求，或者因为成本或其它原因放弃这一功能。但是，当 Eco 模式启用时，数据中心将暴露在未经调节的电源中并且这时 UPS 的电源切换频率也大幅升高，如果要识别电源问题的根本原因，电源诊断将非常必要。

⁵—一些供应商甚至开始探讨根据 UPS 接收到的天气预警使用自动化软件实施这一功能。

结论

Eco 模式是数据中心和其它 UPS 应用实施节能的潜在途径之一。如果选用 Eco 模式，数据中心业主预期可以获得 2-4% 的总节能量。如果数据中心在非常低的电力负载下运行，节能的比例可能更高。随着新型 UPS 系统在效率上的不断改进，Eco 模式所能节省的能源将越来越少。

Eco 模式同时也存在风险。Eco 模式为数据中心引入了多种新的运行模式并且会牺牲电源保护。当前的 IT 设备相比以前版本的 IT 设备在应对电力干扰的能力方面取得了很大的改进，这样看来新设备应当能够在 Eco 模式下可靠运行。但是，复杂的数据中心系统由一系列的 IT 设备、变压器、转换开关和其它可能的非 IT 负载组成，在突发的、不常见的电源事件面前很难预测它们的反应，并且它们与 Eco 模式的兼容性也不确定。这些因素过去在很大程度上限制了 Eco 模式在数据中心里的实际应用，并且这种限制很可能还将延续。

Eco 模式的运行就像接力赛中的交接棒。它的正确执行非常关键，每次交接棒都有细微的不同，偶尔还可能出现问题。因此，Eco 模式应当用在交棒次数尽量少的环境里，比如电力质量非常好的地区。

数据中心的设计越来越标准化，IT 设备也在不断改进，Eco 模式在实际应用中的经验也在不断积累，Eco 模式的可预测性和可信赖性也在提高，它的应用可能会越来越广泛，特别是在对可用性要求较低的数据中心里。

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。



资源

点击图标打开相应
参考资源链接



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