

预制模块化数据中心的分类

第 165 号白皮书

版本 2

作者 Wendy Torell

摘要

出厂前完成预组装的数据中心系统或子系统通常会被描述成预制化、集装箱式、模块化、滑动底座式、IT 模块化、移动式、便携式、独立式、一体型等等。然而，市面上各种类型的预组装模块之间有着重大的区别。本白皮书将提出各种类型预制模块化数据中心的标准术语，同时定义并比较其关键属性，以及给出基于客户业务需求选择最佳方案的框架。

简介

预先设计的数据中心和预制化数据中心区别

预先设计和预制化这两个概念有时候会交替互用，但其实二者有着重要的区别。

预先设计的数据中心是为满足某些预先确定的性能规格而设计的，至少应包含一份材料清单文件、系统层次规格文件以及系统集成图纸。

预制化数据中心前提是数据中心要预先设计，同时系统（包含硬件和软件在内）在出厂前预先完成组装、集成和测试，从而缩短施工现场部署时间，提高性能的可见性。

数据中心参考设计就是预先设计的数据中心案例，但并非是预制化数据中心。电源或制冷设施模块则是预制化数据中心的案例。

目前有许多术语用来描述出厂前完成预组装的数据中心系统或子系统，这些术语具有不同的定义和适用范围，譬如说：

- 集装箱式
- 独立式
- 模块化
- 预制化
- 便携式
- 移动式
- IT 模块化
- 滑动底座式

这些术语的定义并不清晰且语义重复，容易造成混淆，导致讨论无法正常进行。

本白皮书对预制模块化数据中心的定义是：

1. 至少由一组预先设计的、在工厂完成组装和测试的子系统，而该系统按照传统惯例通常是在施工现场完成安装的
2. 安装在滑动底座上或者封闭空间内

尽管这些类型的数据中心解决方案优势明显（比如在第 163 号白皮书 [《预制化数据中心电源和制冷模块》](#) 中详细阐述的种种优势），但由于缺少共识和通用的分类准则，导致人们容易混淆这些方案之间的属性和应用差异。

本文将从三个属性方面，给出不同类型的预制模块化数据中心分类框架，消除概念混淆。本文提出的定义和分类准则，有助于给出根据不同的业务需求选择合适方案的指导建议。图 1 列举了定义大多数预制模块化数据中心的三个属性。



图 1 不同类型的预制模块化数据中心框架

将模块化数据中心按功能模块区分的一个重要原因在于，考虑现有设施的搁浅容量，数据中心可能只需要某个特定的资源（如仅需电源模块或制冷模块）。另一个原因是每个功能模块要求掌握相应技能的人员进行操作和维护（例如基础设施工作人员与 IT 工作人员的不同，机械操作人员与电气操作人员的不同）。另外的制约条件是各个模块的占地空间。区分预制化解决方案的第二

个关键属性就是**外观特征**。外观特征可能需要根据不同应用做出不同的选择（例如，某个数据中心为了满足业务需求可能要求始终能在滑轮上移动），也可能因为数据中心容量而受到限制（例如，ISO 标准集装箱中的电源系统容量通常限制在 500kW 左右，但是滑动底座安装式设计能支持更大的电源容量）。

预制化功能模块以不同的**配置方式部署**。有些预制化数据中心由预制化模块与传统的“现场施工”组成（比如说模块化供配电系统、模块化制冷系统与传统的 IT 设施组合）。另外一些数据中心则是全预制化，即所有 3 个功能模块—电源、制冷以及 IT 均预制化。全预制化数据中心还有一种特殊的配置方式就是所谓的“微型数据中心”，即在该架构中，电源系统、制冷系统以及 IT 部署在同一个封闭空间内。

接下来，我们将对功能模块、外观特征以及配置方式这三个属性进行详细定义和阐述。

功能模块

数据中心的功能可细分为以下三大部分：设施电力、设施制冷以及 IT 机房。预制化数据中心模块有时可提供多个功能（即微型数据中心），但通常情况下它们各自仅提供其中一项功能，原因如下：

- 考虑现有设施的搁浅容量，可能数据中心只需要某个特定的资源（如仅需要电源模块、制冷模块或 IT 模块）
- 相对于微型数据中心模块来说，需要提供更大的 IT 容量，同时需要独立的 IT 机房（物理空间约束了模块化方案的应用）
- 要求运行和维护人员分离（包括 IT 人员、机械操作人员、电气操作人员），来降低人为失误风险
- 需要优化空间利用率，特定功能模块能利用更大容量的组件，共享间隔空间，从而提供更大的单位面积功率容量（kW/平方英尺或 kW/平方米）

电源模块

预制化电源模块（如图 2）旨在为数据中心提供大容量电力。它可以给同栋楼内的模块化 IT 设施或者传统 IT 设施供电。电源设施模块下的标准子系统通常包括开关柜/配电盘、ATS（自动转换开关）、带备用电池的 UPS（不间断电源系统）、变压器以及配电盘柜。此外，对于封闭空间而言，应具备照明、安全和制冷等配套系统。通常情况下，备用发电机作为一个单独的模块，可以与电源模块整合到一起。

图 2

“电源”功能模块示例



制冷模块

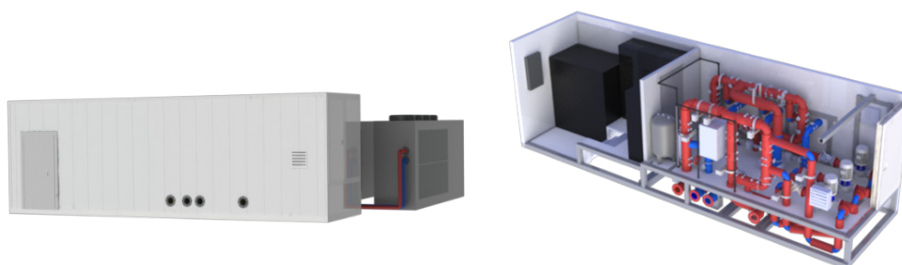
如今的数据中心会考量成本、效率和可靠性等因素，因此，出现了一系列制冷架构用于支持 IT 设施的正常运行。数据中心的地理位置（气候条件）也是选择最优制冷方案的一个重要驱动因素。施耐德电气的 TradeOff 权衡工具，[自然冷却节能模式 PUE 计算器](#)，可帮助权衡各种制冷架构的能效和能耗，同时，在第 59 号白皮书[《不同数据中心的制冷技术》](#)中也进一步详述了各种制冷方案。表 1 简要列举了预制化制冷模块中的典型子系统。

表 1
预制化制冷模块中的典型子系统

冷水机组模块	直膨机组模块	间接新风模块	直接新风模块
<ul style="list-style-type: none"> 风冷式冷水机 泵/驱动器 蓄冷罐 干冷器/带蒸发辅助功能的冷却器 	<ul style="list-style-type: none"> 风冷式冷凝器或干冷器 水泵组件 	<ul style="list-style-type: none"> 空-空热交换器 蒸发式冷却器 直膨式后备装置 风机 风管 	<ul style="list-style-type: none"> 空气过滤网 蒸发式冷却器 直膨式后备装置 风机 风管

图 3 所示为由泵、变频器、控制单元和管路组成的水力模块，用于风冷式冷水机模块化设计方案。

图 3
“制冷”功能模块举例



IT 机房

预制化 IT 机房是安放 IT 设备的地方，它包含为这些系统供电与送冷风的配套基础设施，并且还须为该 IT 设施进行操作的 IT 人员提供合适的作业环境。通常这样一个模块包含以下子系统：

- 用于支撑 IT 设备的 IT 机架
- 配电单元 (PDU)
- 机架式 PDU
- 空气分配系统 (取决于不同系统架构可能采用的诸如 IT 机房空气处理装置 (CRAH)、IT 机房空调器 (CRAC)、风管等)
- 加湿/除湿系统
- 布线/线缆管理
- 消防 (检测/防护)
- 照明
- 安全系统

除系统采用预先集成设计外，将 IT 设备置于模块内还有一个额外优势就是形成了一种气流遏制系统，将冷热气流分开，这对于实现有效且高效的气流分配至关重要。图 4 所示为一个由 10 个 IT 机架及其配套系统组成的 IT 设施模块，但还有其它可提供更高机架容量的具有不同外观特征的解决方案。

图 4
“IT 机房”功能模块示例



下面介绍一个关于 IT 设施模块成本效率问题的经验法则：

单个机柜 IT 功率密度越大，随着每个模块容量的增加，IT 设施模块的设计就越合理。

外观特征

预制化数据中心有多种外观特征，即多种结构类型、尺寸或形状。具体解决方案的外观特征会影响其可运输性、安放方式以及安放位置（地面—室内、室外或屋顶）。以下是 3 种基本的预制化数据中心外观特征：

- ISO 标准化集装箱式
- 封闭外观式
- 滑动底座式

对于一个给定数据中心项目而言，选择合适的外观特征或者外观特征组合，需要满足其可运输性、容量及可扩展性等方面的要求。表 2 总结了 3 种外观特征在安放位置、安放方式及可运输性三个方面的比较。此外，模块的外观特征还会影响其容量，因为特定尺寸的模块会局限适合安装在其内的设备类型。另外，在某些地区也可能要求许可证明和纳税。

这些属性以及其它属性都将在下面的章节中进一步描述，并配图以说明各种外观特征。

表 2
典型的外观特征

	安放位置	安放方式	可运输性
ISO 标准化集装箱式	通常安放在室外	安装在水泥基座或其它基座上	标准尺寸，满足海运-铁路运输-公路运输
封闭外观式	视气候条件和应用情况可安装在室内或室外	可以零部件形式发货，需现场组装；安装在水泥基座或其它基座上	若以零部件形式海运则需做船运准备工作；视货物宽度有可能要求出具许可证明和护航要求
滑动底座安装式	通常安装在室内	经常直接安装在机房地面	要求做船运准备工作；视货物宽度有可能要求出具许可证明和护航要求

ISO 标准化集装箱式

ISO 集装箱是标准化的可回收再利用的钢化船运箱体，设计初衷是为了保证产品的安全高效运输以及储存安全，同时还方便货物从一种运输方式到另一种运输方式的转移（例如从船运转到铁路再转到公路运输）。多项 ISO 标准从分类、外形尺寸到角配件的技术规范、吊装集装箱的挂钩以及集装箱上的标识等多个角度来规范货物集装箱¹。这些标准使得货运过程和操作过程更简便更标准化。

用于数据中心模块的集装箱标准尺寸如下：20 英尺 x 8 英尺（6.10 米 x 2.44 米）和 40 英尺 x 8 英尺（12.2 米 x 2.44 米）。20 英尺（6.10 米）的集装箱标准高度为 8 英尺 6 英寸（2.591 米），40 英尺的集装箱标准高度为 8 英尺 6 英寸（2.591 米），其高度还可以是所谓 9 英尺 6 英寸（2.896 米）的“高柜”高度。通常使用较多的是高柜高度的集装箱，因为它们对于运输置于其内的设备而言，具有更好的灵活性。

通常情况下，当集装箱用作数据中心模块的外壳时，需要做以下的改进：

¹ <http://www.container-transportation.com/iso-container-standards.html>（访问时间：2013 年 9 月 18 日）

- 为门和其它安装好的设备绘制图案
- 将设备与集装箱顶部或两侧固定

“移动式”模块

出众的移动性能是*所有具有不同外观特性的预制化模块*都具备的一大优点，ISO 标准化集装箱具有最佳的可运输性能，不过有时候需要将模块设计成*永久可移动*，也就意味着它要包含轮子和滚轴。

这些长期可移动模块通常是一体化构造，应用于需要临时数据中心的场合，例如军用场合或者体育赛事报道。下面用两幅图举例说明：



对集装箱进行上述改进后，可能就不满足 ISO 标准认证，比如说会限制与其它集装箱堆放在一起的能力。然而，相比于非标尺寸集装箱，具有标准外形尺寸的 ISO 标准化集装箱在运输、吊装以及安放方面都具有更多操作简便性，可降低安装成本。同时，改造一个标准集装箱比建造一个全新集装箱，成本也会降低很多。

ISO 标准化集装箱式模块通常对容量有限制，电源和制冷系统容量限制在 500kW 左右，IT 机房容量限制在 200-250kW 左右。IT 模块的容量取决于占地面积上可安放 IT 机架的数量，并且对于不同的机架排列方式，有不同的空间权衡方法。比如说，如果机架背对着面墙壁安放，将形成一条很宽的冷通道，则热通道只能从外部通过面板或者门进行访问。如果机架在机房中间排成一行长列，冷热通道就必须设计的更窄。最后，如果采用垂直于集装箱长度方向的多条短通道设计方案，则行与行之间将形成窄通道。总而言之，由于 IT 模块对容量的限制，使得这种方案更适用于一些小型的数据中心。大容量需求的数据中心通常趋向于采用更传统的 IT 机房。

由于操作和维护人员需要进入其中，通常这种外观特征还需要照明和安防系统。

ISO 标准化集装箱的安装经常涉及到斜坡基座（混凝土基座）的安放。还需要用到起重机将集装箱从卡车吊装到基座上。当集装箱作为补充容量用于一个已有容量搁浅的实体设施场合时，通常会将集装箱安放在靠近楼宇边界的地方，紧挨着它所支持的数据中心。有些时候，电源模块或者 IT 集装箱被安放在仓库内，旨在保护相关人员在恶劣天气条件下操作和维护作业的安全性，同时还能使关键系统具有更高的安全保证。

图 5 所示为一个电源模块和一个制冷模块，二者都采用 ISO 标准化集装箱设计，并且为了满足系统要求进行相应的改造。



图 5

ISO 标准化集装箱安装模式示例

封闭外观式

本文提到的“封闭外观式”是另外一种外观特征，就外形尺寸而言，这种模式并不标准，也不需要像 ISO 标准化集装箱那样去满足特定的船运标准。封闭外观式通常也被称为壳体式、金属屋或者区域模块式。

相比 ISO 标准化集装箱而言，这种方式的运输及装卸成本更高，如果整个架构没有在工厂完成全部组装的话，其现场组装的工作量将更大。例如，一个宽的封闭外观式模块需要分成两个部分，如图 6 所示，有些通常被称作模块化机房的封闭外观式事实上是在工厂建造，并与数据中心设备集成好，完成测试和调试，然后拆分运输到客户现场再行组装，很像是一个乐高积木模块。

这种外观特征的优点在于，对于其所能支持的 IT 容量具有更好的灵活性，并且所有设备布局都在它的封闭空间内。



图 6

分两部分船运的封闭外观式 IT 机房示例

大多数的封闭外观式数据中心适用于室外，能经受各种气候条件，但有些却只能安装在室内（比如仓库内）。出于安全人员进出限制等原因，或者为了保护工作人员在搬运设备（如服务器）时免受恶劣天气的影响，即使有些能经受室外条件，有时也要安装在室内。有些封闭外观式就像房间一样²，工作人员可以进入进行操作和维护。有些则可以更贴切的描述为一个封闭的“系统”，工作人员通过位于其外侧的检修门进行操作（不可进入类型）。表3概括了封闭外观式模块的进一步分类，并加以举例说明。

表 3
封闭外观式的类别及举例

人 员 通 行	
室内/室外分级	<p style="text-align: center;"><u>室内，封闭外观“系统”</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 不防风雨 • 人员操作仅靠封闭空间外部的检修门 <div style="text-align: center;">  <p>(无实例)</p> </div>
	<p style="text-align: center;"><u>室内，可进入封闭空间式模块</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 不防风雨 • 人员可进入封闭空间内部 <div style="text-align: center;">  </div>
室内/室外分级	<p style="text-align: center;"><u>室外，封闭空间“系统”</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 可防室外风雨 • 人员仅靠封闭外观式模块外部的检修面板操作 <div style="text-align: center;">  </div>
	<p style="text-align: center;"><u>室外，可进入封闭空间式模块</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 可防室外风雨 • 人员可以进入封闭空间内部 <div style="text-align: center;">  </div>

选择封闭外观式外观特征的一个关键驱动因素是数据中心子系统需要置于室外环境，或者需保护不受外界其它因素干扰，如处于一个有害的、恶劣的、不利的室内环境。置于室外的封闭外观式模块需要有相应等级的安保措施，以防止不良人员进入（如人为肆意破坏行为）。

滑动底座安装式

滑动底座安装式是一种分配和储存机械设备的方法，这些机械设备在制造阶段就被永久地安装在框架或者滑动底座或是金属托盘上。这样的话，整套设备就可以安全便捷的作为一个整体单元运输和使用³。图7为滑动底座安装式数据中心模块示例。

图 7
滑动底座安装的模块化数据中心示例



滑动底座安装式模块通常不用于室外，因为其元件对室外环境因素无防护性能。这种外观特征通常包含电源模块，与大部分制冷系统做法不一样，该模块中诸如开关柜、UPS、变压器以及配电

² 封闭外观式数据中心如果要求需要人员能够进出，比如图6中的这个，必须安装照明系统、防火系统、安防系统和疏散设施。

³ http://en.wikipedia.org/wiki/Skid_mount

盘等组件不需要置于室外。因为空间限制的减少，滑动底座安装式（相比封闭外观式和 ISO 标准化集装箱式）对容量限制要求更低，能支持更大容量的数据中心。因此，随着电源需求不断增加，滑动底座安装式方案更显其合理性。一般而言，预制化滑动底座安装式模块的成本比同级别的封闭外观式成本要低 40% 左右。

注意：IT 设施采用滑动底座外观特征并不合逻辑，因为这样的话，设备在整个空间是开放的，没有将冷热气流从 IT 设备分离开来。

配置方式

将各功能模块应用到数据中心有许多种方式，大致可归类为以下 3 个主要类别：

- **部分预制化数据中心**：数据中心由预制化功能模块和传统的“现场施工”系统组合构成
- **全预制化数据中心**：数据中心完全由预制化 IT、电源和制冷模块构成
- **微型数据中心**：数据中心为单个独立封闭空间，且配备齐全，自带 IT、电源和制冷系统

本节将对每种配置方式做详细阐明，配图加以说明，并列举每种配置方式的典型部署场合。所有这些配置方式的共同要求在于，要求在数周内完成数据中心的部署工作，而不是数月或者数年，要求在需要时能够扩容数据中心规模，以及要求改进性能的可预期性。其它特定的需求（如周围空间、现金流或速度等因素）也会影响方案最终的选定。

部分预制化数据中心

常见由预制化模块与传统“现场施工”系统混合部署组成的预制化数据中心被称为“部分预制化数据中心”。图 8 所示为一个部分预制化架构的例子，图中，在同栋建筑里，预制化电源模块和制冷模块支持一个传统的 IT 机房。其它可能的组合方式有，传统的电源和制冷系统支持外部模块化 IT 机房。预制化模块与传统系统的特定组合部署取决于应用场合及数据中心的具体要求。在一个改造项目中，某个特定的资源容量受限，这种架构方案就经常适用部署于上述情形中。

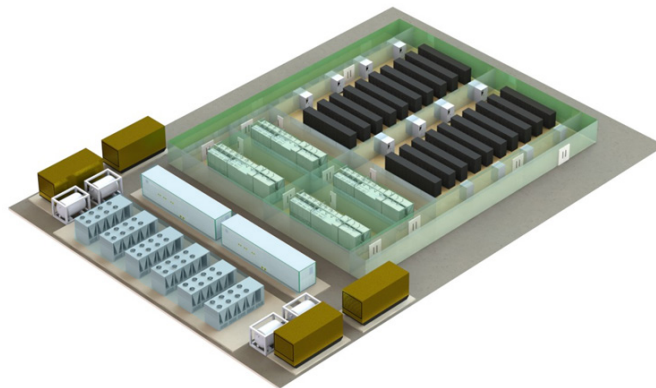


图 8

部分预制化数据中心示意图，由预制化电源模块和制冷模块支持传统 IT 机房

部分预制化数据中心通常应用于以下情形：

- 现有数据中心缺少大容量电源，且配电室空间有限，但 IT 机房可以支持增长
- 现有数据中心缺少大容量制冷（排热）系统，但 IT 机房可以支持增长
- 由于实际部署密度低于设计密度，现有数据中心缺少 IT 机房空间，但是有大量富余电源容量和制冷容量
- 新的企业级数据中心有一个混合的 IT 环境，限制 IT 模块的应用，但可以部署电源模块和制冷模块

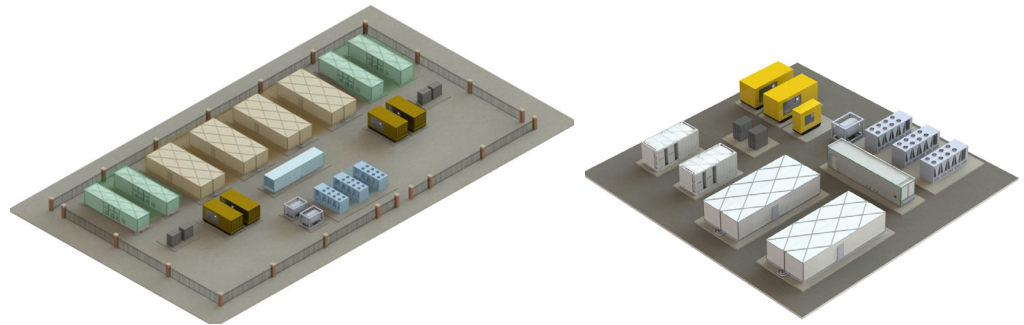
- 在实施长期计划之前，选择一个短期计划解决容量或者可靠性方面存在的缺口（到长期计划实施的时候，这些模块可以重新规划，改作它用）

全预制化数据中心

在一个全预制化数据中心内，三个功能模块各司其职，电源模块给数据中心提供大容量电源，制冷模块为数据中心提供散热，IT 模块用于安放关键的 IT 设备。图 9 所示为两个全预制化数据中心示意图，图中还显示了各模块的布局方式。根据业务需求的不同，部署方式会因为外观特征、电源容量、技术以及安放位置（室内或室外）不尽相同。

图 9

基于施耐德电气参考设计的全预制化数据中心示例



全预制化数据中心通常应用于以下情形：

- 将整个数据中心的可扩展性视为关键业务驱动因素
- 多租户的数据中心希望将 IT 设施按租户分区操作，需要扩展电源系统和制冷系统资源
- 同类大规模的 IT 数据中心希望以“分阶段可重复”的方式部署设备
- 高密度、高性能计算数据中心重复部署大量服务器，希望按服务器规模重新确定容量
- 有大型灾备数据中心的需求

微型数据中心

微型数据中心其实是全预制化数据中心的一种特殊类型，但鉴于这种方案具有将所有组件都置于单个结构中的特性，本文还是将它作为一种独立的配置方式。图 10 是微型数据中心的示例。微型数据中心是一个独立的安全计算环境，包括所有的存储、处理和所需的网络以运行客户的应用。它通常以一个单体柜来运输，而且包括所有必须的供电、制冷、安防以及相关的管理工具（DCIM）。微型数据中心是在工厂中完成组装和测试的。

当多种功能集成到单个模块之中时，容量通常会成为“瓶颈”。典型的微型数据中心（集电源、制冷、IT）容量限制大约为单个模块 150kW 左右，譬如 ISO 标准化集装箱。如果模块被分成几部分送达现场，并重新拼接，那么其对容量的限制将更高。除非现场需要 2 个或 3 个以上微型数据中心模块，否则其成本是高昂的。

尽管这种配置方式被称为“一体型”微型数据中心，但通常它还需要一些额外的外部配套基础设施的支持，比如说发电机或冷水机组。还有一种特殊情况是只有 IT 系统和制冷系统集成在单个封闭空间内，而 UPS 电源模块安置在另一个单独的模块内。这种方式常用于新风制冷设计中，它的 IT 设施允许使用直接新风制冷，或者通过空气热交换器间接进行制冷。

图 10

微型预制化数据中心示例



微型数据中心通常应用于以下情形：

- 满足实时或近于实时应用的数据处理需求。例如，工厂自动化（比如：机器人），工业自动化（比如：起重机）等等
- 临时的需求场合，如军事用途、体育赛事报道或者其他临时活动用途
- 数据中心能否移动至关重要
- 远程分站点需要小于 150kW 容量的小型数据中心
- 多用途设施中的小型数据中心，需要对所有功能实现自主控制
- 位于恶劣环境中的数据中心，如工业现场、油井平台等场所
- 有小型灾备数据中心的需求


结论

预制模块化数据中心的实施方案选择众多，但由于缺少标准的专业术语描述和界定，加大了选择合适方案类型的难度。最优化的配置方式，包括选择正确的功能模块和外观特征，取决于应用场合和特定的业务需求。有时候全预制化数据中心是最佳方案，有时候则要选择由预制化模块和传统系统混合组成的部分预制化数据中心方案。深刻理解各种外观特征的局限和优势有助于确定最优方案的选择。最后，部署速度、可扩展性、空间限制、容量以及现金流等业务需求也对最优方案的选择起着驱动作用。


关于作者


Wendy Torell 是施耐德电气数据中心科研中心的高级战略研究员。Wendy 负责研究数据中心设计和运营的最佳案例，发表白皮书和文章，开发 TradeOff Tools 权衡工具帮助客户优化其数据中心环境的可用性、效率和成本。她还通过向客户提供关于可用性科学解决方案和设计实践方面的咨询，来帮助客户达到数据中心的性能目标。Wendy 在美国联邦学院（Union College）获得了机械工程学的学士学位，而后在罗德岛大学（University of Rhode Island）获得 MBA 工商管理硕士学位。Wendy Torell 是美国质量协会认证的工程师。



 [预制化数据中心电源和制冷模块](#)
第 163 号白皮书

 [传统数据中心与可扩展预制化数据中心 TCO 分析](#)
第 164 号白皮书

 [模块化数据中心架构的规格](#)
第 160 号白皮书

 [预制化数据中心项目实施的考量因素](#)
第 166 号白皮书

 [浏览所有
白皮书](#)
whitepapers.apc.com/cn

 [预制化数据中心与传统数据中心成本计算器](#)
权衡工具 17

 [浏览所有
TradeOff Tools™ 权衡工具](#)
tools.apc.com/cn

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