

预制化数据中心项目实施的考量因素

第 166 号白皮书

版本 0

作者：Barry Rimler 和 Wendy Torell

摘要

部署预制模块化数据中心的效益显而易见，如加快部署速度、提高可预测性、增加可扩展性以及节约全生命周期成本等等。从数据中心设计到现场准备、再到设备采购及安装的整个部署流程与传统数据中心大相径庭。本白皮书介绍数据中心管理者部署此类方案时存在的考量因素、指导准则以及实施成果。

简介

预制模块化数据中心项目的部署，其效益显而易见，如提高可预测性、增加可扩展性、满足部署时间要求以及节约成本等（请参见第 163 号白皮书 [《预制化数据中心电源和制冷模块》](#)），但很少有人知道此类数据中心部署过程中存在的需要考量的因素。本白皮书介绍如何规划和设计此类项目、如何进行现场准备、如何采购设备以及如何安装和调试设备，以便达成此类项目的预期成果（阶段性成果、任务分工、复杂性、部署时间表、成本等）。

表 1 总结了部署预制模块化数据中心项目和部署传统数据中心项目的主要区别。二者的具体区别将会在接下来的整篇文章中进行阐述。

表 1
预制模块化数据中心和传统
数据中心部署的比较

部署流程	预制模块化 数据中心的部署	传统 数据中心的部署
规划/设计	<ul style="list-style-type: none"> 在系统层面进行工程设计与技术规格的制定 设计/规划周期小于 12 周 	<ul style="list-style-type: none"> 在组件层面进行工程设计与技术规格的制定 设计/规划周期通常为（或大于）24 周
现场准备	<ul style="list-style-type: none"> UL 认证或者其它机构认证的模块成本不包括在审核成本内 审核文档编制主要强调模块之间的互连 仅检查室外作业，不包括模块内的子系统 可选择室内安装或室外安装 模块通常直接安装在已在地下完成布线/管道的地面上 	<ul style="list-style-type: none"> 审核成本包括所有系统成本 审核文档编制需要子系统级别的详细图纸 需要检查所有现场作业，包括传统子系统之间的互连 系统安装在室内，排热系统和发电机除外¹ 到机房建筑物的布线/管道可能需要配套的硬件或特殊结构
设备采购	<ul style="list-style-type: none"> 模块的设计通常满足运输的承重限制，几近完全组装运达 建筑垃圾极少 	<ul style="list-style-type: none"> 产品由不同的供应商以不同的发货方式运达 大量建筑垃圾
设备安装	<ul style="list-style-type: none"> 气候与室外条件/场地条件影响设备安装/室外安装需要定位 通常由卡车式起重机安装 	<ul style="list-style-type: none"> 仅室外制冷系统与发电机的安装必须考虑室外条件/场地条件 不同的产品由叉车与手工安装

规划与设计 考量因素

数据中心项目的规划对于大部分IT部门而言仍然是一个巨大的挑战。错误的不同层级间交流与讨论的缺乏，以及利益相关者认同的缺乏是罪魁祸首。第 142 号白皮书 [《数据中心项目：系统规划》](#) 一文中详细讨论了这些挑战并介绍了数据中心项目规划成功所必需的四个关键任务。

虽然采用预制模块化数据中心方案并没有取消这些步骤，但是它将这这些步骤加以简化并缩短其所需时间。一旦确定关键项目参数（如等级、容量、成长计划、能效、密度和预算），剩余三项项目规划步骤的完成时间将大大缩短，这主要是因为高效的预制模块化数据中心的设计是基于经验证归档的现有参考设计。

除了缩短项目规划步骤时间外，规划预制模块化数据中心项目还有两个独特的注意事项，那就是如何从经济角度进行设备分类，以及涉及到组件级别工程设计的自由度。

¹大多数发电机都安装在室外，但是在某些项目中，经过特殊设计具备合适通风系统的发电机也被安装在室内。

作为“个人资产”分类

预制化数据中心模块为数据中心业主提供了预制化模块所谓的经济、实用型方案。

预制化模块在工厂内完成安装并封装在滑轨上或封闭外观箱体内，其拥有被视为一件完整“产品”的独特属性，而非一组零部件或子系统。因此，预制化数据中心模块不太可能成为建筑楼宇的一部分，而其零部件（配电柜、开关柜、泵、变频器等）如果以独立的组件订购并现场安装，却可以整合到建筑楼宇中。

综上所述，预制化模块通常被归类为一件完整的“个人资产”，而非“现场改善”或“楼宇改善”，其为数据中心业主提供了某些通常无法应用于需“现场施工”的数据中心可选方案，包括：

- 预制化模块的登记和折旧可以不考虑楼宇年限，而使用一个更为合理的时间，如 10 年使用期。
- 预制化模块可以与现场其它资产分开租用（或出售及回收）。
- 预制化模块可以在确认折旧并保留完整剩余市值的状态下从一个数据中心转移（迁移）至另一个数据中心。

在询价和“订购”新设备时，税务专家的意见非常重要，在第 115 号白皮书 [《便携式模块化数据中心基础设施的财务和税务收益》](#) 一文中对此类系统的潜在折旧和税务差别做了进一步的阐述。

系统级别的工程设计

相比于设计一个由产品和零部件构成的数据中心，设计一个由预制化模块构成的数据中心会涉及更多系统级别的设计工作。除此之外，采用预制化数据中心模块进行工程设计可以令设计团队少做许多与传统数据中心设计相关的纯“建筑”决策，如顶板与侧墙建筑材料。

这就好比买车，你不需要分别指定起动机的安装方式、齿轮数目与齿距、扭矩以及不同发热元件的温升，而预制化数据中心模块相当于将数据中心的工程设计重点放在汽车满载人数、满载负荷以及拖运能力等方面。独立组件的品牌、部件号以及技术规范对于详细了解预制化模块仍然行之有效，但是从工程设计角度而言，这些都不是必需的。预制化模块包含一个隐含的预期条件，即模块中所包含的组件都完美匹配且完全集成。采用预制化模块，可以省下花在理解项目要求及开发设计方面的大部分时间。譬如，出厂前便已完成优化及集成布线与管路要求。管材与电线规格型号、阀门与液压组件的压降以及泵与叶轮的规格型号都已经事先选好并安装好，且满足模块的性能特性。重要的是，所有的关键部件与控制部件，如断路器、转换开关、变频器以及冷水机组可以作为一个完整系统在工厂完成装配和测试，且由一个或多个认证机构进行认证（如 UL、ETL 或者 CSA）。在模块运抵现场时，通信与控制功能已准备就绪，从而减少现场作业。因此数据中心的设计就可以在系统级别上进行，藉此将整个数据中心设计周期从通常的 24 周缩短到 12 周²。

无论是数据中心翻新改造项目还是全新“新建”的数据中心项目，通常都需要对数据中心现场做一定的准备工作。必须拿到施工许可证、敷设好管路与电气线路、安排好新系统的安装场地或机房建筑物、并且还要进行现场检查。对于预制模块化数据中心而言，在完成上述步骤时还有一些独特的考量因素。

审核与检查

通常，由预制化模块构成的数据中心项目的审核流程类似于传统的“现场施工”数据中心项目，一些可以简单绘制出的施工图纸除外。这些模块从图示角度来看，可能就像在施工图纸上描述出来的一个封装的发电机组一样，重点在于现场的接线连接要求，而不是工厂组装的内部接线和管

²第 163 号白皮书 [《预制化数据中心电源和制冷模块》](#) 中图 6。

路。预制化模块不仅减少了绘制施工图纸与“审核流程”所需的时间，而且使项目审查与检查更为高效。

制造商通常会以单线图、三线图、五线图、管路图以及示意图文件的形式，多重标准图形格式提供所有产品的详细信息，允许产品拥有者或工程师为特定的读者绘制详细的施工图纸。

当地主管部门（AHJ）代表主要**检查**预制模块化数据中心的现场施工。但检查员也可能会对供应商生产这些设施模块时的用材和方法进行挑剔，虽然所有预制化模块在工厂的时候都已经过 UL、ETL 等认证机构的评估、检查与“认证”。

从**审核成本**角度来看，设施模块的成本价值通常被合理地工程分项价值表中忽略，而审核成本正是基于工程分项价值表。理论上来说，本地检查员（虽然拥有查看和对设施模块做出肯定评价的所有权利）并没有被指派任务或者负责模块检查工作，因为“产品检查任务”已被 UL、ETL 等认证机构执行或在他们的监督下执行。这些认证成本就并入了这些模块的采购价格成本中，但会给予客户折扣，因为它分摊到模块的多个组件中。

举例来说，上述做法也适用于干燥机和洗衣机的安装。为洗衣店设备供气和供电的天然气与电力系统被编制到审核程序的条目中，并在现场进行检查，然而，UL 认证的洗衣店设备在审核程序中不对它进行鉴定，或者在现场将其拆开，检查它们的扩展接线、内部气体吸收装置元件或者控制部件。

模块的室内安装和室外安装

大部分模块的外壳都设计为防风雨的，因此可以独立安装在室外。然而，也有一些原因（在第 165 号白皮书 [《预制模块化数据中心的分类》](#) 中有深入的讨论）使一些模块只能安装在室内，其中包括：

- 安装在滑动底座上的模块
- 该模块的外壳不防风雨
- 保护人员在操作和维护作业时不受恶劣天气的影响
- 关键系统的额外安全性考虑

对于位于租借场地的数据中心应用而言，模块室外安装可能是一个节省成本的机会，因为室外场地的租金通常比建筑物室内场地租金要便宜很多。同样这也为场地出租者提供了一个预期外的额外收入来源（取代紧缺资源的室外场地除外，如停车场、绿化带、已经被完全开发利用的现场场地等）。

现场准备考量因素中模块安装位置选择最重要的因素就是与公用设施距离、水电及 IT 空间模块等接入问题，此时“通信运营商”涉及到数据传输这一块的工作。

当专为模块化数据中心而开发的现场可以提供最多可选方案时，通常可以在大多数校园环境以及办公园区内找到所需的场地空间。在翻新改造项目情况下，现场规划通常包括现场固有功能的再利用，如停车场、停车楼、仓库或者“绿化带”。现场准备考量因素中模块安装位置选择最重要的因素就是与公用设施距离、水电及 IT 空间模块等接入问题，此时“通信运营商”涉及到数据传输这一块的工作。

室外安装非常适用于利用现有室外配电设施配送的中压模块，或者在一个新开发的现场中，直接由公用设施供电的模块。通常而言，若现有建筑物已经具备供电接线，当地公共事业单位将会要求数据中心模块与该建筑物进行电气连接，而不倾向于再提供额外的供电接线，尤其是在现有供电容量足够的情况下更是如此。

室外安装模块的布局以及接入到公用设施的布局需要考虑配置成易于模块安装（以及拆除）、服务与日常保养（如雨水排水管理、除雪（如果适用）、以及草坪、人行通道、以及大量的维护作业）。此外还要考虑到模块周围安全性与遮蔽等方面的考量因素，这些有可能会被要求需要符合租赁合同或者土地用途管制规则中的条款和协议。在“**现场安装考量因素**”章节中进一步详细阐述了室外模块布置与定位的推荐。

最后，预制化数据中心模块安装现场没有任何建筑结构非常罕见。建筑结构是安装现场的“锚”，最少提供：

- 具备可辨认街道地址的现场永久性建筑物
- 业务需求的基础设施，至少包括一定数量的洗手间

模块基座

现场规划文档通常包括一份“土建现场规划”、一份“电气现场规划”以及一份“机械现场规划”。现场规划的众多主要特性中就包括支撑这些模块的基座。三种常用类型的基座包括整块水泥板基座，多块水泥板基座、或者水泥墩（或是这三者的组合）。基座类型的选择与现场的物理特性息息相关，这其中包括土壤条件、地面排水、霜冻情况、以及特殊地理位置现场的抗震和风力要求等等。

整块水泥板基座是放置和锚定模块最常用的结构（参见图 1a）。它作为一个集装箱存放平台，在模块四周有一个 360 度的行走表面。其它附加特性，如基墙、地基处理以及抗震锚固等都取决于气候条件与土壤条件。

整块水泥板基座的一个变形就是多块独立水泥板基座，每块独立水泥板都具有与整块水泥板相同的地下特性。多块水泥板基座（参见图 1b）通常用于被非渗透性表面覆盖的区域，如已铺筑路面区域，以及地面排水有问题的区域。除此之外，多块独立水泥板基座的构建需要更少的材料，同时仍然可以提供所需的质量与锚定特性。

具备足够强度和几何形状的水泥墩或者水泥桩基座（参见图 1c）结构更小，当其隔开排列的时候可以用作模块承载接触点的一种支撑方式。这种类型的基座允许模块安装处的地表水通过浸入模块附近地表的方式进行排水，而不适用于地表水流经非渗透表面流向排水沟、集水槽或者其它地表排水结构中的区域。

图 1

置于水泥基座上的模块

- (a) 整块水泥板
- (b) 多块水泥板
- (c) 水泥墩/水泥桩



地下布线与管路互连

数据中心模块的供电线路以及数据中心模块的输电线路如果敷设在地下的话，通常由简单以及低成本的材料组成。地下馈电器与馈电回路，连同相关的通信电缆管道，以及超过 12 米（40 英尺）长的机械连接件如果安装在地下的话，一般都采用更加简便的安装方式，且使用低成本安装材料。

采用地下管路互连方案，通常来说就可以建造更少的支撑结构，并且有机会使用低成本材料，如 PVC（聚氯乙烯）管道（在大部分地下应用中都非常适用）以及预绝缘管道。除此之外，订购的电源设施模块能够真正配合预绝缘地下电缆，简化不受天气影响的密封作业以及导体终端作业。对于制冷模块而言，冷冻水管可以直接从靠近模块的地下引出，这样就简化了或者说总体消除了支撑固件或者特殊结构的需求。

采购考量因素

相比传统数据中心的采购流程，预制模块化数据中心的采购流程更加简便与快捷。某种程度上来说，简便之处就是每个模块都可以作为单独的完整系统或者一套系统从一站式供应商处采购，而不是从不同供应商采购大量单独的子系统。当整个系统作为一个整体运送的时候，传统数据中心项目所面临的交付运送挑战——如收到不完整的材料清单，或者是错失部分部件的交货时间表——都可以有效避免。

通过公路运输交付的预制化模块的外形尺寸与重量受到有相关条款的约束（其它运输方式也一样），但是预制件集成商/供应商通常会考虑到这一点，因为机动性是部署预制模块化数据中心的一个常见因素。产品运送与封装/拆封注意事项将会在下文中进一步阐述。

模块运输

通常用卡车将数据中心模块运送到施工现场。在世界大部分国家和地区，公路运输卡车受到相关条款的约束。出于公共安全的考虑，连同速度限制与公路通行权，公路长途运输条例控制车辆的重量与外形尺寸，也包括车辆所运输的货物。卡车以及货物重量与外形尺寸的标准反映了公路车辆通行容量、公路桥高度等，从而能够让所有车辆合法在公路系统中通行。

举例来说，在美国所有州际公路系统都遵循统一的牵引车与拖挂车重量与外形尺寸管理条例，但是，个别州可能会执行独立的一套管理条例，进一步定义卡车所载负载的重量分布。不同的州有不同的管理条例，控制拖挂车形状的各方面，从后桥距离，从拖挂车“主轴”到车轴有效载重，到车轴之间不同的距离等各个方面。欧盟国家与其它大国都类似，整个区域有一套通用的管理条例，但是各成员国、各省、各州执行他们自己独立的一套管理条例。

预制化数据中心模块的一个优点就是它们运输起来很便捷。表 2 中列出了世界上不同地区公路上行驶车辆的重量与外形尺寸限制。通常来说在这些限制条件内的牵引车与拖挂车都可以在高速公路系统中无需特别许可证自由通行，只要它们的车轴配置与车轴载重满足各州的管理条例即可。ISO 标准集装箱是一种常见模块规格，因为它们在尺寸上已经满足上述管理条例的要求。

表 2
公路运输重量与外形尺寸
限制条件

地区	重量限制	外形尺寸限制
美国	<ul style="list-style-type: none"> 36 公吨 (80,000 磅)³ 	<ul style="list-style-type: none"> 2.6 米 (8'-6") 宽，4.1-4.4 米 (13'-6" - 14'-6") 高⁴，取决于不同州的规定
欧洲	<ul style="list-style-type: none"> 36 至 60 公吨 (80,000 - 132,000 磅)，取决于具体国家与车辆类别⁵ 	<ul style="list-style-type: none"> 2.55 米 (8'-5") 宽，4 米 (13'-2") 高⁶
中国	<ul style="list-style-type: none"> 46 公吨 (101,000 磅)⁷ 	<ul style="list-style-type: none"> 2.5 米 (8'-5") 宽，4.2 米 (13'-9") 高⁷
加拿大	<ul style="list-style-type: none"> 45 至 62 公吨 (99,000 - 137,000 磅)，取决于车辆类别⁸ 	<ul style="list-style-type: none"> 2.6 米 (8'-6") 宽，4.15 米 (13'-8") 高⁸

*1 吨= 1000 千克 (公制单位)；注解：1 公吨= 1.102 吨 (英制单位)

宽度直至 3.6 米 (12 英尺) (超规格负载) 的其它规格，且具有更大总重量的车辆在某些地区还是可能通行的，但是需要出具特别许可证、更专业的牵引车与拖挂车、遵循指定的路线与运输行程安排，定义了载重车辆在具体的时间通过特定的公路，以及在接近和通过某些公路桥时遵循特殊的时间点和协议。

³ <http://www.imstransport.com/weightlimits.php>

⁴ <http://ops.fhwa.dot.gov/Freight/sw/overview/index.htm>

⁵ <http://www.internationaltransportforum.org/IntOrg/road/pdf/weights.pdf>

⁶ <http://www.internationaltransportforum.org/IntOrg/road/pdf/dimensions.pdf>

⁷ http://www.moc.gov.cn/zhuzhan/zhengwuqongqiao/jiaotongbu/jiaotongbuling/200709/t20070926_410849.html

⁸ http://www.todaystrucking.com/images/MOUsizedWeight_2005.pdf

由于数据中心模块通常处于外形尺寸与重量限制条件的上限，制造商们通常采用专门运输大型特殊负载的运输公司与物流公司的服务。实际承运人主要是独立的卡车运营商，他们是物流公司的分包合同商，物流公司具备最高质量级别的牵引车与最专业的拖挂车，提供拖运敏感负载与货物的服务。

在运送数据中心模块之前，供应商与物流合作伙伴应当确保：

- 任何松散的物品都已固定好或者被移除
- 外部电气接地连接已被拆除
- 外部固定已被拆除
- 所有的门都已固定
- 无其它外部附着物存在
- 在装运时间点能够提供最终的外形尺寸、重量以及重心点等数据

在装运之前还需要采取的其它常规防护措施包括安装临时结构性支架，用以在运输途中保持模块产品的完好无损。

模块包装

在传统数据中心项目中，为了将设备安全地运抵数据中心施工现场，需要使用大量的木箱、纸板箱、塑料包装等包装材料。这会增加成本并增大运输工作的复杂性（例如大垃圾箱的需求，处理这些包装物所耗费的工时）。另一方面，对于预制化模块而言，大部分的物理基础设施（电源模块、制冷模块、机柜）子系统在交付运输之前就已经安装并固定在模块中，这就从大大减少实现模块安全运输所需的包装物需求。

但 UPS 产品是一个例外。当模块中包含 UPS 系统时，在装运之前，需要在完成工厂测试之后将电池拆下，这是因为电池的重量太沉。由于牵引车的空气悬架系统存在很多变化因素，运送安装有电池的模块可能会在运输过程中造成 UPS 机架损坏。因此，通常将电池单独放在纸板箱中并固定好进行运输（最好是用棘齿带进行固定），放置在模块的地板上。

图 2 举例说明了一个 500kW 的 2N 冗余数据中心的垃圾废弃物数量对比。

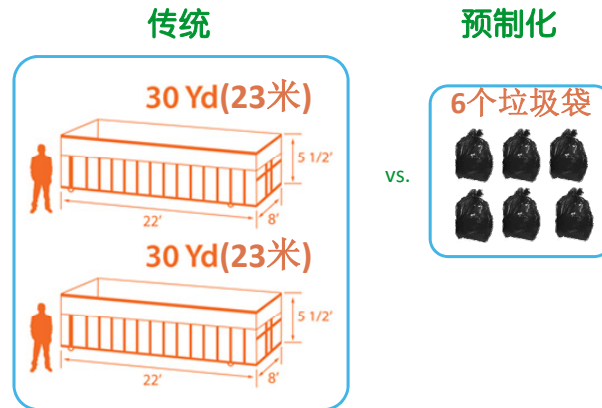


图 2 预制化数据中心和传统数据中心垃圾废弃物处理的比较

元器件的保护

如果模块没有放置在全封闭防风雨的集装箱中，就必须考虑模块该如何运输。假设分成两部分运输一个 IT 模块，运抵现场后拼接起来。模块的开口端必须密封起来，以防止雨水或者大风对设备内部造成损坏。供应商通常采取以下两种防护方案：

1. 临时的硬质外包装，如通过双头螺栓安装好的高质量的胶合板

2. 沉重的热缩塑料包装，类似于船的防护与运输

通过双头螺栓杆连接在一起的硬质胶合板以其坚硬的自然特性，被认为能够起到更好的防护作用，但是美中不足的是，与热缩塑料包装相比，它产生的垃圾废弃物更多。热缩塑料包装模块的拆封也更加快捷——只需简单地切开热缩塑料包装，将其拉下来，折叠起来，然后放进垃圾袋即可。这也就意味着花费更少的时间处理数据中心系统的垃圾以及需要处理的垃圾更少。提升数据中心部署效率的不断尝试将会使热缩塑料包装成为更佳的选择。

产品在装运过程中的封装方式同样也会影响模块交付时候的状态。举例来说，用防水布来保护元件的外壳，从而保持模块的清洁。如果模块既没有用热缩塑料膜包装也没有用防水布防护，则需要进行原本可以避免的清洁工作。

设计精良的预制化模块可以让安装流程更加简单、更加快捷。安装过程中应考虑到的关键注意事项包括将模块放置在何处、如何搬运和放置模块以及如何确保模块的安全性，确保可靠高效的运行。

现场安装 考量因素

模块放置与方向

模块室外放置的注意事项将会从模块的可靠性、效率、可操作性以及可维护性等方面对模块的交付与运行产生重大影响。以下是模块放置的一些最优方法：

- 模块放置方向要以最小的表面面向太阳。在炎热的气候条件下，这样可以显著减少模块的吸热量，或者采用遮阳装置来减少吸热量。
- 将模块放置在远离树底、灯具、低压或高压线、或者其它可以在自然灾害（暴风雨、地震等等）中可以移动物体之处。
- 数据中心施工现场布局应该可以防止车辆与模块发生碰撞的可能。
- 将模块放置在不碍的地方，以便吊车、叉车或其它搬运装置可以放置和搬运这些设备。
- 将模块放置在易于模块排水的场所。

如图 3 所示，有些预制化模块具有可堆放设计。如果空间有限或者成本超出预算情况下，这样可以带来额外的收益。在与供应商和项目团队共同为确施工现场、架构以及环境要求都能被满足的时候，在设计要求中加入模块的可堆放性能就显得尤为重要。



图 3

将模块堆放，节省空间

模块搬运与部署

数据中心模块的交付应该安排在将其安放到基座那天的“前夜”到达或者接近安装现场。模块的搬运与布局可以通过多种常见的起重搬运设备完成。

大部分预制化模块的重量都在工业叉车和可行驶起重机的通用载重范围之内。然而在港口等场所他们通常使用“集装箱搬运车”（叉车的一种变形—参见图 4a）以及桥式吊车（参见图 4b）来

搬运这些模块，移动式起重机（如卡车起重机）是现场安装中比较经济的起重设备选择（参见图 4c）。

卡车起重机可以借助其传统的气压轮胎在公路上行驶，到达安装现场，并将其自身改装成一台稳定的重型起重设备。采用起重机的话，现场作业中大部分的时间消耗是组装和拆卸起重机，通常在每天下午会花费一或两个小时来进行这项工作，然而一旦组装完成，一台起重机每小时可以吊装以及放置若干个数据中心模块。

图 4

模块搬运设备：

- a. 集装箱搬运车
- b. 桥式吊车
- c. 卡车起重机



一般而言，起重机、平衡物与附件交付所需指挥人员数目就是完成数据中心模块装上索具、吊装与精确放置所需最少人数。然而各种劳动力与施工工地作业人员注意事项都会影响任何施工操作的在场工作人员小组规模，一个包括一名起重机司机，以及另外两名负责管理起重机的组装、加装负载以及为起重机司机提供通信与方向指令的施工工程师组成的三人工作小组，就是完成将模块从拖挂车上卸下来并准确地放置在其各自的基座上工作所需要的所有工作人员。

满足 ISO 标准集装箱规格的数据中心模块在连接物与放置方面提供了最大的灵活性，因为这些集装箱都配置有角孔，允许连接多种吊装与固定硬件。

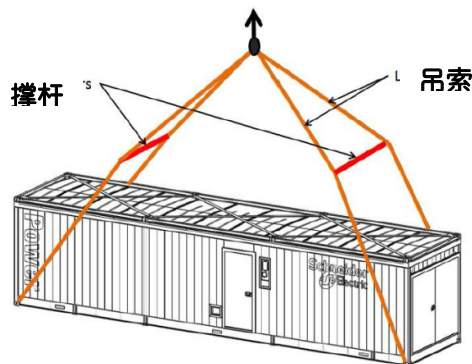
采用起重机吊装模块通常需要使用“吊索与撑杆”的组合，两根撑杆（宽度比模块略宽）通过四根吊索连接到起重机的吊钩上，模块通过另外四根通过角孔置绑定到模块上的吊索连接到到撑杆上（参见图 5），⁹或者通过钩环直接连接到撑杆上。

为了防止模块损坏，以下是模块搬运与布局过程中应当考虑的主要注意事项：

- 吊装皮带与模块之间尽量少的接触。
- 平衡每个吊装点的载重，在吊装过程中保持模块尽量水平。
- 选用具有吊装此类负载经验丰富的起重机公司，并使用合适的装配设备，避免项目延期。

图 5

利用吊索与撑杆吊装一个外设模块



⁹吊装点的位置和数量取决于具体的模块。

模块固定与抗震注意事项

一旦模块被放置在其预定地点，将其固定在原有位置能承受如风力等的上举力与横向力就变得尤为重要。这通常采用通过压紧螺栓固定到支撑架构上的锚架来实现。

同时还必须考虑到模块的抗震要求，尤其是在地震高发地区。在这些地区，建筑条例是强制实施的，所有类型的建筑物都要求具备缓和地震活动效应的特性。具体到数据中心模块而言，混凝土基座与“模块连接基座”就需要能够满足抗震要求。

数据中心制造商通常会为所有预期客户提供一份地震规划指导准则。该指导准则由定期实践抗震设计相关科目的结构工程公司授权发布。在该指导准则中包括某个地区或国家的官方地质调查地图，上面详细标注了地震活动区域。对于像美国这样的国家，地震带被分类为“低”、“中度”、“高”以及“高于 2.75—短周期频谱响应加速度”¹⁰。对于每个等级的地震带，该工程设计指导准则提供了与合适的要求用于地震安全与控制模块用的混凝土（以及钢）基座、墩及其它附件相关的详细计算公式，受制于当地土壤条件与其它现场特殊因素，如土地的等级。

尽管上述指导准则与规划都不作为任何特殊安装用的实际许可文件和图纸，但这份指导准则为当地的工程师提供了一个节省时间的宝贵模板，用于安装该制造商的预制化数据中心模块。这份指导准则通常包括钢筋混凝土基座的实例、所有的附件和锚定硬件以及所有描述他们性能表现的计算公式。

¹⁰这四个分类（高于 2.75）通常需要执行特殊现场特定计算与设计，且超出了标准的部件、方法以及指令的范畴之外。

结论

预制化数据中心模块改变了数据中心规划的本质，并且在很大程度上显著地精简了一个数据中心从概念构思到竣工完成的日程表。对于室外安装的模块而言，日程表通常就是执行和完成现场规划与发布订单后的交货日期之间的赛跑。深刻理解这些数据中心项目（与传统数据中心项目相对比）的独到之处对于避免项目延期、不必要的成本、模块损坏以及/或低效的操作都至关重要。本文阐述了与项目规划、现场准备、包装、交付、搬运、放置以及固定数据中心模块等方面的主要考量因素。有了这些信息，数据中心项目就可以如期展开，并且可以带来预期的收益。

关于作者

Barry Rimler 是施耐德电气数据中心解决方案架构师和数据中心产品应用高级工程师，在数据中心设计、建造以及管理办公建筑、数据中心等多种建筑资产组合投资等领域具有超过 20 年的丰富经验。他是建筑物业主与管理者协会会员（BOMA）以及 AFE 会员。

Wendy Torell 是施耐德电气数据中心研究中心的高级战略研究员。Wendy 致力于数据中心设计与运行最佳实践的研究，通过发表白皮书和文章，并开发 TradeOff Tools 权衡工具来帮助客户优化数据中心环境的可用性和能效。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，来帮助客户实现他们数据中心的性能目标。Wendy 在位于纽约州斯克内克塔迪的美国联邦学院（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。



[便携式模块化数据中心基础设施的财务和税务收益](#)

第 115 号白皮书



[数据中心项目：系统规划](#)

第 142 号白皮书



[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总拥有成本（TCO）的比较分析](#)

第 164 号白皮书



[预制模块化数据中心的分类](#)

第 165 号白皮书



[OH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比较计算器](#)

权衡工具 17



[数据中心设计规划计算器](#)

权衡工具 8



[1H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，或登录：

www.apc.com/support/contact/index.cfm