

数据中心项目： 验证/试运行

第 148 号白皮书

版本 1

作者 Dennis Bouley

> 摘要

如果不执行适当的验证和试运行，数据中心运行后更容易发生宕机，造成高昂的成本损失并中断业务连续性，而这些损失本应该是可以避免的。将所有物理基础设施组件整合后，执行验证和试运行可以保证数据中心运行性能，并调整物理基础设施投资。本白皮书将概述验证所得到的结果并介绍数据中心试运行的标准输入信息。本文还将说明验证和试运行的流程并讨论使之成功的关键因素，同时结合数据中心项目流程各阶段和步骤介绍试运行的输入信息和输出结果。

目录

[点击内容即可跳转至具体章节](#)

简介	2
验证/试运行定义	2
验证/试运行的输出结果	3
验证/试运行的输入信息	6
验证/试运行的作用	8
验证/试运行的流程	8
验证/试运行使用的工具	12
试运行的组织和协调	15
结论	16
资源	17

简介

在新建一个数据中心时，数据中心的业主不能确信各种物理基础设施子系统，包括电源、制冷、消防、安保和管理等能够协调一致。验证和试运行将从整体系统的角度审核和测试数据中心物理基础设施设计，确保最佳的系统可靠性。

传统的验证方法是一件令人望而生畏的工作。因为在完成验证调试前，系统无法正式投入运行。验证团队要求能尽快完成任务，因此承受的压力非常大。验证过程不但成本高，而且需要不同部门的工作人员共同参与。因此，过去几乎只有大型数据中心（20,000 平方英尺或 2,000 平方米以上）才会进行试运行。此前，还有许多数据中心经理甘愿承担风险，尝试进行小范围试运行或甚至不进行试运行，而仅仅依靠开机数据来推进新建数据中心竣工投产。但是，实际上需要系统 24x7 不间断运行，这种做法会带来重大系统故障风险以及与之相伴的系统宕机，因此已不再是一种经济可行的选择。现在，试运行已经成为一种开展业务的必要条件。

数据中心项目各阶段

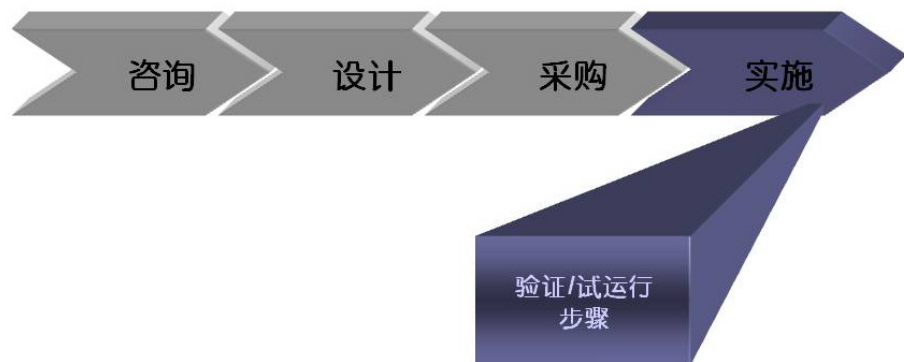


图 1

数据中心项目
规划和建设过程

资源链接
第 140 号白皮书
数据中心项目：标准化流程

从整个数据中心项目规划和建设的阶段步骤来看，试运行属于实施阶段的一部分（见图 1）。在实施阶段内，试运行将在物理基础设施系统到货、组装、安装和开机后开始执行。只有当试运行完成后，才能够开始数据中心工作人员的入职培训和岗位培训。关于数据中心项目规划和建设的流程详情，请参见第 140 号白皮书《数据中心项目：标准化流程》。

验证/试运行定义

验证和试运行是一种证实可靠性的技术，是对数据中心的规划和建设过程的记录和验证。验证和试运行的起源可追溯到许多独立设备供应商，在过去 10 多年里，他们在安装自己提供的数据中心系统组件后为客户提供“开机”服务。每个开机过程都按照合同约定的条款进行，但各个组件的开机过程相互独立，并无关联。总承包商采用许多设备供应商提供的产品并进行安装。这些供应商都需要遵守实施安装进度计划。当所有供应商完成他们各自的产品安装后，他们会要求实施经理出具一份完工证明。这张证明表明合同约定的系统已经安装完成并且可以投入运行，然后供应商要做的就是提出付款请求。但是，并没有任何合同条款约定所有这些供应商的产品必须能够整合一致，协调工作。

当标准设备开机步骤不能识别系统范围内的缺陷时（见图 2），人们开始尝试对整个数据中心进行验证和试运行。数据中心经理如果出于时间和成本的原因而放弃了试运行，那么他将不能有效判断数据中心在目标关键负载上的处理能力。

集成化试运行

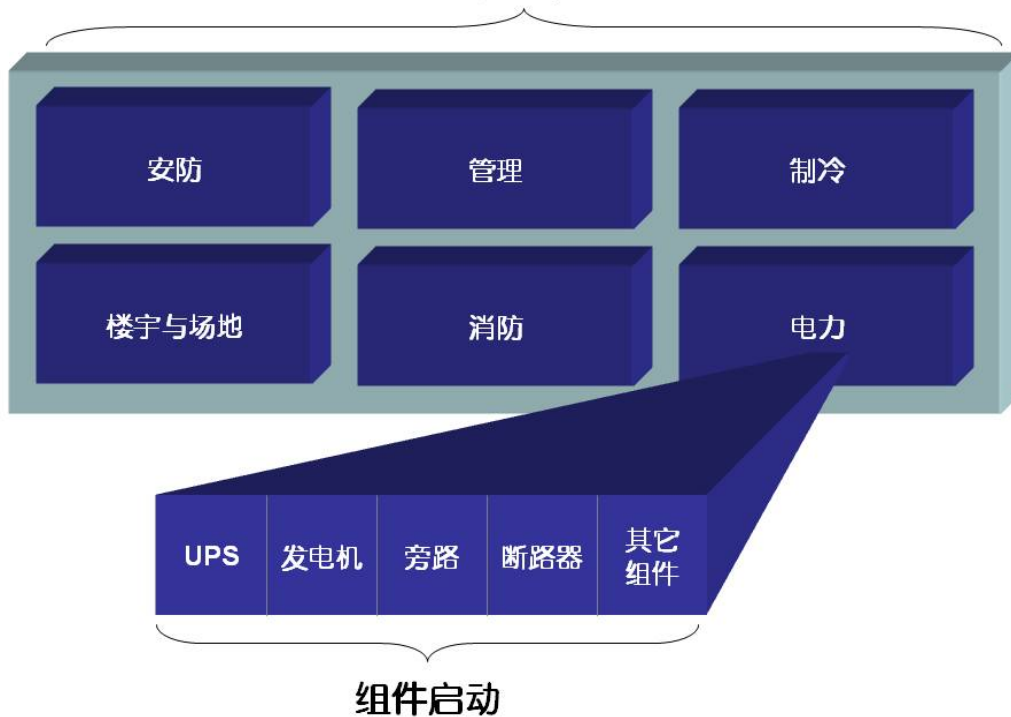


图 2

产品只关注能否正常开机，而忽略了关键子系统的恰当整合

复杂试运行通常只针对中到大型的新建数据中心。如果是运行关键任务负载的小型数据中心，也可以通过恰当试运行来提供数据中心总体性能，但成本将是一个需要考虑的因素。



资源链接

第 149 号白皮书

数据中心试运行时应避免的十个失误

企业在考量数据中心的验证和试运行时，可以将 ASHRAE 第 0 号指南《试运行流程》作为补充参考资源。这份文件不但描述了验证和试运行的概况，还详细介绍了验证和试运行的各个阶段以及每个阶段的合格标准、文件记录要求，以及对工作和维护人员的培训要求。关于试运行的最佳实践信息，请参见第 149 号白皮书《数据中心试运行时应避免的十个失误》。

验证/试运行的输出结果

验证和试运行过程中获得的信息应当形成文件记录在案。如果试运行产生任何有形的实际利益，还应编写以下三份文件：

1. 竣工验收报告
2. 组件故障日志报告
3. 趋势分析报告

竣工验收报告

竣工验收报告应注明被测试的系统组件，执行过哪些具体测试，并且逐一说明各个组件是否通过测试。在进行故障分析时以及后续工作中，竣工验收报告是非常重要的参考文件。以下为竣工验收报告的内容大纲范例：

图 3

竣工验收报告大纲样本

<p>1. 数据中心说明</p> <ul style="list-style-type: none"> A. 面积（平方英尺/平方米） B. 关键物理基础设施组件 C. 组件冗余水平 D. 数据中心总体关键性等级 <p>2. 数据中心设计标准</p> <ul style="list-style-type: none"> A. 建筑平面图，标明物理基础设施各个设备的所在位置（包含机柜） B. 配电平面图 C. 制冷剂、冷水机和消防管路布局图 D. 现有送回风路径平面图 <p>3. 组件核实</p> <ul style="list-style-type: none"> A. 指定的设备型号（制造商、设备名称、设备型号、资产识别代码） B. 交货的设备型号（制造商、设备名称、设备型号、资产识别代码） C. 安装的设备型号（制造商、设备名称、设备型号、资产识别代码） D. 设备容量（功率、电压、电流） E. 一般设备条件 <p>4. 性能数据</p> <ul style="list-style-type: none"> A. 测试步骤 B. 预期结果 C. 实际结果 D. 通过或失败的标准

组件故障日志报告

组件故障日志报告，也称为故障模式影响分析（FMEA），主要针对未通过测试的系统组件，分析并记录该组件在这项测试中的故障对其上游或下游组件可能造成的影响。该报告应详细记录性能数据结果，说明已经发生的故障并建议相应解决方案。以下是组件故障日志报告的分类信息范例。

表 1

组件错误日志报告范例

测试区域 / 步骤号 / 序列号	故障 / 故障原因	受影响的系统	修改
<p>测试区域：电源</p> <p>步骤：21</p> <p>序列：12</p>	<p>故障：UPS 在从旁路模式切换到全功能模式后无法支持负荷</p> <p>原因：电池组端部的电池引线断开或未连接</p>	<p>发电机、负载和电池组</p>	<p>请电工长确认电池引线已正确连接，然后重新进行测试</p>
<p>测试区域：制冷</p> <p>步骤：38</p> <p>序列：3</p>	<p>故障：冷冻水无法流向 CRAC</p> <p>原因：冷凝器与 CRAC 之间的泵没有正常启动</p>	<p>冷水机、CRAC、冷凝器</p>	<p>请厂务工程师暂时先更换为备用泵，直到新泵到货安装为止</p>
<p>测试区域：消防系统</p> <p>步骤：42389</p> <p>序列：8</p>	<p>故障：烟感 A6 在测试时没有发出警报</p> <p>原因：进风口附近的传感器发生故障</p>	<p>气流分配系统、传感器聚合点、烟感装置</p>	<p>联系供货商更换烟感装置</p>

验证和试运行是一个持续过程。一旦所有运行参数确证完毕并且所有设置项检查完毕，试运行生成的文件将作为监控数据中心内变更和趋势的基准信息。

摘要/趋势分析报告

一旦试运行实际完成，应当编制和发出《趋势分析报告》。这份报告包括对可识别的系统性能趋势的管理总结。该总结包括系统说明的概要，并注明所遇到且已解决的问题，同时识别未来需要进一步采取行动的问题。此外，总结还要包括一份行动计划和来自执行验证和试运行的机构的书面文件证明数据中心完全满足企业设计方案的预期。本报告将综合阐述来自《竣工验收报告》和《组件故障日志报告》的数据。以下为试运行趋势分析报告的内容大纲范例：

概要

1. 数据中心综述
2. 验证/试运行前的数据（即，组件开机数据）
3. 验证/试运行范围概述

试运行方案概述

1. 被测试的程序
2. 测试顺序

数据中心试运行系统性能趋势

1. 包括数据中心物理基础设施的电源输入和热量输出。
2. 预计能耗报告，包括用电指标（EUI）和电力成本指标（ECI）。EUI 指数据中心内每平方英尺制冷面积所需消耗的千瓦数（kW）。ECI 指每年每平方英尺制冷面积所需消耗的电费。
3. 错误日志分析，重点关注根本原因。

结论

1. 未来进行扩展可能会产生的影响

验证和试运行文件应当放在数据中心的程序和操作档案文件中（图 5）。对于正规的公司系统来说将所获得信息和知识形成文件并归档非常重要，而不是仅仅掌握在少数一或两名员工手中，以防个别员工离职导致文件遗失。

如果验证和试运行的信息库可以自动操作，那么它可以作为负责安装新设备的供应商和新员工的有用培训工具。IT 支持部门和场地设施部门也可以利用试运行数据开展培训。培训可以让员工认识和理解试运行的测试结果。事实上，是否具备进行试运行测试的能力可以作为是否达到内部技术性验证水平的判断标准。



图 5
合理利用试运行的输出结果

验证和试运行数据的常见应用还包括：

- 比较未来性能与已知第一天的运行性能（趋势分析）
- 现场工作人员培训（即，关键程序的视频）
- 用于分析未来发生事故的根本原因（辩证分析）
- 用于对保修索赔、性能保证索赔和其它保险索赔事项的确证
- 为风险评估分析提供支持数据
- 作为评估系统总体性能表现的基准数据
- 识别需要重新设计或重新调试的系统组件
- 根据系统事件预测可能出现的结果

高级管理层也可利用验证和试运行信息库评估数据中心的未来可用性和使用寿命。

验证/试运行的 输入信息

在开始试运行之前，需要事先开展许多工作。这些关键输入信息包括以下内容：

1. 数据中心场地准备和安装工作
2. 组件开机数据
3. 数据中心设计参数

数据中心场地准备和安装工作

现场协调的目的是保证现场具备所有安装条件，包括确认是否已经达到所有系统要求，与相关分包商检查供电和制冷系统安装条件是否已齐备，以及确认平面布局设计是否恰当。确认和检查完毕后，可以开始安装物理基础设施的设备组件。

组件开机数据

系统组件的开机由数据中心工作人员和设备供应商共同负责。一旦一台设备到货并安装后，比如一台 UPS，下一步就是开机。开机一般包括通电运行，以确定设备组件是否能够正常工作。各个设备的开机测试结果应在试运行开始之前交付试运行团队。试运行团队必须决定试运行的范围，达到对系统进行集成测试的目的（请参见表 2）。

表 2

简易验证/试运行项目清单

供电系统测试	制冷系统测试	消防和安保系统测试	基础设施监测和控制系统测试
<ul style="list-style-type: none"> — 系统接地 — 发电机 — UPS — ATS — 整合电源系统 — EPO 	<ul style="list-style-type: none"> — 冷水机 — 冷冻水泵 — 冷却塔 — 冷凝水泵 — 水管管线 — 热交换器 — CRAC — 风管管线/气流 — 整合制冷系统 	<ul style="list-style-type: none"> — 水管管线 — 喷淋系统 — 仪表 — 泵 — 自动警报器 — 烟感装置 — 电子元件 — 双门互锁功能 — 门禁系统 — 安保摄像机 	<ul style="list-style-type: none"> — 电源监控系统 — CRAC 监控系统 — 湿度传感器 — 动作探测器 — 温度传感器 — 楼宇管理系统

数据中心设计参数

在传统数据中心设计中，数据中心设计师首先确定假设条件（即，500 平米，Tier II 级，10% 年度增长），然后利用自定义组件自主设计数据中心的物理基础设施。设计师会向同事征询意见，确认设计准确性并做设计纠正，然后发布最终设计。设计流程包括评估、定制零部件以及重新设计——复杂性越强，错误发生率越高。这种传统设计方式存在高风险并伴随高成本，让许多数据中心经理难以拿出额外资金为数据中心开展试运行。

现代数据中心设计则采用完全不同的方式。在设计之前，设计师会进行详细的分析，包括功率密度、关键性等级（类似于数据中心的 Tier 分级）、供电和制冷容量规划以及数据中心的成长计划，由此得到成型的设计。这些设计参数最终以布局图的方式呈现。这份布局图可以帮助试运行团队计划和执行整合系统组件测试（如图 10）。

幸运的是，物理基础设施的最新创新技术，比如可扩展、模块化的电源和制冷组件，已经将标准化组件引入设计流程。产品和程序的标准化对物理基础设施来说益处良多，它可以理顺和简化从初始规划到日常运行的各个流程。关于物理基础设施标准化所带来的可用性、灵活性和总拥有成本方面的收益详情，请参见第 116 号白皮书《数据中心物理基础设施中的标准化和模块化》。采用标准系统组件后，验证和试运行将更为简单易行并更加实惠，不论是小型还是大型数据中心都有能力和资金执行验证和试运行。


 资源链接
第 116 号白皮书
数据中心物理基础设施中的标准化和模块化

图 6

内部和外部资源均可作为试运行提供输入信息



验证/试运行的作用

验证和试运行可以帮助我们比较数据中心的实际系统性能和设计师设定的系统性能。验证和试运行的本质在于“保证可靠性”。传统保险措施的主要目的在于当家庭或公司发生事故时可以减轻负债。试运行则是通过提前确认系统是否能够整合运行来降低事故风险。此外，试运行还能演示在故障场景中设备和系统的运行状况。

在判断试运行的价值时，数据中心经理需要考虑宕机成本是否高于验证和试运行所产生的成本。根据某些全球工程咨询公司的经验，最好是将约 2% 的数据中心总体项目成本投入到试运行上。大多数情况下，在执行试运行后，数据中心业主可在数据中心总体性能上获得 5~10% 的投资回报。¹

验证/试运行的流程

验证和试运行的主要流程包括：

1. 规划
2. 投资
3. 选择验证和试运行机构
4. 制定验证和试运行方案
5. 建立指挥中心
6. 测试
7. 文件记录和归档

规划

验证和试运行的流程在物理基础设施实际到货前几个月就已经开始。在实际试运行开始日期前数周应开始组织和召开验证和试运行例会。各种组件子系统供应商应在计划阶段提供相关开机文件。在这些计划会议上，应向主要和次要利益相关方通报试运行的进度安排。会议上可制定计划，设定事件执行顺序并协调进度。在计划阶段，应明确参与试运行的各团队成员职责。验证和试运行的目的是尽可能多地识别和消除单点故障（SPOF）。新设施更容易控制整个数据中心环境的运行部件。在新数据中心内，所有工程和运行假设数据都是新的并且易于获取。此外，需求和限制也能够被充分掌握，而且可以随时找到关键工作人员。比如，需求是电池备用时间应达 5 分钟，而同时也有限制条件，比如发电机不能工作超过 30 分钟。

¹ 数据中心世界，《关于试运行的必要知识》，2006 年 3 月

已有设施相比新设施则有更多局限性。在已有数据中心里，原始验证和试运行文件可能只包括组件开机信息。而原来记录该信息的工程人员可能已经离开。租约的房东可能已经更换。总承包商的记录可能不完整或者完全找不到。分包商和供应商文件可能已经过期，或者有误，又或者是没有。内部管理层和/或原始利益相关方可能已经变更。公司可能已经被兼并或收购。简而言之，要求已有数据中心试运行项目的预期条件与新数据中心项目一样是不现实的。这些错综复杂的试运行情况更反映出自动化、提前准备、文件编写和归档存放以及检索的重要性。

新数据中心的平均更新周期为四年，即四年后该数据中心应进行一次重要的升级更新。因此，在初始阶段就用最佳的实践方法来执行验证和试运行非常重要。如果已有数据中心有恰当的过往文件记录，那么这些文件记录可以用作新建数据中心的基准数据。此外，所有跟踪记录都可以作为新设计的输入信息。已有数据中心的成本记录也可修改使用，让新建数据中心的预算更加精确，并且已有和新设备的可靠性也可以得到精确预测。原有验证和试运行的总体投入可作为新设计/建设项目的有用参考。

投资

验证和试运行的范围取决于企业对成本和需求的预期。试运行前期工作执行得越多越彻底，试运行项目的后期就越快且所需的成本越少。试运行就像是一张针对数据中心可靠性的保险协议。比如，以人寿保险为例，被保险人年龄越大，他/她支付的保险费就越高。验证和试运行也是一样，它的投入与数据中心已经投入使用的年限成正比。对一个已经运行 10 年的数据中心进行验证和试运行是可行的。但是，相比之下，考虑完全更换这个数据中心可能在成本上更为划算。

选择验证和试运行机构

在如何选择验证和试运行机构这一点上，存在许多不同意见，也有许多影响因素。对于中型至大型企业来说，最佳方法是确保试运行机构的独立性，因为这类企业期望借助无倾向性的验证流程提高自身的企业形象。

财务部门对外部审计机构也采取类似的态度，要求外部审计机构保持独立性。大多数公司遵循一般公认会计原则（GAAP）。GAAP 要求独立审计机构参与对所有公共财务数据的验证。审计机构不允许存在任何有损自身独立立场的附属关系。大多数公司的内部审计要求强制规定试运行机构必须符合与财务部门一样严苛的独立性原则，因为数据中心试运行的验证结果会被投资者用于进行风险评估，而且这些试运行文件还有可能被公开。

如果企业或业主选择不雇佣独立的试运行机构，那么一般会使用设计工程师或施工公司开展试运行。无论选择外部试运行机构还是选择有关公司执行验证和试运行，都建议考察他们是否具备执行整合试运行的能力和经验。

一旦业主选定承包商，那么试运行机构也应当及早介入。试运行团队尽早介入可以获得最真实且最未经过滤的信息，并且更有利于识别潜在的单点故障（SPOF）。同时，试运行团队尽早开始还可以降低试运行在项目成本超支时沦为预算缩减的牺牲品的可能性。

制定试运行方案

在对设备进行整合测试前，应当制定完善的测试方案。测试方案具有重要意义，因为它为所有数据中心关键要素的测试提供了时间顺序和规则路线。方案也将为所有测试结果提供判断标准。按照方案的指示，试运行团队可以观察和验证各物理基础设施组件对其关联组件的运行影响。

方案一般由独立试运行机构编写。如果公司或业主选择不采用独立试运行机构，那么也可以由设计师或施工单位编写方案。总体方案在实施阶段逐步编写完成，并针对具体的物理基础设备进行细化。

编写方案前必须首先确认所有子系统是否已经通过制造商的开机测试。各组件子系统的供应商应提供开机测试相关文件并在试运行开始前恰当结合到试运行方案中。方案讨论例会应在试运行实际开始之日前定期举行。在例会上，应当讨论和审核总体方案，并针对各具体物理基础设备进行细化和修改。当所有独立子系统的方案编写完成后，它们将被加入到整合系统试运行方案中。

一旦所有开机测试确认完毕且试运行方案已就绪，即可以开始进行整合测试。

建立指挥中心

根据整合试运行测试的复杂程度和规模，可能需要建立一个指挥中心。小型数据中心可能只需要简单地指定一个负责人来担任指挥中心的作用，即在测试过程中担任沟通“枢纽”。指挥中心的目的是协调各种测试活动，为下一步测试签发许可，处理所有内部和外部沟通事项以及保存和提供所有联系人和应急机构的联系方式和电话号码。

实际执行验证和试运行任务的工作人员不应过多承担外部沟通和文件记录等琐碎工作，这一点至关重要；这些工作应由指挥中心负责。测试小组需要专注于安全和测试。

图 7 展示的是指挥中心人员与试运行机构之间的常见沟通状况，突出展现了试运行过程中测试活动的时间顺序和精确性的重要性。

图 7

指挥中心常见沟通状况范例

“试运行机构（CA）至指挥中心（CC）：是否允许开始执行 CB #102，方案测试行 EE15，时间 01:05?”

“指挥中心（CC）至试运行机构（CA）：请等候 IT 支持部门和工程部门的确认，时间 01:15”

“指挥中心（CC）至试运行机构（CA）：已确认，允许开始，时间 01:34”

“试运行机构（CA）至指挥中心（CC）：执行 CB # 102 打开，上锁和挂牌，时间 01:40”

“试运行机构（CA）至指挥中心（CC）：是否允许开始执行方案测试行 EE 16，时间 01:45”

“指挥中心（CC）至试运行机构（CA）：允许，执行方案测试行 EE 16，时间 01:47”

请注意指挥中心沟通记录上的时间标识，它可以帮助提高后续任务的执行水平。指挥中心可以确保方案被严格遵循，不会因走捷径而导致潜在事故和宕机。

人员疲劳也是必须考虑的因素。在理想的情况下，每个试运行工作人员都时刻精力充沛并且有很高的警惕性，但是事实并非总是如此。指挥中心必须确保执行任务的试运行团队成员休息充分，精力充沛。如果不是，人为失误的可能性将大幅上升。有许多方法可以帮助避免工作人员疲劳工作：

- 尽量将试运行测试时间安排在白天而不是深夜。
- 监控工作人员执行测试的时数以便合理安排轮班。
- 避免让工作人员在周末加班，特别是如果他们已经连续紧张工作数天后

测试

每台设备都应接受续发故障测试，然后重启并恢复到稳定运行。续发故障指一台组件发生故障（比如发电机）的信息被传递到第二台与之相连的组件（比如空调系统），第二台组件能够采取适当措施尽量缩短宕机时间或做好准备在电源恢复后重新开展工作。各台组件和整合系统都应接受这个测试。它包括完全断电和自动重启两个步骤。

供电系统：供电系统试运行首先应对高压电力服务进线进行测试。然后是中压主供电系统，包括并联开关、转换开关、应急发电机、UPS 系统、数据中心监控系统以及机柜配电系统。所有照明和生命安全系统包括紧急断电系统（EPO）也应接受测试。最后，电力系统试运行还应包括短路和断路器的测试，验证所有断路器和接地故障的脱扣设定值是否正确。

制冷系统：制冷组件包括冷却塔（包括进水水源）、冷水机、水管管线、泵、变速驱动器、化学品或其它水处理系统以及过滤系统。同时还包括建筑加湿系统、通风系统、采暖系统和机房空调（CRACs）。

消防系统：消防试运行首先是检测进水和示位阀（PIVs），然后测试警报系统和自动报告系统，最后是喷淋和/或清洁剂（气体）消防系统。

监控和管理系统：建筑管理和能源管理监控系统的试运行与各主要系统测试同时进行。每次警报都应进行确认。

人身安全系统：在试运行期间，也应测试保卫中心的现场视频监控系统、人身安全装置，比如双门互锁功能和读卡器、以及中央广播系统。所有墙上的管孔应仔细检查，确定是否已安装防护栏。这些防护栏可以防止入侵者从屋顶进入建筑内部，比如沿大型风管爬进数据中心。

备件：如果部署了新型的模块化 UPS 或小型设备、备件，比如备用电源功率模块，这些设备和装置也应包含在试运行范围内。比如，原装电源模块应首先测试，然后取出这个原装模块，换上备用模块接受测试，以便确认原装模块和备用模块都能正常工作。测试完成后，将备用模块放在安全环境中妥善保存（即用防尘塑料包装），直到被用于更换原装模块。

验证/试运行使用的工具

验证和试运行将测试所有系统在协同合作时的“运行顺序”，同时还将测试和记录系统的性能极限。在试运行期间，自动故障和恢复模式也应接受测试并进行记录，以确保冗余能够正常工作。

尽管物理基础设施在试运行之前安装，但数据中心的 IT 设备通常不会在试运行期间满负荷工作（请参见图 8）。因此，在系统测试时可能没有足够的热负荷。这种情况下，可以使用负荷箱引入热负荷，让供电系统和制冷系统接受模拟测试。

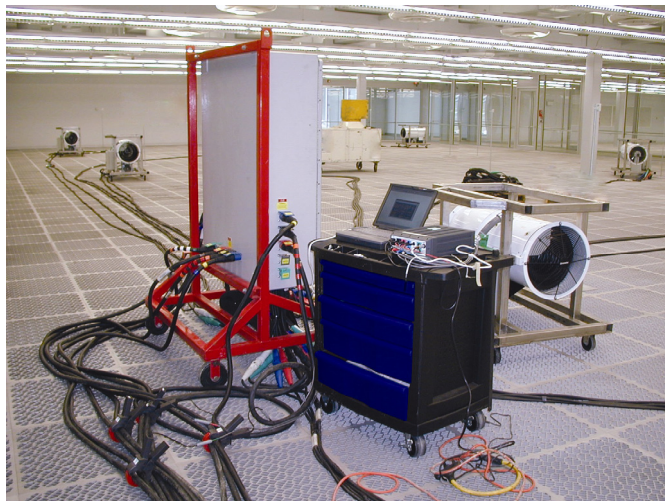


图 8
大型负荷箱模拟计算机负荷

高密度数据中心的验证和试运行

利用负荷箱模拟数据中心电气负荷的传统方式不但成本高而且不能满足数据中心整合试运行的趋势需求。这种传统方式主要是测试电力质量调节系统，而对机械制冷系统，比如机房空调，没有足够的测试作用。传统负荷箱所面临的挑战是无法产生足够的热负荷来模拟和测试机房空调系统的工作极限。

由于刀片式服务器技术已经被越来越多的数据中心所采用，热量管理也变得越来越重要。刀片式服务器可以产生 24 kW/机柜以上的负荷。

目前为止，还没有一种试运行技术可以同时测试电源和制冷系统，也没有一种技术可以建立能够精确测试高密度数据中心所需电源和制冷的环境。施耐德电气旗下 APC 开发出一种端到端可靠性测试，操作轻松而且安全。它利用安装在标准 IT 机柜或机架上的“服务器模拟器”依照电气负荷、热量和气流复制 IT 负荷（请参见图 9）。



图 9

机架安装式服务器模拟器可设定热量和风量

施耐德电气旗下 APC 的临时独立电阻加热器可以安装在数据中心的机柜上，作为人工仿造的服务器负荷。这些加热器可按照每台机架的设计服务器电气负荷和风量设定负荷量和风量，也可以直接插入为服务器供电的配电系统，因此所有配电都可接受测试。当负荷箱到位且功能测试开始进行时，制冷、供电和监控系统必须准备就绪。

临时的独立机架安装式加热器的测试对象包括：

- 配电安装
- 热通道/冷通道气流
- 机柜内热风流向
- 安装在机柜上的插座
- 为机柜供电的 PDU
- 整个物理基础设施系统的管理（包括机柜）

也可用于测试以下内容：

- 实际机柜制冷需求

- 通过 UPS 测试和故障模式下运行检测自动关闭参数
- 机房空调（CRAC）系统的运行状况
- 机房空调（CRAC）的冷却水系统

方案核对表

验证和试运行中另一个有用工具是方案大纲。在大多数情况下，试运行机构会使用标准方案大纲并按照具体的组件做一定修改。在实际测试中，方案应当是一份纸文档或电子文档，涵盖测试步骤及每项测试活动的预期结果。同时，它还应包括每项测试活动的核对表，测试完成后可在上面注明实际测试结果和评论（请参见图 10）。所有与测试相关的人员都持有一份内容相同的测试方案文件。方案和测试记录文件，经过恰当设计和整理，将成为 IT 工作人员预防系统故障的有力工具。

图 10
闭路过渡式转换开关
测试方案缩样

编号	勾选项	描述	结果	是否执行?	执行人
132	✓	基本运行测试 - 手动切换	n/a	是	_____
133	✓	(进行如下功能测试)	n/a	是	_____
134a	✓	自动转换开关 (ATS) 至“接通”位置	通过	是	_____
134b	✓	自动转换开关 (ATS) 禁用旁路	通过	是	_____
134c	✓	禁用闭路式转换 (CTTS) 功能	通过	是	_____
135	✓	测试步骤	n/a	是	_____
136a	✓	校验是否满足以上条件	通过	是	_____
137b	✓	自动转换开关 (ATS) 至“测试”位置	未通过	否	_____
137c	_____	自动转换开关 (ATS) 切换至旁路			_____
137d	_____	自动转换开关 (ATS) 至“测试”位置			_____
137e	_____	自动转换开关 (ATS) 至“断开”位置			_____

试运行的组织和协调

除测试人员和指挥中心人员外，试运行还应包含关键利益相关方的参与。如果关键团队成员能够目睹故障发生过程，他们在补救和重新测试时就可以提供更多有建设性的反馈意见。试运行团队应包括以下人员：

- 业主方团队（可包括 IT 部门、厂务部门、生产部门和关键业务部门的代表）
- 设计方团队（可包括建筑师/工程师、室内设计师和其它专业设计顾问）
- 承包商团队（包括承包商、外联项目经理、内联项目经理和重要的分包商）
- 供应商/供货商（各产品代表）
- 独立的试运行执行机构

这些利益相关方需要协同合作才能保证试运行成功。试运行机构负责牵头执行试运行流程，业主和供应商一般负责具体执行测试。文件记录由试运行团队和业主代表负责。设计方和承包商应尽早参与到试运行中，为试运行的方案制定和进度安排提供输入信息。

结论

数据中心物理基础设施试运行流程可以比作一个保险企划。业主必须权衡试运行的成本和潜在的损失风险。主要利益相关方的责任是确保整合试运行所带来的利益不会随时间而降低。和保险一样，试运行机构应定期续约或在发生重大事件时检测系统的当前整合状况，因为风险和可靠性会随业务需求的变化而随时变化。

整合试运行会产生大量的测试结果记录文件、程序文件和过程文件。试运行的输出结果就是企业的物理基础设施信息库。如果良好保存，试运行文件可以用于物理基础设施进修培训和新员工入职培训。如果信息经过电子化和自动化，还可作为未来数据中心项目的有用设计参考数据。如有需要，施耐德电气旗下 APC 可以提供验证和试运行支持服务。




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（The Green Grid）撰写了多份白皮书。



 **数据中心项目：标准化过程**
第 140 号白皮书

 **数据中心试运行时应避免的十个失误**
第 149 号白皮书

 **数据中心网络关键物理基础设施
中的标准化和模块化**
第 116 号白皮书

 **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