

制定和评估数据中心维护方案的基本框架

第 178 号白皮书

版本 0

作者 Bob Woolley

> 摘要

不完善的维护和风险应对流程会很快破坏设施的设计意图。因此，了解如何正确制定和执行运维（O&M）方案并实现预期的性能要求至关重要。本白皮书定义了一个基本框架，称作“级别基础设施维护标准（TIMS）”，用来校验已有的或拟定的维护计划以便满足设施运行和性能的要求。该基本框架也有助于维护方案在公司内部更容易被理解、传播和执行。

目录

[点击内容即可跳转至具体章节](#)

简介	2
基本框架介绍	2
评估维护方案	4
解读评估结果	5
结论	6
资源	7
附录A：结构化维护方案的检查清单	8
附录B：词汇表	10

简介

当今世界越来越趋于信息化，建造高冗余的数据中心需要投入数十亿美元以便提供高可用性的信息技术解决方案。这些大额投资产生了许多精良的基础设施设计，所设计出的设施不但可靠性高而且具有出众的能效表现。但是，不论规划和施工如何优秀，如果运维（O&M）方案设计或执行不佳，最终也将前功尽弃。维护不足以及欠缺风险应对措施将很快破坏设施的设计意图。因此，了解如何正确制定和执行运维（O&M）方案并实现预期的性能水平至关重要。本白皮书定义了一个基本的方法，即运用基础设施维护标准来校验已有的或拟定的维护计划以便满足设施的运行和性能要求，并且这种方法也有助于维护方案在公司内部更容易被理解、传播和执行。

用于关键性任务设施的级别基础设施维护标准（TIMS）

虽然大家都普遍认可要实现数据中心的性能和效率目标离不开良好的运维方案，但如果不是维护领域的专业人员，其实很难弄清楚什么是好的运维方案。设施本身具备的适应性常常会掩盖存在的运行缺陷，而且这些缺陷会对数据中心的可用性、性能和效率产生负面影响。

为了响应这一需求，本白皮书将为您介绍对关键性任务设施的运维方案进行分类的基本框架。这一框架体系称作“级别基础设施维护标准（TIMS）”，它可以直接用于评估运维方案的成熟度（已有的或拟定的方案），来帮助您理解相关的风险水平以及将有关信息在公司内进行有效的传播。TIMS 还可以帮助以数据中心性能目标为基础制定相应的维护策略，并且在关键性任务设施的运行团队、行政团队和管理层中实现信息透明化。

基本框架介绍

基本框架由四个维护服务层次或级别组成：

- TIMS-1：故障后维护
- TIMS-2：非结构式维护
- TIMS-3：结构式维护
- TIMS-4：促进式维护

TIMS-1：故障后维护

这个级别的维护反映的是传统的维护方式，即“如果不发生故障，就不用去维护。”这个级别的维护是响应式维护。当设备发生故障时，维护技术人员才会被安排去进行维修。如果系统有冗余配置并且状态良好，同时只发生了一处已经进行了隔离处理的故障，这种方式可能不会影响关键负载或者影响很小。但是，如果没有预防性维护方案，那么同一时间发生多处故障的可能性将增大，而其结果甚至可能会导致冗余系统失灵。

选择这种级别的维护可能是因为运行中断造成的预计成本损失比实施预防性维护的成本低。当预算较紧时，“故障后维护”常常被看作是降低成本的一种方式。这种风险计算方法类似于你自己感觉身体很健康因此停交医疗保险一样，可能会导致灾难性的后果。统计结果显示，在维护成本上获得的短期节省最终很有可能远小于长期运行中发生的运行中断或维修所导致的成本。

很多时候，在维护能力有限而又不能取消一部分关键负载时，系统没有冗余配置为采用“故障后维护”提供了正当理由。比如，开关柜或是为单线服务器供电的 PDU 上发生的单接点故障。但是，在这种维护方式下，如果系统组件发生故障，系统运行就一定会中断，并且还可能延长运行中断的时间。

TIMS-2：非结构式维护

TIMS-2 维护方案只是包含了基本的预防性维护，但是没有就如何执行维护以及评估维护效率进行规定。事实上，制造商的维修代表通常会采取这种方式，或者公司内部拥有值得信赖的技术团队时也有可能造成一种万无一失的错觉。即使合格的专业人员也会犯错误，或过于关注单个组件而不是整个系统。这种维护方案可能在某些环境下能表现良好，但是还不能满足承担关键任务数据中心的严格要求。然而，在业内这种方式还在被广泛采用。

简单的遵照制造商的建议进行维护并不能保证已经采取了所有措施来最大程度地实现关键负载的可用性。如果维护方案中没有对每台设备（影响系统相互依存性的设备）的维护工作内容进行详细说明，那么一些重要的维护步骤就有可能被忽略。如果没有为关键系统制定正确的程序方法（MOP），在维护过程中发生人为失误的可能性将增大，要知道即使经验丰富的技术人员也有可能因为精神不集中而开错阀门或开关。

非结构式维护的一个普遍特点是过于依赖个人的工作表现。值得信赖、经验丰富的专业维护人员是会让人放心。但是，如果一个公司的设施维护知识只是保存在个别技术人员的头脑里，这实际上已经提高了风险，因为无论经验多么丰富的个人都有可能失误，而且也有可能随时带着重要的维护信息离开公司。

非结构式维护的另一个特点是，工作人员在跟随经验丰富的前辈学习一段时间后，即被允许在未经事先许可、考核或接受正式培训的情况下执行各种不同的维护工作。非结构式、缺乏文件记录的维护方案可能增加维护工作的随意性，并且出现人为失误的几率也很高。

TIMS-3：结构式维护

结构式维护的目标是通过消除凭猜测去做工作而使运行时间最大化，同时尽量减少人为失误。这需要一定的纪律性和经验才能恰当完成。每个维护步骤都必须进行严密的评估。还应制定相应的政策来控制如何收集信息以及收集哪些信息，并且如何根据这些信息采取行动以及形成文件记录。维护方案还应规定如何识别、培训、监督和评估合格的维护工作人员。同时，需要制定正确的工序以便精确管理如何执行以及何时执行。

结构式维护采用运维领域各个方面的最佳实践并且将它们有效整合成一个方案而不是简单的拼凑在一起。其目标是系统化的消除可能导致失误的可变因素。在这个层次上的维护工作具有前瞻性、可控性并有文件记录。

结构式维护的特点包括正式的工作人员培训计划，文件系统（包括所有现场设备的维护工作内容和标准作业程序 SOP；针对所有维护活动所利用的详细程序方法（MOP）的工序变更程序；详细的应急准备和响应计划；质量管理体系；专业支持系统，比如电子文档管理系统（EDMS）。

需要注意的是，不是只有对可用性要求较高的设施才有必要采用结构式维护方案。只要执行彻底，结构式维护可以增强任何设施的设计性能。有时，我们也会遇到确实无法进行同步维护的情况，这时系统可能需要受控关闭，但是相比意外、不受控的宕机，这显然是更好的选择。

TIMS-4：促进式维护

促进式维护是最高级别的维护服务。它既包含了结构式维护方案，同时数据中心的设计还配置了多种电源和制冷配送线路以及冗余组件来帮助实现同步维护（比如：Tier III 或以上级别）。这种设计可以隔离单台设备进行维护而无需中断系统运行。此外，另一个重要组成部分是建筑自动化系统（BAS）和/或数据中心物理基础设施管理（DCIM）系统，它们可以连续监控关键基础设施，分析设备的性能趋势，在控制参数偏离预设值时向操作员发出警示，此外还允许自动控制设备排序。最后，这种维护还采用计算机维护管理系统（CMMS），以提高维护活动的日程安排效率以及加强维护效率的分析和管理的。

在这种情况下，结构式维护结合下列措施将实现最大可能的可靠性：

- 隔离冗余系统组件以进行全面测试和维护，在尽量降低宕机风险的同时极大地提高可靠性。
- 自动化系统可以降低人为失误的风险，并且能够更快、更准确地应对突发事件。
- 连续监控关键系统，分析设备的运行参数趋势，协助更好地完成突发性和状态性维护活动。
- 资产管理系统和维护数据管理系统可以帮助优化维护计划并且能够报告关键数据以便跟踪和改进设备的可靠性。

评估维护方案

按照上述方法建立 TIMS 框架后，现在我们为您介绍如何利用它快速、可靠地评估已有或拟定 O&M 方案的维护水平。以下是在做评估时用到的工具和资源：

- 维护记录
 - 资产数据库/清单
 - 年度维护计划
 - 上一年的维护记录
 - 关键设备的维护工作范围（维护频率和工作描述）
 - 维护计划服务合同
- 操作程序
 - 应急操作程序（EOP）
 - 标准操作程序（SOP）
 - 程序方法（MOP），亦称作“维护工序”（MP）
- 操作流程
 - 巡查清单
 - 换班日志
 - 管理变更流程
- 培训计划
 - 培训计划说明
 - 培训材料
 - 人员培训记录
- 支持系统
 - 楼宇管理/自动化系统（BMS/BAS）
 - 数据中心基础设施管理（DCIM）系统
 - 电源监控系统（EPMS）
 - 计算机维护管理系统（CMMS）

了解我们需要用到的上述工具和文件后，确认它们是否存在：

- 准确、全面的关键资产数据库或清单
- 已发布的年度维护计划（包含所有资产）
- 上一年的维护记录(包含每一项维护活动)

如果它们不存在或不确定是否存在，那么设施可能正处于或即将处于“故障后维护”（即，TIMS-1）模式。

如果这些工具存在并且被公司正确使用，那么下一步需要考虑的是：

- 每个设备型号都有书面的维护工作范围，里面规定了维护频率以及维护工作的详细描述
- 利用该信息制定了详尽的程序方法（MOP，亦称作“维护工序”）用来监控每次维护活动
- 制定了应急程序以便在发生系统故障时作出恰当的应急响应
- 按照这些场景设置定期开展相应演习
- 制定了成文的设施巡查清单
- 工程人员在交接班时通过写日志来交接工作
- 在设备安装和维护时遵守成文的变更管理程序
- 成文的培训计划涵盖了所有现场系统并且有书面的评估报告和年度复检程序

如果其中一项或多项缺失，那么数据中心可能正处于非结构式维护（TIMS-2）模式。

如果所有这些考虑事项都存在并且被正确使用，那么数据中心很可能正处于结构式维护（TIMS-3）模式。如果所有这些系统都可同步维护，并且还有 BAS/DCIM 系统，EPMS 系统和 CMMS 系统提供维护支持；那么从运维的角度来看，设施正处于最高层次的维护模式（TIMS-4）。

本白皮书最后的附录 A 提供了更详细的检查清单，可以用来识别结构式维护方案的各项要素。虽然它不是最详尽的检查清单，但您可以用它来进行快速自评，确定您的维护方案是否符合 TIMS-3 的标准。请注意清单里的每个检查项都必须实际进行检查，而不是简单查看是否存在。检查合格指的是流程、计划和工序都已形成文件并且被正确使用，而不仅仅是“已理解”或“已发生”。

解读评估结果

虽然不可能提供一个适用于各种情况的打分体系，但是可以确定的是如果你有一个或多个要素缺失，你的方案还没有满足 TIMS-3 结构式维护的总体标准。在实际运用中，很少有维护方案可以被简单地归入前文所定义的某一类别。更多的时候，它可能会呈现两种或以上维护层次的特征。比如，一个维护方案可能在电气系统上采用结构式维护，但是暖通设备上没有执行 MOP 或变更管理，因此暖通设备采用的是非结构式维护。再比如，一处设施在整体上采用的是结构式维护，但是在某一个开关柜上由于无法中断供电服务进行维护，因此它采用的是“故障后维护”模式。在此类情况下，判断基准以最低的维护等级为准，即：总体维护级别与设施内关键区域所执行的最低维护级别一致。

前文所述的评估流程是判断运维方案是否与业内关键任务设施最佳维护方式一致的快速方法。由于这些方案的复杂性，可能需要进行更深入的分析才能完全了解它们各自的优缺点，比如由关键任务设施专家来进行审核，可以是一次单独的审核，也可以作为设施全面评估的一部分。对运维方案的单独审核可以最好地确保方案的有效性，从而增强系统的可靠性，运行时间和效率。

优化维护方案

如果评估后发现你的维护方案与你的业务目标不一致，则应采取相应的纠正措施。这并不是说每个数据中心都需要 TIMS-4 或 TIMS-3 的维护方案。比如，有些公司部署了多个 Tier II 的设施以便在一个现场发生故障时保障系统正常运行，这时可能就不需要 TIMS-4 或 TIMS-3 的维护方案来满足他们的业务目标。另一方面，也不能仅仅因为你部署了 Tier II 的设施就说明你不需要 TIMS-3 的维护方案。这都取决于你的数据中心所支持业务的关键程度。但是，从常规来看，如果您投资建设了 Tier III 或 Tier II 的设施，您还是应当配置 TIMS-3 或更高层次的维护方案来保护您的投资。

如果不论你的设施是哪个级别，你都希望提高它的可靠性，那么为已有基础设施执行 TIMS-3 维护方案可以最大程度降低风险并且最大化您的利益。Tier II 设施采用 TIMS-3 维护方案可能比 Tier III 设施采用 TIMS-2 维护方案更可靠一些，因为后者的人为失误发生率更高。

考虑事项

按照 TIMS 的要求制定有效的运维方案时，必须考虑以下事项：

1. 工作范围：需要采取哪些具体措施来建立所需层次的 TIMS？
2. 预算：您的预算是否足以实现您所选择的维护级别？
3. 技术人员：你是否拥有内部技术人员能够管理和执行所需的维护工作？
4. 影响：执行这个方案对你的业务运行有什么影响以及可能带来什么样的风险？

结论

首先必须确定公司的宕机成本和风险承受能力，才能确定最适合其业务目标的 TIMS 等级。这是建立有效维护方案的前提条件。TIMS 等级是否最终实现取决于资源是否到位以及公司管理层是否决心长期执行和保持这个方案。

在评估关键性任务企业的整体维护范围时，维护方案的有效性是影响持续可靠性的真实水平的关键要素之一。如何执行维护工作存在大量的可变因素，因此确定恰当的维护级别非常困难。本白皮书提供了维护级别的定义并且阐述了运维的评估方法，可以作为你帮助公司确定恰当维护级别的工具。

分层式基础设施维护标准提供了系统化的方法将维护工作的等级与设施预期的可靠性水平相匹配。在你的维护方案中运用这些原则是实现数据中心可用性和业务可持续性目标的关键步骤。



关于作者

Bob Woolley 在关键设施管理领域已有 20 余年的工作经验。他是 Lee Technologies 的关键环境服务高级副总裁，Navisite 数据中心运营副总裁，以及 COLO.COM 的工程副总裁。同时，他还是 Securities Industry Automation Corporation (SIAC) 电信部的区域经理，并且他还拥有自己的关键设施咨询公司。Woolley 先生在为电信领域和数据中心领域的关键任务制定技术服务方案和运行方案方面拥有非常丰富的经验。



点击图标打开相应参考资源链



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

附录 A： 结构化维护方案 检查清单

类别	项目	有	无
安全			
	工作场所安全计划		
	针对所有工序开展风险分析		
	停工/挂牌计划		
	PPE 库存和测试记录		
	危险材料贴标		
	危险信息通告		
安保			
	供应商门禁控制		
	钥匙保管		
	针对供应商人员的安保向导		
应急准备和响应			
	应急操作程序		
	应急演练		
	事故升级处理程序		
	危机管理计划		
	事故记录和报告		
	故障分析		
维护方案			
	综合资产管理数据库		
	关键设备的维护范围		
	预防性/预见性维护标准		
	年度维护计划		
	备件库存和管理计划		
	分包商选择流程		
	测试设备校准记录		
变更管理			
	风险分析和通告		
	变更控制流程		
	通知和警示		
	质量体系		
	程序方法		
	图纸更新流程		
性能			
	维护级别协议		
	关键性能指标		
	性能衡量和报告准则		

类别	项目	有	无
效率			
	性能基准		
	气流管理计划		
	能效测量和报告		
	系统优化程序		
	持续改进计划		
文件记录			
	文件管理计划		
	精确设计的图纸		
	关键设施工作规则		
	设施巡查清单		
	标准操作程序		
	行政管理程序		
	倒班流程和日志		
操作管理			
	维护范围说明		
	工作人员职责		
	供应商管理流程		
	材料和工具库存清单		
培训			
	培训要求		
	资质标准		
	认证计划		
	个人培训记录		
	经验教训/未遂事件		
	持续教育计划		
运行支持系统			
	工单管理系统		
	电子文档管理系统		
报告			
	周报		
	月报		
	季度绩效报告		
	项目报告模板		

附录 B: 术语表

- **资产数据库**：设施系统和设备的详细清单，包括制造商、型号、序列号、容量、位置、系统 ID 和保修信息。它通常是 CMMS（见下文）的一个组成部分。
- **楼宇管理系统(BMS)**：一套用来控制和监督建筑及其附属构筑物功能状况的系统。
- **维护范围**：设备所需全部维护活动的详细清单，包含维护活动的频率。一般来说，该清单包含制造商推荐的维护活动，但也需要考虑设备的历史，维护人员的经验水平以及特殊的应用要求。
- **CMMS**：计算机维护管理系统（CMMS）由一系列的应用软件组成，用于计划、跟踪和监控维护活动，提供成本信息、人员信息和其它报告和记录。
- **DCIM**：数据中心基础设施管理将在数据中心的整个生命周期里收集和管理关于数据中心资产、资源使用和运行状态相关信息。然后传递、整合、分析和应用这些信息，帮助管理者实现业务和维护目标，优化数据中心的性能。
- **EDMS**：电子文档管理系统（DMS）由一系列应用软件组成，用于扫描、存储和追溯公司所使用的文件。在设施内，常用的文件类型包括设施图纸、操作和维护手册、维护合同、MOP、SOP、维护报告等。
- **EOP**：应急操作程序是针对发生可能性高或后果严重（或两者兼具）的紧急事件事先制定的详细响应程序。目的是控制事故的严重性和持续事件。通常还会模拟发生多处故障的实际紧急状况场景，运用一个或多个 EOP 来进行演习。
- **制造商建议的维护工作**：在制造商的操作和维护说明中规定针对设备进行的预防性维护活动。
- **MOP**：程序方法（MOP）是用来对关键系统实施维护的详细工作文件。MOP 规定了需要维护的设备，由谁来执行维护工作，使用哪些必要的工具和安全程序，包含了风险描述，详细工序，撤销程序和事故升级处理程序，授权签名，并记录维护数据。
- **现场设施工作人员**：在设施现场专门负责现场关键系统的工作人员。这些工作人员将执行日常的工作巡查，管理供应商，开展各种自主维护工作。设施工作人员负责创建和管理所有现场文件记录，包括 MOP、SOP 和应急程序。他们可能会/也可能不会全年 24 小时待命，具体取决于维护工作的需要。
- **新组件测试**：在安装到关键系统里之前，对组件进行的预先测试。如果条件允许，可以在现场做这个测试，但是如果需要在原产工厂测试，则需要提供相关的文件记录。
- **PPE**：个人防护设备。
- **预见性维护**：用于识别设备磨损或故障先兆的维护活动。预见性维护提供的提前预警可以在实际执行维护工作前帮助制定预算和维护计划。这样做可以提高效率，同时降低意外运行中断的风险。
- **质量体系**：公司对满足质量目标所做的安排和提供的资源。用来保证维护活动的预期结果，减少维护相关的失误风险。它包括执行 MOP 评审程序，安装前的组件预先测试，对完成的工作进行质量检查，以及开展定期的维护工作审核。
- **图纸**：反映设施实际竣工状况以及所有添加、位置变动和变更的最新建筑、电气、机械和设备平面布置相关图纸。
- **SOP**：标准操作程序（SOP）是详细描述执行规定流程所需具体步骤的文件。比如，如何将 UPS 连接到旁路系统或是如何将消防系统设置到测试模式。
- **等级评定系统**：由 Uptime Institute 制定的评定体系，它将设施基础设施的可靠性分成 4 个等级，从最低（Tier I）到最高（Tier IV）。
- **培训计划**：正式、全面的工作人员培训计划，规定了各种资质水平以及各种严格的测试和认证流程。将它与模型工具一起使用，可以帮助识别具体的维护工作以及具备何种资质的工作人员才能执行相应的维护工作。
- **供应商管理计划**：供应商识别、选择、管理和评估的系统化流程。它的目的是找出符合要求的供应商，记录他们的资质水平，明确他们的工作范围，获得合理的报价，监督他们的工作表现，提供反馈意见。

- **巡查清单：**详细的关键系统和设施基础设施设备情况，包括信息填写空格（比如电压、温度和压力）或状态勾选框。该清单在执行定期设施巡查时使用，目的是监督系统和设备状态，建立关键系统设置和相关数值的书面记录。