

制定和評估資料中心維護方案的基本框架

第 178 號白皮書

版本 0

作者 Bob Woolley

> 摘要

不完善的維護和風險應對流程會很快破壞設施的設計意圖。因此，瞭解如何正確制定和執行運維（O&M）方案並實現預期的性能要求至關重要。本白皮書定義了一個基本框架，稱作“級別基礎設施維護標準（TIMS）”，用來校驗已有的或擬定的維護計畫以便滿足設施運行和性能的要求。該基本框架也有助於維護方案在公司內部更容易被理解、傳播和執行。

目錄

簡介	2
基本框架介紹	2
評估維護方案	4
解讀評估結果	5
結論	6
資源	7
附錄 A：結構化維護方案的檢查清單	8
附錄 B：詞彙表	10

簡介

當今世界越來越趨於資訊化，建造高冗餘的資料中心需要投入數十億美元以便提供高可用性的資訊技術解決方案。這些大額投資產生了許多精良的基礎設施設計，所設計出的設施不但可靠性高而且具有出眾的能效表現。但是，不論規劃和施工如何優秀，如果運維（O&M）方案設計或執行不佳，最終也將前功盡棄。維護不足以及欠缺風險應對措施將很快破壞設施的設計意圖。因此，瞭解如何正確制定和執行運維（O&M）方案並實現預期的性能水準至關重要。本白皮書定義了一個基本的方法，即運用基礎設施維護標準來校驗已有的或擬定的維護計畫以便滿足設施的運行和性能要求，並且這種方法也有助於維護方案在公司內部更容易被理解、傳播和執行。

用於關鍵性任務設施的級別基礎設施維護標準（TIMS）

雖然大家都普遍認可要實現資料中心的性能和效率目標離不開良好的運維方案，但如果不是維護領域的專業人員，其實很難弄清楚什麼是好的運維方案。設施本身具備的適應性常常會掩蓋存在的運行缺陷，而且這些缺陷會對資料中心的可用性、性能和效率產生負面影響。

為了回應這一需求，本白皮書將為您介紹對關鍵性任務設施的運維方案進行分類的基本框架。這一框架體系稱作“級別基礎設施維護標準（TIMS）”，它可以直接用於評估運維方案的成熟度（已有的或擬定的方案），來幫助您理解相關的風險水準以及將有關資訊在公司內進行有效的傳播。TIMS 還可以說明以資料中心性能目標為基礎制定相應的維護策略，並且在關鍵性任務設施的運行團隊、行政團隊和管理層中實現資訊透明化。

基本框架介紹

基本框架由四個維護服務層次或級別組成：

- TIMS-1：故障後維護
- TIMS-2：非結構式維護
- TIMS-3：結構式維護
- TIMS-4：促進式維護

TIMS-1：故障後維護

這個級別的維護反映的是傳統的維護方式，即“如果不發生故障，就不用去維護。”這個級別的維護是回應式維護。當設備發生故障時，維護技術人員才會被安排去進行維修。如果系統有冗餘配置並且狀態良好，同時只發生了一處已經進行了隔離處理的故障，這種方式可能不會影響關鍵負載或者影響很小。但是，如果沒有預防性維護方案，那麼同一時間發生多處故障的可能性將增大，而其結果甚至可能會導致冗餘系統失靈。

選擇這種級別的維護可能是因為運行中斷造成的預計成本損失比實施預防性維護的成本低。當預算較緊時，“故障後維護”常常被看作是降低成本的一種方式。這種風險計算方法類似於你自己感覺身體很健康因此停交醫療保險一樣，可能會導致災難性的後果。統計結果顯示，在維護成本上獲得的短期節省最終很有可能遠小於長期運行中發生的運行中斷或維修所導致的成本。

很多時候，在維護能力有限而又不能取消一部分關鍵負載時，系統沒有冗餘配置為採用“故障後維護”提供了正當理由。比如，開關櫃或是為單線伺服器供電的 PDU 上發生的單接點故障。但是，在這種維護方式下，如果系統元件發生故障，系統運行就一定會中斷，並且還可能延長運行中斷的時間。

TIMS-2：非結構式維護

TIMS-2 維護方案只是包含了基本的預防性維護，但是沒有就如何執行維護以及評估維護效率進行規定。事實上，製造商的維修代表通常會採取這種方式，或者公司內部擁有值得信賴的技術團隊時也有可能造成一種萬無一失的錯覺。即使合格的專業人員也會犯錯誤，或過於關注單個元件而不是整個系統。這種維護方案可能在某些環境下能表現良好，但是還不能滿足承擔關鍵任務資料中心的嚴格要求。然而，在業內這種方式還在被廣泛採用。

簡單的遵照製造商的建議進行維護並不能保證已經採取了所有措施來最大程度地實現關鍵負載的可用性。如果維護方案中沒有對每台設備（影響系統相互依存性的設備）的維護工作內容進行詳細說明，那麼一些重要的維護步驟就有可能被忽略。如果沒有為關鍵系統制定正確的程式方法（MOP），在維護過程中發生人為失誤的可能性將增大，要知道即使經驗豐富的技術人員也有可能因為精神不集中而開錯閥門或開關。

非結構式維護的一個普遍特點是過於依賴個人的工作表現。值得信賴、經驗豐富的專業維護人員是會讓人放心。但是，如果一個公司的設施維護知識只是保存在個別技術人員的頭腦裡，這實際上已經提高了風險，因為無論經驗多麼豐富的個人都有可能失誤，而且也有可能隨時帶著重要的維護資訊離開公司。

非結構式維護的另一個特點是，工作人員在跟隨經驗豐富的前輩學習一段時間後，即被允許在未經事先許可、考核或接受正式培訓的情況下執行各種不同的維護工作。非結構式、缺乏檔記錄的維護方案可能增加維護工作的隨意性，並且出現人為失誤的機率也很高。

TIMS-3：結構式維護

結構式維護的目標是透過消除憑猜測去做工作而使執行時間最大化，同時儘量減少人為失誤。這需要一定的紀律性和經驗才能恰當完成。每個維護步驟都必須進行嚴密的評估。還應制定相應的政策來控制如何收集資訊以及收集哪些資訊，並且如何根據這些資訊採取行動以及形成檔記錄。維護方案還應規定如何識別、培訓、監督和評估合格的維護工作人員。同時，需要制定正確的工序以便精確管理如何執行以及何時執行。

結構式維護採用運維領域各個方面的最佳實踐並且將它們有效整合成一個方案而不是簡單的拼湊在一起。其目標是系統化的消除可能導致失誤的可變因素。在這個層次上的維護工作具有前瞻性、可控性並有檔記錄。

結構式維護的特點包括正式的工作人員培訓計畫，檔案系統（包括所有現場設備的維護工作內容和標準作業程式 SOP；針對所有維護活動所利用的詳細的程式方法（MOP）的工序變更程式；詳細的應急準備和回應計畫；品質管制體系；專業支援系統，比如電子文檔管理系統（EDMS）。

需要注意的是，不是只有對可用性要求較高的設施才有必要採用結構式維護方案。只要執行徹底，結構式維護可以增強任何設施的設計性能。有時，我們也會遇到確實無法進行同步維護的情況，這時系統可能需要受控關閉，但是相比意外、不受控的宕機，這顯然是更好的選擇。

TIMS-4：促進式維護

促進式維護是最高級別的維護服務。它既包含了結構式維護方案，同時資料中心的設計還配置了多種電源和製冷配送線路以及冗餘元件來說明實現同步維護（比如：Tier III 或以上級別）。這種設計可以隔離單台設備進行維護而無需中斷系統運行。此外，另一個重要組成部分是建築自動化系統（BAS）和/或資料中心實體基礎設施管理（DCIM）系統，它們可以連續監控關鍵基礎設施，分析設備的性能趨勢，在控制參數偏離預設值時向操作員發出警示，此外還允許自動控制設備排

序。最後，這種維護還採用電腦維護管理系統(CMMS)，以提高維護活動的排程效率以及加強維護效率的分析和管理的。

在這種情況下，結構式維護結合下列措施將實現最大可能的可靠性：

- 隔離冗餘系統元件以進行全面測試和維護，在儘量降低宕機風險的同時極大地提高可靠性。
- 自動化系統可以降低人為失誤的風險，並且能夠更快、更準確地應對突發事件。
- 連續監控關鍵系統，分析設備的運行參數趨勢，協助更好地完成突發性和狀態性維護活動。
- 資產管理系統和維護資料管理系統可以說明優化維護計畫並且能夠報告關鍵資料以便跟蹤和改進設備的可靠性。

評估維護方案

按照上述方法建立 TIMS 框架後，現在我們為您介紹如何利用它快速、可靠地評估已有或擬定 O&M 方案的維護水準。以下是在做評估時用到的工具和資源：

- 維護記錄
 - 資產資料庫/清單
 - 年度維護計畫
 - 上一年的維護記錄
 - 關鍵設備的維護工作範圍（維護頻率和工作描述）
 - 維護計畫服務合同
- 操作程式
 - 應急操作程式（EOP）
 - 標準操作程式（SOP）
 - 程式方法（MOP），亦稱作“維護工序”（MP）
- 操作流程
 - 巡查清單
 - 換班日誌
 - 管理變更流程
- 培訓計畫
 - 培訓計畫說明
 - 培訓材料
 - 人員培訓記錄
- 支援系統
 - 樓宇管理/自動化系統（BMS/BAS）
 - 資料中心基礎設施管理（DCIM）系統
 - 電源監控系統（EPMS）
 - 電腦維護管理系統（CMMS）

瞭解我們需要用到的上述工具和檔後，確認它們是否存在：

- 準確、全面的關鍵資產資料庫或清單

- 已發佈的年度維護計畫（包含所有資產）
- 上一年的維護記錄(包含每一項維護活動)

如果它們不存在或不確定是否存在，那麼設施可能正處於或即將處於“故障後維護”（即，TIMS-1）模式。

如果這些工具存在並且被公司正確使用，那麼下一步需要考慮的是：

- 每個設備型號都有書面的維護工作範圍，裡面規定了維護頻率以及維護工作的詳細描述
- 利用該資訊制定了詳盡的程式方法（MOP，亦稱作“維護工序”）用來監控每次維護活動
- 制定了應急程式以便在發生系統故障時作出恰當的應急回應
- 按照這些場景設置定期開展相應演習
- 制定了成文的設施巡查清單
- 工程人員在交接班時透過寫日誌來交接工作
- 在設備安裝和維護時遵守成文的變更管理程式
- 成文的培訓計畫涵蓋了所有現場系統並且有書面的評估報告和年度複檢程式

如果其中一項或多項缺失，那麼資料中心可能正處於非結構式維護（TIMS-2）模式。

如果所有這些考慮事項都存在並且被正確使用，那麼資料中心很可能正處於結構式維護（TIMS-3）模式。如果所有這些系統都可同步維護，並且還有 BAS/DCIM 系統，EPMS 系統和 CMMS 系統提供維護支援；那麼從運維的角度來看，設施正處於最高層次的維護模式（TIMS-4）。

本白皮書最後的附錄 A 提供了更詳細的檢查清單，可以用來識別結構式維護方案的各項要素。雖然它不是最詳盡的檢查清單，但您可以用它來進行快速自評，確定您的維護方案是否符合 TIMS-3 的標準。請注意清單裡的每個檢查項都必須實際進行檢查，而不是簡單查看是否存在。檢查合格指的是流程、計畫和工序都已形成檔並且被正確使用，而不僅僅是“已理解”或“已發生”。

解讀評估結果

雖然不可能提供一個適用於各種情況的打分體系，但是可以確定的是如果你有一個或多個要素缺失，你的方案還沒有滿足 TIMS-3 結構式維護的總體標準。在實際運用中，很少有維護方案可以被簡單地歸入前文所定義的某一種類別。更多的時候，它可能會呈現兩種或以上維護層次的特徵。比如，一個維護方案可能在電氣系統上採用結構式維護，但是暖通設備上沒有執行 MOP 或變更管理，因此暖通設備採用的是非結構式維護。再比如，一處設施在整體上採用的是結構式維護，但是在某一個開關櫃上由於無法中斷供電服務進行維護，因此它採用的是“故障後維護”模式。在此類情況下，判斷基準以最低的維護等級為準，即：總體維護級別與設施內關鍵區域所執行的最低維護級別一致。

前文所述的評估流程是判斷運維方案是否與業內關鍵任務設施最佳維護方式一致的快速方法。由於這些方案的複雜性，可能需要進行更深入的分析才能完全瞭解它們各自的優缺點，比如由關鍵任務設施專家來進行審核，可以是一次單獨的審核，也可以作為設施全面評估的一部分。對運維方案的單獨審核可以最好地確保方案的有效性，從而增強系統的可靠性，執行時間和效率。

優化維護方案

如果評估後發現你的維護方案與你的業務目標不一致，則應採取相應的糾正措施。這並不是說每個資料中心都需要 TIMS-4 或 TIMS-3 的維護方案。比如，有些公司部署了多個 Tier II 的設施以便在

一個現場發生故障時保障系統正常運行，這時可能就不需要 TIMS-4 或 TIMS-3 的維護方案來滿足他們的業務目標。另一方面，也不能僅僅因為你部署了 Tier II 的設施就說明你不需要 TIMS-3 的維護方案。這都取決於你的資料中心所支持業務的關鍵程度。但是，從常規來看，如果您投資建設了 Tier III 或 Tier II 的設施，您還是應當配置 TIMS-3 或更高層次的維護方案來保護您的投資。

如果不論你的設施是哪個級別，你都希望提高它的可靠性，那麼為已有基礎設施執行 TIMS-3 維護方案可以最大程度降低風險並且最大化您的利益。Tier II 設施採用 TIMS-3 維護方案可能比 Tier III 設施採用 TIMS-2 維護方案更可靠一些，因為後者的人為失誤發生率更高。

考慮事項

按照 TIMS 的要求制定有效的運維方案時，必須考慮以下事項：

1. 工作範圍：需要採取哪些具體措施來建立所需層次的 TIMS？
2. 預算：您的預算是否足以實現您所選擇的維護級別？
3. 技術人員：你是否擁有內部技術人員能夠管理和執行所需的維護工作？
4. 影響：執行這個方案對你的業務運行有什麼影響以及可能帶來什麼樣的風險？

結論

首先必須確定公司的宕機成本和風險承受能力，才能確定最適合其業務目標的 TIMS 等級。這是建立有效維護方案的前提條件。TIMS 等級是否最終實現取決於資源是否到位以及公司管理層是否決心長期執行和保持這個方案。

在評估關鍵性任務企業的整體維護範圍時，維護方案的有效性是影響持續可靠性的真實水準的關鍵要素之一。如何執行維護工作存在大量的可變因素，因此確定恰當的維護級別非常困難。本白皮書提供了維護級別的定義並且闡述了運維的評估方法，可以作為你幫助公司確定恰當維護級別的工具。

分層式基礎設施維護標準提供了系統化的方法將維護工作的等級與設施預期的可靠性水準相互匹配。在你的維護方案中運用這些原則是實現資料中心可用性和業務可持續性目標的關鍵步驟。

關於作者

Bob Woolley 在關鍵設施管理領域已有 20 餘年的工作經驗。他是 Lee Technologies 的關鍵環境服務高級副總裁，Navisite 資料中心運營副總裁，以及 COLO.COM 的工程副總裁。同時，他還是 Securities Industry Automation Corporation (SIAC) 電信部的區域經理，並且他還擁有自己的關鍵設施諮詢公司。Woolley 先生在為電信領域和資料中心領域的關鍵任務制定技術服務方案和運行方案方面擁有非常豐富的經驗。



流覽所有 白皮書
whitepapers.apc.com



流覽所有 TradeOff Tools™ 權衡工具
tools.apc.com



聯絡我們

關於本白皮書內容的回饋和建議請聯絡：

資料中心科研中心
DCSC@Schneider-Electric.com

如果您是我們的客戶並對資料中心專案有任何疑問：

請與所在地區的 施耐德電機 銷售代表聯絡，或登陸：
www.apc.com/support/contact/index.cfm

附錄 A： 結構式維護方 案檢查清單

類別	項目	有	無
安全			
	工作場所安全計畫		
	針對所有工序開展風險分析		
	停工/掛牌計畫		
	PPE 庫存和測試記錄		
	危險材料貼標		
	危險信息通告		
安保			
	供應商門禁控制		
	鑰匙保管		
	針對供應商人員的安保嚮導		
應急準備和回應			
	應急操作程式		
	應急演習		
	事故升級處理常式		
	危機管理計畫		
	事故記錄和報告		
	故障分析		
維護方案			
	綜合資產管理資料庫		
	關鍵設備的維護範圍		
	預防性/預見性維護標準		
	年度維護計畫		
	備件庫存和管理計畫		
	分包商選擇流程		
	測試設備校準記錄		
變更管理			
	風險分析和通告		
	變更控制流程		
	通知和警示		
	品質體系		
	程式方法		
	圖紙更新流程		
性能			
	維護級別協議		
	關鍵性能指標		
	性能衡量和報告準則		

類別	項目	有	無
效率			
	性能基準		
	氣流管理計畫		
	能效測量和報告		
	系統優化程式		
	持續改進計畫		
檔記錄			
	檔管理計畫		
	精確設計的圖紙		
	關鍵設施工作規則		
	設施巡查清單		
	標準操作程式		
	行政管理程式		
	倒班流程和日誌		
操作管理			
	維護範圍說明		
	工作人員職責		
	供應商管理流程		
	材料和工具庫存清單		
培訓			
	培訓要求		
	資質標準		
	認證計畫		
	個人培訓記錄		
	經驗教訓/未遂事件		
	持續教育計畫		
運行支援系統			
	工單管理系統		
	電子文檔管理系統		
報告			
	週報		
	月報		
	季度績效報告		
	專案報告範本		

附錄 B： 術語表

- **資產資料庫**：設施系統和設備的詳細清單，包括製造商、型號、序號、容量、位置、系統 ID 和保修資訊。它通常是 CMMS（見下文）的一個組成部分。
 - **樓宇管理系統(BMS)**：一套用來控制和監督建築及其附屬構築物功能狀況的系統。
 - **維護範圍**：設備所需全部維護活動的詳細清單，包含維護活動的頻率。一般來說，該清單包含製造商推薦的維護活動，但也需要考慮設備的歷史，維護人員的經驗水準以及特殊的應用要求。
 - **CMMS**：電腦維護管理系統（CMMS）由一系列的應用軟體組成，用於計畫、跟蹤和監控維護活動，提供成本資訊、人員資訊和其它報告和記錄。
 - **DCIM**：資料中心基礎設施管理將在資料中心的整個生命週期裡收集和管理關於資料中心資產、資源使用和運行狀態相關資訊。然後傳遞、整合、分析和應用這些資訊，說明管理者實現業務和維護目標，優化資料中心的性能。
 - **EDMS**：電子文檔管理系統（DMS）由一系列應用軟體組成，用於掃描、存儲和追溯公司所使用的檔。在設施內，常用的檔案類型包括設施圖紙、操作和維護手冊、維護合同、MOP、SOP、維護報告等。
 - **EOP**：應急操作程式是針對發生可能性高或後果嚴重（或兩者兼具）的緊急事件事先制定的詳細回應程式。目的是控制事故的嚴重性和持續事件。通常還會類比發生多處故障的實際緊急狀況場景，運用一個或多個 EOP 來進行演習。
 - **製造商建議的維護工作**：在製造商的操作和維護說明中規定針對設備進行的預防性維護活動。
 - **MOP**：程式方法（MOP）是用來對關鍵系統實施維護的詳細工作檔。MOP 規定了需要維護的設備，由誰來執行維護工作，使用哪些必要的工具和安全程式，包含了風險描述，詳細工序，撤銷程式和事故升級處理常式，授權簽名，並記錄維護資料。
 - **現場設施工作人員**：在設施現場專門負責現場關鍵系統的工作人員。這些工作人員將執行日常的工作巡查，管理供應商，開展各種自主維護工作。設施工作人員負責創建和管理所有現場檔記錄，包括 MOP、SOP 和應急程式。他們可能會/也可能不會全年 24 小時待命，具體取決於維護工作的需要。
 - **新組件測試**：在安裝到關鍵系統裡之前，對元件進行的預先測試。如果條件允許，可以在現場做這個測試，但是如果需要在原產工廠測試，則需要提供相關的檔記錄。
 - **PPE**：個人防護設備。
 - **預見性維護**：用於識別設備磨損或故障先兆的維護活動。預見性維護提供的提前預警可以在實際執行維護工作前說明制定預算和維護計畫。這樣做可以提高效率，同時降低意外運行中斷的風險。
 - **品質體系**：公司對滿足品質目標所做的安排和提供的資源。用來保證維護活動的預期結果，減少維護相關的失誤風險。它包括執行 MOP 評審程式，安裝前的元件預先測試，對完成的工作進行品質檢查，以及開展定期的維護工作審核。
 - **圖紙**：反映設施實際竣工狀況以及所有添加、位置變動和變更的最新建築、電氣、機械和設備平面佈置相關圖紙。
 - **SOP**：標準操作程式（SOP）是詳細描述執行規定流程所需具體步驟的檔。比如，如何將 UPS 連接到旁路系統或是如何將消防系統設置到測試模式。
 - **等級評定系統**：由 Uptime Institute 制定的評定體系，它將設施基礎設施的可靠性分成 4 個等級，從最低（Tier I）到最高（Tier IV）。
 - **培訓計畫**：正式、全面的工作人員培訓計畫，規定了各種資質水準以及各種嚴格的測試和認證流程。將它與模型工具一起使用，可以幫助識別具體的維護工作以及具備何種資質的工作人員才能執行相應的維護工作。
 - **供應商管理計畫**：供應商識別、選擇、管理和評估的系統化流程。它的目的是找出符合要求的供應商，記錄他們的資質水準，明確他們的工作範圍，獲得合理的報價，監督他們的工作表現，提供回饋意見。
- 巡查清單**：詳細的關鍵系統和設施基礎設施設備情況，包括資訊填寫空格（比如電壓、溫度和壓力）或狀態勾選框。該清單在執行定期設施巡查時使用，目的是監督系統和設備狀態，建立關鍵系統設置和相關數值的書面記錄。