

# 以有效的新手法進一步地識別潛在失效模式

◎楊沛昇 編譯

幾乎每一個人都知道FMEAs這個有用的工具的潛在價值與影響，而也經常聽到FMEA是費時的、是折磨人的與讓人產生抗拒的，而且直到產品最後也沒有遇到預期的問題。這讓團隊成員變得厭倦、灰心，而且整體目標慢慢演變為簡單地完成FMEAs就好。假如你對此感到心有戚戚焉的話，可以告你FMEAs本不該是如此。

## 三大問題

在完成FMEAs通常會發生三項問題，第一項與第二項問題是執行了錯誤的分析深度與沒有使用流程圖(process map)，當你正確地對應了這兩項問題，你就可以避開第三項相信是最嚴重的問題：識別潛在失效模式(potential failure mode, PFM)。

為解決這第三項問題，有種7PFM失效模型，一種很不一樣的方法來解決失效模式識別問題。

一開始讓我們聚焦於建立流程圖，圖1是FMEA的簡略流程但未說明如何開始準備、團隊如何選擇、如何制訂嚴重度、發生頻率與可偵測度(severity, occurrence and detection, SOD)級別或採取的行動。這些都是很重要的，但不是本文的重點，本文重點是透過解決上述三項問題，來構築一套健全的FMEA。

首先，想解決圍繞在是由一列(row)一列或由一行(column)一行來建立FMEA的爭議，部份的人是被教導成使用行，但由列或由行各約占一半。

團隊由失效模式開始，一行一行開始決定影響(effect)、原因(cause)、控制(control)各行，完成後再到下一列。當失效模式

有多種影響、原因與控制時，團隊完成各行的影響(effect)、原因(cause)、控制(control)後再開始下一列，團隊最後做的就是依SOD級別填入各行SOD中，如此將在每一個過程步驟中產生連續性。

因為所有的FMEA型式一般都有相同的架構與問題，本文介紹的技巧適用於所有的FMEA型式。例如，設計FMEAs可以使用設計文件如boundary diagram來取代流程圖。

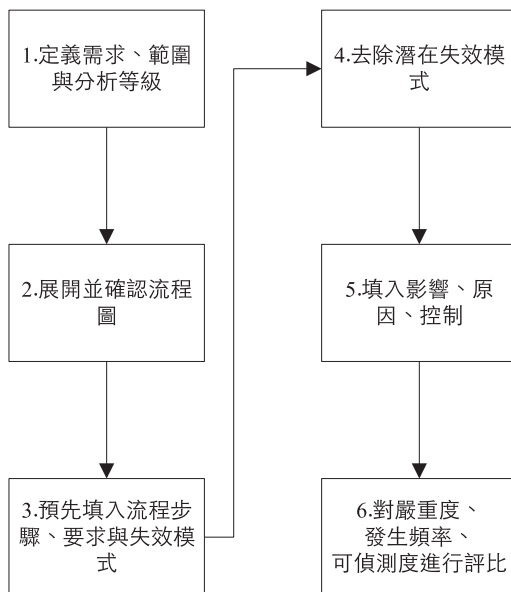


圖 1:FMEA 流程圖

問題一：分析的深度

問題一關心的是FMEA所聚焦分析的深度，而團隊往往探索的過於深入，FMEA的預期使用目的可以決定評

估的深度，一般來說，評估的深度是由FMEA請求方或負責建立合適分析範圍與程度的人員決定，並藉此協助FMEA團隊領導人與品質領導人。

分析深度可被定義為系統層級、次系統層級或元件層級。在課堂中我常常說明FMEA焦點是在分析一萬公尺等級(10,000-meter level)至分子等級(molecular-component level)，也常常碰到需要將FMEA焦點放在上萬公尺等級，但FMEA團隊卻決定要識別出分子等級的活動，這也造成了非常龐大的FMEA並浪費了許多時間、努力與參與人員的挫折。

通常，非常了解流程的人員會覺得被迫深入探討，並定義出每一個他有看過或想像過可能的分子等級問題，這些主題專家(subject matter expert, SME)，只是無法停止思考這些事情。當團隊對流程研究投入的越來越深，開始體會到失效複雜性的快速提升。

當關注於特定地點的特定問題時，焦點就會在分子等級，例如六標準差專案。要找到特定問題地點，你可能需要從一萬公尺等級開始，假如你需要滿足國際標準要求或稽核，你將可能選擇較高層級系統的FMEA。

選擇起點與終點，並說明每一個系統層級的過程步驟、設備或地點並以一個方塊表示，甚至是包含其中的多個作業，你只需要知道應該產出什麼。

例如一個部件被轉移至系統層級的作業稱為作業101，部件以一個或多個方式進行轉換後就退出，以一項或更多的品質規格決定轉換是否成功。

在此層級裡那些在方塊中並不造成影響，這些要以被動名詞說明的就是在作業101中所執行的事項，而這個動名詞就是此過程的目的。

鑽孔(drill hole)、刻螺紋(thread hole)

就是動名詞說明的例子，在組裝產線可能是安裝渦輪(install turbo)，在倉庫就是備料(pick part)，在辦公室就是完成200號表格與B部分。假如是設計或機械FMEA，動名詞規則仍然適用，但說明對像由作業改為功能。你須要知道的就是如同規格所定義的目標。

作業101的目標就是鑽孔，依據規格，成功的作業就是在部件正中央（誤差 $\pm 0.005$ 吋）鑽出直徑1吋（誤差 $\pm 0.005$ 吋）與深度1吋（誤差 $\pm 0.005$ 吋）的孔洞，假如以上任何要求無法滿足，則此部件就是有瑕疵的。假如部件還要表面加工(machine face)，就依據規格加上動名詞「表面加工」。

假如缺陷太常發生，你可能要開一個專案來修正作業101，接著建立一個新的FMEA並更深入研究至個別零件與動作層級(level of action)，並關注於部件轉移、定位與限位開關。

## 問題二：無過程圖

以建立流程圖來開始FMEA，流程圖如同FMEA團隊的指導文件，流程圖控制了對開始與結束位置和分析層級的一致意見，任何好的流程圖必須在適當的層級以絕對正確方式來描述說明，分發流程圖並取得操作人員、維護人員、工程人員與管理人員的回饋。

在團隊同意流程圖正確地展現流程與設計後，開始構築FMEA。每一個流程步驟都要有一識別與一個或兩個以上的動名詞說明。

在下一FMEA會議前，依據流程圖領導人員預先在FMEA中的Process step/function欄位中填入資料，並一一完成。假如你的FMEA樣板還未包含所需的行，則請加上該行。如表1所示，讓團隊看見所需資料，並將其作為重點。



表 1:FMEA 樣板

Line Number	Process step/function	Requirements	Potential failure mode	Potential effect(s) of failure	Severity Classification	Potential cause(s) of failure	Occurrence	Current process controls Prevention	Current process controls Detection	Detection	RPN
1	Drill hole	1"±0.005diameter 1"±0.005deep Center±0.005	Dit not drill hole	Break reamer	6	Broken Bit	5	Visual	None	8	
						Limit switch arm	2	None	None	9	
						Hydraulic unit off	3	None	Panel Light	7	

FMEA = failure mode and effects analysis

PRN = risk priority number 風險優先指數

Severity = 嚴重度

Occurrence = 發生頻率

Detection = 可偵測度

### 問題三：無數的潛在失效

有理由相信PFM識別是最明顯阻礙FMEA發展的問題。當團隊企圖由近似無窮之真實與經常假定的失效模式中選出潛在失效時，就會發生這個問題。基於集體智慧，有一個獨立的SME團隊想要預測可能潛在失效的所有事情，但這項任務充滿了疑問與挫折。

現在，增加的工作承諾、人員的差異、團隊的變動與缺乏領導力，已足夠使團隊感到挫折與不滿。但幸運的是，有個有用的工具可以解決這個問題。

### 進入7PFM

這個有用的工具就是7PFM模型。經由7PFM創始人-John Lindland品質顧問的介紹得以深入了解這項工具，假如你很熟悉Lindland的工作，你會發現本文對7PFM做了部分的調整。

7PFM的魔力就是從本質上減少了近似無窮的失效模式至可以管理的程度，7PFM以詢問「失效的根本模式是什麼？」來取代「什麼有可能失效？」的方式來進行。

7PFM排除了怪異失效模式的建議並隨後討論。你應該已經聽過一些奇怪的失效模式建議並為此爭論不休。

使用了7PFM後「喝醉的作業人員」這種失效模式將不再存在。

在FMEA會議前，FMEA的領導人員與起草人員直接以流程圖與7PFM模型來建立FMEA草案，讓團隊成員簡單地逐項審查每一個PFM的適用性並摒除那些不適用的。

你會對這個過程的迅速與順利感到驚訝，它避免了在FMEA產生過程中的大部分爭議與時間浪費，若團隊遇到了僵局時，寧可多些錯誤。不確定的PFMs稍後會以嚴重性、發生頻率與可偵測性分數來進行排序。

逐列逐行地進行後，團隊定義每一個PFM並完成失效模式影響、原因與管控，最終，完成SOD量表。

### 7PFM模型

將7PFM模型分為三種不同的失效領域，分別為：量化的失效、品質的失效與



時間的失效。將每一個PFM與流程步驟（或功能）的動名詞說明結合，以建立稱為失效模式說明(failure mode statement)之清楚描述（例如：「未鑽孔」），接著每一個PFM會有各自的影響、原因與管控。表2概述了7PFM模型。

將表2中的7項PFM想像成能量或電阻型式是非常有用的如圖2所示。將錯誤地使用能量或電阻顯示為失效行為(action)結果，例如未使用能量或使用無限大的電阻就相當於無動作(no action)，反過來說，就是太多的能量或過小的電阻。

第一種失效領域定義為量化的失效，量化的失效包含三種失效模式：未執行(did not)、太多(too much)與太少(too little)，依據前文鑽孔的例子，三種失效行為形成三種失效模式說明分別為：

- 1.未鑽孔
- 2.鑽的孔太大
- 3.鑽的孔太小

藉由思考每一種失效行為如何表現在現實生活中來分析以上三種失效行為，假如團隊決定此失效模式不可能發生或不在乎鑽孔大小，則摒除此失效模式，當有懷疑時則保留此失效模式。

接著是品質的失效，品質的失效描述了結果如何背離了原本所計畫的，這些失效模式以一般情況或特殊情況呈現是六標差的主要敵人。

品質的失效常常在同一個作業中與其

它失效模式結合，往往可以確定失效的高可能性。

品質的失效包含兩種失效模式，第一種是不準確，其定義為在單一部件上使用的能量或電阻不正確，這項不正確會繼續發生在接續的部件或事件上，但你只對單一事件感興趣，想像用來轉換的能量或電阻是不正確的而造成錯誤的結果。例如，不準確地鑽孔會發生在起始點位置、結束點位置或以上兩者。

第二種是不一致，用以描述在轉換或轉換與轉換之間所發生的變異，這裡有兩種變異：

- 1.第一種是在單一部件上之單一動作的變異
- 2.第二種是在單一部件上兩個或以上之動作間的變異，例如部件1上的鑽孔1沒有問題，但部件1上的鑽孔2的位置錯誤。

最後是時間的失效，就是太快或太慢而各有兩種變異，太快就是週期過快或時序過快如某件事太快發生。相反地，太慢就是週期過慢或動作太慢完成。常常時間的失效是正當但不被接受的。

例如鑽孔過慢並不影響品質，但會對生產力產生影響。假如FMEA只關注於品質的話，則「過慢」這項失效則可以被摒除，同樣地，鑽孔過快可解釋為縮短工具壽命，但不會影響品質。過慢與過快可以用來阻絕或斷絕相鄰的動作。

圖2

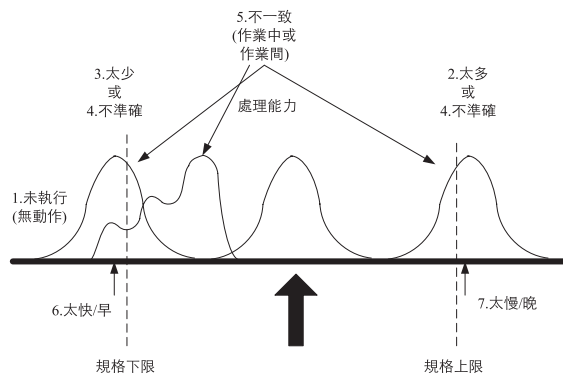


表2

失效領域	潛在失效模式	失效說明
量化	未執行	無動作
	太多	過度動作
	太少	動作不足
品質	不準確	動作偏移
	不一致	動作中或動作間 有變異
時間	太快	動作太快
	太慢	動作太慢

### 除去不合適的

決定分析的範圍與深度，展開流程圖並以此來指引你建立FMEA，使用7PFM模型以除去不合適的失效模式並使用列-行方式來完成FMEA。每一項作業會有7種失效中的一個或更多個，通常是更多個。一般選出4至5種，而7種都有也並不少見。

因已見過許多無用的FMEAs，最後終於找到了7PFM模型。將這些技巧加到你的品質工具箱中，而你將發現更多樂趣。

### 參考資料

ASQ, “Failure Mode and Effects Analysis(FMEA)” <http://asq.org/learn-about-quality/process-analysis-tools/overview/fmea.html>.

Automotive Industry Action Group, Potential Failure Modes and Effects Analysis, fourth edition, 2008.

Casey, John J., Strategic Error-Proofing, Productivity Press, 2009.

Ebrahimipour, Vahid, Kamran Rezaie and Sam Shokravi, “An Ontology Approach to Support FMEA Studies,” proceeding from the

Annual Reliability and Maintainability Symposium, February 2009.

Lindland, John, “Mistake-proofing,” Automotive Excellence Newsletter, ASP, Summer 2001.

Mikulak, Raymond J., Robin McDermott and Michael Beauregard, The Basics of FMEA, second edition, CRC Press, 2009.

Ramu, Govind, “FMEA Minus the Pain”, Quality Progress, March 2009, pp.36-42.

Tague, Nancy R., The Quality Toolbox, second edition, ASQ Quality Press, 2004, pp.236-240.

資料來源：Quality Progress, January 2015 P.23-P.28

