

警報系統效能提升之系統化改善方法

游輝祥

環境與安全衛生技術發展中心

財團法人工業技術研究院

新竹縣竹東鎮中興路 4 段 195-10 號 51 館 11 樓

HueiShyangYOU@itri.org.tw

摘要

對於一個大型的現代工業系統而言，警報系統是操作員介面的一個必要的部分。根據 HSE (Health and Safety Executive, UK) 調查化學與電力工業之意外事故所導致的財務損失、設備損壞與環境衝擊，其肇因顯示警報的問題與不良的警報系統效能是重要因素。本文首先陳述警報管理與系統設計實務，接著提出評量警報系統效能之基準，並建議一種系統化進行警報系統效能提升與改善之方法，最後以實廠案例說明此方法之有效性。

1. 前言

1994 年在 Texaco Milford 煉油廠所發生的爆炸及火災，造成 26 人受傷，損失達 4,800 萬美元。據 HSE 調查發現[1]：(1)太多警報的產生且無優先順序處理的規劃；(2)不適當的控制畫面設計，使操作員無法迅速的找出問題的所在；(3)操作員缺乏足夠的訓練，無法應付緊急狀況的發生；(4)在爆炸發生前 11 分鐘，仍有 275 個警報等待兩位操作員逐一地確認。

這些意外事件可能肇因於氣候的因素、設備故障抑或操作員的疏忽所造成。經統計 50%~60% 的石化廠爆炸、損傷和意外的排放是由於人為的錯誤所造成。每年全球工業因為不當的異常操作損失達 1,000 億美元以上。單就美國石化業而言，一年內因異常操作即損失即近 200 億美元。雖不清楚因不適當的警報管理所造成損失的詳細數目，然而工業界如能加強警報管理的執行，即能省下數以億計美元的損失則非常明確。

工廠在一般正常狀況時，操作員應遵循正常操作策略，透過控制系統維持工廠正常運作。當工廠發生異常狀態時，操作員在控制室中可以由分散式控制系統所產生的警報訊息得知異常狀態發生的位置及其內容，然後再根據警報內容進行某些動作，以使製程回歸正常狀態或是防止災害發生。然而，由於中大型工廠中的製程十分複雜，經常會有雜訊發生；而且工程師在現代化的

分散式控制系統上設計警報十分簡便，常會不自覺地加入太多警報訊息；另外工廠在開車、停機時，原先設計給正常狀態下的警戒範圍(警戒界限)常會不適用，因而造成大量無效的警報。過多的警報常會造成操作員的警戒心下降，使其無法分辨何者為真正有意義的警報。

一個理想的警報管理系統必須具備良好的決策支援能力，亦即能早期察覺不正常之突發事件、縮短應變決策時間並將製程導引至正確方向，同時能管制各種不良之副作用以減少錯誤發生。實務上，由於監控及警報系統可能因為設計不當而導致許多無效警報(Nuisance Alarm)或不重要的訊息。大量的無效警報會造成警報泛濫的問題，不妥善的警報過濾則會導致應變及疏散行動受到干擾或延遲。警報管理的目的是希望能將警報數目及內容控制在人類可接受並有意義的水準下。因此，警報最適管理系統的主要內容包括有：對現行警報系統進行警報分級的工作、消除不適當或無效警報、警報界限設定最適化、警報管理制度建立以及種子人員培訓等工作。

2. 警報管理和系統設計

2.1 警報通則

警報通則提供警報系統設計的整體性架構並詳述在控制系統內警報管理的方式。它定義警報的目的、建立其優先順序之意義、管理警報設

定和文件存檔的授權程序。

所有的警報均要留心並視為同等重要，這是警報管理原理概述的主要信息。警報通則視警報為可信任、能反應、可適當處理、可測試且不可使失效的。一個優良的警報通則至少要包括以下幾點：(1)減少警報的數量；(2)每一個警報必須有一對應的操作執行步驟；(3)採用「Dark Panel」的設計概念；(4)減少鍵盤按鍵選取的次數；(5)設定警報的優先順序(Priority)。

2.2 警報目標分析

警報設定是一個重要且兼具有挑戰性的工作。使用警報目標分析程序定義和設定警報的優先順序。此程序可用於新建的計畫、更新儀錶系統的計畫或重新檢查現有系統的計畫。

警報目標分析的程序可根據幾天、一星期或二星期的製程操作的資料來完成，所需時間的長短依製程資料輸入的量和製程的複雜度而定。

參與警報目標分析程序的成員包括一位有經驗的操作員、一位控制工程師、一位製程工程師及一位會議召開人和一位記錄和保存會議結果文件的人員。如果有可能的話，每位操作員都要參與警報目標分析。操作經驗的分享是無價並且在完成整個案子的過程中，它會讓所有的操作員有更好的學習收穫。在警報目標分析程序執行前，工作團隊將會分發警報通則至相關操作區域的每一位參與者，讓每位參與者充分瞭解此規範以助於警報目標的發展。

2.3 警報手冊

警報手冊是經由警報目標分析的程序，針對每種警報情況所包含的以下的主要因素分析、討論後產生的：(1)優先順序：緊急狀況、高、低或日誌；(2)跳車界線(Limit)：造成警報的測量信號之設定點；(3)肇因：警報所指設備或製程的情況；(4)最初反應：第一步證實問題根源的動作；(5)矯正動作：建議動作矯正狀況；(6)未能矯正的後果：若問題未在一開始發生就即時矯正，將會發生的狀況。

在控制室中應有一份警報手冊。警報手冊應做為訓練操作員的一個基礎，教導他們如何對工廠發生的警報做出反應，並且在他們獨立於控制臺進行操作前，這種訓練是必須先施行的。

2.4 操作員訓練

適當的操作員訓練是有效警報管理系統的重要關鍵因素。除非一個操作員經過適當的訓練，否則不能期待他可以用明智及恰當的方法對

異常狀況做出反應。製程模擬在操作員訓練扮演一個重要的角色。製程模擬大部分用較少會遇到的異常操作狀況來訓練操作員。

操作員訓練計畫將訓練操作員：(1)如何使用警報管理系統的功能；(2)每個警報所需特定的製程反應；(3)如何回應干擾和警報狀況的氾濫；(4)在訓練時獲得的警報經驗，將減少面對工廠真實狀況時的驚慌失措；(5)適當操作訓練讓操作員在操作時更有信心。

2.5 重要警報的管理

重要製程警報的管理將由分散式控制系統的警報管理系統進行，而非透過如警報器儀錶板這類外加的警報管理系統進行管理。

如果在分散式控制系統所提供的警報管理系統之外需要有額外的警報指示，就需要增設一個顯現分散式控制系統情況的警報控制盤。此警報控制盤的作用就如重要或緊急警報的報通器一樣，可讓警報儀錶板的「全視」功能保留，同時重要的警報可另外保留一絲可見的程度。

警報控制盤不需要操作員確認，它可設計讓操作員找到所有警報資訊，操作員在處理緊急狀況操作多重警報系統介面的時，不會增加壓力。

2.6 警報概要顯示

操作員必需要有一操作畫面，可用來概述每一個主要製程區域的警報狀況及監控全廠主要製程變數的狀況，這個操作畫面是劃分在操作員控制平臺下的主要控制區域。

每一製程區域可規劃三指示方塊分別表示個區域的緊急狀況警報、高優先順序警報及低優先順序警報。這個操作畫面同時包含每個製區的主要製程資料，目的是讓操作員經由此畫面可以很清楚的掌握個區域的操作狀況。

警報概要顯示是工廠操作的主要畫面。主要是讓操作員在操作其他區域切換不同的操作畫面時，可以同時掌握全廠其他區域的操作概況。

當操作員在處理問題時，時常因完全專注在製程問題點上，而未能察覺工廠其它區域重要的改變。警報概要顯示設計的主要目的地是提供操作員一個製程整體的畫面，如此他可以注意到當前焦點之外區域變化。

2.7 警報的陳述和顯示

所有的分散式控制系統皆能提供一些警報摘要顯示的畫面。當只有少數警報時，它是很容易顯示出來。然而，當大量警報湧入時，操作員面臨困難的挑戰，根本沒有時間來詳讀內容，也

沒有辦法完全瞭解所有資訊。良好架構的操作畫面，能使操作員很快地進入到製程發展中的狀況，而且使他易於採取所需的行動。

在操作畫面下可設計一瀏覽區域，以提供每個主要製程區警報狀況及並可選擇至警報製程區內的詳細操作畫面。在瀏覽區域可規劃二列的目標盒，上列目標盒提供警報情況及主要製程區總覽的選擇畫面；下列目標盒則提供警報狀況及製程區內詳細操作畫面。無論任一操作畫面，上列目標盒會保持不變，下列目標盒則依製程區不同而改變。在目標盒中的左邊，則提供警報狀況，並顯示警報優先順序之指示。經由設計在製程區內全部緊急狀況和高的優先順序警報，必須顯示在製程區上列目標盒，這使操作員在不超過一次鍵盤按鍵選取的次數，即可發現緊急警報，而次要警報則不超過兩次鍵盤按鍵選取的次數。

2.8 警報模式

一般而言，一組警報限制是不足以監控一個工廠的所有操作狀況，還需要有一個機械裝置以便適時的調整警報的設定點。在不正常情況下要設定不同跳車，如開車或停車，或如不同的操作情況下，如進料量、原油或產品的種類等，因應不同的操作狀態，設計不同的警報設定點。

警報限制變更可基於操作員的選擇或製程情況自動選擇。在主要的製程偏離(Upset)時，那些不是很緊急，次要優先順序警報大量充斥在分散式控制系統內。此時，那些次要的優先順序警報的警鈴聲不斷的響起會令操作員分心。

在工廠遇到緊急事件時，次要優先的警報聲可設計成允許關閉，則次要優先順序警報鈴會在定義時間時內不會送出，當時器設定時間到達時，次要優先順序警報鈴會再回復作用，通常是暫停 15~30 分鐘。當次要警報的鈴聲停止(Deactivated)作用時，會在操作平臺上設計一組提示的燈號，使在控制室內的每個人瞭解次要警報的警鈴此時不會作動。

2.9 失能/抑制警報監控

警報系統是容許暫時失能或抑制而無法作動的。在某些分散式控制系統上，警報可以點或製程區域(單元)為基礎，設定為失能或抑制，例如警報是被抑制的，則不會通知給操作員，不會被記錄在警報日誌上，也不會顯示在任何操作顯示器上，就像警報事件從未發生過。若一製程區域停車，其製程區域的警報是可被抑制。如設定為失能的警報，則不通知操作員但會記錄在警報日誌中。它們不顯示在警報摘要的畫面，但是顯

示在操作畫面上。警報噪音或一點失效可以成為關掉一個點的警報理由。一位操作員應該要在每次換班一開始，檢查所有警報失能及抑制的情況。操作員的工作表應記錄每一個設定成失能或抑制警報及其原因。

2.10 警報資料庫的變更管理

確認每個警報功能如規範一樣是非常重要的。改變警報規劃資料庫必須只能由受過系統支援訓練人員來施行，不論是增加、刪除或更改任何一個警報，一定要遵行變更程序的管理。稽核要定期舉行，確認適當的警報依然存在，且跳車點沒有被改變。資料庫稽核可藉由連接線上的資料到另一臺電腦中及將之與離線的警報記錄做比較，要管理及監控在應用系統執行相關的變更計畫的所有警報限制是一件難事，同時也必需要特別注意這些警報的變更。

2.11 事件分析的警報日誌策略

利用控制系統本身提供的警報日誌功能，常因儲存的容量有限且保存不易，很難做異常事件的分析工作。當有價值的資料未被保存，而來做事後分析是相當困難的。為避免此狀況，有些工廠使用虛擬列表機做為警報列表。如此可將警報日誌保留，作為意外發生的分析資料。檢視警報的線上分析及事件日誌，有助於在異常事件發生時指導操作員，並幫助他發現意外發生之原因，這種研習必須確實執行。

2.12 警報測試

警報測試及檢查應屬於操作員例行公事工作之一。應建立工廠警報測試排程及停車邏輯功能測試之正式計畫。測試的頻率可依政府法令規定及公司標準，如警報未測試可造成嚴重事件。警報系統最普遍的失敗在於製程感應要素，在工廠正常操作期間，許多開關沒有指示，它們是不具功能的。要保證當需要這些設備會動作的不二法門是測試它們。新的結構應介紹測試重要設備的需要，應安裝能執行定期測試的設備。

3. 警報系統評量[2]

3.1 警報點的數量

在一個連續操作的工廠裡，警報點的規劃數目應該不要超過控制閥數目的三倍。過多的警報數量會導致操作員警戒心降低、注意力分散，而且真正有用的警報很容易被後來的無意義警報

覆蓋過去，因此所有工廠都應針對警報數量詳加研究，並與其他類似性質工廠互相比較。

3.2 操作面板上的警報數量

在短時間內出現太多的警報將會使操作人員疲於奔命、負荷過重，然而人類在短時間內能夠處理的有限，且於慌忙中反而容易出差錯。前述提及英國 Milford Haven 的 Texaco 煉油廠爆炸案例於爆炸發生前的 10.7 分鐘內就發出 275 次警報，平均每 2~3 秒就有一次警報發生，導致現場的兩位操作員根本無從處理即是一個重要案例。

此外，操作面板上存在著許多停駐(Standing)警報也是一個問題，這些停駐警報有些是因遲滯設定不佳所造成的，而這些假警報亦會使得於同一時間內出現在操作面板上的警報數量增多。

理論上，最好的狀態是「Dark Panel」，也就是工廠在穩定操作的狀態下，不應該有任何無意義的警報浮現在面板上。只要發出警報，就應該是有意義的，並且告訴操作員應採取的步驟。

3.3 警報處理應變規劃

異常狀況發出警報代表需要操作員注意，並採取某些對應的步驟。若某個警報不需要操作員做任何動作，則這個警報就不應該產生，頂多將其訊息記錄於日誌中，以供日後調查參考。

然而不需要操作員進行任何動作卻發出警報，則會導致操作員一待發出警報聲響，便習慣性地按鍵取消其聲音，久而久之，真正重要的警報反而會被忽略。因此，工廠應評估其廠內警報系統不需採取任何應變動作的警報數量，以判斷是否對操作員造成騷擾。

3.4 警報優先順序設定

只有真正有意義並且需要動作的警報才應該顯示出來，理論上每個警報都是重要的。然而設定警報的優先順序可以協助操作員臨場反應，先把最緊急的問題解決，其次再解決其他較次要的問題，以免警報太多時手忙腳亂。相關的優先權設計參考可參照表 1 的建議進行規劃。

表 1 警報優先順序範例

優先順序	反應時間需求	佔全部警報規劃的百分比 (%)
緊急狀況	立即的	5~10
高	1~5 分鐘	20~30
低	5~30 分鐘	60~75
日誌	---	---

3.5 操作員按鍵次數規劃

在警報的發現、確認和採取校正步驟之前，有良好設計之操作畫面瀏覽系統，可減少操作員選取鍵盤按鍵找尋所需操作畫面的次數，因此警報系統之人機操作界面的設計很重要。通常在緊急狀況或優先順序高的警報，只允許操作員有一次選取鍵盤按鍵的機會，以找到所需的緊急操作畫面；而優先順序較低的警報，最多也僅允許有二次選取的機會。

3.6 警報管理系統設計基準

本基準係參考 EEMUA No. 191 所提出的方法，將評量的基準分成可使用性的基準與平均警報頻率基準。表 2 列出評估警報系統之可使用性時所評量的項目。

表 2 可使用性之基準值表

可使用性指標	基準值
有用的操作員訪談問卷統計	騷擾或無效程度小於或等於 2
在穩定操作下平均警報頻率	每 10 分鐘少於一次
異常狀況發生後 10 分鐘內之警報發生次數	少於 10
駐留警報的平均個數	少於 10
擱置警報的平均個數	少於 30

表 2 中所提到「有用的操作員訪談問卷統計」指標，主要是用來衡量警報系統對於操作人員的騷擾程度。表 3 是一個範例，問卷中將操作人員評量警報之助益性的層級分為五個等級，依據這五個等級統計出所有警報的百分比，再乘上其加權值，即可得到騷擾程度。

表 3 有效問卷結果之加權範例

認知類別 統計值	加權指數					
	行動	檢查	注意	稍微有用	無效	
警報總數	113	89	128	61	58	-
警報比率	25	20	28	14	13	-
加權值	0	1	3	6	10	3.18

此外，評估警報系統之平均警報頻率時，須考慮的項目如表 4 所示。表 5 則為在製程在發生一個主要狀況的偏離之後，10 分鐘內警報發生頻率的基準。

表 4 評估平均警報頻率的基準

在穩定操作下，長期平均警報頻率	可接受性
每分鐘多於 1 次	接受之可能性非常低
每 2 分鐘 1 次	可能過於苛求的
每 5 分鐘 1 次	可以控制的
每 10 分鐘少於 1 次	接受之可能性非常高

警報管理系統的設計基準主要結合表 2、表 4 及表 5，將警報系統分成五個等級（如表 6 所示），用來評估警報系統，其中等級 5 是最好的，反之等級 1 是最差的，而等級 3 則為普通，代表警報系統至少應達到的水準。只要等級低於 3 的，表示該警報系統設計與運作的情況並不理想，應該要設法改善，高於 3 者，表示警報系統良好，應繼續維持下去。

表 5 警報作動速率基準表

異常狀況發生後 10 分鐘內警報發生的次數	可接受性
多於 100 次	肯定過多，非常可能導致作業人員放棄使用這個系統
20-100 次	難於應付、處理
少於 10 次	應該可以控制 但是若每一個警報皆需要作業人員回應複雜的程序可能還是有困難

表 6 警報系統的效能基準

	5 優異	4	3	2	1
騷擾程度	0~0.5	0.5~1.5	1.5~3.5	3.5~6	6~10
在穩定操作下平均警報頻率	< 1/hr	< 1/10 min	1/5min	1/2min	> 1/min
狀況發發後 10 分鐘內警報次數	0~2	3~5	6~10	11~100	>100
駐留警報平均數	0~2	3~5	6~10	11~30	>30
擱置警報平均數	0~10	11~20	21~30	31~50	>50

4. 警報效能改善做法[3,4]

4.1 警報管理制度

圖 1 是一個理想的警報管理構成要素地圖，

從第零階段開始的「承諾與責任」為構成此地圖的必要條件，因為任何計畫都必需要得到高階主管的承諾與支持，之後沿順時針方向逐步分析各個要素可歸納出成功的「警報管理改善程序目標」為：

(1) 第一階段：評估

本階段的工作項目包括有建立全廠警報通則以及警報數據收集與分析。清楚定義廠內各警報系統應有之功能與規範，並收集所有可能的全廠警報數據，以利用警報管理系統基準來評量廠內警報系統的效能及安全性，並評估出需要改善之區域。

- 建立全廠警報管理通則
- 評估目前的情況，辨識出需要改善之區域

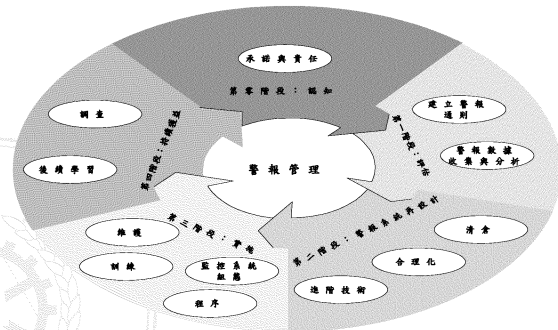


圖 1 警報管理最適化要素地圖

(2) 第二階段：警報系統再設計

本階段的工作項目包括有清倉、合理化以及進階技術。主要工作就是減少廠內警報規劃數目，並且正確設定警報參數。這個工作需要召集警報系統改善小組成員，共同對過去的警報日誌進行資料回顧，以確定所應執行的動作，並分派執行。

- 減少已安裝警報之數目
- 重新評估警報的優先順序
- 減少會持續存在的警報數目

(3) 第三階段：實施

本階段的工作項目包括有監控系統規劃、執行程序、警報管理規範維護以及操作員訓練。主要規範了進行警報系統改善時的程序進行方針，例如由相互獨立的小組來進行重新規劃及審閱，並對警報系統的設計與維護、歷史數據資料的回顧、變更警報管理操作策略、操作員訓練等工作內容。

- 辨識並解決各種執行上的問題
- 審閱各種「變更管理」上的問題

(4) 第四階段：持續獲益

本階段的工作項目包括有警報泛濫與程序不順之調查以及追蹤研究。定期對警報系統

進行回顧研究，找出問題之根本原因，以確保系統運作正常有效。

- 審閱各種改善程序上的「生命週期」問題
- 重新回到建立全廠警報管理通則

4.2 警報管理現況基線調查

警報管理現況基線調查工作分為三部份：

- (1) 警報管理功能現況訪談調查：針對警報管理實務，訪談程監控應用系統負責人與值班操作人員，評估警報顯示、記錄、蒐尋、追蹤、掌控、處置、應變資訊、通聯、操作簡便要求及視覺與聽覺需求等項目之潛在問題與現況基線水位。
- (2) 警報管理意識調查：此部份工作常由外部技術顧問與程監控應用系統負責人共同討論制定警報管理意識調查表，交由現場值班操作人員據實依其處理警報之實況，每人員每班調查約 15~20 案例，時序橫跨至少 1 個月，回收並統計問卷調查表。
- (3) 警報資料收集與分析：此部份工作由現場收集超過 1~2 個月之警報歷史資料，交由專案小組進行分析與檢閱，以尋找警報效能低落之關鍵因素，並完成警報效能評估報告，供後續警報合理化會議之討論基準。

綜合前述工作結論，完成警報管理現況基線調查結果報告書，提供下列資訊：(1)瞭解警報管理實務之現況與潛在問題；(2)評估執行警報清倉、合理化與再設定在風險控管與提升安全操作之可能績效；(3)制定警報最適管理制度與變更管理制度之參考；(4)提升值班操作人員警報管理意識之方法；(5)制定教育訓練課程之參考依據。

4.3 警報合理化再設計評估

本項工作執行之前，提出警報基線調查結果報告、不良警報之警報點警報效能評估、清倉與改善優先順序建議，供計畫參與人員瞭解警報合理化會議之執行重點。本項工作約需處理於警報管理現況基線調查結果報告書--警報效能評估報告中所顯示 50~60%的不良警報點設計。

本項工作一般由外部技術顧問與程監控應用系統負責人共同設定警報清倉、改善與再設計評估小組，評估小組成員包括：

- (1) 警報效能評估小組長：由有接受警報管理最適化課程訓練之程監控應用系統負責人或值班主管(領班)擔任，負責每次評估會議召開前之資料準備與任務分派。
- (2) 警報效能評估小組技術秘書：負責記錄並彙整每次評估會議召開之討論內容與結論。

- (3) 警報效能評估小組成員：包括製程領域外技術顧問、製程領域專業從事人員及環安領域技術或管理人員。

本項工作極為冗長繁瑣，因此須指派合適人員擔任協調窗口，統籌評估會議召開之一般庶務與資料準備事宜。

5. 警報效能改善案例

5.1 資料收集區間與比較基準

本案例有效收集廠務控制系統警報歷史資料庫下列兩個時間區段之資料，進行警報系統效能之綜合性比較分析：

- (1) 進行警報合理化再設計前之資料收集區間：取得穩定操作時間區段共 61 日之有效警報歷史資料，歸類為「對照組」。
- (2) 進行警報合理化再設計後之資料收集區間：取得穩定操作時間區段共 57 日之有效警報歷史資料，歸類為「改善組」。
- (3) 比較基準：
 - 確認「對照組」與「改善組」在資料收集時間區段間，製程之操作無明顯重大異常
 - 警報點組構數除了進行合理化再設計外，並無其他明顯之變更設計

5.2 資料收集區間與比較基準

本案例「對照組」與「改善組」之資料收集結果如表 7 所示。

表 7 警報系統的效能基準

項目	對照組	改善組
時間區段	D/01~D+1/30	E/01~E+1/26
資料項目	點數：近 20,000	點數：近 20,000
	警報作動數統計值	警報作動數統計值
Total Alarm in Period	44,513	23,452
Total Enable Alarm in Period	42,756	21,102
Dates in Data	61	57
績效比較 % Reduced	Total Alarm in Period Base Line	43.62
	Total Enable Alarm in Period Base Line	47.18
備註	本表績效比較之計算，「改善組」之警報作動數值將乘以因子 61/57=1.07，以取得相同比較基準	

5.3 實施改善在設計之比率分析

本案例「改善組」實施警報再設計建議改善事項，完成修正設計之比率統計結果如表 8 所示，未完成改善設計之原因分析如表 9 之說明。

表 8 「改善組」完成警報合理化再設計建議改善事項比率統計

系統別	合理化再設計建議修正點數	完成修正點數	完成比率 (%)
A	99	99	100
B	484	347	71.7
C	247	80	32.4
D	25	25	100
E	48	42	87.5
F	91	43	47.3
G	56	49	87.5
H	60	60	100
I	63	63	100
合計	1,173	808	68.9

表 9 未完成設計改善實施之原因分析

原因類別	點數合計	佔建議修正點數%
因既有系統設計因素，無法進行修改者	269	22.93
外部客戶品質控管監視需求，暫時無法變更者	13	1.11
須進一步確認狀況或進行局部調整者	15	1.28
需要使用者進一步回覆才進行修改者	15	1.28
透過管理手段變更設計建議事項者	12	1.02
須申請預算進行改善者	2	0.17
狀況不明或未予修正者	14	1.19
工程師依其經驗，拒絕接受建議進行調整者	25	2.13
合計	365	31.1

根據表 8 之統計結果，警報合理化再設計評估會議結論共提出 1,173 個改善設計建議事項，其中 808 個改善建議在期限內完成改善設計，改善設計完成率達 68.9%。在未完成改善設計的部分，因為既有系統設計因素，致使目前無法進行修改者，佔建議修正點數之 22.93%；由於工程師之專長經驗，拒絕接受建議進行調整者，僅佔建議修正點數之 2.13%。換言之，在排除不可歸責於警報合理化再設計改善評估小組之因素後，所提出之改善設計建議事項有 97.87% 被各次系統工程師或操作人員接受，顯見評估結論之高務實性與可行性。

由於警報合理化再設計改善評估小組係依

據「對照組」警報效能分析報告之建議，詳列各系統應進行評估再設計之警報點，以假設完全移除這些不良警報點或進行合理化再設計後，可有效降低「對照組」背景警報作動率 50%~60% 為改善目標。此點假設並未包括表 9 未完成改善設計之原因分析之前 7 項因素，因此在統計改善績效時，必須考慮完成改善設計之比率(68.9%)及受限工程師之專長經驗，拒絕接受建議進行調整比率(2.1%)，合計 71.0% 之等效完成改善比率，進行「改善組」背景警報作動率改善績效等效調整，調整後表 7 之等效績效比較如下：(1) % of total alarm in period reduced: 59.97%; (2) % of total enable alarm in period reduced: 62.50%。

5.4 警報效能改善量化績效彙整表

本案例執行警報效能改善量化績效綜合彙整，如表 10 之說明。「改善組」由於工廠擴建案之進行，警報點資料組構數合計增加近 5,000 點，而表 8 顯示本案例完成警報合理化再設計建議改善事項之警報點數量為 808 點，約僅佔 3.4%，分析結果亦顯示「改善組」關於項次 4.0 之警報點不同優先層級組構數量之比率改善有限，但因為採用系統化方法，透過警報效能分析挖掘最需要重新予以合理化再設計的警報點進行評估，故顯現在項次 4.0 實際作動數不同優先層級警報之比率的改善則有明顯績效。

表 10 亦同時說明項次 2.0 背景警報率之綜合績效，「改善組」顯示較為合理的警報作動頻率，未出現違反 High-risk 管制界線(1440 次/天)之作動結果。在項次 3.0 尖峰警報率中，「改善組」有效降低最大尖峰警報作動數至接近目標值(100 次/10 分鐘)。此外，「改善組」顯示較合理的 Top 3 及 Top 20 警報點之警報作動數佔全部警報作動數比率，且 ACK 比率亦從 56.71% 提升至 89.98%，充分顯示已發揮落實警報管理之績效。

表 10 警報效能改善量化績效彙整比較

參數(Parameter)	目標 (Low/High)	對照組	改善組
0.0 ALARM TAGS CONFIGURED			
Point account	---	19,007	24,089
1.0 DATA SET			
Total alarms in period	---	44,513	29,784
Total enabled alarms in period	---	42,756	26,799
Days in data	30/90	61	57
2.0 BACKGROUND ALARM RATE			
◎ All alarms			
Average alarms/day	288/1,440	730	523
Average time between alarms (sec)	300/60	118	165
Maximum (Average alarms/day)	288/1,440	6,443	1,049
Minimum (Average time)	300/60	13	82

between alarms) (sec)			
Alarms acknowledged count	---	25,244	26,799
Alarms ACK/Total Alarms (%)	100%	56.71%	89.98%
Time in low-risk band (%)	100%	40.98%	12.28%
Time in medium-risk band (%)	0%	47.54%	87.72%
Time in high-risk band (%)	0%	11.48%	0.00%
Number of active alarm points	---	6,001	5,934
Number of active tag points	---	5,258	5,060
% of all alarms from top 3 pts	<10%	4.37%	7.19%
% of all alarms from top 20 pts	<20%	11.99%	19.77%
◎ Enabled alarms only			
Average alarms/day	288/1,440	701	470
Average time between alarms (sec)	300/60	123	184
Maximum (Average alarms/day)	288/1,440	6,426	1,004
Minimum (Average time between alarms) (sec)	300/60	13	86
Time in low-risk band (%)	100%	44.26%	14.04%
Time in medium-risk band (%)	0%	44.26%	85.96%
Time in high-risk band (%)	0%	11.48%	0.00%
Enabled active alarms	---	5,642	3,953
Disabled active alarms	0	221	255
% of all alarms disabled	0%	3.68%	4.30%
Enabled active tags	---	5,043	3,558
Disabled active tags	0	154	174
% of all tags disabled	0%	2.93%	3.44%
3.0 PEAK ALARM RATE			
Maximum alarms per ten minutes	10/100	2,391	158
% of high-risk threshold	<100%	2,391%	158%
Time in low-risk band (%)	100%	93.83%	88.68%
Time in medium-risk band (%)	0%	5.86%	12.51%
Time in high-risk band (%)	0%	0.31%	0.41%
4.0 ALARM PRIORITY DISTRIBUTION			
◎ Alarms configured			
Low priority (%)	80%	92.85%	92.89%
Medium priority (%)	15%	1.21%	0.97%
High priority (%)	5%	5.94%	6.14%
Emergency/Critical	< 20	---	---
◎ Alarms activated			
Low priority (%)	79%	97.00%	79.21%
Medium priority (%)	16%	1.01%	15.84%
High priority (%)	5%	1.99%	4.95%
Emergency/Critical	Rare	---	---

6. 結論

綜合前述所言及一般業界調查經驗可知，警報管理系統的問題與現狀可概略歸納如下：

- (1) 無全廠警報通則與規範；
- (2) 警報發生時，操作員無須採取行動；
- (3) 小操作干擾或偏離卻引起大量的警報；
- (4) 明確的例行操作改變，卻引起大量無意義的警報；
- (5) 當無任何事件時，亦有警報產生；
- (6) 重大操作異常時，引起無法處置的大量警報；
- (7) 當警報發生時，操作員並非確定知道如何處置（無建議處置措施或 SOP）；
- (8) 有些警報長時期停留於面板；

(9) 操作程序與警報處理行動無關。

基於這些理由或現象，警報管理系統效能的低落將展現在下列警報效能分析報告書的重要評量指標之中：

- (1) 壞份子的挖掘：壞份子的可能來源主要為
 - 無效警報：其中包括駐留警報、顫動警報 (Chattering Alarms)、序列警報 (Consequential Alarms)、死亡警報 (Stale Alarms) 等，此外備用設備之管理不當也會造成大量駐留警報；
 - 操作模式改變觸發之警報 (Mode-based Change Alarms)：其中包括操作改變、開車與停車階段及其他因素所產生之警報；
 - 設備維護因素：於設備進行測試安裝或檢測階段所產生的警報。
- (2) 警報系統警報組構與設計不良：因為一般並未依據警報優先層級評估表進行警報優先權設計評估，也未完整建置全廠警報通則，並考量人因之工作負荷極限，因此系統警報組構結果偏離 EEMUA No. 191 之標準甚遠。全系統警報靜態組構優先層級比例之調整，原則上以一值班操作臺計算，EEMUA No. 191 之設計目標針對 Low、Medium、High 等三個優先權警報組構設計之比例為 L:M:H(E)=80:15:5，各次系統警報靜態組構總點數與作動總點數及作動數進行分析比較後，可以發現：
 - 警報靜態組構泛濫 ==> 傾向多設；
 - 警報界限設定不當 ==> 未依製程安全時間進行評估；
 - 缺乏警報優先層級之設計概念，故應進行警報優先層級設計評估；
 - 缺乏警報價值之設計概念，故應建立全廠警報通則。

參考文獻

- [1] <http://www.asmcconsortium.org>
- [2] EEMUA Publication No. 191, Alarm Systems: A Guide To Design, Management And Procurement, The Engineering Equipment And Materials Users Association, 1999.
- [3] 游輝祥·警報管理最適化實務技術手冊·工業技術研究院·民國 92 年。
- [4] 游輝祥、黃志鵬·警報管理最適化技術研討會課程講義·工業技術研究院·民國 92 年。