

機電設施安全危害評估

鍾金明

摘要：因應產業自動化，以及機電整合的製程設備，能以穩定、效率與安全的執行生產的運作，必須藉著安全衛生的開發，對危害事故，得以更有效的評估與控制，而唯有安全衛生管理技術的運用，才能確保整體安全效能，以系統性的思考來架構及整合安全衛生管理制度，邁向「零災害」的目標。

關鍵詞：機電設施、危害評估、自動化、零災害。

壹、前言

科技的發展快速，傳統的產業及製造方式將以式微，取而代之的是自動化生產製程，自動化已是工業發展必然的世界性潮流；我國工業如果不朝此方向發展，勢必無法在國際貿易市場競爭中取得優勢。再就主觀的條見來看，我國工業如果不朝此方向發展，勢將無法在國際貿易市場競爭中取得優勢。再就主觀的條件來看，我國工業也必須朝向自動化的方向發展，才能因應工資逐年上漲、土地取得不易、顧客要求更高產品品質與大幅提昇生產力的需求，所以生產自動化已成爲攸關產業升級及維護國際

競爭力的關鍵（經濟部產業技術白皮書，民84）。

一般而言，自動化(Automation)係指一種包含機械、電機、電子、工業工程與安全衛生管理等多種科技的整合；又以機電設施之涵蓋面最大，有再加上生產技術進步，機械快速朝向高速化、大型化、複雜化、連續化之進展，導致作業型態傾向複雜多歧之改變，相伴而來造成職業災害之相繼發生（周有洸，民89）。

「安全的管理是一件神聖而嚴肅的工作」在製造的作業上，無論是設計、設備與工程等，必須要注意災害危險的發生，隨時注意作業場所的潛在危害，事先就加以防範制止，採取

具有科學與系統化之安全分析方法，對廠房相關的機電設施採取妥適的安全對策，以減少災害之發生。

在製造或生產作業中，經常會使用機械器具對工件進行加工，因此在工廠內發生的意外事故，大多數是由機械器具所造成。依據資料顯示，在製造業中對勞工所造成的傷害，有百分之七十以上是由機械器具所導致（包括被夾、被捲、被切割、被撞等）。要預防機械對人員所造成的傷害，先要了解機械傷害的性質與種類，以及機械安全防護的類型與方法，並且有效運用系統安全之分析技術，或可靠度分析，以確實掌握可能發生危害，預知危害點，以使意外排除或減至最小為止。這與發生事故之後再做檢討改善，要來的積極性與妥適性。

貳、機電設施之危害分析

機電設施包括機械設備與電機組件兩部份，在進行系統安全分析與風險評估之前，首先需確定分析與評估的範圍，此系統包含整個廠特定的製程或生產線特有的操作單元、精密的機械設備與電機配件；再接著確認危害因子（包括物理性、化學性危害因子與人體工學因子）就能量的觀點來看，當危害因子所產生的能量，足以造成人員、系統或產品的損害，並經

由可能的傳遞路徑，到達接受者（含人員、系統或產品），皆有發生危害的可能。至於化學性因子（包括強酸鹼、腐蝕性物質、窒息性物質、刺激性物質、致癌性物質等）。物理因子：如高低溫、壓力、噪音、振動等。人體工學因子：如手工具或機器設計不良、不適當姿勢下重複動作等方面。

再從危害(hazard)具有危險之意，對人可能存在著威脅，會造成傷亡或損失。故危害是一種潛在的、蓄勢待發的情況，有可能演變成意外事故。然而災害發生的原因通常均甚複雜，一般分為直接、間接和基本原因，茲列舉如下：

一、災害的直接原因

(一)能量來源(Energy Sources)

1.機械性的(Mechanical)

- (1)機械
- (2)工具
- (3)運動中的物件
- (4)爆炸物
- (5)壓縮氣體

2.電氣性的(Electrical)

- (1)未經絕緣的導體。
- (2)高電壓電路未做好絕緣處理及接地工程。
- (3)電氣設備或機具絕緣劣化。

(二)危害物(Hazardous Materials)

-
1. 壓縮或液化氣體
 2. 腐蝕性物質
 3. 易燃性物質
 4. 爆炸物
 5. 粉塵

二、災害之間接原因

(一) 不安全動作(Unsafe acts)

1. 使用機具方法不正確。
2. 操作有缺陷的機具。
3. 不適當的操作工具。
4. 未使用個人防護具。
5. 未採用正確的工作姿勢。

(二) 不安全情況(Unsafe Condition)

1. 作業空間擁擠。
2. 工具、機械未裝設防護具。
3. 噪音過大。
4. 通風不良。
5. 採光照明不佳。

三、災害的基本原因

(一) 雇主的安全政策和決心

1. 未制定書面的安全衛生工作守則。
2. 未實施預防性保養。
3. 未實施災害調查。
4. 未實施工作安全分析。
5. 未實施健康管理。
6. 未做適當之安全衛生訓練。

(二) 人爲因素

1. 缺乏警覺性。
2. 知識與技術不足。

3. 不安全習慣。
4. 精神與情緒欠缺穩定性。

(三) 環境因素

1. 機械與電力的設計與佈置不安全。
2. 未有完善之空調設備。
3. 採光照明不足。
4. 機械運轉聲過大。
5. 對機器設備有不安全的操作程序。
6. 工廠機器佈置欠缺妥善規劃。
7. 電力設備絕緣與接地措施不良。
8. 空調系統不佳。

由上可知，進行系統安全分析與危害評估時，包括了制度面和技術面等整合性的考量；制度面屬於管理之階層，而技術面屬於工程運作，兩者必須相輔相成，使系統能在預期安全評估之環境下順利作業。

參、設施危害分析的方法

系統安全分析方法雖然有數種之多，依其用途使用時機與推理邏輯略有不同，但如能彈性運用，從設計、製造、搬運、安裝、使用、維護保養、檢測至停用的整個生命週期，皆有妥適之評估技術，預知危險之處所，及時做完善之處置。其危害分析之方法有操作危害分析(Hazard and Operability Analysis)，萬一…怎麼辦…(What-IF)，檢核表(Check List)，失效模式與效應分析(Failure Modes and Effects Analysis，

FMEA), 失誤樹分析(Fault-Tree Analysis, FTA), 與事件樹分析(Event-Tree Analysis, ETA), 以表1說明其適用範圍和功用。

從上表中, HAZOP, What IF, Check List, 屬於腦力激盪, 較偏安全, 也較難掌握機電設施之全部設備, 至於對機電設備較有實際應用分析的有FMEA, FTA, 與ETA, 下列將分別說明之。

1.故障模式與影響分析(FMEA)

FMEA是應用於工廠自動化製程系統設計的初期開始實施, 並在以後系統各階段隨時反映設計上的變更。

此種分析應用於評估風險較高的設備, 亦常用來做測試、品質檢驗、預防性維護措施; 其基本項目包括零組件名稱、功能性介紹、故障原因、故障所造成影響、故障偵測裝置、補救措施、嚴重性分類; 一般嚴重性分為四級:安全(Safe)、安全邊緣(Safety Marginal)、危險(Critical)、災變(Catastrophic)。如表2所示為FMEA分析單的例子。

2.失誤樹分析(FTA)

FTA分析方法是自上向下的邏輯演繹, 或稱結果的表象, 用以探究意外事故發生的原因, 並就每一促成因

表1 危害分析方法

分析技術	適用範圍				
	設計審核	事故調查	變更管理	製程安全	設備評估
HAZOP	√			√	√
What IF	√	√	√		√
Check List				√	
FMEA	√		√	√	√
FTA		√	√		
ETA		√	√		

表2 汽車冷卻水箱的FMEA分析單

零組件名稱	故障型式	故障原因	故障造成的影響	嚴重性	補救措施
汽車冷卻水箱破裂		a.熱脹冷縮造成裂開。 b.材料不佳。 c.過熱。	汽車引擎燒燬。	危險	a.更換新的冷卻水箱。 b.注意溫度上昇範圍。 c.採用品質良好之產品。

素發生的機率，了解各因素間相互關係，其中必須使用特定術語與符號，以作定性與定量分析。如圖1所示。為利用FTA分析高壓配電盤時常跳電之事故。

3.事件樹分析(ETA)

ETA是一種由事故原因推向結果的事故分析，它是歸納得系統安全分析法。起始事件通常是一個系統的組件發生故障，起始事件常與安全系統

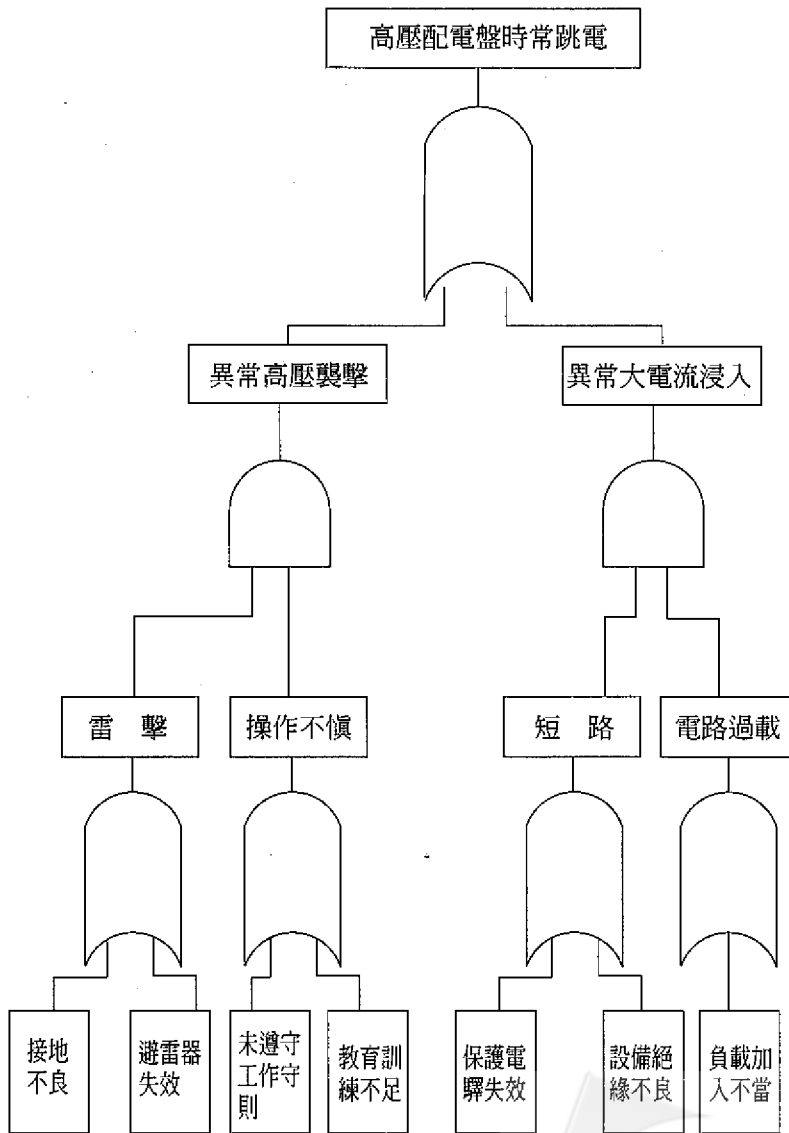


圖1 FTA分析高壓配電盤時常跳電

有關，每一安全系統的正常與故障，皆須要予以考慮，依事件之因果，逐一分析下去，直到意外事件為止。每一系統皆以一個英文字母表示其可能的狀況（正常或故障）。如圖2所示為事件樹建立的步驟。

肆、機電設施如何有效安全管理與維護措施

由於安全評估技術的開發，對危害得以更有效的評估與控制，在此同時，更應配合整體的管理系統，才能發揮其效能，以克竟全功；然而，在事故控制的原則是三個E(Education、Engineering及Enforcement)；至於安全管理包含事業單位組織系統、勞工安全衛生管理制度、人員設置及運作、工作場所安全設備措施、危害通識、MSDS、作業環境測定及

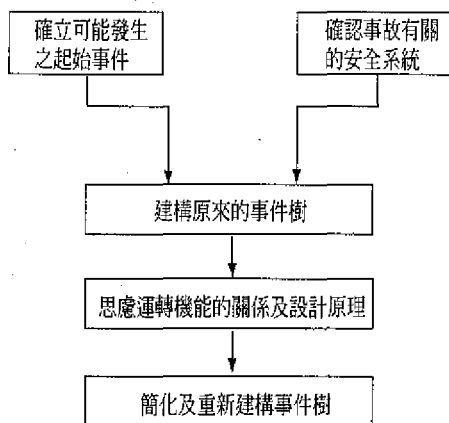


圖2 事件樹建立的步驟

監督、醫療衛生服務、危險性機械設備和重要機械設備之管理、安全衛生教育訓練、事故調查與緊急應變等安全管理方面基本資料之建立及整理。以下說明機電設施相關性實務性管理與維護措施。

一、自動檢查

在製程方面（含流程圖件、設計條件、製圖規範、機械設備規格明細、操作手冊等）；事業單位應建立自動檢查計畫，排定期程進行檢查記錄，並加以追蹤處理，並應建立機械設備及儀器之日常維修保養制度，以維持機械、儀器設備之正常運作，提高操作可靠度。而維修保養及自動檢查之相關記錄應予以妥善保存，依其結果加以分析，找出機電設備故障原因及頻率，以提供作為維修及操作單位參考之重要資料，以下就機電設備之相關自動檢查之規定，加以敘述之：

(一)對於動力驅動之離心機械，應每年定期實施檢查一次：

- 1.回轉體。
- 2.主軸軸承。
- 3.制動器。
- 4.外殼及附屬螺栓。

(二)對局部排氣裝置，空氣清淨裝置及換氣裝置應每年依規定定期實施檢查。

(三)對於動力驅動之衝剪機械，應每年依規定定期實施檢查一次：

- 1.離合器及制動裝置。
- 2.曲柄軸、飛輪、連結螺拴及連桿。
- 3.緊急制動器。
- 4.電磁閥及壓力表。
- 5.配線及開關。

(四)對於升降機，應每年就該機械之整體定期實施檢查一次：

- 1.終點極限開關、緊急停止裝置、制動器、控制裝置及其他安全裝置有無異常。
- 2.鋼索或吊鏈有無損傷。
- 3.導軌之狀況。
- 4.設置於室外之升降機者，為導索結頭部分有否異常。

(五)對於高壓電氣設備，應於每三個月依規定實施檢查一次：

- 1.高壓受電盤及分電盤（含各種電驛、儀表及其切換開關等）之動作試驗。
- 2.高壓用電設備絕緣情形；接地電阻及其他安全設備狀況。

(六)對於工廠之低壓電氣設備，應每六個月定期實施檢查一次：

- 1.低壓受電盤及分電盤(含各種電驛、儀表及其切換開關等)之動作試驗。
- 2.低壓用電設備絕緣情形：接地電阻及其他安全設備狀況。事業單位建立機電設備及儀器之日常維修保養

制度，以維持設備儀器之正常運作，提高操作可靠度。

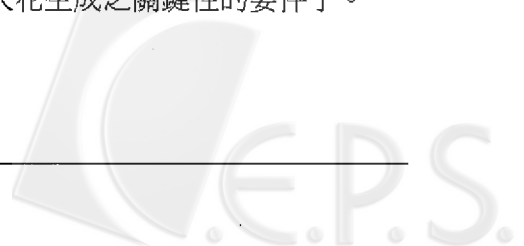
二、危害防制改善

(一)機械性傷害預防

依據勞工安全衛生設施規則第43條規定「對於機械之原動機、轉軸、齒輪、帶輪、飛輪、傳動輪、傳動帶等有害勞工之虞的部份，應有護圈、護罩等設備」。並確保作業通路暢通及寬度足夠。

(二)電氣傷害預防

- 1.開刀開關依「屋內線路裝置規則」第66條規定：為防止裸露之開刀開關帶電體部分造成感電事故，宜將開刀開關更換為電磁開關以防止人員之碰觸電擊。
- 2.分電盤各分路設備名稱需清楚標示，以避免在傳送電流時，導致人員感電或使設備毀壞。另外，分電箱之箱體需接地線保護，以防漏電。
- 3.分路電流保護開關在多迴路負載中，不能只用一只分路過電流保護開關。
- 4.靜電危害靜電安全接地是疏導電荷累積之最經濟有效的方法，因累積的電可經由導體而迅速的釋出，故接地系統之完善與否便成為預防靜電火花生成之關鍵性的要件了。



伍、結 論

在生產單位的工廠中，機電設備要有效防止事故發生，除了建立一個良好的工作環境使從業人員能有效執行工作目標之外，最重要的是要有一套健全且落實的勞工安全衛生管理制度，以及系統化之安全危害評估技術，整體性的對廠內安全衛生環境進行評估，建議及改善的工作；在雇主的全力支持下，以愛心、耐心及恆心的態度逐步推展安全衛生工作；使企業災害達到零災害的目標，並使安全衛生成為企業文化的重要部份，如此不僅是員工之福，亦是公司之幸。

參考書目

1. 中華民國工業安全衛生協會（民83）。勞工安全衛生教材。台北：中華民國工業安全衛生協會。
2. 行政院勞工委員會（民86）。物理性因子作業環境測定教材。台北：行政院勞工委員會。
3. 行政院勞工委員會（民86）。勞工安全衛生法規暨解彙編(二)。台北：行政院勞工委員會。
4. 李宏任（民87）。電機設備保護。台北：全華書局。
5. 周有洸（民89）。氯的防災實戰對策。工業安全衛生月刊131期，9-18。
6. 林文宏（民89）。設備分析淺談。工業安全科技雙月刊35期，15-19。
7. 洪根強等（民83）。工業安全衛生管理與實務。台北：揚智書局。
8. 徐海強（民89）。系統安全分析。工業安全科技雙月刊34期，35-37。
9. 黃清賢（民88）。危害分析與風險評估。台北：三民書局。
10. 黃清賢（民82）。工業安全。台北：三民書局。
11. 張充鑫等（民88）。自動化概論。台北：全華書局。
12. 楊振峰等（民86）。工業安全。台北：高立圖書公司。
13. 蔡永銘（民82）。現代安全管理。台北：揚智書局。
14. 鄧登木等（民86）。電工法規。台北：全華書局。
15. 經濟部工業局（民84）。工業安全衛生輔導實務研討會。台北：經濟部工業局。
16. 羅欽煌（民85）。工業配電。台北：全華書局。
17. Fussell, J.B., computer-Aided Fault Tree construction for Electrical system, Reliability and Fault Tree Analysis, SIAM, 1975.