

高科技產業製程風險評估

可行策略

A. 前言

事業單位在運作過程中，基於需求，往往不可避免的會使用到許多易燃易爆或毒性的有害化學物質及危險性機械設備，有可能因不當之操作或製程設備故障而造成意外。由於工廠內的各類化學品，往往具有火災、爆炸、毒性、腐蝕的潛勢，一旦外洩，也極易對人體造成傷害，再加上精密科技工業對於製程環境的高標準要求，因此風險評估逐漸受到重視。雖然風險評估與管理之工作，需要相當之投資，但是從長遠的角度來看，卻能夠增加製程運轉的穩定性、提升員工的安全意識、提高產品的品質與產量、減少意外停機次數與降低意外排放的機率，因此風險評估方法的運用與管理理念已逐漸被人接受而能夠發揮其功能，其目的即在提供事業單位行動方案的依據，也是提供事業單位控制或改善措施的基礎。

風險的評估(Risk Assessment)方面，對象與目的之不同一般可分為安全風險(Safety Risk)、健康風險(Health Risk)、生態與環境風險(Ecological/Environmental Risk)及財務風險(Financial Risk)等。風險管理(Risk Management)與風險評估之間密不可分，所謂“風險管理”，即是針對風險評估出來之結果與改善建議，透過系統化之體系、決策過程與執行之落實與追蹤考核等程序，以達到保護員工、社會大眾、環境及避免公司商業中斷損失的目的。基本上風險管理是在強調危害控制技術和管理知識整合，全世界工業先進國家開始對工業安全投以高度的重視後，風險管理即成一項世界性的潮流。圖 1 是風險管理的流程架構模式，其過程簡單的描述為先對製程實施有效的危害鑑定與辨識，找出重大潛在危害源後，利用系統化的安全評估與管理技術，計算或估計危害狀況發生的可能性(或稱災害性)及發生後的嚴重性(或稱為災害深度)，進而提出最有效的管理控制(強化製程安全管理制度)及工程改善方案，以便達到一最低合理風險的管理目標。

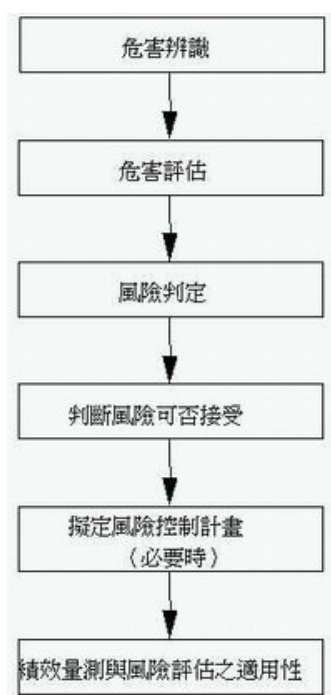


圖 1 風險管理的流程架構模式

B. 風險管理實施步驟

風險(RISK)成因區分為人為或製程設計兩方面，據過去風險發生成因統計，人為約佔八成左右，其餘是因製程設計不當所引起，人為既是風險主要造成因素，因此人員及人員管理的強化是風險降低非常必要的策略，當然；教育訓練是讓同仁瞭解風險進而防範風險發生手段，我們規劃在完成危害辨識與評估後進行相關人員訓練，並藉由這些人員的後續參與已累積經驗，作為後續風險持續改善的基礎。以下是一般風險管理的實施步驟：

- 資訊收集與評估
- 危害辨識與評估
- 風險認識教育訓練
- 風險等級判定
- 判斷風險可否接受
- 擬定風險控制計畫(必要時)
- 檢討計畫之適用性

C. 執行架構

C-1 資訊收集與評估

準備有關之廠區、人員和、製程、設備、廠務設施、作業程序等相關資料。

C-2 危害辨識與評估

利用採樣器及即時分析(Real-time)設備，進行環境採樣及分析，確認作業環境中之物質成分及濃度，進一步依據成分及濃度特性進行危害性評估，考量可能引起各製程量率下降的重大危害，以及考慮那一些員工在什麼狀況下可能受到傷害。本規劃主要針對作業區中的 Airborne Molecular Contaminants (AMC)進行監測與評估。

C-3 風險認識教育訓練

相信沒有人比現場經理人員更了解現場製程，因此唯有讓現場經理人員了解製程風險，對於日後製程風險的防範將有非常顯著的成果，因此；在完成前階段作業後，對於現場經理人員必須進行是當的訓練，使其領導領域除了生產外充分具備風險的相關技能。

C-4 風險等級判定

由於前項之危害辨識與評估是基於現行控制措施運作的情況下，因此基於現況以主觀的方式先評估與每項危害相關的風險，再進一步考量控制措施的效能和控制措施失效所可能造成的後果。

C-5 判斷風險可否接受

依據相關標準(如勞工作業環境標準、製程標準等等)來判斷現行作業環境與控制措施是否足以控制危害並符合法令要求。

C-6 擬定風險控制計畫(必要時)

擬定計畫以因應評估所發現的問題，針對不可接受之風險應擬定控制計劃將風險降低至可接受範圍。檢討計畫之適用性：以修正後的控制措施為基準，重新執行風險評估，並檢討修正後之控制措施所具有之風險是否可接受。

C-7 檢討計畫之適用性

以修正後的控制措施為基準，重新執行風險評估，並檢討修正後之控制措施所具有之風險是否可接受。

D. 評估方法

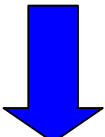
D-1 資料收集與評估

在進行儀器分析以前必須先收集分析對象之基本資料，包括：使用原物料之特性、設備規格/清單、工廠配置(Layout)、工廠操作環境、系統間之介面等，進行分析，以擬定完善之監測方法來獲取所需的資料。

D-1.1 AMC 監測

由於 AMC 監測可以獲得之資訊比一般環境測定更詳細，因此 AMC 監測數據亦可滿足一般環境測定所需，將針對圖 1 的步驟由監測分析各製程階段 AMC 著手，進行風險評估。目前對於無塵室微粒管制措施，可以發現機械作用所形成粗微粒(Coarse particle)都可以過濾，但是酸性氣體與鹼性氣體的分子，卻是可以通過一般過濾微粒的濾材，當這些氣體混合時，會形成粒徑小於 0.1 μm 的凝結核粒子(Nuclei particles)，同樣會對於產品良率造成影響。對於，甚至於必須使用化學過濾材料(Chemical filter)，才可能達到控制之效果，因此對於分子大小的氣狀污染物控制與評估，將是目前面臨之挑戰與需求，本次規劃即以對整個製程區空氣分子污染物的種類及濃度進行檢測及分析，作為製程區環境控制的參考依據。

表 1 監測目的及評估需求

Conc. Std.	Require Issue	Conc. Level	評估因子	測定方法
Low  Very High	Safety Require	%	爆炸上下限	一般環境測定
	Health Require	ppm	勞工作業環境容許標準	
	Odor Require	ppb	異味問題、作業環境舒適度	AMC 檢測
	Manufacturing Require	ppt	產品良率	

D-1.2 監測位置

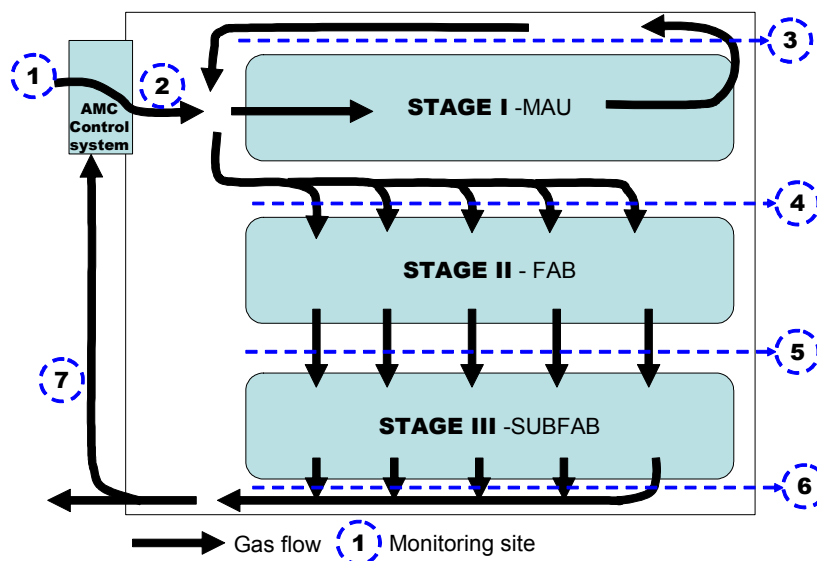


圖 2 AMC 監測位置示意圖

主要依據工廠內氣流循環階段設置採樣點及監測光徑，依據監測目的之分類可區分為：

- Outside Air Monitoring：①
- Facility Monitoring：③④⑤⑥
- Recirculation Air Monitoring：⑦
- AMC Control System Verification：①②

D-1.3 監測技術及設備

表 2 各種物質適用之監測方法

儀器及方法	適用物種	特點
OP-FTIR (TO-16)	有機物 無機物 特殊氣體	■ 具即時連續監測能力 ■ 適用半導體廠特殊氣體（PFCs、HMDS、Silane...等） ■ 監測範圍大，可達數百公尺（OP-FTIR） ■ 同時進行多種氣體監測，約達三百種 ■ 監測之氣體種類涵蓋有機與無機空氣污染物
Canister GC-MS (TO-14)	揮發性有機物 部分硫醇類	■ 環境氣體如對其成分無法預估判斷時，可作樣品之全樣採樣 ■ 減少因不當之採樣方式所造成氣體成分漏失

		或未採到之問題 ■ 偵測下限可測至 ppbv 之低濃度 ■ 物種以質譜儀偵測，可提供更多更可靠化合物定性資料
Denuder IC & ICP/MS (IO-4.1)	無機酸鹼 重金屬	■ 可同時採集酸鹼性氣體與氣膠微粒而可避免二次污染的產生 ■ 使用多層濾紙可修正氣膠微粒自身解離所造成的低估情形 ■ 捕集採樣效率高，均在 95%以上 ■ 可監測 pptv (~10-12) 濃度的無機酸鹼性氣膠成分 ■ 相對濕度較低的採樣環境，亦能勝任

D-2 危害辨識與評估

本規劃預計採用初步危害分析(Preliminary Hazard Analysis)進行危害辨識及評估，初步危害分析最早是由美國軍方所發展的危害分析方式，主要是以工廠之危害物質與主要製程區域為評估對象，用於製程研發與基本設計階段較適合。一般透過危害物質之特性確認、設備規格/清單、工廠配置(Layout)、工廠操作環境、系統間之介面等，進行分析。最後藉由不同危害等級之分類，排定安全改善建議之優先順序。

D-3 風險認識教育訓練

在進行危害辨識的過程可邀請專案經理及現場主要操作人員參與，藉由了解危害發生的原因及過程，而進一步共同提出改善方案或預防方法，這種跨領域的教育訓練可以增進專案經理及現場人員的廣度及敏感度，為危害控制及危害預防的有效方法。

D-4 風險等級判定

風險是由危害事件發生之機率與嚴重性組合而成，藉由連續監測設備可以獲得時間(機率)與濃度(嚴重性)之資訊，並參考相關標準(如 F&EI、CEI、勞工作業環境標準、SEMI Standard F21-95、ISA Standard S71.04 製程標準等等)，可利用風險判定矩陣來協助進行風險度分析。

D-5 判斷風險可否接受

由初步危害分析(Preliminary Hazard Analysis)條列危害項目以及經過風險等級判斷之後，可進一步利用原因-後果分析(Cause-Consequence Analysis, CCA)，來評估風險的可否接受，若風險所衍生之後果是嚴重違反法規或設定之目標，則可列為不可接受的風險。

D-6 擬定風險控制計畫(必要時)

一旦評估出風險後，針對不可接受之風險(Unacceptable Risk)必須進行控制，將不可接受之風險降低至可接受風險等級之內。風險是由危害事件發生之機率與嚴重性組合而成，則控制風險不外乎由如何加強預防措施或加強保護措施兩大方向思考。當然在技術與經費許可範圍下，當以能夠同時達到本質較安全(Inherently Safer)與失效也安全(Fail-safe)的最高境界為最終目標。執行上可大略分成工程控制(Engineering Control)和管理控制(Management Control)兩大類：

a.工程控制：以修改製程系統或增加安全設備的方式來降低危害的風險，例如：

1. 改變設備類型、管件閥種類，以提昇其可靠度。
2. 重新設計製程或局部修改，以降低危險性。
3. 以危害性低的物質取代或減少危害物質的使用量與儲存量，以達本質安全。
4. 加裝警報系統、聯鎖系統、多重保護系統，以降低事故發生機率。
5. 加設或改善通風系統、釋壓系統，以防止爆炸產生。
6. 加裝消防系統、除毒系統、防爆設施、圍堵系統，以減少事故之損失與擴大。
7. 安裝足夠的量測儀表與監控系統，以快速找出製程異常狀況。
8. 同時也須依事業單位潛在危害，擬定緊急應變計畫、緊急疏散計畫和購置應變器材與設備。

b.管理控制：藉由人員之管理、專業訓練與工廠作業方式來改善製程操作安全，例如：

1. 修改操作方法與操作條件。
2. 修改操作程序或步驟。
3. 修改或重新設訂定期檢查頻率及預防保養制度。
4. 加強人員操作技術與製程知識之訓練。
5. 加強人員安全教育與安全意識。
6. 加強個人防護器具之使用與管理。
7. 依員工能力指派工作，例如考慮個人的生理及心理狀況。
8. 加強製程變更之管理。
9. 加強人員之緊急應變訓練與演練。

D-7 檢討計畫之適用性

製程危害評估的結果可作為法規要求的申報資料外，其實質意義在於進行預防改善和提昇製程安全管理系統。但各種改善風險的方法如何取捨，其執行績效如何評核，即是風險管理計畫之施行與制度之維持所需考慮之重點。因此績效評核是管理系統重要的工作，主要的目的是：

- ◆ 判定計畫是否已執行且可達到既定目標
- ◆ 判定風險控制是否已執行且有效果
- ◆ 擷取安全衛生管理系統失敗的教訓，包括意外事件之調查與檢討
- ◆ 提供回饋資訊予各部門，以促進計畫和風險控制措施之執行
- ◆ 提供可檢討的資訊，以改善職業安全衛生管理制度之運作

檢討計畫之適用性是整個計畫循環的一部分，經由評估檢討來判定改善計畫之達成狀況、風險重新排序以及設定新的控制目標，執行的循環如下圖：

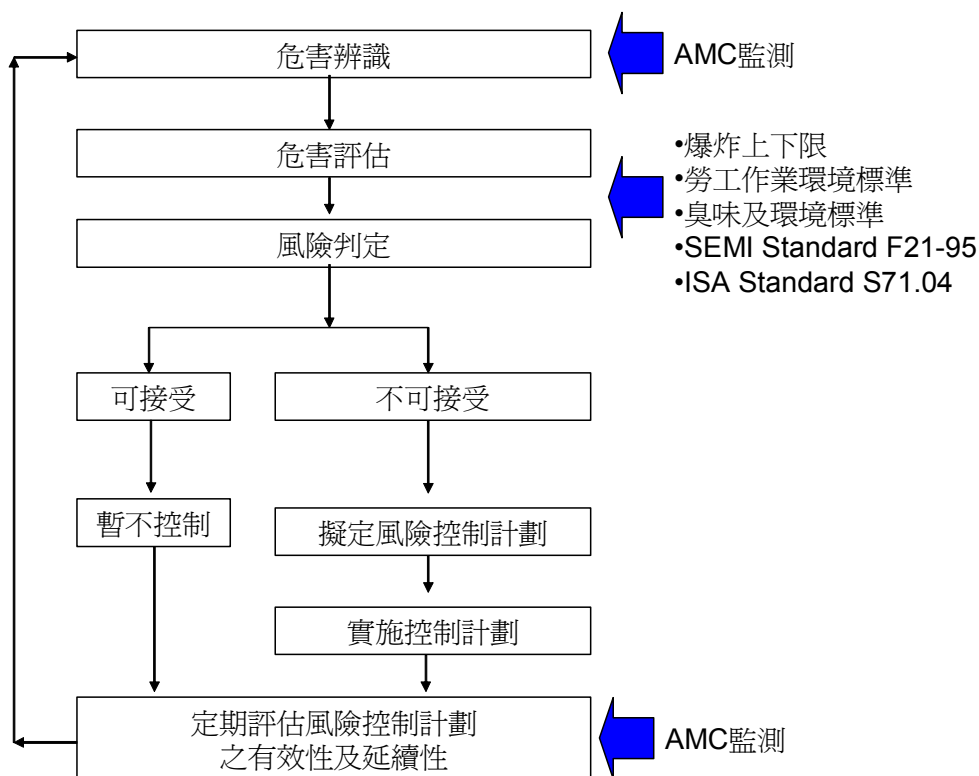


圖 3 風險評估循環

E. 預期成效

- 提供整體廠內空氣污染物之物種及濃度分布狀況。
- 評估外氣品質。
- 評估廠內空氣品質控制系統之效能。
- 了解各製程階段主要排放之空氣污染物種類及濃度，進一步確認污染來源。
- 提供廠內環境改善策略規劃之依據。
- 提供廠內員工健康風險評估之依據。

F. 預估執行經費

- 監測設施運費、人員住宿及旅費等。
- 需進一步進行細部規劃方可獲得精確之費用。