What-If 方法之修正應用

施元斌* 陳善妍

南亞技術學院

摘要

本研究針對製程系統或設備之 What-If 危害分析方法提出一個修正應用方式。結合了致災路徑、防災四道門及傳統 What-If 方法，提出一個 What-If 之修正分析方式， 修正了分析表格內容，並提出一個新的分析流程。從致災路徑為出發點，主要危害之致災路徑當分析主軸，配合防災四道門的八大區塊(由工程面與管理面兩個面向，結合預防、矯正、保護與消減四個措施)作防災及改善建議之依據。優點為：不僅不會漏掉重要危害，且能針對重要危害加以分析並兼具節省分析時間的效果，更重要的是可以對致災路徑的防災做更深入的討論以及防治。

關鍵字：What-If、危害分析、致災路徑、防災四道門

*Email： yuanpin@nanya.edu.tw　Tel：03-4361070#1115　Fax：03-4361524

THE MODIFIED APPLICATION FOR WHAT-IF METHOD

Yuan-Pin Shih*　Shan-Yen Chen

Nanya Institute of Technology

Abstract

This study proposes a modified application method for the What-If hazard analysis method of the process system or equipment. Combining the disaster-causing path, four doors for disaster prevention and the traditional What-If method, a modified analysis method of What-If is proposed, the analysis table is revised, and a new analysis process is proposed. From the disaster-causing path as the starting point, the main Disaster-causing path is to analyze the main axis, and cooperate with the eight major blocks of the disaster prevention (from the engineering face and the management face, combined with four steps of prevention, correction, protection and reduction) for disaster prevention. And they are the basis for improvement suggestions. The advantages of the modified method are not only will not miss important hazards, but also can analyze the important hazards and save the analysis time. More importantly, it can make more in-depth discussion and prevention of the disaster prevention path.

Keywords: What-If、Hazard Analysis、Disaster-causing path、Four doors for Disaster Prevention

*Email： yuanpin@nanya.edu.tw　Tel：03-4361070#1115　Fax：03-4361524

壹、 前言

風險評估方法發展已相當成熟，在製造業之應用面上也相當廣泛。勞委會於民國八十三年五月二日依據勞動檢查法第二十六條第二項規定訂定『危險性工作場所審查暨檢查辦法』（勞委會，2012），明訂五種安全評估方法為：檢核表（Checklist）、如果-結果分析（What If）、危害及可操作性分析（ Hazard and Operability Studies, HazOp）、故障樹分析（Fault Tree Analysis, FTA）與失誤模式與影響分析（Failure Modes and Effects Analysis, FMEA）。在工安管理師、衛生管理師與工安管理員之甲級與乙級證照課程也明訂訓練課程包含:工作安全分析(Job Safety Analysis, JSA)與安全作業標準之製作（五小時含實作二小時）。勞委會於民國九十八年一月二十一日依據『勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法』第十二條之一規定訂定『風險評估技術指引』（勞動部，2015），內含風險評估之作業流程及基本原則…等。依上文所述，亦即包含危害分析方法(FMEA、FTA、What-If、Checklist 與JSA），其不僅完備且已經明訂於主管機關之法令中。

傳統上What-If的分析方式，請參考文獻：財團法人安全衛生技術中心，2010；黃清賢， 1996；王世煌，2012；楊昌裔，2004；施元斌，2002；黃正宇，2018；施元斌，2018。What-If方法比較強調針對系統做自由且開放式而不受限的分析方式，也因為其為開放式自問自答，往往不用細分每個硬體元件，也不用討論到每個製程參數的異常(例如：壓力過高、溫度過高、濃度錯誤…等異常)，分析隨時可以結束，故針對簡單的系統較常採用此法。而針對較複雜的系統，則有抓不到頭緒的困難，實務分析上比較容易漏掉危害點。

有關致災路徑與防災四道門的提出，請參考黃正宇，2018與施元斌，2018這兩篇文章，上述兩篇文章所談之致災路徑與防災四道門之結合，僅止於概念，並未與危害分析方法做結合應用。

本文將致災路徑、防災四道門及傳統What-If方法作結合應用，提出一個What-If之修正分析方式， 修正了分析表格內容，並提出一個新的分析流程。從致災路徑為出發點，主要危害之致災路徑當分析主軸，配合防災四道門的八大區塊(由工程面與管理面兩個面向，結合預防、矯正、保護與消減四個措施)。不僅不會漏掉重要危害，且能針對重要危害加以分析並兼具節省分析時間的效果，更重要的是可以對致災路徑的之防災面向做更深入的討論以及防治。

貳、傳統上 What-If 方法之應用簡介

What-If是一種腦力激盪分析法，類似以一種自問自答之方式執行，為一開放式之分析方法。提出『萬一.....』問題後，由小組成員討論可能之事故結果、現有之偵測系統、現有之防護措施、風險等級、建議新的替代方案或改善措施，如表1。What-If分析小組討論製程從原料開始，依製程順序，直到產品製造完成之過程，每一步驟皆可問：『萬一.....該怎麼辦？』以找出程序上的失誤、硬體或軟體的故障、...等。也因自問自答，並無起始的思考點。

此方法之優點為：任何問題皆可自問，使用簡便，並不需全盤分析所有硬體，也不需要分析所有製程參數異常(例如：壓力過高、溫度過高、逆流、錯誤濃度...等)，隨時可以結束分析過程。缺點為：也因為其為開放式分析，不具結構性，亦即愈複雜的系統實施之困難度愈高，會有難以從何處開始下手之缺點，且容易遺漏危害點。

如表1，危害點找出後，針對每一個危害點，賦予該危害之嚴重等級、發生機率等級，得到一個風險等級，上述三格等級依勞動部所提供之風險評估技術指引內容，列於表2至表4。一般而言，若風險等級屬於5或4則必須改善，進而針對表1之”改善建議”欄位撰寫改善建議內容，以作為後續之改善依據。

表 1　What-If 分析表

製程編號_____　製程名稱_____

報告編號_____　討論日期_____　小組成員_____

萬一	後果	偵測系統	保護措施	嚴重度	發生機率	風險等級	改善建議

表 2　事件之嚴重等級

等級		人員傷亡	危害影響範圍
S4	重大	造成一人以上死亡、三人以上受傷、或是可能發生無法復原之職業病的災害	大量危害物質洩漏； 危害影響範圍擴及廠外，對環境及公眾健康有立即及持續衝擊
S3	高度	造成永久失能或可能發生可復原之職業病的災害	中量危害物質洩漏； 危害影響範圍除廠內外，對環境及公眾健康有暫時性衝擊
S2	中度	須外送就醫，且造成工時損失之災害或可能發生因職業健康問題造成工時損失之狀況	少量危害物質洩漏；危害影響限於工廠局部區域
S1	輕度	僅須急救處理，或外送就醫，但未造成工時損失之輕度災害或可能發生因職業健康問題造成工作效率降低之現象	微量危害物質洩漏；危害影響限於局部設備附近，或無明顯危害

表 3　事件之頻率等級

等級		預期危害事件發生之可能性	防護設施之完整性及有效性
P4	極可能	每年 1 次（含）以上；在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生5 次以上	未設置必要的防護設施，或所設置之防護設施並無法發揮其功能
P3	較有可能	每 1-10 年1 次；在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生2 至5 次以上	僅設置部分必要的防護設施，或對已設置之防護設施，未定期維護保養或監督查核
P2	有可能	每 10-100 年1 次；在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生1 次	已設置必要的防護設施，且有定期維護保養或監督查核使其維持在可用狀態
P1	不太可能	低於 100 年1 次；在製程、活動或服務之生命週期內不太會發生	除已設置必要的防護設施外，另增設其他防護設施，且有定期維護保養或監督查核，以維持其應有的功能

表 4　風險評估矩陣

		可能性等級			
		P4	P3	P2	P1
嚴重度等級	S4	5	4	4	3
	S3	4	4	3	3
	S2	4	3	3	2
	S1	3	3	2	1

備註：上述分級基準可須依實際需求予以調整。

參、以致災路徑為主之 What-If 分析法的修正應用說明

將製程系統之可能危害的多個異常路徑找出，針對異常狀況發生之路徑拆解，縮小分析範圍，再以 What-If 修正分析表，由防災四道門針對每個異常審視八個面向。

分析流程如下：

步驟一：定義從異常狀況至發生事故之流程。異常狀況可能不只一個，也許有兩個或三個，如圖 1。

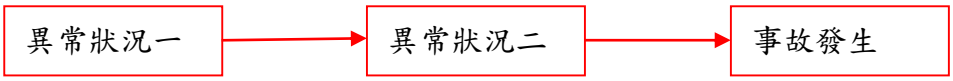


圖 1　防災四道門法之定義發生事故流程

步驟二：今以致災路徑有兩個異常狀況為例，防災四道門表如表 5，防災四道門定義的防災位置圖，如圖 2。說明如下：

(1)如表 5，兩個面向為工程面與管理面，工程面為硬體，而管理面則為人為作業。一般而言，工程面優於管理面，因硬體 24 小時隨時待命且有客觀數據當判斷依據。然而必須注意的是：如有硬體僅有警報功能沒有連鎖動作則該防治措施僅能算一半的工程面。

(2)第一道門與第二道門：第一道門為預防措施，第二道門為矯正措施。防止異常狀況發生所實施之措施為預防措施，異常狀況發生後所實施之措施則為矯正措施。如圖 2，當異常狀況有兩個時，異常狀況一發生後但在異常狀況二發生前，此時所採取之防制措施相當於狀況一之矯正措施但為狀況二之預防措施。

(3) 第三道門：第三道門為保護措施，於異常狀況發生後至事故發生皆有可

能。

(4) 第四道門：第四道門為事故發生後，鎖定在減災措施，讓災害所造成之傷害減到最低。

表 5 防災四道門—改善建議之思考方向

	工程面(硬體或軟體)	管理面(制度面及人員操作面)
A. 預防措施 (異常狀況未發生，例如壓力尚未過高)	(一)本質安全—硬體 (二)本質安全—軟體 (三)Fail Safe 之設計理念	(一)正常操作及作業之 SOP (二)落實人員訓練 (三)落實作業權限之實施 (四)稽核或現場 CCTV 之監視與錄影
B. 矯正措施 (異常已發生，例如壓力已過高)	(一)警報系統 (二)連鎖關斷系統	(一)警報排除及維修作業之 SOP (二)落實人員訓練 (三)事後之事故調查 (四)稽核
C. 保護措施 (人員保護)	(一)個人防護裝備	(一)落實人員裝戴訓練及考核
D.消減措施	(一)消防 (二)除毒 (三)卸爆口	(一)緊急應變 SOP (二)落實人員訓練 (三)稽核

註：(1)工程面➔從硬體保護及連鎖動作才是立即且最有效

(2)管理面➔制度面及人為操作面(SOP及表單)

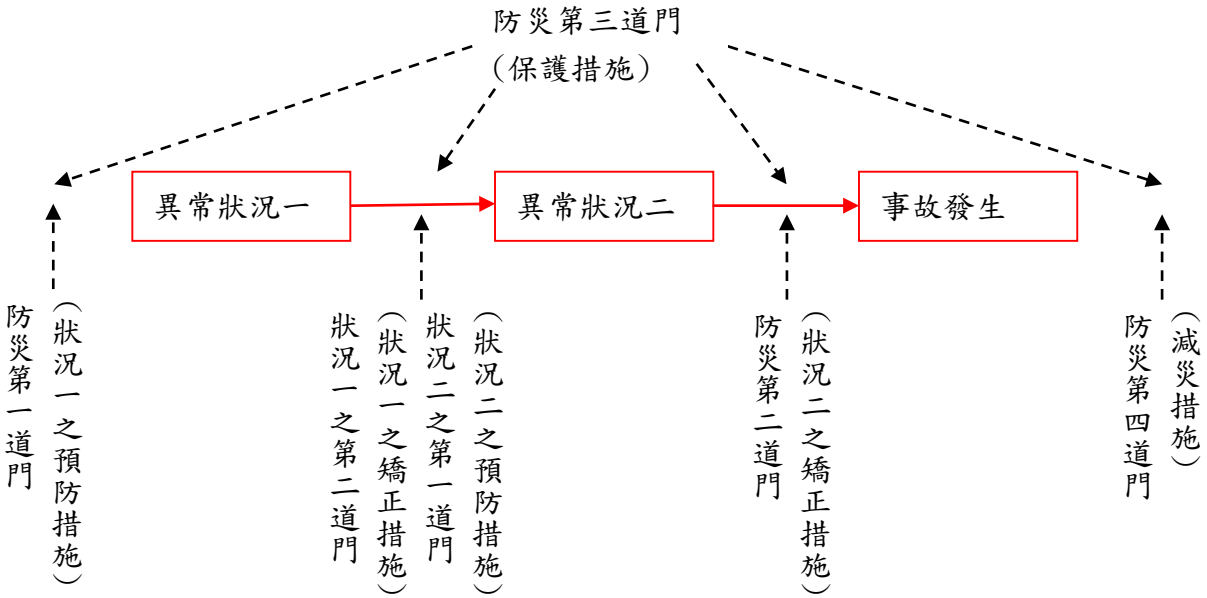


圖 2 防災四道門法之定義四道門的防災位置圖

步驟三：針對致災路徑以What-If修正分析表分析

如表6，前面欄位為致災路徑資訊，依次則針對致災路徑加以審視預防措施、矯正措施、保護措施與消減措施提出”萬一”之情境，進而分析每一情境所衍生之”後果”，並審視目前之工程面、管理面與現有之保護措施。將致災路徑資訊作為導引分析危害之起始點，不僅可掌握到主要危害，對於複雜之系統則可簡化分析，兼顧分析到主要危害與省時之兩大效益。

步驟四：完成What-If修正分析表之分析結果

針對每一個危害以勞動部風險評估寄主引所訂定之機率等級、嚴重等級及風險等級與以判定，如表 2 至表 4。風險等級過高者，風險等級為 5 或 4 時，則須在表中之”降低風險所採取之控制措施”欄位，建議改善對策且須強制執行。

評估過程，則以(1)預防措施工程面與矯正措施工程面同時兼具為較佳防災方式；(2)預防措施工程面與矯正措施工程面僅有一道防護時，需加強矯正措施之可靠度；(3)預防措施工程面與矯正措施工程面皆無且無法改善，則視為高危險作業，需特別加強管理面。改善措施可從提高工程面之可靠度著手，例如：使用可靠度較高等級之硬體或增加第二套裝置…等。

表6　以致災路徑分析之What-If 修正分析表

1.致災路徑資訊	2 失效情境、原因與影響			3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施	6.控制後預估風險		
異常路徑編號	**萬一**	危害類型	**後果**	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性(頻率)	風險等級		嚴重性	可能性(頻率)	風險等級
	由致災路徑之情境設定			現有之防災工程面	現有之防災管理面	現有之防護措施				建議之防災四道門(從八大區塊審視改善建議是否到位)			

肆、 以致災路徑為主之 What-If 分析法的修正應用案例

如圖3為磷酸氫二銨(Diammonium Phosphate, DAP)之管線儀表圖，(1)磷酸溶液與液氨分別經由流量控制閥進入攪拌反應器中，氨與磷酸將會反應而產生不具有危害性質之磷酸氫二銨；(2)磷酸氫二銨由反應器底流至一開放式儲槽中，原料儲槽和反應器均設有釋壓閥，並排放至此密閉區之外面；(3)若磷酸進料之速度較氨快，則會產生副產物，但反應仍在安全下進行；(4)FICA1控制A閥的流量，FICA2控制B閥的流量，DAP反應器為一攪拌器(設備名稱：RE1)設有液位過高警報、壓力過高警報及溫度過高之自動灑水裝置(設備編號：WaterEQ01)，室內有氨氣之感測器；(5)氨之SDS顯示：爆炸上下限區為15.5 ％ ~ 25 ％ 。主要危害有四個：

(1) 若兩者流量皆增加，會造成高溫和高壓，進而壓力過高產生爆炸。
(2) 氨槽之槽體、管路或閥件發生洩漏，氨濃度過高遇火發生爆炸
(3) 氨水之流量較磷酸大，未反應之氨水將殘留在硫酸氫二銨中，有人員暴露之危害或濃度過高時達爆炸下限，遇火產生爆炸。
(4) 氨槽及磷酸槽之槽體可能因壓力過高發生爆炸。

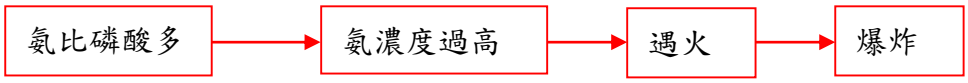
分析以下6個致災路徑：

一、 致災路徑

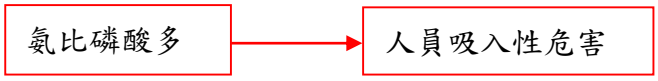
路徑1

路徑2：

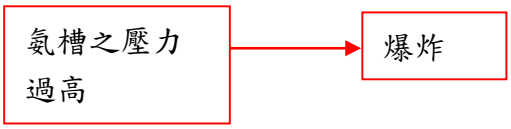
路徑3：



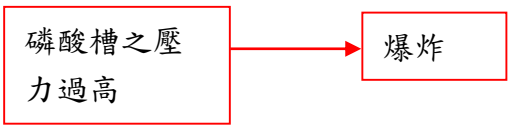
路徑4：



路徑5



路徑6



二、審視表5防災四道門之八大面向，分析結果如表7，說明如下：

1. 針對路徑1，配合圖3，FICA1與FICA2之流量控制為高溫高壓之預防措施工程面；RV3洩壓閥為高溫高壓之矯正措施工程面，目前系統已存在。若欲改善則須改善這三組儀表之可靠度，針對硬體增加可靠度的方式有：增加第二組洩壓閥及破裂盤、提高流量控制器FICA1與FICA2儀表安全等級、閥A與閥B皆為NC設計(即故障時為閥關閉之安全設計)，三組儀表均設計為3選2及加裝UPS。
2. 針對路徑2，配合圖3，氨槽之槽體與管路需定期非破壞檢測、閥件需定期檢修與測試，但仍可能洩漏。將氨氣感測器連鎖噴霧系統作噴霧動作為洩漏之矯正措施工程面(也為氨濃度過高之預防措施工程面)，其為系統已經存在之保護措施，僅有一道保護故此道措施相當重要。改善建議包含：(1)加裝多個氨氣偵測器；(2)加裝多個獨立之供水系統(含各個灑水系統之水槽獨立、供水幫浦獨立、幫浦之電源獨立與加裝UPS)；(3)灑水噴霧管路之並聯，以及(4)多處之灑水頭。針對”遇火”之管理措施包含(1)嚴格的動火申請；(2)嚴禁煙火標示；(3)此處嚴禁煙火之嚴重罰則訂定。針對氨槽之槽體因大地震導致槽體或管路或閥件破裂而洩漏則須計算液氨槽大量洩漏下之水槽總水量。
3. 針對路徑3，配合圖3，其與路徑2相類似，主要不同處為氨比磷酸多之情境。可設計氨之流量過多則先停止氨之供應在停止磷酸之供應。
4. 針對路徑4，配合圖3，在前面路徑3與路徑2，針對氨流量過高與氨氣之偵測與處理已足夠。但針對人員之危害，則由氨氣之偵測警報與室外需吊掛多個呼吸器即可處理。

5. 針對路徑5，配合圖3，針對壓力過高有RV 1作洩壓動作及夜位過高警報為矯正措施工程面。更精進作法：增加第二組洩壓閥及破裂盤。針對因輸入錯誤化學品導致氨槽之壓力過高，則預防措施(管理面)：槽車進料需進行重複確認輸入之化學品
6. 針對路徑6，配合圖3，針對壓力過高有RV 2作洩壓動作及夜位過高警報為矯正措施工程面。更精進作法：增加第二組洩壓閥及破裂盤。

由表7可發現：此修正方法可將複雜的製程系統或設備只拆解較大危害的部分，並作防災四道門之八大面向分析，不僅省時間，且可掌握較大危害之分析及致災路徑之整個精進作法。如表7，針對致災路徑編號1、3及4，雖然風險等級在3以下(含3)，但仍可清楚針對預防措施與矯正措施之工程面與管理面採取更精進之作法，對於降低發生機率之進階作法目標非常明確，有別於一般HazOp或FMEA分析在進階作法上，欄位之劃分並不明確之缺點。

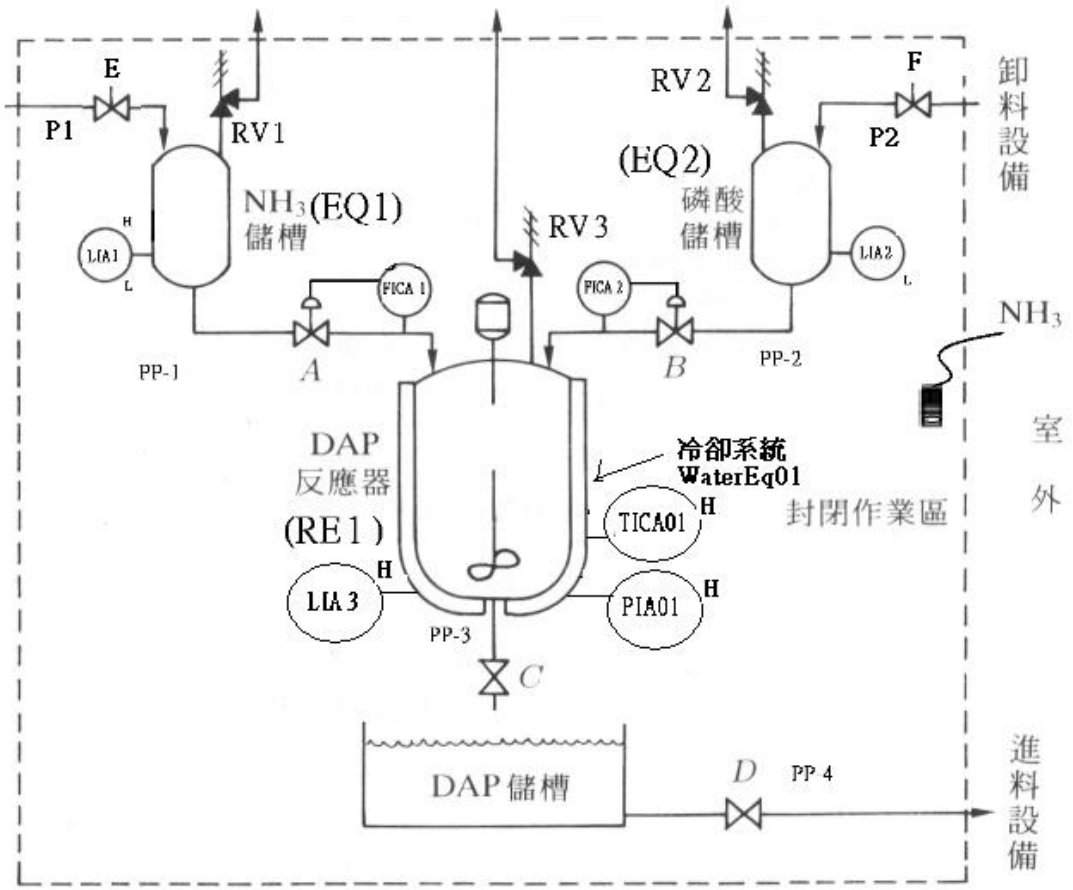


圖 3 磷酸氫二銨之管線儀表圖

表7　以致災路徑分析之What-If 修正分析表之分析結果

1.致災路徑	2 失效情境、原因與影響			3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施(**風險等級為 5 或 4 則必須建議且強制改善，3 以下則可更精進之建議但不強制**)	6.控制後預估風險		
異常路徑編號	**萬一**	危害類型	**後果**	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性(頻率)	風險等級		嚴重性	可能性(頻率)	風險等級
1	流量過高產生高溫高壓	爆炸	壓力過高攪拌槽發生爆炸	(1) 預防：FICA1 與 FICA2 之流量控制； (2) 矯正：RV3 洩壓閥			S4	P1	3	(1) 預防(工程)：提高流量控制器 FICA1 與 FICA2 儀表安全等級，及改 3 選 2 (2) 預防(工程)：閥 A 與閥 B 皆為 NC 設計(即故障時為閥關閉之安全設計) (3) 預防(工程)：儀表加裝 UPS (4) 矯正(工程)：增加第二組洩壓閥及破裂盤			

What-If 方法之修正應用

1.致災路徑	2 失效情境、原因與影響			3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施(**風險等級為 5 或 4 則必須建議且強制改善，3 以下則可更精進之建議但不強制**)	6.控制後預估風險		
異常路徑編號	**萬一**	危害類型	**後果**	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性(頻率)	風險等級		嚴重性	可能性(頻率)	風險等級
2	氨槽之槽體、管路或閥件洩漏	爆炸	氨氣蓄積至 15.5%以上遇火發生爆炸引發人員傷亡	矯正：氨氣感測器連鎖噴霧系統作噴霧動作為洩漏	預防：槽體與管路需定期非破壞檢測、閥件需定期檢修與測試		S4	P2	4	矯正(工程) (1)加裝多個氨氣偵測器；(2)加裝多個獨立之供水系統(含各個灑水系統之水槽獨立、供水幫浦獨立、幫浦之電源獨立與加裝 UPS)；(3)灑水噴霧管路之並聯，以及(4)多處之灑水頭。針對”遇火”之管理措施包含(1)嚴格的動火申請；(2)嚴禁煙火標示；(3)此處嚴禁煙火之嚴重罰則訂定。	S4	P1	3

What-If 方法之修正應用

1.致災路徑	2 失效情境、原因與影響			3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施(**風險等級為 5 或 4 則必須建議且強制改善，3 以下則可更精進之建議但不強制**)	6.控制後預估風險		
異常路徑編號	**萬一**	危害類型	**後果**	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性(頻率)	風險等級		嚴重性	可能性(頻率)	風險等級
	氨槽之槽體因大地震導致槽體或管路或閥件破裂而洩漏	爆炸	氨氣蓄積至 15.5%以上遇火發生爆炸引發人員傷亡	矯正：氨氣感測器連鎖噴霧系統作噴霧動作為洩漏	預防：槽體與管路需定期非破壞檢測、閥件需定期檢修與測試		S4	P1	3	矯正(工程) (1) 加裝多個氨氣偵測器；(2)加裝多個獨立之供水系統(含各個灑水系統之水槽獨立、供水幫浦獨立、幫浦之電源獨立與加裝 UPS)；(3)灑水噴霧管路之並聯，以及(4)多處之灑水頭；(5)針對此情境計算水槽之水量。 針對”遇火”之管理措施包含(1)嚴格的動火申請；(2)嚴禁煙火標示；(3)此處嚴禁煙火之嚴重罰則訂定。	S4	P1	3

What-If 方法之修正應用

1.致災路徑	2 失效情境、原因與影響			3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施(**風險等級為 5 或 4 則必須建議且強制改善，3 以下則可更精進之建議但不強制**)	6.控制後預估風險		
異常路徑編號	**萬一**	危害類型	**後果**	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性(頻率)	風險等級		嚴重性	可能性(頻率)	風險等級
3	氨比磷酸多	爆炸	氨氣蓄積至 15.5%以上遇火發生爆炸引發人員傷亡	預防：液氨之流量控制 矯正：氨氣感測器連鎖噴霧系統作噴霧動作為洩漏			S4	P1	3	(1) 預防(工程)：提高流量控制器 FICA1 儀表安全等級，及改 3 選 2 (2) 預防(工程)：閥 A 為 NC 設計(即故障時為閥關閉之安全設計) (3) 預防(工程)：儀表加裝 UPS 針對”遇火”之管理措施包含(1)嚴格的動火申請；(2)嚴禁煙火標示；(3)此處嚴禁煙火之嚴重罰則訂定。			

What-If 方法之修正應用

1.致災路徑	2 失效情境、原因與影響			3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施(**風險等級為 5 或 4 則必須建議且強制改善，3 以下則可更精進之建議但不強制**)	6.控制後預估風險		
異常路徑編號	**萬一**	危害類型	**後果**	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性(頻率)	風險等級		嚴重性	可能性(頻率)	風險等級
4	氨比磷酸多	化學品汙染	人員吸入性危害	預防：液氨之流量控制 矯正：氨氣感測器連鎖噴霧系統作噴霧動作為洩漏			S3	P1	3	矯正(管理)：氨氣之偵測警報器與室外需吊掛多個呼吸器提供人員使用			
5	氨槽之壓力過高	爆炸	槽體因壓力過高發生爆炸	矯正：RV1 洩壓			S4	P1	3	矯正(工程)：增加第二組洩壓閥及破裂盤			
	因輸入錯誤化學品導致氨槽之壓力過高	爆炸	槽體因壓力過高發生爆炸	矯正：RV1 洩壓			S4	P1	3	預防(管理)：槽車進料需進行重複確認輸入之化學品 矯正(工程)：增加第二組洩壓閥及破裂盤			

What-If 方法之修正應用

1.致災路徑	2 失效情境、原因與影響			3.現有防護設施			4.評估風險			5.降低風險所採取之控制措施(**風險等級為 5 或 4 則必須建議且強制改善，3 以下則可更精進之建議但不強制**)	6.控制後預估風險		
異常路徑編號	**萬一**	危害類型	**後果**	工程控制(含偵測或連鎖)	管理控制	個人防護具	嚴重性	可能性(頻率)	風險等級		嚴重性	可能性(頻率)	風險等級
6	磷酸槽之壓力過高	爆炸	槽體因壓力過高發生爆炸	矯正：RV2 洩壓			S4	P1	3	矯正(工程)：增加第二組洩壓閥及破裂盤			
	因輸入錯誤化學品導致氨槽之壓力過高	爆炸	槽體因壓力過高發生爆炸	矯正：RV2 洩壓			S4	P1	3	預防(管理)：槽車進料需進行重複確認輸入之化學品 矯正(工程)：增加第二組洩壓閥及破裂盤			

伍、 討論與結論

本文將致災路徑、防災四道門及傳統What-If方法作結合應用，提出一個What-If之修正分析方式， 修正了分析表格內容，並提出一個新的分析流程。從致災路徑為出發點，主要危害之致災路徑當分析主軸，配合防災四道門的八大區塊(由工程面與管理面兩個面向，結合預防、矯正、保護與消減四個措施)。強調針對重點危害加以分析並兼具節省分析時間的效果，更重要的是可以對致災路徑的之防災面向做更深入的討論以及防治。

從表 7 之結果顯示，分析內容相當精簡。以圖 3 系統如果用 HazOp 分析可能有 3 至 4 倍於表 7 之分析內容，因製程參數之異常至少有：溫度過高、溫度過低、壓力過高、壓力過低、液位過高、液位過低、流量過高、無流量、流量過低、逆流、汙染、錯誤濃度、錯誤物質、操作程序錯誤…等，至少 14 個參數的異常，在思考時又須對應到圖 1 之硬體包含槽體、管路、閥件、感測器…等，至少 20 個硬體以上，分析可說是非常複雜，也因為複雜的分析內容，在分析過程可能會錯失重要環節，若是等到發生災難再記取教訓則緩不濟急且無濟於事，工廠若造成重大災害可能也無復工之能力。

具體而言，此 What-If 修正方法可將複雜的製程系統或設備，兼顧到 What-If 容易分析之優點與致災路徑為分析重點，讓分析能省時間也能找出重要危害，並能清楚針對預防措施與矯正措施之工程面與管理面採取更精進之作法，降低發生機率。也期待此修正方法能對產業界在危害分析與風險評估上能具標靶分析之效果，並能大力應用。

參考文獻

勞委會，2012，危險性工作場所審查暨檢查辦法，中華民國 101 年 7 月 13 日行政院勞工委員會勞檢 5 字第 1010150753 號令修正。

勞動部，2015，風險評估技術指引，中華民國 104 年 12 月 4 日勞動部職業安全衛生署勞職綜 1 字第 1041041628 號函修正。

財團法人安全衛生技術中心，2010，《危險性工作場所製程安全評估訓練班三階段訓練教材》。危險性工作場所製程安全評估訓練班訓練教材。

黃清賢，1996，《危害分析與風險評估》。三民書局。

王世煌，2012，《工業安全風險評估》。揚智文化。

楊昌裔，2004，《系統安全設計與危害分析》。文京出版社。

施元斌，2002，〈風險分析方法於工廠之應用〉。《工業安全科技》42 期：24-28。

黃正宇，2018，《防災四道門及與風險分析方法在救災體系之結合應用》。南亞技術學院碩士論文。

施元斌，2018，〈危害因子與風險評估工具〉。《工業安全衛生月刊》354 期：59-72。