

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩士論文

應用本質較安全策略探討機械安全連鎖裝置
較佳化設計之研究—以某 TFT-LCD 廠為例



Discussion on the Optimum Design of Safety Interlock of
Machine Set Using Intrinsically Safe Strategy - Taking a
TFT-LCD plant as an Example

研究生：楊文忠

指導教授：陳春盛 教授

中華民國九十九年九月

應用本質較安全策略探討機械安全連鎖裝置較佳化設計之研究

-以某 TFT-LCD 廠為例

Discussion on the Optimum Design of Safety Interlock of Machine Set
Using Intrinsically Safe Strategy - Taking a TFT-LCD plant as an Example

研 究 生：楊文忠

Student : Wen-Chung Yang

指 導 教 授：陳春盛

Advisor : Chun-Sung Chen

國 立 交 通 大 學

工學院產業安全與防災學程



Submitted to Degree Program of Industrial Safety and Risk Management
College of Engineering
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Science
in
Industrial Safety and Risk Management
September 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中 華 民 國 九 十 九 年 九 月

應用本質較安全策略探討機械安全連鎖裝置較佳化 設計之研究-以某 TFT-LCD 廠為例

研究生：楊文忠

指導教授：陳春盛 教授

國立交通大學工學院產業安全與防災學程碩士班

摘要

LCD 生產設備具有大型化、高速化、自動化等特性，且設備尺寸仍不斷放大，複雜的生產設備間存在著各種可能造成嚴重傷害的危害源。從 TFT-LCD 產業重大傷亡及分析某光電廠之職災傷害類型，仍以機械傷害為首。分析事故原因，以機械設備的本質安全性及安全連鎖裝置失效等安全防護不足為主因，其次為人員作業錯誤所造成。



事實上機械不可能不故障，且又無法保證人員永不錯誤。針對機械的危害，本研究將應用本質較安全策略，其作法有強化、取代、減弱、限制影響、簡單化、避免骨牌效應、防愚設計、狀態清晰、容忍、易於控制及軟體等，利用其優勢並搭配結合安全連鎖裝置較佳化設計，以電磁式、舌片式、動力源多樣化及安全光柵等型式之應用，達到使人員要進入能量運作空間危險區域時，能量的運作必須停止；而當能量要開始運作時，可確保人員不在危險區域。並藉由案例來驗證其防護安全性，對於操作人員的安全，全面進行新人及在職人員機台操作安全及危害認知等訓練及查核獎懲制度之執行，讓員工了解機台的危害及針對不同作業危害訂定其安全標準作業規範，使作業人員能確實依標準作業程序作業。達到防止發生重大職業災害致生產中斷之不可接受風險之研究目的。

關鍵字：TFT-LCD、機台安全、本質安全、安全連鎖裝置

Discussion on the Optimum Design of Safety Interlock of Machine Set Using Intrinsically Safe Strategy - Taking a TFT-LCD plant as an Example

Student : Wen-Chung Yang

Advisor : Chun-Sung Chen

Institute of Industrial Safety and Risk Management Engineering

National Chiao Tung University

Abstract

LCD production equipments are featured by large scale, high speed, and automation. As larger and more complex equipments continue to become available, there are various hazard sources that may cause serious damages. Analysis on serious casualties occurred in the TFT-LCD industry and the occupational injury types of a photoelectric plant indicated that, mechanical injury is the primary cause. The main reason is insufficient safety protections, such as failure of intrinsic safety on the mechanical equipment and safety interlock, followed by improper operation.

However, it is inevitable for machines to encounter malfunctioning and for personnel to make mistakes. Hence, this study applied intrinsically safe strengthening, substitution, attenuation, limitation of effects, simplification, avoidance of domino effect, foolproof design, clear status, tolerance, easy to control, and software. These strategies were combined with the optimum design of safety interlock, in the forms of electromagnetic type, tongue type, diversification of power sources, and safe optical grating. Therefore, once personnel enter into the danger zone of energy operation space, the energy operation will stop, and the personnel are guaranteed to be out of the danger zone once the energy operation restarts. Meanwhile, a case study was conducted to verify the protection safety. To ensure the operators' safety, comprehensive trainings could be provided for newly-hired and in-service staffs on the operating safety and hazard recognition of the equipments. Moreover, a reward and penalty system could be implemented to reinforce the staffs' understanding of the

machinery hazards and the safety standards. The code for practice against different operating hazards needs to be established to ensure the operators to operate in accordance with the standard procedures in order to prevent the unacceptable risk of production interruption caused by occupational hazards.

Keywords: TFT-LCD; machinery safety; intrinsic safety; safety interlock



誌謝

本論文能順利完成首先要感謝指導教授 陳春盛老師修業期間所給予之指導，因從訂定題目，經過老師之指點作部份修改，而撰寫期間承蒙 陳俊瑜教授不辭辛勞，悉心指導及林志高教授撥冗審閱本論文，並且對內容疏漏與謬誤不當之處所給予寶貴之建議與指導，使本論文能更臻完整，在此致上十二萬分之謝意。

在進入職場工作多年後，為延伸過往所學及累積更多工作實務上之需求，選擇進入產業安全與防災學程專班就讀，進修期間得同時面對工作上及課業學習中之雙重壓力，雖然很辛苦，但仍於這段期間，認識業界許多精英及能順利完成這篇碩士論文，如今回憶起來，一切都是值得的。

三年修業期間，感謝友達光電安衛部 官經理盛宏及共處的同事們在工作及課業上之協助，讓敝人得以在忙碌工作之餘，有再進修課業的機會。

感謝 玉峰同學及財團法人精密機械發展中心之潘家祥、黃志明及李益昇先生等團隊之技術支援，並感謝陪在我身邊最親愛的媽媽及妻子一路以來鼎力支持，使我無後顧之憂下，才能順利完成學業。

最後，更要感謝諸位授課老師及業界同學所傳授交流的專業知識與實務經驗，讓我獲益匪淺，感謝所有貴人，感謝之情銘記在心。

目 錄

摘 要	.....	i
英文摘要	.....	ii
誌 謝	.....	iv
目 錄	.....	v
表目錄	.....	vi
圖目錄	.....	vii
第一章	緒論.....	1
1.1	前言.....	1
1.2	研究目的.....	5
1.3	研究流程.....	6
第二章	文獻回顧.....	7
2.1	機台安全設計方法.....	9
2.2	機械安全連鎖裝備-設計與選擇原則.....	22
2.3	緊急停止設計原則.....	30
2.4	美國斯麥半導體設備和材料國際組織之安全指引.....	33
第三章	研究方法.....	36
3.1	TFT-LCD 製程原理.....	36
3.2	TFT-LCD 機台設備 Interlock 建置及查核測試分析.....	39
3.3	安全連鎖裝置(Interlock)較佳化設計策略.....	47
第四章	Interlock 較佳化設計策略之結果與應用	55
4.1	Interlock 較佳化設計策略之結果.....	55
4.2	Interlock 較佳化設計策略之應用.....	62
第五章	結論與建議.....	93
5.1	結論.....	93
5.2	建議.....	94
第六章	參考文獻.....	96

表目錄

表 2-1	安全及健康危害嚴重度 S. (Severity) 等級.....	13
表 2-2	危害暴露頻率 F. (Frequency of Exposure) 分級.....	13
表 2-3	損害發生機率 P. (Probability of Loss) 分級.....	14
表 2-4	風險控制(等級判斷).....	14
表 2-5	安全防護分類.....	19
表 2-6	控制類別分類要求摘要表.....	21
表 2-7	連鎖裝置之各種技術形式.....	24
表 3-1	機台 Interlock 狀況調查表.....	46
表 3-2	安全光柵類型比較.....	51
表 4-1	安全連鎖裝置及緊急停機開關查核表.....	63
表 4-2	機台設備安全查核表.....	66
表 4-3	機台安全連鎖查檢表.....	72
表 4-4	製作彙整各部門 Interlock 清單範例.....	73
表 4-5	環安 KPI 評量標準.....	75
表 4-6	違規懲處規範.....	78
表 4-7	安衛部門之 99 年度之教育訓練計劃表.....	81
表 4-8	工程師安全教育訓練評量成績.....	82
表 4-9	2010 年證照專班開立時程表.....	85
表 4-10	安全衛生風險登錄評估表-Spatter 機台.....	88
表 4-11	Interlock Shut Down 潛在風險分析.....	90
表 4-12	安全衛生風險登錄評估表-EO 機台.....	92

圖目錄

圖 1-1	災害發生處所.....	2
圖 1-2	工作區示意圖.....	2
圖 1-3	事故現場照片.....	4
圖 1-4	某光電廠 2009 年 1 月~2010 年月事故類型統計.....	5
圖 1-5	研究流程.....	6
圖 2-1	高科技廠房本質較安全設計策略應用聯想圖.....	7
圖 2-2	內在及外在安全機會與設計階段關係.....	8
圖 2-3	歐洲機台安全標準彙整示意圖.....	9
圖 2-4	機台安全設計方法流程圖.....	10
圖 2-5	製程機台安全設計風險管理流程圖.....	11
圖 2-6	本質較安全設計整體概念圖.....	15
圖 2-7	機台安全對策.....	16
圖 2-8	結合 1.Door Sensor 2.Safety plug 3.安全光柵等多重安全連鎖置.....	17
圖 2-9	緊急停止開關按鈕.....	18
圖 2-10	矽甲烷鋼瓶緊急遮斷閥.....	18
圖 2-11	EN 954-1 風險評定及安全類別樹狀圖.....	20
圖 2-12	在動力作動護罩鎖定裝置中之護罩鎖定裝置的操作模式.....	24
圖 2-13	正向模式與負向模式應用在推拉門之例子.....	25
圖 2-14	正/負向模式(雙迴路信號設計)安全連鎖開關使用範例.....	27
圖 2-15	雙迴路信號設計.....	27
圖 2-16	防止無效化範例.....	29
圖 2-17	Category 0 功能圖解.....	31
圖 2-18	Category 1 功能圖解.....	32
圖 2-19	Category 2 功能圖解.....	32
圖 3-1	Array 製程簡介.....	37
圖 3-2	Cell 製程簡介.....	38
圖 3-3	模組製程簡介.....	38
圖 3-4	進入停機開關.....	39
圖 3-5	Area Sensor.....	39
圖 3-6	光通訊 Sensor.....	40
圖 3-7	安全門鎖.....	40
圖 3-8	按鈕型緊急停止裝置及拉線型緊急停止裝置.....	40
圖 3-9	機台設備中 light sensor 的整體結構及其排列情況.....	41
圖 3-10	Array 舌片式 Interlock.....	41

圖目錄

圖 3-11	CF Safety Plug Interlock.....	41
圖 3-12	機台 EMO、EMS 按鈕、蜂鳴器和 Teaching Box.....	42
圖 3-13	Cell 機台設備 Interlock.....	42
圖 3-14	Robot 安全連鎖裝置.....	43
圖 3-15	Interlock 功能測試分析(一).....	44
圖 3-16	Interlock 功能測試分析(二).....	45
圖 3-17	機器人安全防護措施.....	47
圖 3-18	機器內互鎖裝置的位置.....	48
圖 3-19	危險之場所設置最適合的安全機器之防護元件示意圖.....	49
圖 3-20	光柵式安全裝置原理圖.....	50
圖 3-21	安全距離示意圖.....	52
圖 3-22	安全距離計算式示意圖.....	52
圖 3-23	強制牽引接點結構示意圖.....	53
圖 3-24	Interlock 較佳化建置範例.....	54
圖 4-1	工業用機器人應有護欄、連鎖裝置.....	56
圖 4-2	模擬啟動按鈕接點熔著情境，按下停止按鈕機台應停止.....	56
圖 4-3	連鎖機制之基本構成.....	57
圖 4-4	安全防護應用範例.....	58
圖 4-5	維修門 Interlock 使用範例.....	59
圖 4-6	控制盤切換至維修模式或懸掛 PM/維修告示牌.....	59
圖 4-7	緊急停止裝置配線原理圖(a、b 接點運轉之迴路).....	60
圖 4-8	緊急按鈕要求事項.....	61
圖 4-9	機器人最大動作範圍示意圖.....	62
圖 4-10	EMO 設置規範及查核缺失改善對策.....	67
圖 4-11	Interlock 安全規範及查核缺失改善對策彙整(一).....	68
圖 4-12	Interlock 安全規範及查核缺失改善對策彙整(二).....	69
圖 4-13	Robot Z 軸沈降支撐架.....	71
圖 4-14	支撐頂桿垂直固定架.....	71
圖 4-15	清查作業流程.....	74
圖 4-16	傷害千人率趨勢圖.....	76
圖 4-17	活線作業管制程序流程.....	77
圖 4-18	機台設備安全管理流程.....	79
圖 4-19	人員遭 Door valve 關閉時夾傷示意圖.....	86
圖 4-20	雷射切割機台配置.....	89

第一章 緒論

1.1 前言

隨著數位化技術的演進，順勢而起的數位應用產品為人類生活帶來極佳的便利性與樂趣，所有數位產品皆需透過一個顯示介面來呈現內容，數位資訊時代的產品講求擁有輕、薄、短、小及省電等特性，液晶顯示器(liquid crystal display，簡稱 LCD)因具備輕薄、體小、省電、低電壓及低輻射等優異特性，已廣泛使用在各種顯示設備上【1】。

政府在2002年提出了「兩兆雙星產業」計畫，其中的「兩兆」產業就是指半導體產業及影像顯示產業，由此可知，LCD 產業是科技產業植根台灣的發展重心，對國家總體經濟成長具有重要的貢獻，半導體產業及影像顯示產業可說是台灣極重要的產業代表。

薄膜電晶體液晶顯示器產業特性分析：

- 1、資本密集，生產設備具有大型化、自動化、高速化之特點。
- 2、技術密集，技術由國外引進，設備則來自國外進口及本土廠商製造，故安全規範、標準不一。
- 3、產業急速成長，人才素質要求相對較高，技術人才供給與需求失衡。
- 4、產品生命週期短、生產線技術更替速度快，致人員操作熟悉度不佳、輕忽危險等都增加人員暴露機械危害源的風險。

TFT-LCD 產業其結合了前段 Array 半導體製程技術，中段 Cell 液晶製程技術與後段 Module 組裝製程技術。但在封閉的大型廠房中，隨時充斥著大量的有毒、易燃的化學物品，火災、機械引起之撞擊、捲入、切斷、刺入等傷害，高毒性與高危險性的環境也造成社會大眾對 TFT-LCD 產業的不安與恐懼。

圖1-1及圖1-2為7月20日動力搬運機械之維修門未有連鎖性能、維修門前未有足夠之活動空間且安全衛教不足致勞工於異常排除時發生台車暴衝撞夾頭部致內出血死亡之發生處所及工作區示意圖。

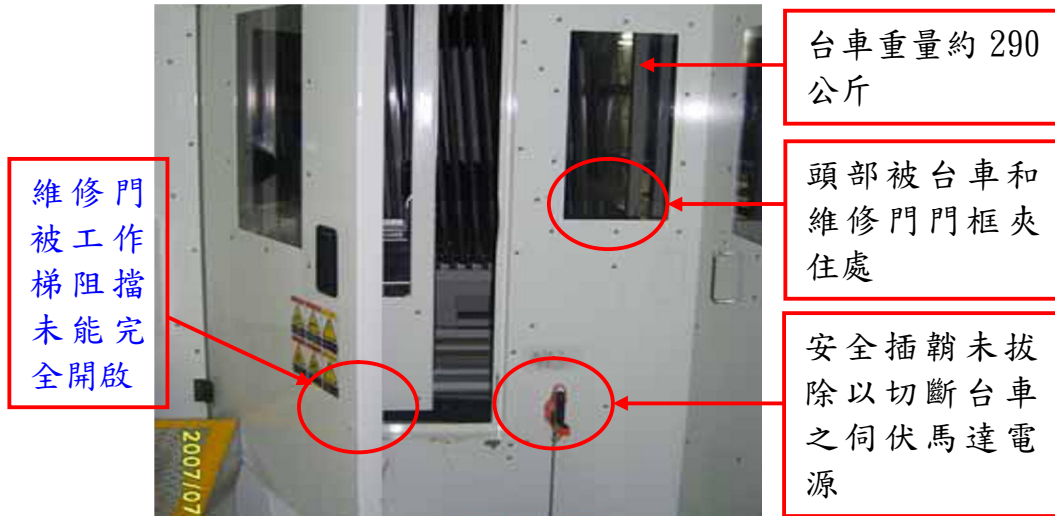


圖1-1災害發生處所：機械設備之維修門。罹災者站立於門外，上半身探入台車行走之軌道艙進行故障排除作業時遭台車撞夾致死【2】

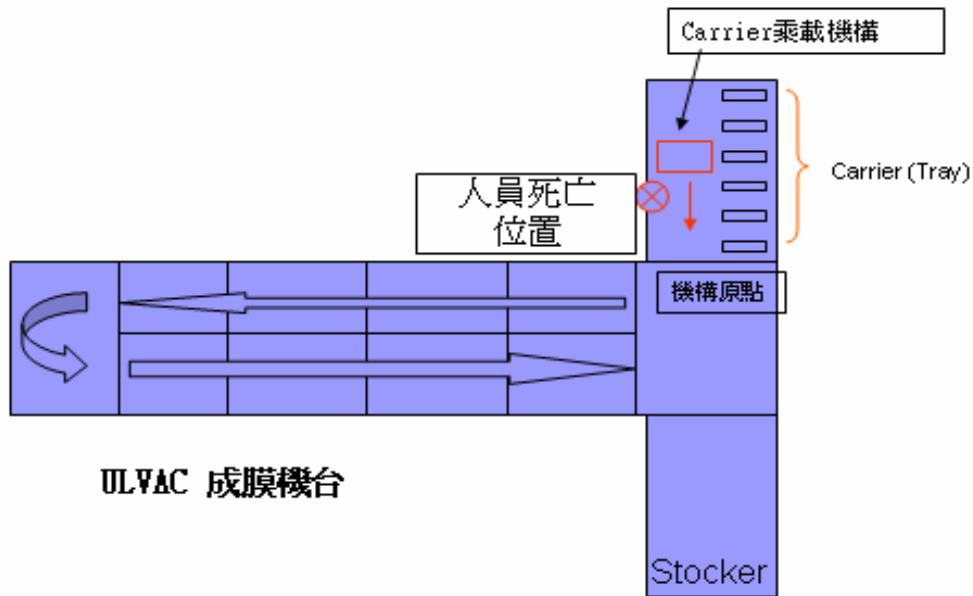


圖1-2工作區示意圖

災害原因分析：

- 1.直接原因：從事機械設備內台車故障排除時遭蓄積能量之台車向前

暴衝撞夾頭部致顱骨骨折、顱內出血死亡。

2.間接原因：

(1)不安全狀況：

(a)台車之時規皮帶張力未釋放。

(b)機械設備之維修門未有連鎖性能及門前未有足夠之活動空間。

3.基本原因：

(1)安全衛生教育不足。

(2)機械設備之安全作業標準書未訂定其故障排除、維修方法及安全注意事項。(未明訂於故障排除、維修時應拔除維修門之安全插鞘使台車之伺伏馬達電源切斷。)

(3)勞工安全意識不足。

災害防止對策：

- 1.機械設備之維修門應設有連鎖性能之安全裝置。
- 2.機械設備之操作控制盤及維修門前應淨空，以提供勞工足夠之活動空間。
- 3.機械設備停止運轉時，有彈簧等彈性元件、液壓、氣壓或真空蓄能等殘壓引起之危險者，應採釋壓、關斷或阻隔等適當設備或措施。
- 4.機械設備之安全作業標準應訂定其故障排除、維修方法及安全注意事項；機械設備之維修前斷電及維修後送電之程序應明文規定。
- 5.對勞工應施以從事工作及預防災變所必要之安全衛生教育、訓練、並應強調維修前斷電之重要性與必要性，以提升勞工之安全意識。
- 6.應評估廠內機械設備之風險及可能危害類型，建立災害預防之資料。



圖1-3為7月31日為點燈測試機之玻璃傳送設備排除異常時因未遵守標準作業且安全門連鎖裝置未作動意外被夾壓頭頸部致死。

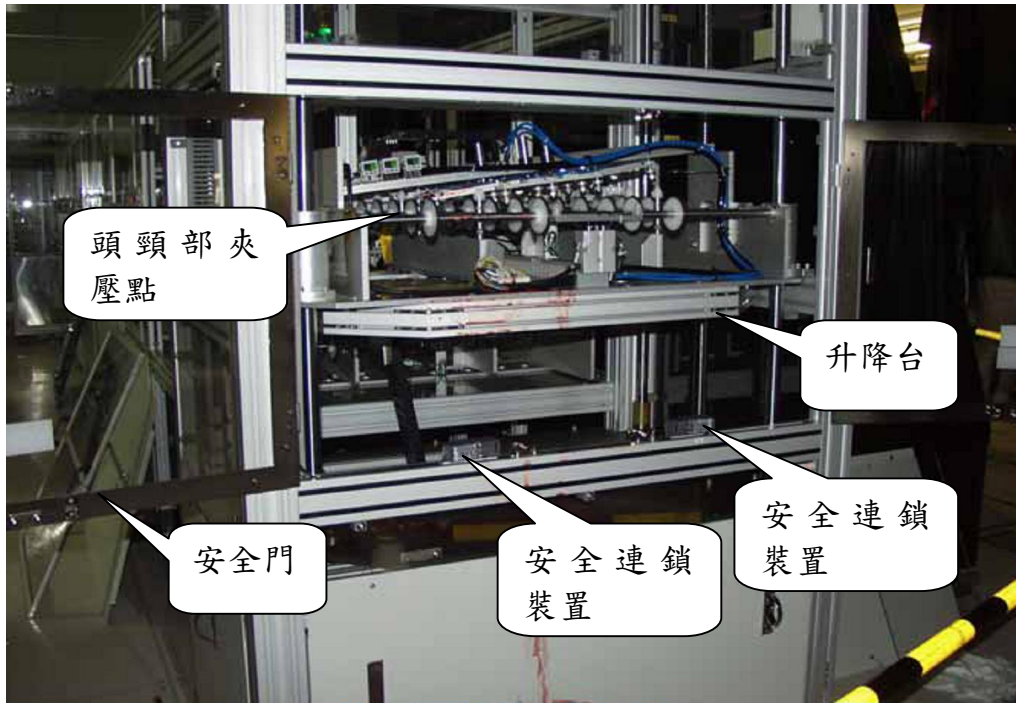


圖1-3事故現場照片：

罹災者打開安全門後，頭頸部被升降機台夾壓致死現場照片【2】

圖1-4 為某光電廠2009年1月至2010年6月事故統計資料，共計有43件，因機械設備引起之職災案例計有13件，佔有30%，高居第一位，由此可見因機械所引起之危害，已不容忽視。除此之外，光電面板產業由7.5代玻璃基板尺寸195cm×225cm，演進至8.5代玻璃基板，尺寸達220cm×250cm，伴隨 TFT-LCD 產品解析度提升及玻璃基板尺寸增大，機械設備逐漸朝向大型化、精密化、系統化及自動化型態發展，致使機械故障和危險的型態越形複雜，機械運動中的動能也相對大幅增加，對作業人員的潛在危害也相對增大。

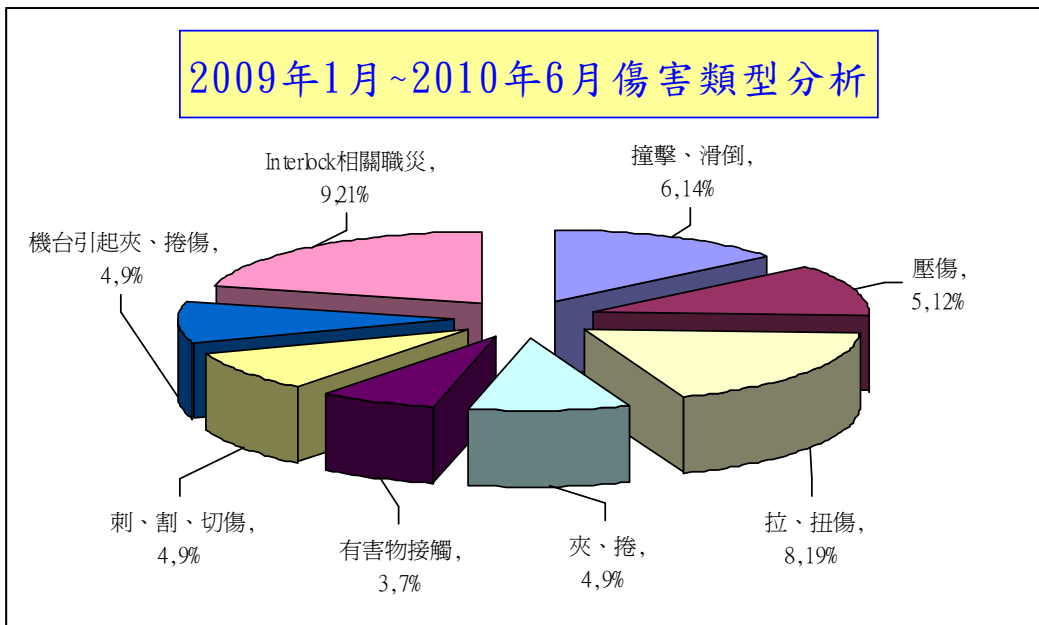


圖1-4 某光電廠 2009年1月~2010年6月事故類型統計

所以本文選擇產值或產量均為全球前茅的 TFT-LCD 光電面板廠為探討對象，針對其製程機台可能的危害源來分析、說明機台安全防護的較佳方法，如何防止機台設備於裝機、測試、故障、維修等機械全生命週期間，人員需進入機械運作範圍內所可能隱藏之傷亡風險，實刻不容緩之要事。

1.2 研究目的

為有效降低機械性之壓碾、捲入、撞擊··等危害，如何選購本質較安全之機械設備及應用本質較佳化設計之安全連鎖裝置，以維護機械設備於正常安全之運轉模式下運作，減少其發生故障之機率或人員不當操作致其安全防護功能失效，確保操作人員的安全，以達成下列研究目的：

- 1.防止發生重大職業災害致生產中斷之不可接受風險。
- 2.防止人體的任何部位與機械設備的操作點、捲入點及運動機件等可能發生危害的部位或區域直接或間接接觸。

1.3 研究流程

圖1-5為本研究流程，由確定研究主題及目的與研究範圍開始，待蒐集相關文獻探討後，先分析了解 TFT-LCD 製程及各機台 Interlock 建置現況及實際功能測試，並與安全連鎖裝置較佳化之設計規範作比對，找出其建置缺失與潛在風險問題。研究過程中是以「文獻回顧、分析及測試、查核與改善及案例印證」為主軸，而經彙整上述所有工作項目後進行報告之撰寫。

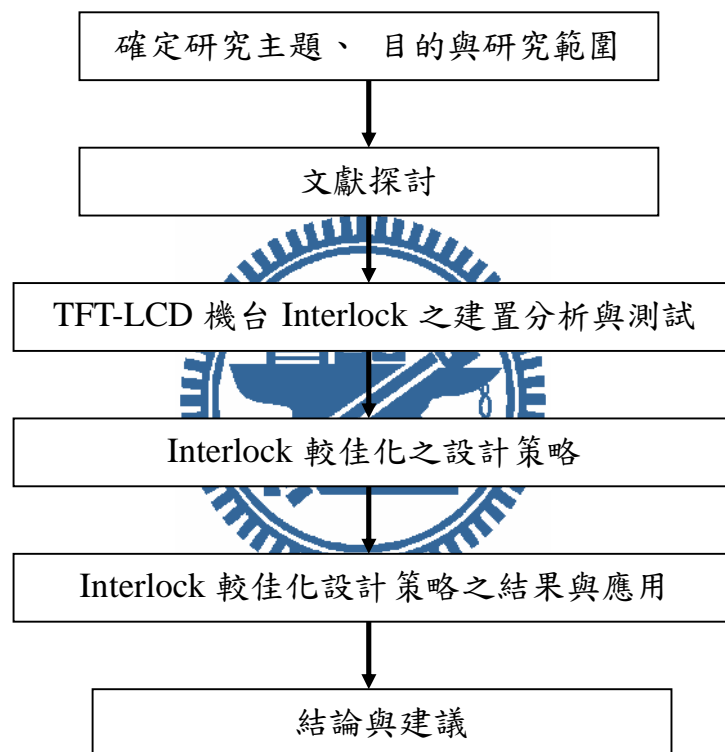


圖1-5 研究流程

第二章 文獻回顧

過去經驗發現，事故發生的原因有98%多屬不安全行為所造成，人員在作業中可能因為疏忽、遺忘、錯誤認知、違反規定等情況而導致事故發生，並且因為TFT-LCD產品之玻璃基板尺寸不斷增大與新製程技術之不斷研發與創新，致使生產技術不斷推陳出新之演進，機台設備逐漸朝向大型化、精密化、系統化及自動化型態發展，致使機台故障和危險的型態越形複雜。因此，為了達到機台安全的目的，不能僅依靠『教育訓練』、『工作教導』等行政管理措施來達成，最根本、有效的方式，應該自『機台設計』時就考量降低風險，竭盡所能的使機台設備達到『本質較安全 (inherently Safer)』程度。圖2-1為高科技廠房本質較安全設計策略應用聯想圖，由圖中可看出，想要完全杜絕人為失誤而發生的災害，最好的解決之道就是利用本質較安全策略，將發生源所產生的危害能量有效的排除，如果尚無法確實達成，才可由能量傳遞途徑與最終能量接受者著手工程改善，另外想要持續維持安全狀態與行為，則必須依賴完善的行政管理措施，再參酌先進國家有關機械安全標準指引，逐步提升機台安全等級及管理手段【3】。

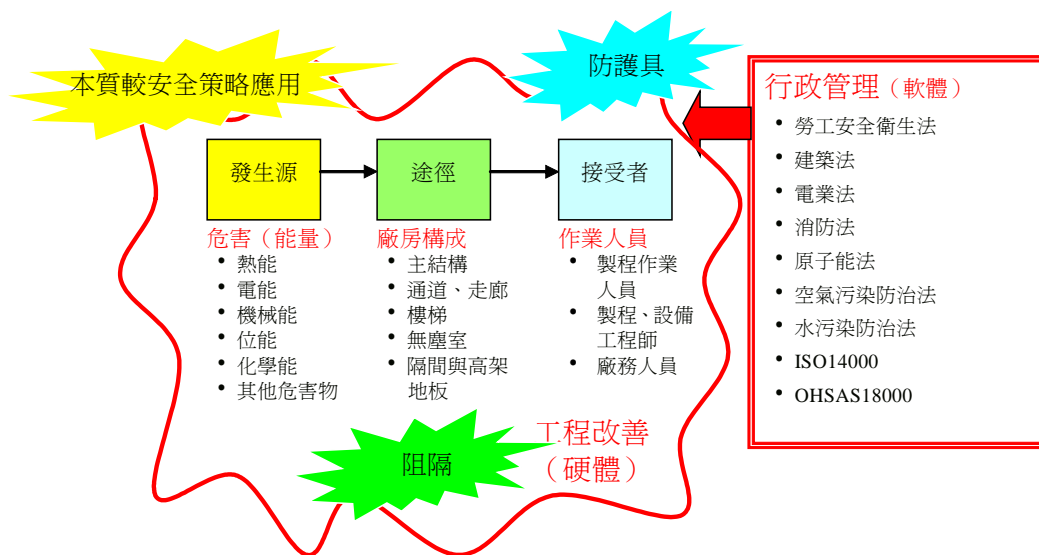


圖2-1高科技廠房本質較安全設計策略應用聯想圖【4】

以 TFT-LCD 製程機台而言，需要重視機台安全設計的人員主要有光電面板廠使用者（如採購及環安人員、作業員、製程及設備工程師等）、設備製造者、外包維護保養廠商等，因為前述人員會在機台不同時間階段與機台進行不同程度的接觸，所以機台危害是隨時存在的。不過這些設備製造者在開發製成機台時，多會設計成容易調整、擴充的基本型，初期大多僅滿足機台製程功能性與基本安全機制，後續於售出後才會與使用者研討較完整的機台安全設計內容，並加裝相關附屬設備，所以基於內在本質安全機會原則下（圖 2-2 內在及外在安全機會與設計階段關係），製程機台在設備製造者規劃、設計階段，就必須妥善進行機台安全設計，如此才能輕易有效且較經濟的原則下達成本質較安全目標【3】。

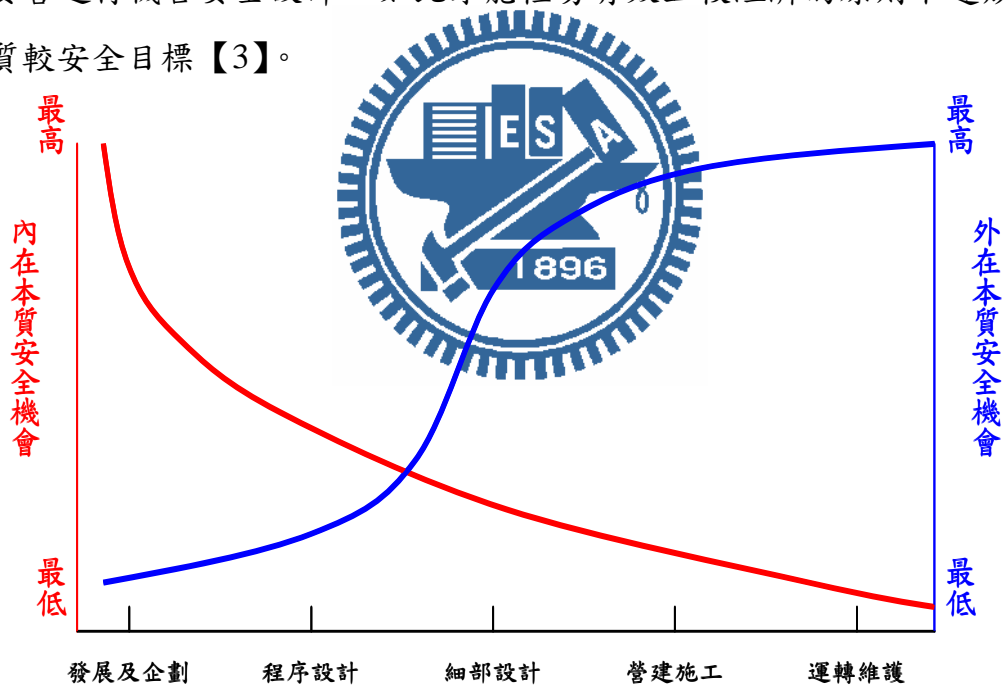


圖 2-2 內在及外在安全機會與設計階段關係【5】

針對光電面板製程機台採購時，必須訂定機台設備之安全認證規範，所有在機台安全設計程序中，應結合有效的機台設備風險評估和風險管理，將機台安全規範要求及設計結果提供給設備供應者，以達到機台使用與安全要求，如此才能在設備的設計與製造階段，將風險

降低至可接受的最低程度，也才能確保操作人員安全。

2.1 機台安全設計方法【3】

本研究將以歐洲實施之機台安全指令 98/37/EEC 為基礎，來進行機台安全設計方法建立，經由機台安全設計、製造、妥善保養及維修來減少停機、事故等損失情況。該指令中廣泛列出設計與操作可能發生的潛在危害，並提供設計及製造機台應注意的安全規範，據此要求設備製造者負起安全的責任，在設計階段就必須考量如何降低危害源風險，或加裝完善的防護裝置，這十分符合內在本質安全機會原則的精神。目前全球各經濟組織或先進國家大多制定與製程機台有關的安全標準和安全規範，圖 2-3 為歐盟就將機台安全訂定了三類標準，任何進入歐盟的機台、設備，都必須符合機台安全指令及其他相關指令的基本要求，機台安全已受到先進國家及產業所重視。製程機台的功能性規劃完成後，著手設計時安全性應列為第一優先考慮，但為了確保機械能夠連續安全運轉，所採取的安全對策必須不能破壞機台的使用簡易度及預定使用功能，如果對此考慮不周，在最大限度使用機械時，可能遭機台使用者為節省時間或怕麻煩，而使安全對策無效化【6】。

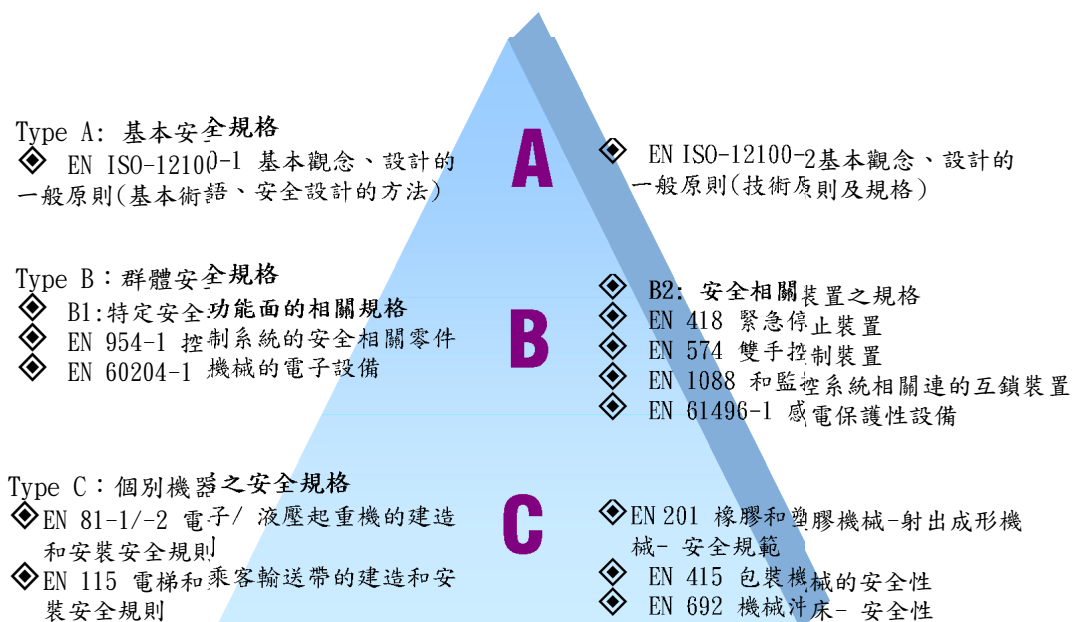


圖 2-3 歐洲機台安全標準彙整示意圖【6】

根據 EN ISO 12100-1 的建議，為了達到機械安全設計之目的，必須遵循下列 1 到 5 的步驟和對策，以確保安全，圖 2-4 為機台安全

設計方法流程圖【7】。

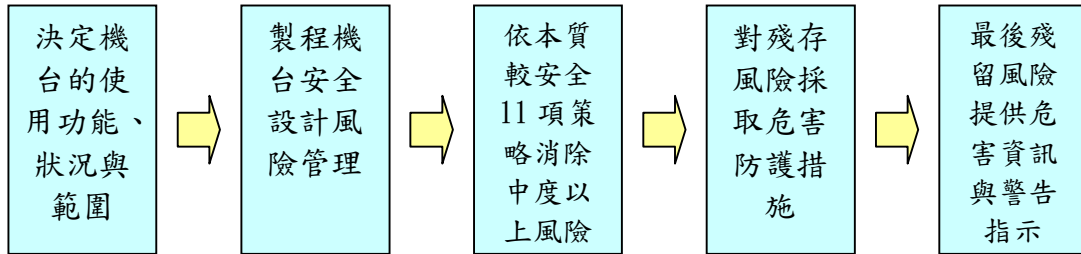


圖 2-4 機台安全設計方法流程圖【7】

製造者由實施風險評估及管理至安全對策的建立，可將事故風險降低至使用者接受程度，當製程機台於使用者作業現場組裝、試機完成後，再依現場情況增加環境上之安全防護裝置，如此即可將殘留風險降至最低。

2.1.1 決定機台的使用功能、狀況與範圍

這包括機台預期使用壽命、可預測的錯誤使用、錯誤操作等情況，但無論是何種製程機台，會被設計、製造、使用，一定是希望達成某特定『功能』，當了解機台主要功能及運作原理後，也才能分析危害源及危害發生可能情境，後續也才能進行風險評估與安全對策的制定。

2.1.2 製程機台安全設計風險管理

製程機台風險管理主要目的是希望能提供機台安全設計人員，於機台安全設計階段依評估風險等級並能確認風險已控制在可接受等級內的一項工具，圖2-5為製程機台風險管理程序。當初步規劃預定功能性及組成架構後，細部設計前必須先對機器進行風險評估，以確認使用者所能承受的風險等級，然後根據風險等級結果，採取相關的安全措施來降低或消除危害源之風險，進而達到可接受等級之安全要求。

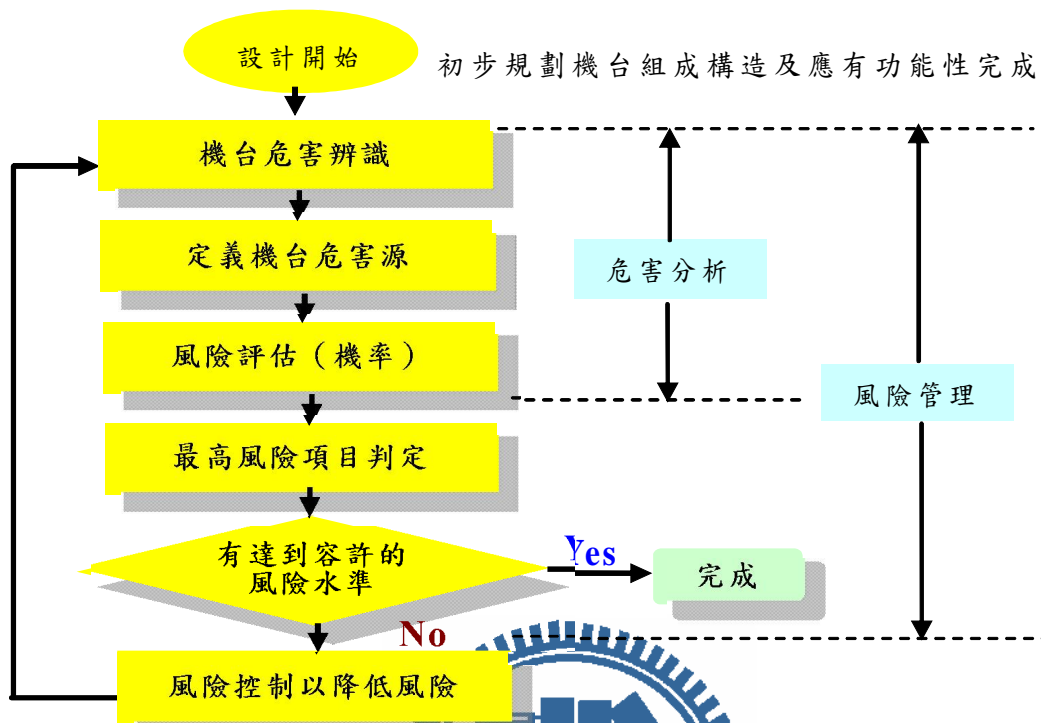


圖2-5製程機台安全設計風險管理流程圖【3】

1.機台危害辨識

逐項、全面地識別機械於全生命週期內，設備操作者、維修人員及設備供應商等，於例行性（產品製程）及非例行性（維修保養、清潔等）作業、設備故障異常，甚至人員不安全操作等情況下，可能遭遇的所有危害。例如人員於維修TFT-LCD製程機台機械手臂時，可能遭受撞擊之危害。


2.定義機台危害源

依據EN ISO 12100-1，一般而言機器所造成的危險情形可分為以下幾類：【7】

- (1)機械性危害：壓碾、夾入、刺入、切剪、捲入、摩擦、切斷、撞擊等。
- (2)電氣性危害：與帶電部分接觸、絕緣不良、靜電等。

- (3)熱源危害：火災、爆炸、放射熱、燙傷等。
 - (4)噪音危害：聽力降低、耳鳴等。
 - (5)震動危害：造成手、腕、腰等全身重大傷害。
 - (6)放射線危害：低頻、高頻、紫外線、紅外線、X光等。
 - (7)原物料所造成的危害：有害物質或刺激、粉塵或爆炸等。
 - (8)人體工學危害：不健康的姿勢、人為錯誤等。
 - (9)連鎖的危險：有些獨立的危險，其本身的嚴重性很小，但是若干個獨立危險相互連結發生時，卻會造成嚴重性很高的危險。
- 當分析出危害源後，再深入分析使用之能量因子，評估設備各種能量因子於最壞情況下所釋放出的能量程度，並模擬能量釋放的情境與過程。

3.風險評估(機率)【8】



依據現行業界事業單位執行OHSAS18001風險評估之普遍作法，採用半定量評估法，並使用「風險因子綜合值」進行風險等級區分。首先將風險評估因子分為(S)嚴重度(Severity)、(F)危害暴露頻率(Frequency of Exposure)、(P)損害發生機率(Probability of Loss)，分別以定性方式描述等級區分後，予以數值量化。如表2-1~表2-3所示。由於TFT-LCD產業及其關係企業無危害發生頻率數據可供參考，因此本研究採用危害暴露頻率，作為風險頻率的計算因子：

- (1) (S)嚴重度(Severity)：考量包括人員安全、人員健康、影響範圍、停工損失等項目，為嚴重性之等級。如表2-1所示。
- (2) (F)危害暴露頻率(Frequency of Exposure)：主要以作業人數與危險源接近之作業頻率為等級劃分基準。如表2-2所示。
- (3) (P)損害發生機率(Probability of Loss)：危害發生可能性主要以企

業現有的安全控制(硬體保護)程度估算而得。如表2-3所示。

(4) 風險積分(R)：以前項各因子等級計算風險積分(R)=(S)嚴重度(Severity) ×(F)危害暴露頻率(Frequency of Exposure)×(P)損害發生機率(Probability of Loss)。最後依風險積分劃分風險等級，如表2-4所示。

表2-1 安全及健康危害嚴重度 S. (Severity)等級

人員安全	人員健康	影響範圍	非生產線	停工損失	等級
無明顯危害	1. 不會造成感官的不適或職業病	無明顯危害	無明顯損失	不會造成生產停工	1
可能導致醫療的需求(或曾經發生驚嚇情況)	1. 工作中可能造成感官上的輕微不舒服 2. 與有害物接觸1-2(含)hr	範圍限於設備附近	小於5萬	部份或全部機械設備 停工1日以下	2
可能導致暫時性失能(傷害)	1. 工作中可能造成感官上的明顯不舒服(員工曾反應或報怨) 2. 與有害物接觸2-4(含)hr 3. 處於噪音區80-84dB/8hr	範圍於工作區附近(例如工作樓面)	5~20萬	部份或全部機械設備 停工1~3日	3
可能導致永久性失能(傷害)	1. 長期工作可能造成必要的醫療,但可能在醫療後恢復機能 2. 與有害物接觸4-6(含)hr 3. 處於噪音區85-89dB/8hr	範圍擴及廠內其他工作區域(例如該工作樓面以外)	20~50萬	部份或全部機械設備 停工3日~1週	7
可能導致死亡	1. 長期可能造成永久性職業病 2. 與有害物接觸6-8(含)hr 3. 處於噪音區90dB/8hr	範圍擴及工廠以外	大於50萬	部份或全部機械設備 停工1週以上	10

表2-2 危害暴露頻率 F. (Frequency of Exposure)分級

每項作業執行人數	每人每天作業執行時數		
	少於1小時(a)	1~8小時(b)	大於8小時(c)
1人 (A)	1	2	3

2~5 人 (B)	2	3	3
5 人以上 (c)	3	3	5

表2-3 損害發生機率 P. (Probability of Loss)分級

	無硬體保護設計(a)	有硬體保護(b)	多重硬體保護(c)
危害性物質 (A)	5	3	1
極端溫度、感電、機械手臂、夾、捲(A)			
接觸其他非危害物化學物質(B)	3	2	1
跌倒、擦傷、切割、舉推拉伸用力過度、重覆單調/限時作業(B)			
其他(生物性、人因性)(C)	3	2	1

4.最高風險項目判定

此階段為應用風險評估結果，來衡量風險可接受程度，以決定採取安全措施等級之優先順序。表2-4為風險控制等級判斷，評估表本研究乃運用OHSAS18001安全衛生風險登錄評估表來進行TFT-LCD製程機台機械安全設計之最高風險項目判定。

表2-4 風險控制(等級判斷)

風險等級	嚴重風險	高度風險	中度風險	低度風險	輕微風險
	不可接受風險		準可接受風險	可接受風險	
等級代號	1	2	3	4	5
風險評分	大於 75 分	50~75 分	18~49 分	6~17 分	小於 6分
風險控制	在風險降低前不能開始或繼續作業，若任何不計成本的改善措施仍無法降低風險時，必須立即禁止作	在風險降低前，不可開始作業，可能需要相當多的資源以降低風險，若現行作業具高度風險，應儘速	在一定時程內，應執行風險降低的措施。 1. 制/修訂作業標準。 2. 加強監督與量測、溝通及訓練管	可接受風險，不需額外控制措施，但在增加成本條件下，應考量增加更符合成本效益的改善方	維持既有控制措施，不需額外任何控制。

	業。	進行風險降低措施。	制。 3. 優先納入安衛目標/方案管理考量。	法，須定期查核以確保控制措施之持續性。	
--	----	-----------	---------------------------	---------------------	--

2.1.3 本質較安全設計策略【3】

本質安全的觀念係由國外學者 Kletz 所提出，強調化學製程應著重在本質上的強化、取代、減弱與限制影響等製程上，以減少反應量，將危害能量降低而減少所需面對的風險程度。Kletz Trevor 教授於 1984 年 12 月印度 Bhopal 毒氣外洩事件發生後隨即提出本質安全設計觀點，指所有化工製程應重視製程之本質安全設計，在設計階段即先妥善考慮才不致發生類似 Bhopal 事件之嚴重傷害事故【9】。其提出化工製程之友善廠房的觀念，他擴大了本質安全設計理念，應由源頭來消除工廠之可能危害源，藉由完善的設計，可以根本性的有效預防人員失誤操作，更廣泛擴展應用於軟體設計中【10】。

根據本質較安全 11 項策略(如圖 2-6 所示)，消除表 2-4 風險評估表內中度以上之風險。

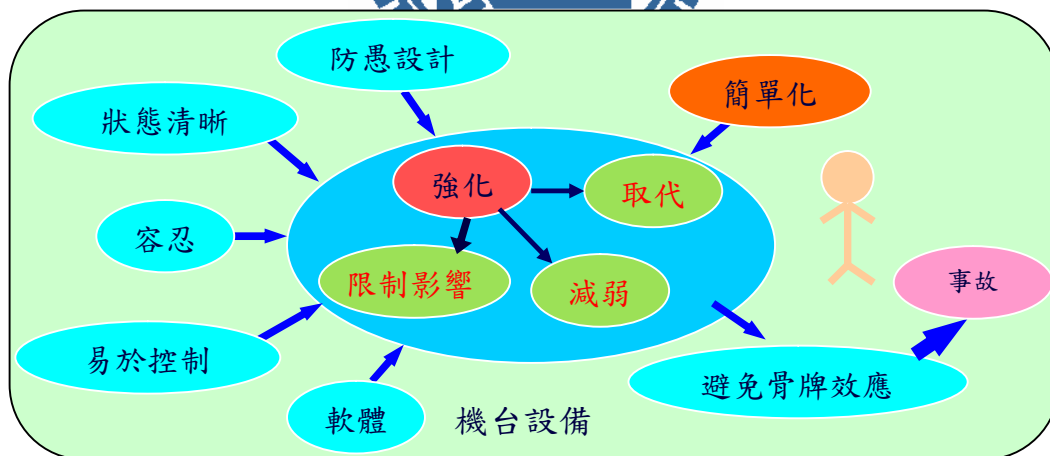


圖 2-6 本質較安全設計整體概念圖【11】

因為無論如何精密的設計，都難以完全杜絕危害發生，而無法達到「零風險」、「零危害」的絕對安全境界。因此，『安全』可以解釋為『沒有無法承受的風險』。所以機台安全對策最重要的就是不論

機台發生何種故障，都應確保使用者的安全，也就是製程機台應具備『相對安全』功能。圖 2-7 為 EN ISO 12100-1 所提出的四種安全對策，分別為本質安全、安全防護、增加預防對策、使用注意事項提供等。

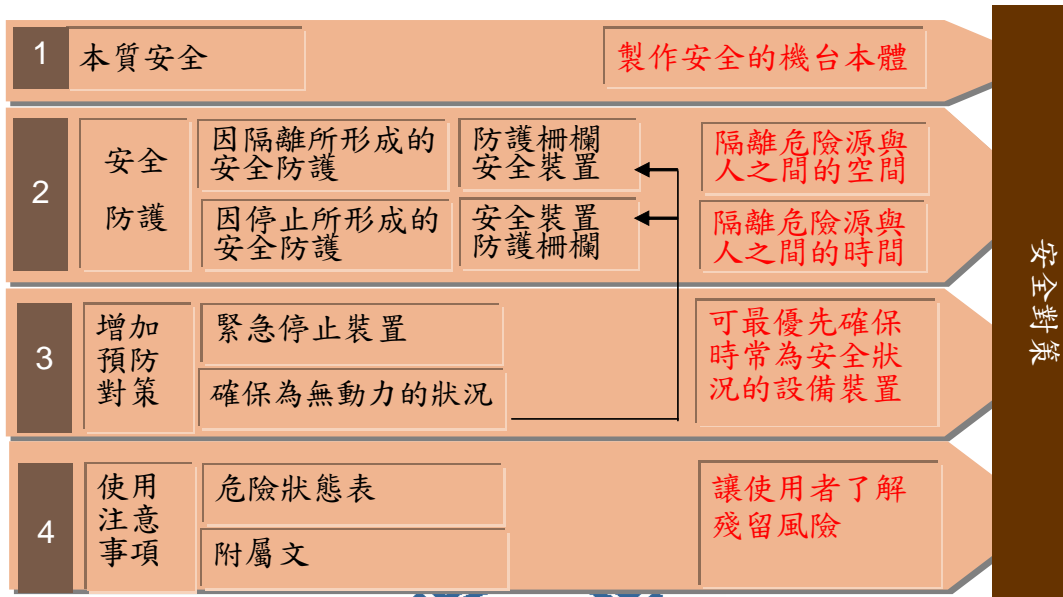


圖 2-7 機台安全對策【7】
以 TFT-LCD 製程機台而言，本質較安全各種策略設計原則說明如下：

1. 強化 (Strengthening)

即「儘可能採取製程必需的最小使用量」，即使用量減少，所以投入的反應氣體、化學品也將減少。如降低設備之電流、電壓、化學品等，並藉此強化其本質之安全。

2. 取代 (Substitution)

即「儘可能用較安全的化學物質來替代原先較危險的物質」，例如以弱酸取代強酸、低毒性物質取代高毒性物質等方式，例如 HF 製程危害性較高，在 TFT-LCD 新世代廠房已不再使用高危害之 HF，借著較安全化學品的導入來取代高危害化學品的使用。

3. 減弱 (Attenuation)

即「最好在最低危害條件下使用危險性物質」，例如可以調整製程反應參數，如選擇低溫度、低壓力等，或是在平面輸送不要在

高空輸送，將可減少不必要的落差能量，如此危害性也會較低。

4.限制影響 (Limitation of Effects)

即「採用較佳的設備、反應條件來限制失控狀況的發生機率與影響範圍」，例如乾蝕刻機台盡可利用金屬材質而非易燃的塑膠材質，以減少不必要的火災風險。

5.簡單化 (Simplification)

即「降低工廠的複雜度」，因為複雜的線路、製程設計、操作介面與環境皆會增加操作困難度及故障發生或操作錯誤的機率

6.避免骨牌效應 (Avoidance of Domino Effect)

「即使發生故障也不致產生連鎖的骨牌效應」，可由適當的屏蔽措施讓危害侷限於固定區域範圍內，或是消除危害情況，如維修門的設計多半會設計成需要控制面板解鎖 (Door Lock Release) 再加上維修門安全栓摘除後才可開啟的設計，而且在門上多半會再加上一個維修門定位偵測器或入口處設置安全光柵，三道之安全連鎖裝置即是設計在防止因為單一的設施故障造成人員誤入不可承受危害的區域進行作業 (例 Robot)，圖 2-8 為結合 1. Door Sensor 2. Safety plug 3. 安全光柵等，多重安全連鎖裝置。

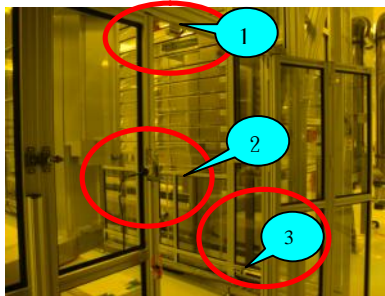


圖2-8結合1.Door Sensor 2.Safety plug 3.安全光柵等多重安全連鎖裝置

7.防愚設計 (Foolproof Design)

即「在不正確的操作情況下，設備不會或非常困難發生危害」，例如在高科技廠房常見到氣體快速接頭於採購與設置時對於呼吸

面罩之接頭選用為廠內獨特且不易取得之型式，可避免呼吸面罩錯接其它氣體管路(氮氣)快速接頭而造成人員窒息之危害風險。

8. 狀態清晰 (Clear Status)

即「能讓操作者在未經思考之情況輕易判斷異常」，可多利用顏色管理，各種按鈕、按鍵、標示燈號、標識符號、區劃範圍等，讓操作員第一眼就能辨識現況，甚至是危害情況，例如圖2-9為「緊急停止開關」按鈕，要求採用相同之國際標準，使廠內所有操作者皆能在危害發生的第一時間，不經思考的快速判斷出正確的緊急停止開關，迅速作控制反應達到阻斷危害擴大的效果。



圖2-9緊急停止開關按鈕

9. 容忍 (Tolerance)

「在未失常狀況下，系統本身有較高的忍受度」，對危險性高的特殊氣體或化學品供應，可以採用柔性管材於應力較大位置，或是氣體鋼瓶為防止劇烈震動而採取防震及連動遮斷裝置等設計。

10. 易於控制(Ease to Control)

為「運用物理定律來執行製程控制或操作」，例如高毒性之氣體供氣裝置設置為負壓供應之型式，可避免發生異常狀況時供氣裝置內的毒性氣體外洩造成危害。圖2-10為矽甲烷鋼瓶之緊急遮斷閥所採用當遭遇異常狀況下，致使推動其供氣之氮氣源若中斷時，即自動切斷矽甲烷供應方式較為安全。



圖2-10 矽甲烷鋼瓶緊急遮斷閥

11. 軟體 (Software)

即「在某些可程式電子系統中，錯誤易被偵測及矯正，如此將優於其他未設置的系統」，完整的製程軟體並連動各種探測裝置，於發生異常或洩漏時，能自動發出警報與指示燈號，並適時連鎖停止，完善的軟體可以補助硬體的不足，且反應更快又安全。

2.1.4 對殘存風險採取危害防護措施

當運用本質較安全策略將大部分之危害風險消除後，尚未排除之危害風險就必須由機台主體四周途徑來防阻或消除，尤其機台災害多發生於人員與機台作業空間重疊的危險區域中，所以仍需使用其他安全防護裝置，目地就是不讓人與機台危害源接觸。安全防護種類可分為兩大類，即空間性分離與時間性分離，其設計思考方法如表2-5所示。

表2-5 安全防護分類

	空間性的分離	時間性的分離
手段	隔離的原則： 使人與機械的運轉部位隔離，可採取柵欄的安全防護 ◆ 完全涵蓋並隔離危險 ◆ 做到必要的最小開口	停止的原則： 採取連鎖 (interlock) 的安全防護，當人員或防護裝置未處在正常狀態時，可藉由連鎖安全功能達到阻止機台運轉的目的 ◆ 如果無法確認為安全應立即停止 ◆ 已組裝可以確認停止的裝置
方法	固定柵欄	◆ 可動柵欄 <ul style="list-style-type: none"> ■ 柵欄打開時即停止 ■ 到停止為止，柵欄不會打開

一般而言，固定式之防護具，例如柵欄、圍籬等，可提供較高的防護等級，但在需頻繁進出危險區域，例如入料、出料口，則無法以固定式防護具的方式提供防護，在此情況下，可選擇光柵、安全地毯等安全控制系統為安全防護。另外製程機台的安全控制系統通常由安全輸入設備、安全控制電氣元件和安全輸出控制來組成。安全輸入設備有急停按鈕、安全門限位開關或連鎖開關或安全光柵。安全控制電氣元件包括有安全繼電器、監控繼電器、安全可程式控制器等。安全輸出控制通常則是主迴路中的接觸器、繼電器或閥等。但實現安全保護功能的控制迴路，若因缺陷或故障而導致功能失效（如觸電熔焊、電氣短路等故障），就會失去安全保護功能，引起事故的發生。因此需採取本質結構上較安全之措施，以確保控制迴路就算在故障的情況下，人員也能得到保護。所以控制迴路及各項安全元件種類需獨立加強判定，可依照圖2-11 EN 954-1風險評定及安全類別樹狀圖決定【6】。

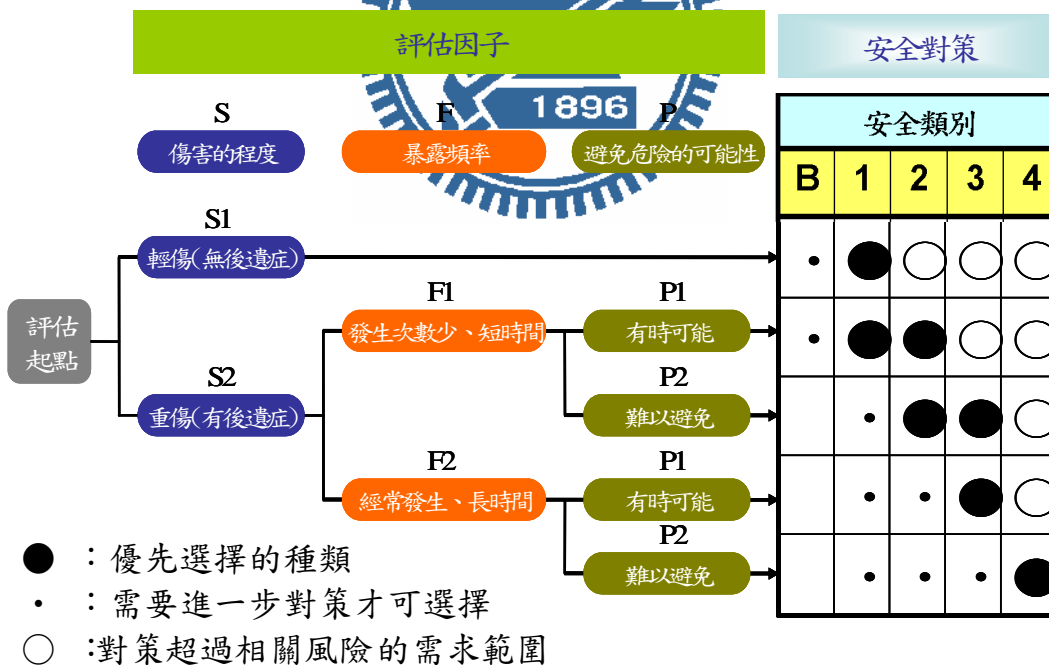


圖2-11 EN 954-1 風險評定及安全類別樹狀圖【17】

圖中各英文字母代表意義如下：

1. 受傷的程度 (S)：

S1：輕傷（身體傷害等）；

S2：重傷（手腳截斷、死亡等），在美國的Robot規格內，殘留後遺症的即為重傷；在歐洲，如果是輕微擦傷的程度為輕傷，其餘為重傷。

2.暴露於危險的程度（F）：

F1：發生次數少或短時間；

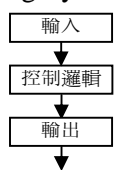
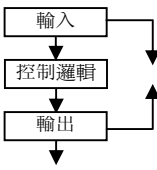
F2：經常發生或長時間

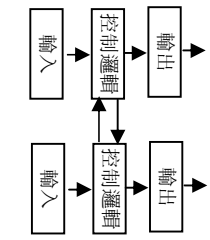
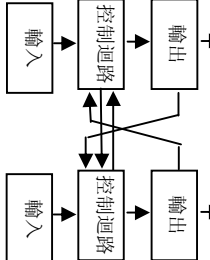
美國為一小時一次以上；歐洲為一天一次以上即稱為頻繁。

3.迴避危險程度（P）：

P1：有時可能； P2：難以避免，在美國Robot規格內，250mm/sec以上為不能迴避，歐洲是以過去的事故案例等綜合判斷來決定。各類別所需達到之安全需求如表2-6所示。

表 2-6 控制類別分類要求摘要表

控制類別	安全要求摘要	系統的行為	範例：EN 954-1 安全迴路
B	控制系統的安全相關零件必須依據相關的安全標準進行設計、建造、選擇、組合和組裝，以便能承受預期的影響。	當故障發生時，可能導致安全功能的喪失。	
1	必須符合 B 的要求。且應使用測試良好的模組和安全準則。此點即與「類別 B」不太相同。	當故障發生時，可能導致安全功能喪失，但機率小於 B。	Category 1 
2	必須符合 B 的要求。應使用測試良好的模組和安全準則。安全功能應由機器控制系統在適當的期間內進行檢查。必須在啟動時發生，然後必須定期地按照每次要求安全功能——即執行至少一百次檢測的頻率發生。	故障發生時，可能導致安全功能於兩次自我檢查期間喪失，但安全功能的喪失，可於檢查時被偵測出來。	Category 2 

3	<p>必須符合 B 的要求。應使用測試良好的模組和安全準則。安全相關零件應依下列規範設計：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 任何零件的單一故障均不會造成安全功能喪失。 2. 在合理的使用下，可偵測到單一故障 DC 值必須至少在 60%。 	<p>單一故障發生時，安全功能尚可被執行。不是所有的故障都可被檢測出。未被檢測出來的故障之累積，可能導致安全功能喪失。</p>	<p>Catagory3</p> 
4	<p>必須符合 B 的要求。應使用測試良好的模組和安全準則。安全相關零件應依下列規範設計：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 任何零件的單一故障均不會造成安全功能喪失。 2. 在下一個安全功能需求期間，即可偵測到此單一故障；若無法偵測，故障的累積也不至於導致安全功能喪失。 3. 「類別 3」必須要能偵測大部分的故障，但「類別 4」則是必須要能偵測所有的單一故障，因此 DC(診斷涵蓋範圍)至少須達 99%。即使是組合型式的故障，亦不得導致危險的故障情形。 	<p>當故障發生時，安全功能尚可被執行；故障會被及時的檢測出來，以防止安全功能喪失。</p>	<p>Catagory4</p> 

2.1.5 最後殘留風險提供危害資訊與警告指示

製程機台依前述程序設計完成後，最後未能排除之危害風險，應以書面方式將危害資料提供予使用者，並利用貼紙、印製或張貼等方式，以圖形配合文字，明顯標示於機台危害源四週，如果也一同將已排除之危害風險一併提供，將更能有效確保相關人員安全。

2.2 機械安全連鎖裝備設計與選擇原則【12】

2.2.1 各種具有防護裝置之連鎖裝置之操作原理與代表性形式

1. 連鎖原理

(1) 控制之連鎖

由連鎖裝置傳來之”停止命令”引入控制系統致觸發控制系統輸

入至機器致動器之能源中斷或使來自機器致動器之運動機件鬆脫(間接阻斷)。

(2)動力之連鎖

來自連鎖裝置之”停止命令”直接將輸至機器致動器之能源予以斷絕，或直接將各機器致動器之機件拆開，控制系統在連鎖功能中並不具任何中間作用。

2.連鎖裝置之代表性形式

(1)連鎖裝置(無防護裝置閉鎖動作)

防護裝置是經常開啟，只要防護裝置未關閉，連鎖裝置即產生一個停止命令，因為有可能在機器(或危險機件)操作時開始將防護裝置開啟，故此功能即如一個連鎖裝置之功能。

(2)具有防護裝置閉鎖動作之連鎖裝置(具有護罩鎖之連鎖裝置)

此種防護裝置是由一個護欄防護裝置鎖緊連鎖裝置保持關閉著，有下列二種形式

(a)在任何時間，操作者可以觸發防護裝置之解鎖動作。

(b)只有在滿足某一條件時，方可作解鎖動作，可確保危險已經消失(有條件解鎖動作)

防護裝置閉鎖動作裝置可為連鎖裝置構成之一部份，亦可為一各別單元，在一個防護裝置閉鎖裝置中，用為閉鎖(或解鎖)該防護裝置之機件可為：

◎手動作動、手動釋放者；

◎用彈簧作動、動力釋放者（見圖2-12a）；

◎用動力作動、彈簧釋放者（見圖2-12b）；

◎用動力作動、動力釋放者（見圖2-12c）；。

各種具有防護裝置閉鎖動作之連鎖裝置如圖 2-12所示

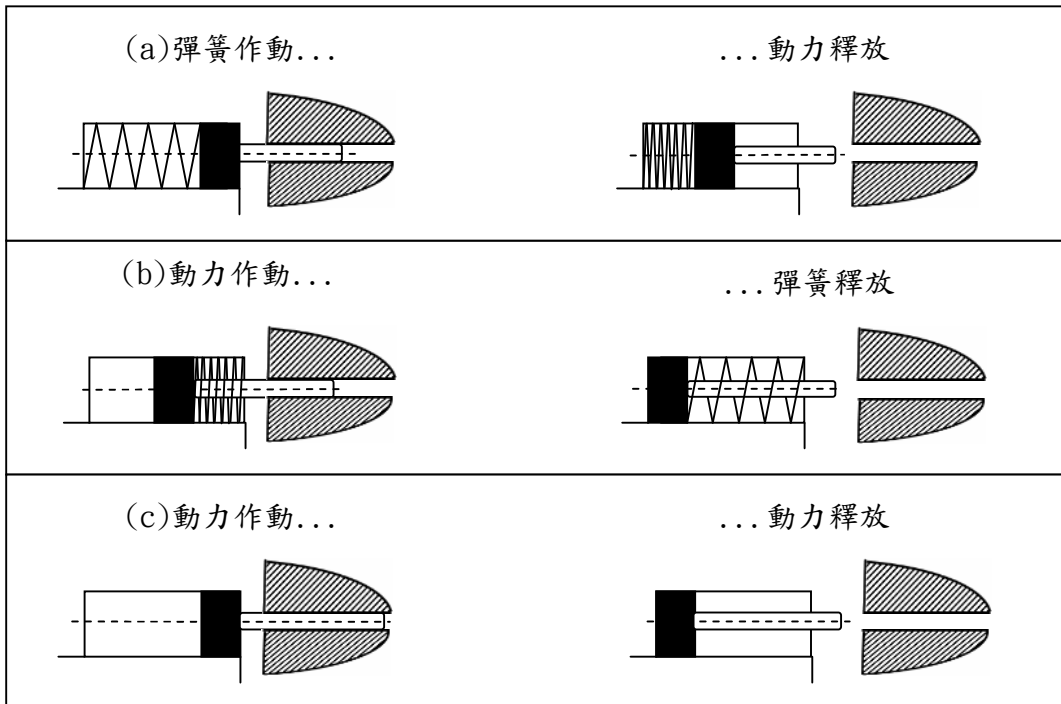


圖2-12 在動力作動護罩鎖定裝置中之護罩鎖定裝置的操作模式

3.各種連鎖裝置之技術型式

表2-7列舉介於各種連鎖裝置之技術形式，包括的技術層面頗廣，因此，各種連鎖裝置可以使用多樣的準則來分類。

表2-7連鎖裝置之各種技術形式(請參閱CNS 15344，B1385)

技術層面的樣式	提供的章節	附件中的實例
連鎖裝置具機械式致動偵測器： ◆ 凸輪操作偵測器 ◆ 具舌鍵操作偵測器	5.1到5.4，5.7.2，6.2 5.7.2.1 5.7.2.2	A,G,L,M B
連鎖裝置具非機械式致動偵測器： ◆ 具磁力致動開關 ◆ 具電子近接開關	5.7.3-6.3 5.7.3-6.3	J K
系統結合鑰匙： ◆ 禁閉式鑰匙系統 ◆ 捕捉式鑰匙系統		D D
插頭和插座系統	5.7.4	F
護罩與可移動件間之機械式連鎖		H

2.2.2 有關各種連鎖裝置設計之規定(不論能源之性質)

1. 各種機械致動之位置偵測器之致動模式

當使用單一偵測器產生一個停止命令時，應以正向模式致動如圖2-13所示。負向模式致動只有在與正向模式致動偵測器合併使用時才被允許，注意要避免各種一般經常疏失所致之故障。致動器之設計應儘可能的簡單，如此可減少故障之發生。

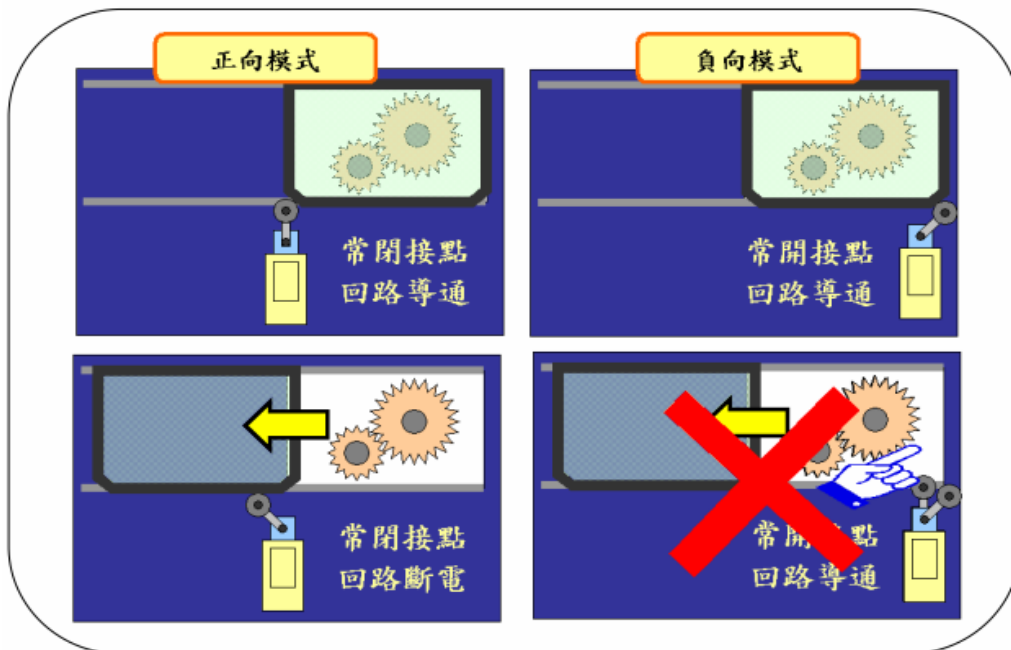


圖2-13 正向模式與負向模式應用在推拉門之例子
(PMC 技術通報 第161期第22頁)【17】

2. 各種位置偵測器之安排與安裝

(1) 位置偵測器之安排須確保其位置不會改變，可依下列各項達成此要求：

- (a) 位置偵測器之扣件應可靠的且需要用工具才能鬆脫它們；
- (b) 槽溝之使用只限於開始的調整；
- (c) 在調整後須固定之(例如使用定位銷等)。

偵測器的更換應是可能不需要任何再調整。

(2) 此外，尚須符合以下各項要求：

- (a)應避免偵測器與其致動器之鬆脫或易使失效;
- (b)各位置偵測器的支撐須是夠牢固以便維持位置偵測器的正確操作;
- (c)機械式致動所產生的運動應在該位置偵測器之指定操作範圍內，以確保其正確操作和/或防止行程超過;
- (d)在位置偵測器改變其狀態之前，防護裝置之位移須不致損及防護裝置之保護作用(有關接近危險區域事項，參照CNS 14805 與pr EN 953)；
- (e)位置偵測器不可以充當機械的停止器。
- (f)位置偵測器應給予安置且視需要加以保護，以避免受到可預見的外在因素造成損害；
- (g)應確保為正確操作之維護與查驗時可易於接近位置偵測器

3.減少一般經常疏失發生之機會(降低其共同原因失效的可能性)

當開關元件做成附設組件時，應避免共同原因之失效，例如圖2-14為使用正向模式或動力源多樣化。

(1)致動位置偵測器之正向和負向模式的結合，機械式致動位置偵測器典型的失效原因為：

- (a)裝在彈簧裝置之位置偵測器（例如柱塞或滾輪）或凸輪過度磨損；凸輪和致動器之間未對準。
- (b)致動器（柱塞）被卡住，使得彈簧無法致動。偵測器以正向模式致動，如圖2-14所示，在情況D1(如打開門)失效會產生危險，但在情況D2則不會。偵測器若改以負向模式致動，在情況D2(如打開門)之失效會產生危險，但在D1則不會，所以D1或D2 之一失效，藉由另一偵測器來斷絕電路以確保安全。

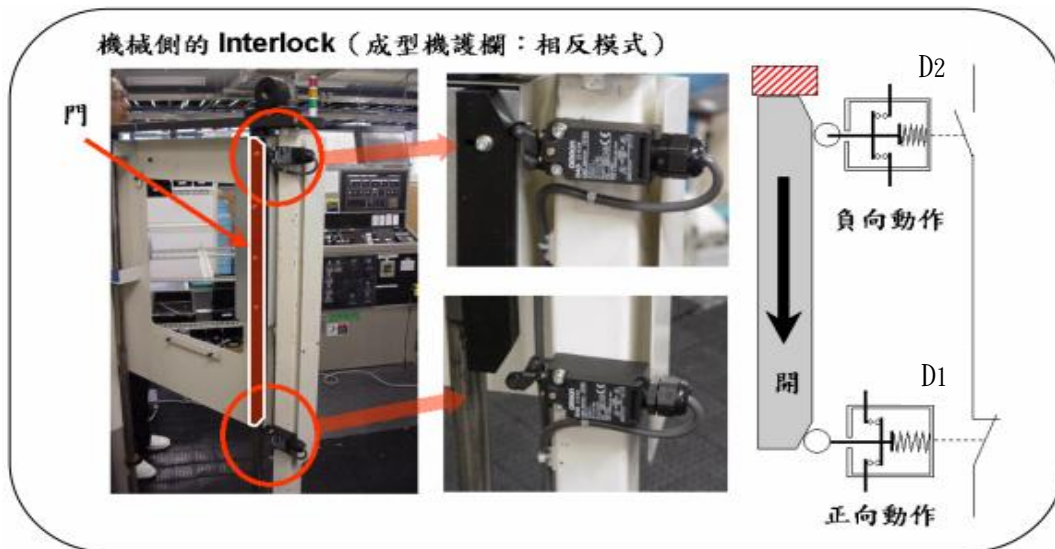


圖2-14 正/負向模式(雙迴路信號設計)安全連鎖開關使用範例
避免共同原因之失效(PMC技術通報第161期第24頁)【17】

(2)動力源多樣化：

為了將常見失效減至最低，可在一個防護裝置上裝設兩種獨立及能源不同的連鎖裝置，可將不同的能源切斷。例如圖2-15 雙迴路信號設計。



圖2-15雙迴路信號設計(資料來源：PMC 技術通報第161期)【17】

設計兩組接點可連接安全迴路，可分別針對”門的開/關狀態及”鎖定狀態”進行監控。電磁鎖型安全連鎖開關除了提供一組門開/關偵測信號外，會再提供一組偵測門是否已被鎖定的監控信號，此信號可準備偵測安全門是否已確實在鎖定狀態，可避

免專用操作key安裝位置或角度的偏差，與開關本體存在間隙時，安全門雖已關閉但可能未被真正鎖定，此時若只偵測門開/關或電磁線圈ON/OFF的信號，有可能發生機器在啟動運轉的狀態下，安全門仍有可能被拉開而產生危險。

所謂雙迴路信號亦可用兩組安全連鎖開關搭配使用，一組設計為正向模式，另一組則為負向模式，兩組信號做雙重確認，可提高安全迴路的可靠度，如圖2-14所示。

4.防護裝置之閉鎖裝置(護罩鎖定裝置)

護罩的鎖定應為兩個剛體零件啮合的結果（確定的位置）。用來鎖定護罩之零件（插銷/栓）應為「彈簧作動—動力釋放」，如圖2-12a所示，應備有一個手動解鎖裝置，此裝置須用工具方能操作。任何C 類型標準規定此種護罩鎖定時，也應對手動解除鎖定裝置的特性加以規定。

插銷/栓的位置應加以監視（例如藉由正向模式致動的偵測器），因此在致動器插銷未到達完全啮合位置之前，機器不能啟動，如圖2-15所示。專用操作key應能承受護罩正常操作時預期發生的力量。而不會受損，以致影響其更進一步使用之力量，應註明於護罩鎖定裝置本身上或與裝置在一起供應製造商的說明書上。

備註：護罩鎖定裝置可用於，例如防止在機器／製程已到達確定的狀態之前，圍繞在自動單元四周的設施被打開，因而避免資訊的遺失或材料受損。

5.延遲裝置

當延遲裝置（定時器）被應用，此裝置失效時應不會減少延遲時間。

6.降低破壞可能性之設計

(1)通則：

連鎖裝置之設計與其安裝及維護之說明中應使其不被輕易破壞。備註：“輕易破壞”係指“故意用手破壞或用隨手可得之物品破壞”。隨手可得物品指：

(a)螺絲、針、薄金屬片；

(b)日常使用的物品，例如鑰匙、錢幣，使用機器時所需的工具，如圖2-16所示。



圖2-16 防止無效化範例 (PMC技術通報第161期第20頁)【17】

可能較難破壞(防止無效化)之方式包括

(a)第2.2.2節之位置偵測器之安排與安裝所描述之方式

(b)用密碼方能使用的連鎖(互鎖)裝置，例如機械式、電動式、電磁鎖型安全連鎖（如圖2-15所示）或光學式。

(c)當護罩打開時，有實體的阻擋或遮蔽以防止接近連鎖裝置者。

(2)降低機械式位置偵測器被破壞之設計

(a)凸輪作動之位置偵測器

當採用單一凸輪時，應將其用於正向模式，因為特性之一即是此種致動模式可防止偵測器被輕易破壞。

備註：欲達較高層次防止破壞保護，可將凸輪與偵測器包在同一個機殼內。

(b)以舌片作動之開關

由於開關的可靠度有賴於舌片和機構之設計，此開關應裝有一個或多個系統，使它不易為簡單工具所破壞，簡單工具指如手鉗、螺絲起子、線材等。

欲達較高層次防止破壞保護例如：

- ◎實體阻礙或護罩以防止備用致動器之介入；
- ◎在防護裝置與舌片為固定式之組零件（例如銲接、鉚接「單向」螺釘等）使得拆卸較為困難。

(3)降低近接開關與磁力開關被破壞之設計

近接開關與磁力開關易被破壞，因為它們只靠偵測材料或有無磁場存在與否來作其作動，故其安裝方式應提供防止被破壞之保護。

(4)降低插頭與插座式連鎖裝置被破壞，有下列方法：

- (a)當防護裝置開啟時使人不能接近插座。
- (b)在個別應用場合使用特別設計的插頭與插座系統，或此系統零組件不易取得。

7.環境方面之考慮

選擇一個連鎖裝置該組件應考慮到其所使用之環境，例如震動、衝擊、溫度、粉塵、溼度、腐蝕物質、流體等之影響。

2.3緊急停止設計原則【13】

1.一般規定

- (1)緊急停止之功能應優於機械所有操作模式下之所有其他功能，而且不會損及設計用來釋放被困人員之任何設施，除非緊急停止裝置經復歸，否則無論是有意無意或意外均不能將該機械啟動。
- (2)緊急停止功能不可作為取代安全防護用途及其他決定性之安全

功能，但可以設計作為輔助之用(例如當失效時)。

(3)緊急停止功能不得損及防護裝置或具有其他安全決定性功能裝置之效果。備註：為達此一目的，必須確定輔助設備(例如磁力停止裝置或煞車裝置)可以繼續動作。

(4)緊急停止功能應納入設計，使之在緊急停止裝置動作後，機械停止在適當之狀態下，依照風險評估，不會產生新的危害。

所謂「停止在適當之狀態下」包括：

(a)選擇最理想之減速率。

(b)選擇停止分類(請參照2.3.1節緊急停止應具有之功能)。

(c)所採用之預定停機程序。

(5)緊急停止應具有第0類或第1類停止之功能(IEC 60204-1：1992- [Safety of machinery-Electrical of machines-Part 1：General requirements] 之第9.2.2節)如下所述。

當風險評量認定其功能上有需要時，機器應備有第0類、第1類及／或第2類停止。

不論何種操作模式，第0類和第1類停止應皆可操作，且第0類有優先性，停止功能應能超越相關的啟動功能。說明如下：

(a)Category 0：立即移除機器引動器的動力而停止；所有煞

車或機械式停止裝置均作動(如圖2-17所示)。



圖2-17 Category 0功能圖解 (PMC技術通報第161期第11頁)

(b)Category 1：一種有控停止使得機械引動器持續保有動力直到

停止，然後將動力移除(如圖2-18所示)。

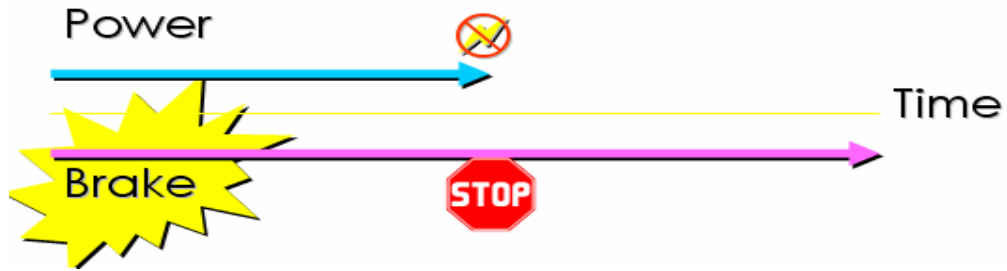


圖2-18 Category 1功能圖解

(c)Category2：一種有控停止，並始終讓機器引動器保有動力(如圖2-19所示)。

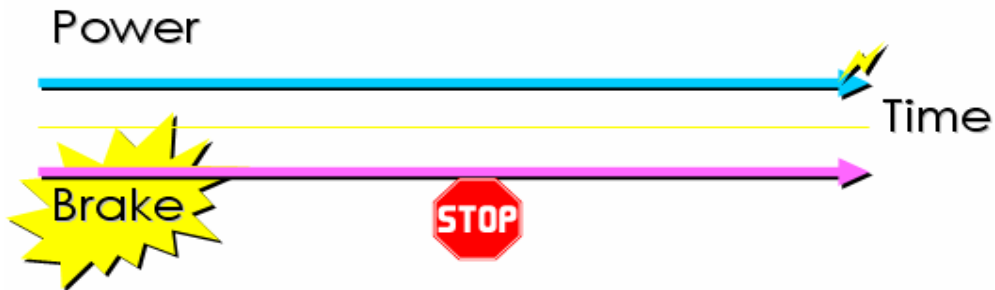


圖2-19 Category 2功能圖解

其中動力源之移除例包括：

- ◎關閉電動馬達之電源。
- ◎將移動元件與機械性動力源分離。
- ◎遮斷供應至衝擊或滑動部分之流體動力。

所選擇之緊急停止類別應經由對該機器之風險評估加以決定(請參照IEC 60204-1：1992之第9.2.5.4節-緊急操作：只要給予一個緊急停止指令，作動元件就會依指令停止運轉，且指令的效力會一直持續到下次重置為止。及第10.7節-緊急停止裝置：應容易接近且安置每一個操作控制台及其他可能需要啟動緊急停止的地方)。

2.操作狀況及環境影響：

用以達到緊急停止之功能之構件及元件應加以選擇、組合、連接及保護，使之在可預期之操作狀況及環境影響之下可以正確操作。這些過程包括下列之情況：

- (1)操作之頻率及非經常性操作之定期測試。
- (2)震動、衝擊、溫度、粉塵、外物、溼度、腐蝕物質、流體等。

3.以纜索或繩索作為操作器之附加規定

(1)應包括下列項目：

- (a)產生緊急停止信號需要多少偏離量。
- (b)最大之可能偏離量。
- (c)纜索或繩索與附近最接近物體之間最小間距。
- (d)為操作緊急停止裝置所需加於纜索或繩索上之力量。
- (e)使操作者易於辨別該等纜索或繩索(例如加上標示旗幟)

(2)緊急停止裝置在纜索或繩索斷裂或脫開時應自動產生緊急停止指令，如果有困難則必須採取變通之安全措施。

(3)應設定緊急停止裝置復歸措施之位置，以便能從該位置觀察到纜索或繩索之整條長度。如果實際上無法辦到，則操作說明應敘述有關動作後，於復歸前對機器應沿著整個纜索或繩索之全長加以檢查，以便找出造成動作之原因。

2.4美國斯麥半導體設備和材料國際組織之安全指引【14】

SEMI(國際半導體設備材料產業協會)從1970年起開始推動產業國際技術標準的制定，提供半導體與平面顯示器產業的元件製造商和設備材料供應商一個交換訊息的機制，共同討論和制定技術規格和影響產業經濟的重要標準，來克服技術挑戰、提升生產力，進而促進產業的整體發展。在SEMI的推廣之下，國內製造商與設備供應商都已經採用SEMI國際技術標準。

SEMI S2-0706半導體製造設備安全衛生及環保基準【14】，擷取該標準其中與本研究相關之安全連鎖系統、緊急停機等安全指引摘要如下。

1.安全連鎖系統

- (1) 安全連鎖必須安裝於可能存在接觸電氣或機械危害的區域如下：
 - (a)遙控或可程式機械啟動
 - (b)移動元件
 - (c)危害能量
 - (d)無線電頻率
 - (e)雷射光
 - (f)電容器放電
- (2)加熱系統應提供過電流保護之連鎖裝置。
- (3)維修時相關的安全連鎖裝置應設計成減少中斷之需要。
- (4)可能使人接觸危害能量的元件應設計成上鎖。
- (5)隔離元件(如斷路器、閘式開關、手動閘等)應能隔離危害能量，且能上鎖。
- (6)設備應避免機台在停止後因無意的舉動所造成之移動(例如：鎖死、電源故障、電池更換或無線控制之斷訊)。
- (7)觸動 Interlock 後，應經由手動復歸或重新啟動，設備才能恢復正常運轉。
- (8)可程式電控系統之設計可修改時，應限制權限且需要特殊方法才能登入該程式(例如：登入密碼、鑰匙開關)。
- (9)因作業可能接觸到危害能量時，應提供可上鎖之功能。
- (10)在洽當之處，設備應使用安全連鎖系統以保護人員、設施以及社區以避免操作設備時的固有危害。
- (11)安全連鎖系統設計應能：在啟動連鎖、設備或是設備之相關零件時，會自動將其置於安全狀況。
- (12)安全連鎖系統啟動時，應立即向操作人員提供警告訊息。
- (13)若會導致危害狀況，安全連鎖的復歸應該不會啟動設備操作或引起零件移位。

(14)安全連鎖應能容錯，而且除非拆卸、改造實體或破壞該元件，不能改變其系統元件的設計功能或設定值。

2. 緊急停機

- (1)設備應該具備緊急停機電路(EMO)。當 EMO 啟動器(例如按鈕)啟動時，應該將設備置於安全的停機狀況，不會產生對人及廠房設施任何更多的危害。
- (2)緊急停機功能不應該減少安全元件的有效性或是相關需要之安全功能，可以將設備置於安全的停機狀況下
- (3)緊急停機電路的啟動時，應該中斷設備主體箱內所有的危害性電壓與所有超過240 伏特-安培的電力。
- (4)EMO 不應該提供可故意將其損害或是切入旁路的方式。
- (5)所有 EMO 電路應該可以容錯。
- (6)復歸 EMO 開關不應該使得電路、設備或是附屬設施重新通電。
- (7)EMO 電路應該需要手動復歸，因此使得電源不能自動復歸。
- (8)緊急停機按鈕應該是紅色及草菇的形狀，其背景色是黃色。
- (9)緊急停機按鈕位置應適當受到保護，以減輕意外啟動的機會。
- (10)操作或是日常計劃性維修之位置，與 EMO 按鈕之間的距離不得超過3公尺(10 呎)。
- (11)EMO 電路停止機器運作，應該是將設備的控制元件斷電而不是通電。
- (12)人員啟動或是檢查 EMO 按鈕時，不應該暴露在嚴重的失足或墜落風險，或與通電元件、移動中機械、高溫操作下的表面或是物件、或其他危害性設備接觸等風險。



第三章 研究方法

本研究是應用本質較安全策略及機台安全連鎖裝置較佳化設計之研究為基礎，以達到 EN ISO 12100-1 所提出的四種機台安全對策：即本質安全、安全防護、增加預防對策、使用注意事項提供等。來降低人員遭機械切割、捲入、碰撞等之危害或致死亡之不可接受風險。

以下就先從了解 TFT-LCD 之製程原理，再分析各製程機台 Interlock 現況之盤查及實際之功能測試中發掘潛在之問題與缺失，再應用文獻中各項安全設計規範來改善廠內所查核之各項問題與缺失。

3.1 TFT-LCD 製程原理

TFT-LCD 的製程主要分為陣列 (Array) 製作、面板 (Cell) 製作及模組 (Module) 製作三個階段。Array 製程與半導體製程相似，但製程時間較短，製作方法較簡單，約經過四、五道光罩 (Mask) 即可，主要製程可分為洗淨、成膜、曝光、顯影、蝕刻、剝膜(圖3-1)。

1.前段的 Array 製程與半導體製程相似，製程但不同的是將薄膜電晶體製作於玻璃上，而非矽晶圓上，包括下列幾道製程：

- (1)薄膜：先洗淨玻璃基板，並於其上沈積出薄膜。
- (2)光阻：將光阻均勻塗佈於基板表面。
- (3)曝光：使用紫外線曝光過佈有圖案的光罩、光罩上之圖案轉移至塗有光阻的基板。
- (4)顯影：在基板上噴灑顯影劑，將曝光於紫外線下的光阻溶解於顯影劑後用去離子水沖洗帶走。
- (5)蝕刻：進行未受光阻保護之薄膜層的蝕刻。
- (6)剝膜：滴入有機溶劑和光阻產生化學反應，反應後的光阻由有機溶液沖離基板表面。至此完成一道薄膜電晶體的製作，完整的

薄膜電晶體通常需要五道製程。

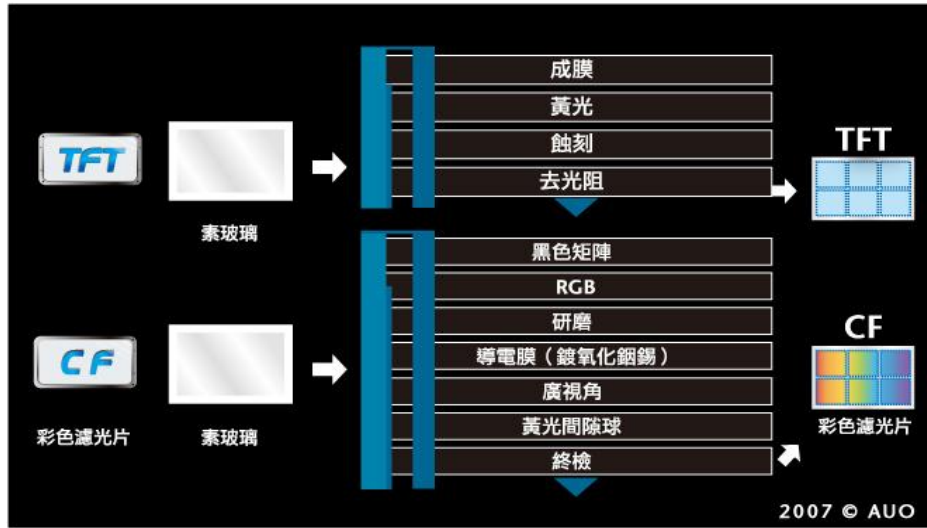


圖3-1 Array 製程簡介(資料來源：友達光電首頁/技術研發)【15】

2.Cell 製程是將前段 Array 之玻璃基板與彩色濾光片 (Color Filter ,

CF) 玻璃基板結合，並在兩片玻璃基板間灌入液晶，

進行液晶面板組裝【15】(如圖3-2所示)。

(1)配向膜印刷：洗淨玻璃基板，進行配向膜印刷，配向膜材料為 Polyimide，於溶液狀態將其塗佈在基板上。

(2)配向膜配向：目的在於使印刷與基板之間之 PI 膜開出紋路，而使液晶一致性的排列。

(3)密封膠塗佈：在於提供 TFT 與 CF 彩色濾光片基板之固著，並防止液晶之外流。

(4)CF 製程：其配向膜印刷與配向和 TFT 基板相同。並於其上噴灑間隔物，目的是控制液晶層厚度與支撐兩片基板間的空間。

(5)注入液晶：於 TFT 基板上注入液晶。

(6)組合：將兩片基板作高精度的貼合。

(7)切割：將組合熱壓完成的大片基板組，切裂成最終尺寸。

(8)偏光片：貼附上下偏光片後，即完成 Cell 製程。

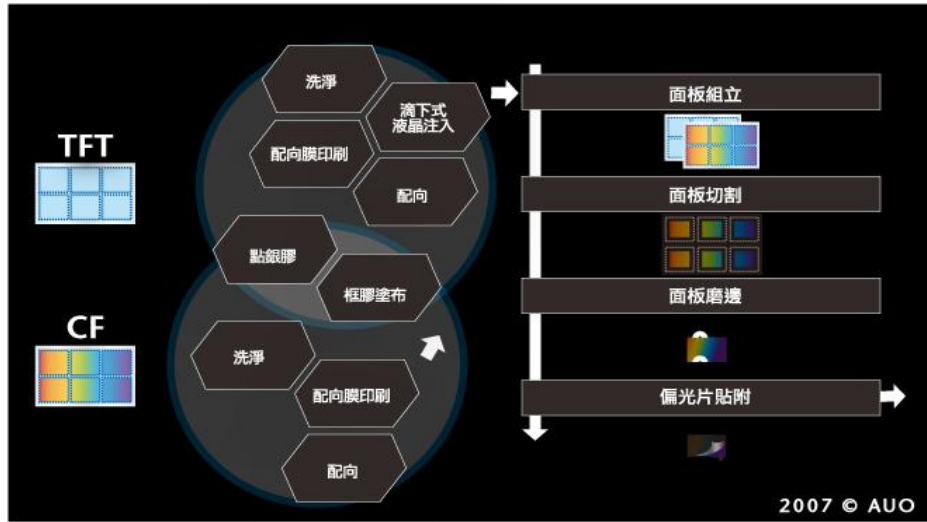


圖3-2 Cell 製程簡介(資料來源：友達光電首頁/技術研發)【15】

3.後段模組組裝製程是將 Cell 製程後的玻璃與其他如背光板、電路、外框等多種零組件組裝的生產作業【15】(如圖3-3所示)。

(1) COG/COF/COF 製程：貼具方性導電膠，作驅動 IC 或軟性電路板的壓合，並完成印刷電路板的壓合

(2)模組組裝：將 Cell 貼合並切割後的面板玻璃，與其他元件如背光板、電路、外框等多種零組件組裝的生產作業。

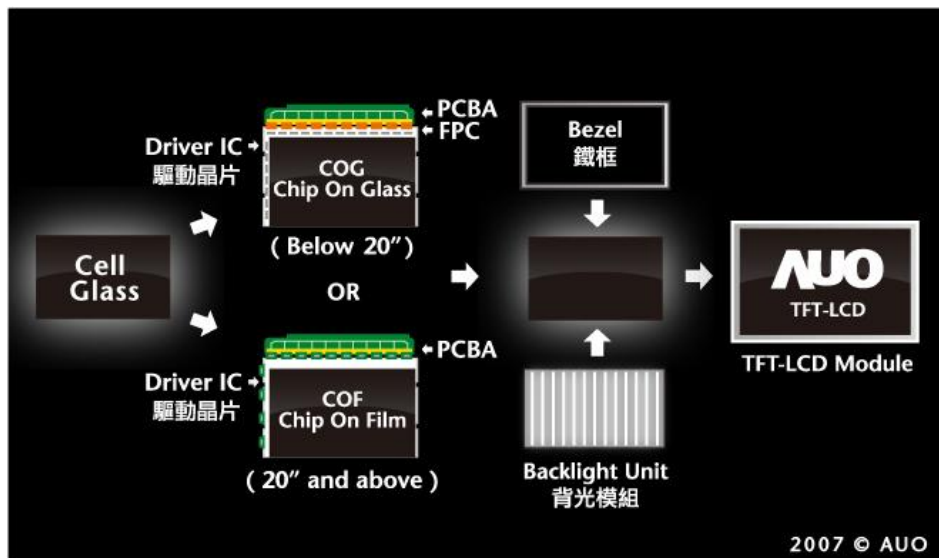


圖3-3 模組製程簡介(資料來源：友達光電首頁/技術研發)【15】

3.2 TFT-LCD 機台設備 Interlock 建置及查核測試分析

3.2.1 Interlock 建置分析

安全連鎖裝置是用來發出停止命令的元件，連鎖裝置不應該輕易被旁通，否則便會失去連鎖機制。所以一般在構造上應具有所定之機能 (Key System)。下面進行分析某 TFT-LCD 光電廠各機台設備所建置之 Interlock 防護裝置。

1. 自動化設備機台之 Interlock

- (1) 進入停機開關 (key 鑰匙)，如圖3-4所示。主要作用就是在從業人員進行開始或停止工作以及維修保養設備時，需要進入危險區域而控制 Interlock 時用。



圖3-4 進入停機開關 (key 鑰匙)

- (2) Area Sensor，如圖3-5示，其作用主要是為了防止側邊擦撞而應用的感測器設備。

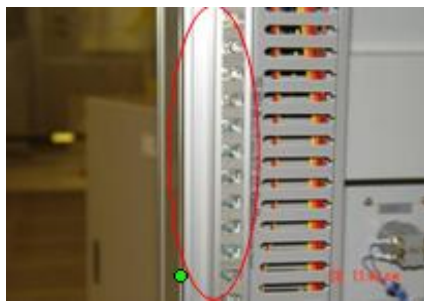


圖3-5 Area Sensor (安全光柵)

- (3) 光通訊 sensor，如圖3-6所示，其主要功能為遮斷時，可防止前後

方向碰撞。

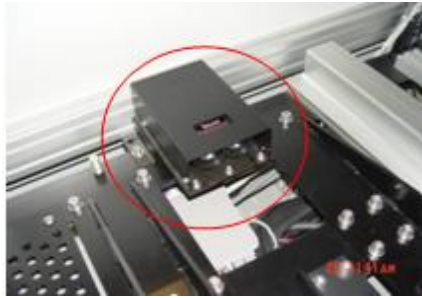


圖3-6光通訊 Sensor

(4)安全門鎖(Key)，如圖3-7所示，其主要作用就是在從業人員需要進入危險區域而控制 Interlock 時用，並避免非相關人員以為一般出入門誤闖進入。



圖3-7安全門鎖(Key)

(5)緊急停止裝置：如圖3-8所示為按鈕型及拉繩式緊急停止裝置。

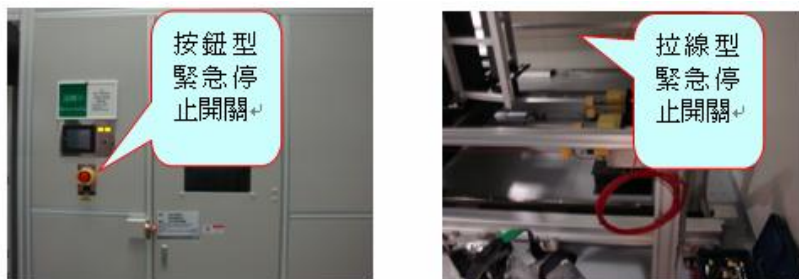


圖3-8按鈕型緊急停止裝置及拉繩式緊急停止裝置

(6) light sensor，如圖3-9所示，該機台的右側和前面相對位置也有3個，總共6個 light sensor，以提供足夠的信號傳遞，最終作為 Interlock 的信號輸入，以保證從業人員的安全。

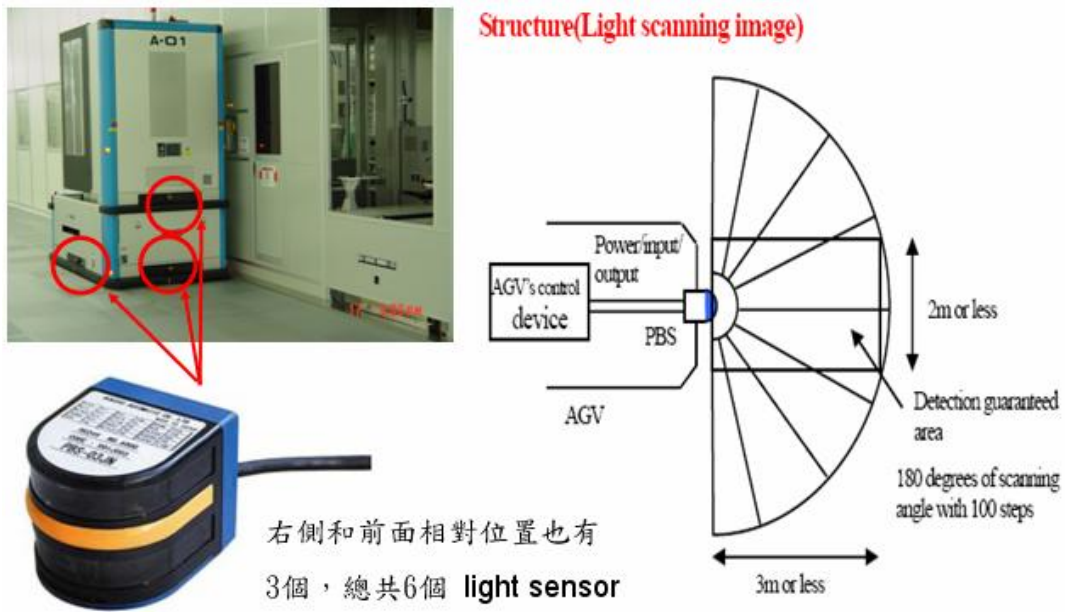


圖3-9 機台設備中 light sensor 的整體結構及其排列情況。

2 製程設備機台之 Interlock

(1) Array 機台之 Interlock 如圖3-10為 舌片式 Interlock 之主要功能插銷被拔除時，即切斷機台動力源。使機台停止運轉。



圖3-10 Array 舌片式 Interlock

(2) CF 機台設備 Interlock 如圖3-11所示

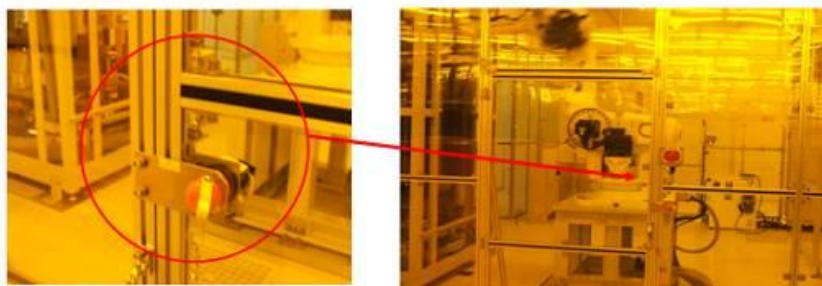


圖3-11 CF Safety Plug Interlock

(3)機台操作端 Interlock

EMO、EMS 按鈕、蜂鳴器和 Teaching Box 如圖3-12所示

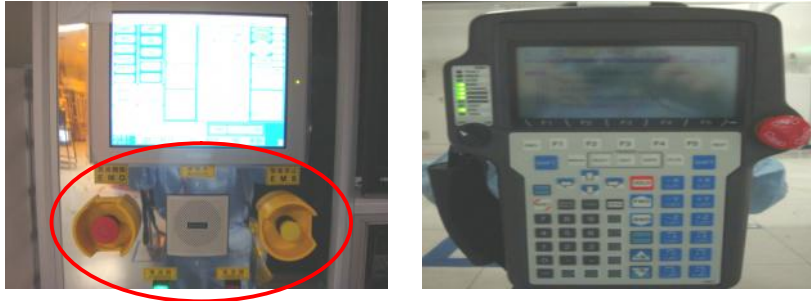


圖3-12機台 EMO、EMS 按鈕、蜂鳴器和 Teaching Box

(4)Cell 機台設備 Interlock

Area sensor、EMO、EMS 按鈕、Door switch 如圖3-13所示

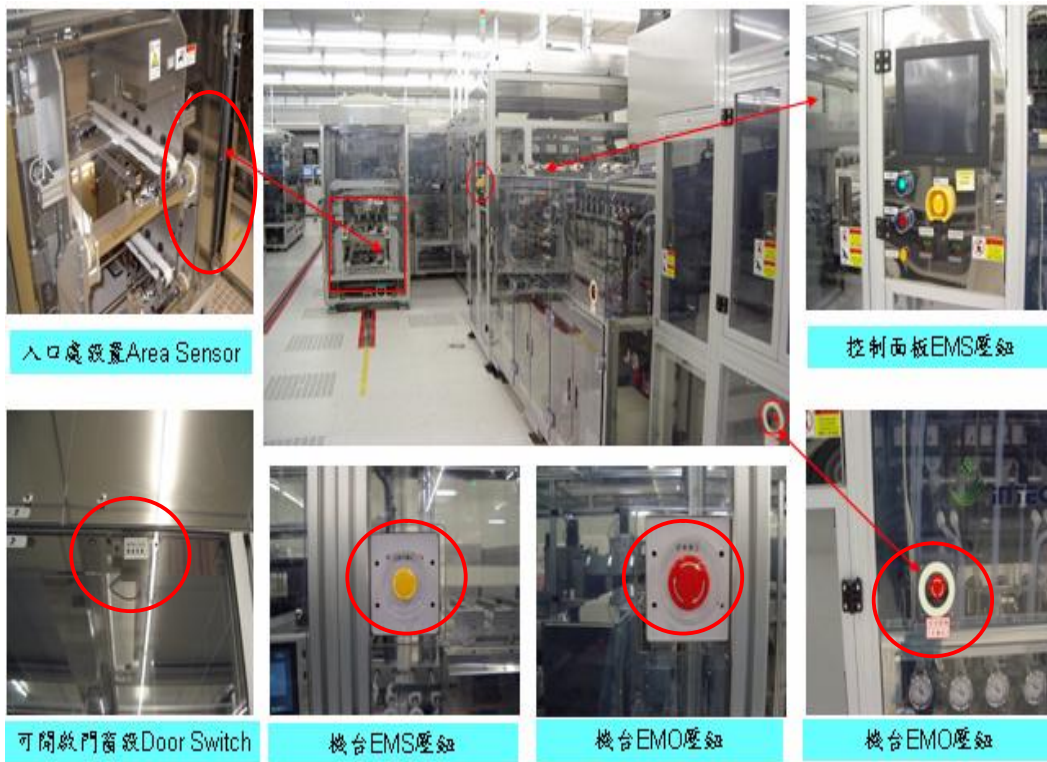


圖3-13 Cell 機台設備 Interlock

(5) Robot Interlock 如圖3-14所示

在設計、安裝上儘量消除機械人的危險點，如消除危險源、限制危險程度、自動監視控制、阻絕(設置護欄)及連鎖防護等方

式。機械的控制軟體在發生偏差或失誤時，不論機械人在任何狀態下，都能立即發出停機信號或自動調整。在限制區之入口設置安全連鎖保護裝置，中斷機械人之操作。

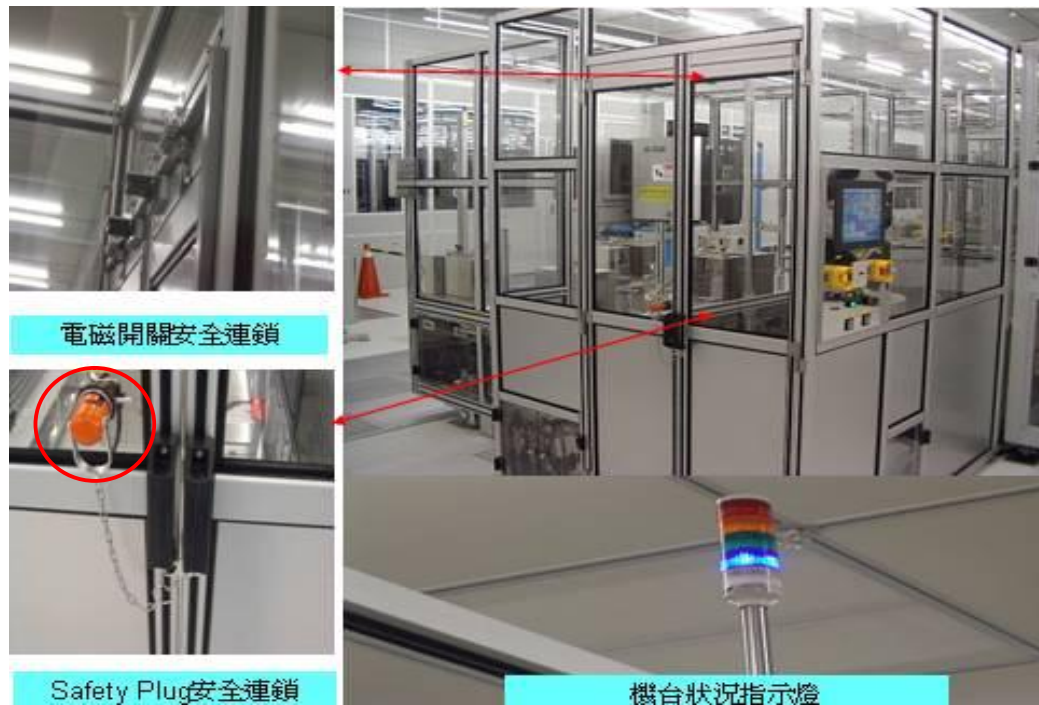


圖 3-14 Robot 安全連鎖裝置

3.2.2 Interlock 查核測試分析

1. Interlock 查核應當注意的事項：

- (1) 確認機台 control panel 狀況,是否旁通(bypass) or disable.
- (2) 確認機構上(如 door switch 、 safety plug 、EMO 等)是否被異常開啟或解除。
- (3) 注意是否遭異常原因隔離(如膠帶封死、磁鐵磁封、或其他小聰明的方式解除安全連鎖裝置等)。
- (4) Area sensor 的防護範圍是否足夠(僅單點或全面性防護)。
- (5) Leak sensor 的放置區域是否恰當。

(6)IR sensor 及 CO₂防護是否正確。

(7)現場警示燈、蜂鳴器是否正常運作。

(8)Interlock 控制設定是否正確(當 Interlock 因維修設定 bypass 時，若跳脫此維修模式下，回運轉模式時，此 bypass 應能自動解除)。

2. Interlock 功能測試分析如圖3-15及圖3-16所示：

查核規範	測試方法	查核結果(優點)
1. Area sensor設於進出頻繁且有捲夾危害之處，當手伸入警戒區域，機台應立即停機 2. 手離開警戒區，需Reset後才可再啟動機台 3. 應有Alarm之警示聲響	 用手直接放置於感應區內	1. 直接現場實測，可驗證其停機功能是否正常。 2. 可讓機台操作員更確認Interlock功能之完整性。 3. 確認其Alarm聲響是否符合現場環境(可聽到)。若背景噪音較大，可適度調高其音量，但仍應<90dBA為宜。
1. Door switch設於可開啟之門或窗，當門被打開後，機台應立即停機 2. 應有Alarm之警示聲響	 用手直接開啟維修門	
1. 拉繩式緊急停止裝置，設於Stock等自動搬運系統之軌道兩旁，壓下拉繩後機台應立即停止。 2. 應有Alarm之警示聲響	 用手拉壓紅色之安全繩	
1. 拉繩式上之EMO，設於Stock等自動搬運系統之軌道兩旁端點上，按下EMO按鈕後機台應立即停止。 2. 壓下後不應自動彈起，而須旋轉後才能復原 3. 應有Alarm之警示聲響	 用手直接按壓紅色按鈕	

圖 3-15 Interlock 功能測試分析(一)




查核規範	測試方法	查核結果(優點)
1. EMO設於控制盤，啟動後，機台應立即停機，電力不得自動復歸。 2. EMO被壓下之後不應自動彈起，而須旋轉後才能復原。 3. 應有Alarm之警示聲響	 <p>用手直接按壓紅色按鈕</p>	
1. Safety plug設於可開啟之維修門，接點旋鬆，機台應立即停機。 2. Safety plug插回後電力不得自動復歸，需Reset後才可再啟動機台 3. 應有Alarm之警示聲響	 <p>用手直接拔除插銷</p>	1 直接現場實測，可驗證其停機功能是否正常。 2. 可讓機台操作員更確認EMO及Interlock功能之完整性。 3. 確認其Alarm聲響是否符合現場環境(可聽到)。若背景噪音較大，可適度調高其音量，但應<90dBA為宜。
1. Bumper設於AGV自動車上，碰撞該Bumper該AGV自走車應停止前進。 2. 應有Alarm之警示燈及聲響。	 <p>用手碰觸黑色之Bumper</p>	

圖 3-16 Interlock 功能測試分析(二)

表 3-1 為機台 Interlock 狀況調查表，各機台設備之 Interlock 設置應符合文獻中所探討：CNS 15344、CNS 14804 及 SEMI S2-0706 等各項相關設置規範。

表 3-1 機台 Interlock 狀況調查表

Interlock comm Rule : (各設備應符合之Interlock安全規範)					(1) Maintenance model : 設備無自動啟動之可能。 (2) Interlock : 全部裝置皆維持上線狀態、所有的作業無 bypass 需求、各機構之可能入口皆有 interlock 裝置、機台切回 Auto 會使所有 interlock 自動上線、任何倍階指令不可動作(內部指令僅有:機構內部人員使用 teaching box 進行slow motion 時)、interlock 作動中進行了任何 sensor 之遮斷/ 復歸 或動作條件之滿足皆不會有任何機構之動作或"上一項/ 殘留/ 未完成" 指令之設備動作執行。 (3) Alarm Reset : 機台於任何模式/ 任何警報 皆需人員確認alarm 並 reset 系統才會復歸或作動。 (4) Interlock active 檢查: 啟動 interlock 可由 panel 看到訊息、啟動 interlock 可由螢幕確定已正常作動。			
機台 Interlock 狀態調查表								
項次	部門	機台名稱	機構名稱	機台位置	Interlock comm Rule 符合狀態 (完全符合請填入"正常"; 不符合事項, 請正面表列。)	Interlock 確認 方式及頻率	Bypass時 管理機制	Bypass權限
範例	L7XXX	XXXXX10	ID	L棟F8/D	(1-1) Maintenance model 設備於 sensor 復歸會自動啟動下個 step。 (1-2) Maintenance model 下, 設備會因條件滿足自動啟動。 (2-1) Roller PM 作業需 bypass interlock。 (2-2) Running model 切回 interlock bypass 無自動上線功能。 (2-3) ___ door sensor 故障等。 (3-1) 維修模式警報發生時, 無 alarm 確認功能, 不需人員 reset。 (3-2) 運轉模式下, 警報發生後 sensor 復歸, alarm 自動消除, 不需人員 ack 與 reset。 (4-1) Door sensor 啟動, 無任何確認功能是否正常之措施。 (4-2) Safety plug 啟動, 無螢幕可確認。	(1) 每次開啟 door 時, 確認安全裝置是否確實作動。 (2) 每日作業前確認空制面板檢查 interlock 狀況 (3) PM 保養時, 實際進行測試 (4) ...	1. 操作面板設置 PM 告示牌禁止其他人員操作 2. 面板將前確認其他人員已在安全位置 3.	經理
範例	L7XXX	XXXXX10	Robot room	L棟F16/K	正常	PM 保養時, 實際進行測試	不需要	經理
1								

3.3 安全連鎖裝置(Interlock)較佳化設計策略

機器人及機械設備之安全措施目前可大致分類為緊急停止裝置、感應器警告、連鎖裝置、以及遠端監控等。現存之安全防護裝置可歸納如下：警示系統、安全阻擋裝置、壓力感覺墊、紅外線、電容式、微波、超音波、磁場、影像等各類感測裝置以及各種安全連鎖(互鎖)裝置等傳統的安全防護措施，如圖 3-17 所示【16】。

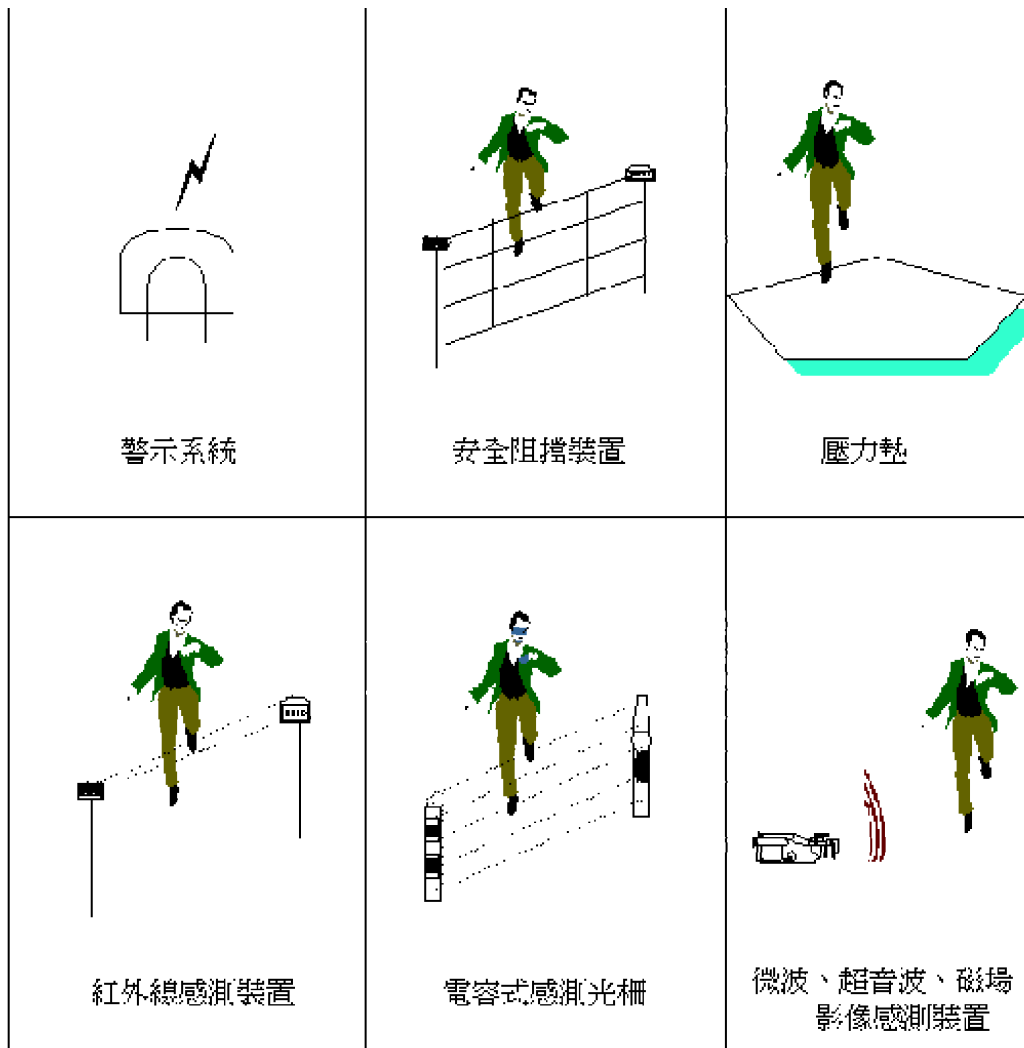


圖 3-17 機器人安全防護措施

在歐洲標準 EN 1088「機器安全-互鎖裝置與安全措施-設計與選擇之原則」中，將連鎖裝置畫分為三個層次，Level A 與 Level B 均為控制連鎖，但 Level C 則為電源連鎖，愈是低階之層次，其界面亦少，安

全防護之效果亦愈直接，可靠度愈佳，因此 Level C 電源連鎖層次之安全防護效果是最直接的(如圖 3-18 所示)。

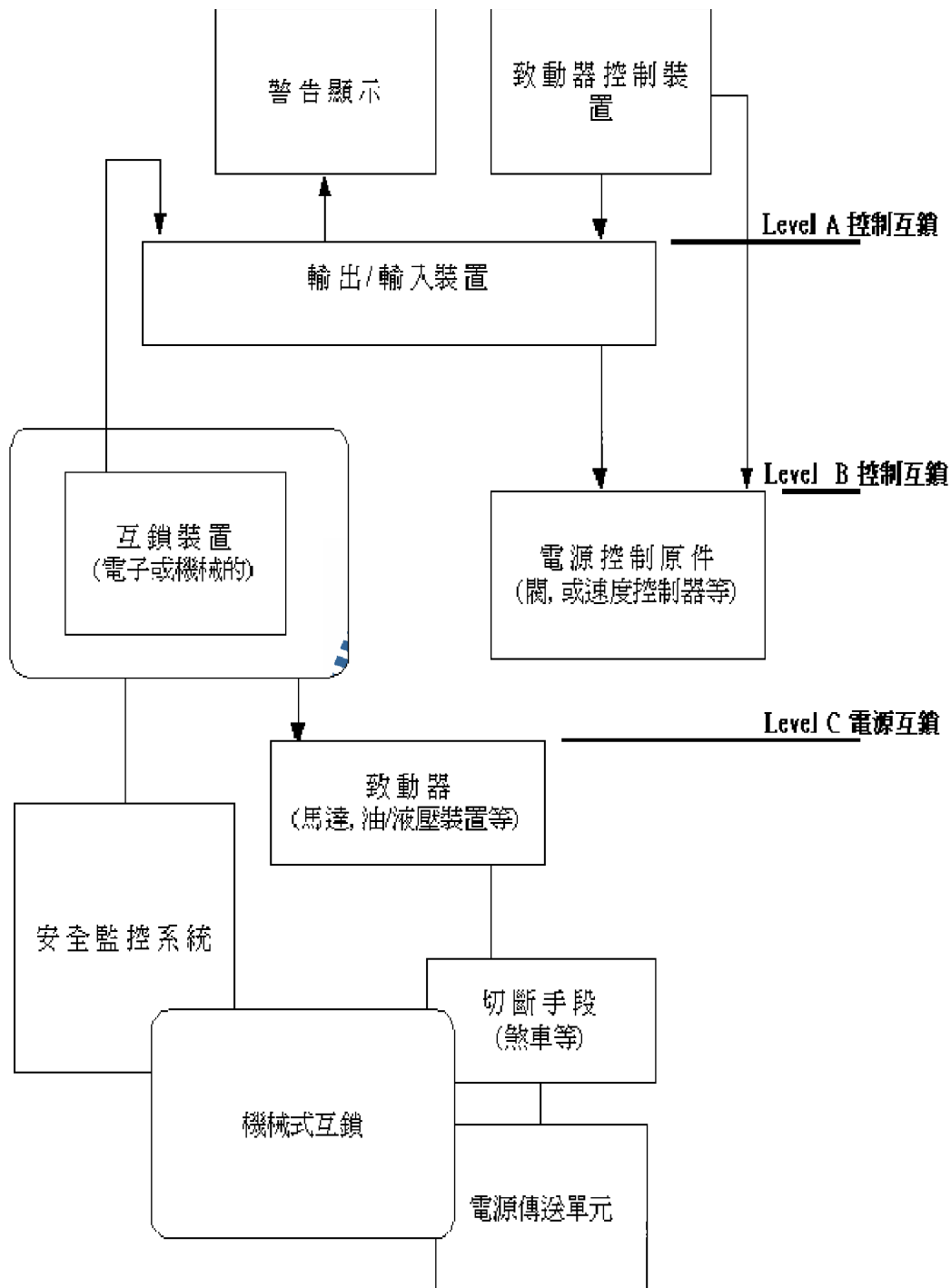


圖 3-18 機器內互鎖裝置的位置(根據 EN292-1 附件 A) 【16】

圖3-19為危險之場所設置最適合的安全機器之防護元件示意圖【17】，計有安全光柵、緊急停止按鈕(安全踏墊開關)、安全繼電器(安

全繼電器模組)、安全門開關(安全限動開關)、附電磁鎖型門開關等。亦為某光電廠所建置之Interlock中普遍採用之型式。其中安全光柵及安全繼電器於前面章節尚未深入剖析其運作原理，現分析如下：

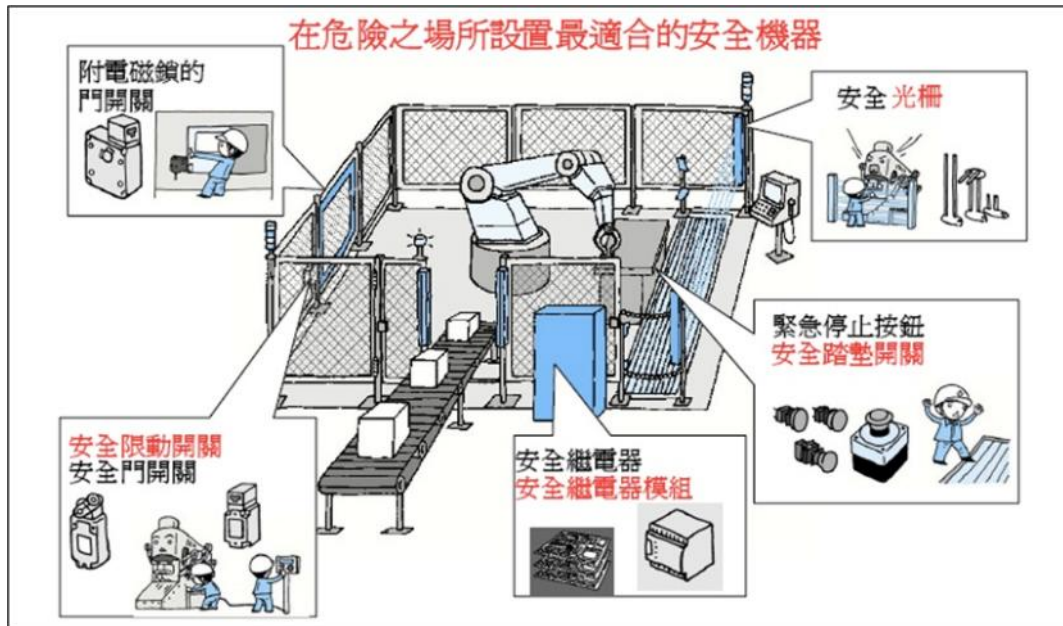


圖3-19 危險之場所設置最適合的安全機器之防護元件示意圖

(PMC技術通報第161期第5頁)【17】:

3.3.1安全光柵(Safety light curtain)【17】:

- 1.安全光柵乃利用投、受光器與反光板或直接使用投光器與受光器之光軸構成偵測光牆，當操作者肢體進入光牆，受光器接收不到投光器光軸發射光時，即啟動緊急煞車系統，使煞車機構煞車或無法啟動加工，以達到安全防護目的。發射和接收結合到一控制單元並提供必要的邏輯功能、輸出信號、系統診斷以及額外功能(暫時失效、間隔)，光柵提供了一個最佳的安全，且與機械防護功能比較時，可以達到更大生產力以及發揮工作人員最大效能的解決辦法，他們很適合在人員需要經常進入一個危險工作地點的應用。
- 2.使用安全光柵作防護前，需確定應用限制及注意事項簡介如下：
 - (1)需確定設備那個危險點是需要防護的。

- (2)需決定機器是否可以停止在撞擊或者下一次循環的情況下。
- (3)鑑定什麼是需要被保護：手指、手、四肢、身體。
- (4)計算安全距離。
- (5)光柵的尺寸，人員不能橫過、進入或環繞光柵間並進入危險區。

3.光柵所要求的功能(如圖 3-20 所示)

IEC 的規格中，將電子式保護專用感測器稱為 ESPE (Electro-Sensitive Equipment)。

光柵被定義為 ESPE 的一種，其規定具體內容如下

- (1)具備用以確認危險的測試故障功能。
- (2)具備超過一定水準的耐雜波性能。
- (3)光線放射角度低於一定標準

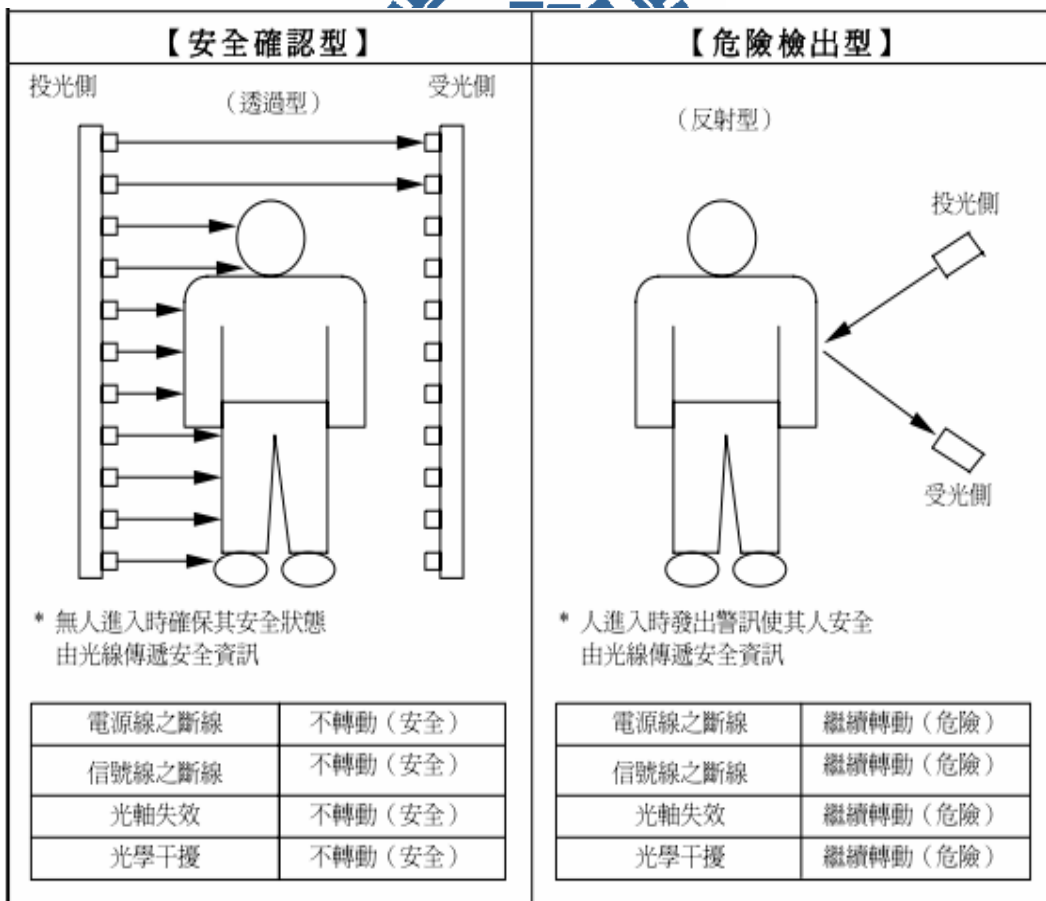


圖 3-20 光柵式安全裝置原理圖【18】

4.光柵類型與等級

光柵 ESPE 有四種類型。依據用途(安全等級)來選擇合適的類型。例如：type2 的光柵，可適用等級 2。在國際標準 IEC 61496 中，詳述了兩種等級光幕在設計、結構及測試上的安全規定，以確定達到正確的安全相關功能。其等級 2 及等級 4 比較如表 3-2 所示。

表 3-2 安全光柵類型比較

光柵	2 級	4 級
性能	具一個微處理器及兩個安全通道輸出，控制可靠度(2 級)	具兩個微處理器及兩個安全通道輸出，控制可靠度(4 級)，有較多的特性及檢測距離
功能性	經由自我診斷及定期的外部檢查來偵察錯誤，使用故障排除來確保安全性能	經由自我診斷來偵察錯誤，經由多迴路線路和監控設備以達到高標準的保護
有效光束角度	發射角較大、 $\pm 5^{\circ}$ EAA	發射角較小、 $\pm 2.5^{\circ}$ EAA
應用	較低到中等風險應用、可能導致輕微受傷的場所，應用於自動化生產設備，機器人生產設備上方、自動插件機/自動上下料機，小型包裝機，設備保護和附加的安全防護	高風險應用可能導致嚴重的傷害或死亡，危險區域的主要保護裝置。OSAH(美國管理局)所註明的意外傷害
危險評估	評估機器的危險級別，危險的評估取決於傷害的程度即發生的機率。在美國，如果受傷害的程度較高，就無關於可能性，必須選擇 4 級的安全光幕。詳細資料可查詢 ISO14121，ANSI B11 TR3 及 ANSI/RIA R15.06。	

5.光柵設置與安全距離計算

設置的機械必須具備停止功能，且不得用於會從機械內部飛出工件或碎片等的開孔部位。此外，必須設置機門以阻隔飛來物。設置位置需考量到感測器的檢查性能、機械停止時間、身體侵入的

速度等，再依據計算公式決定與危險源之間的安全距離。如圖 3-21 所示，EN 999 安全距離公式為歐洲標準，是在處理保護設備的位置【19】，此安全距離代表人體至尖銳點之間的距離，目的為預防機械的穿刺傷。圖 3-22 所示為人體侵入至接觸到危險源所需之安全距離計算式，最小檢出物體愈大則所需之安全距離也加大。

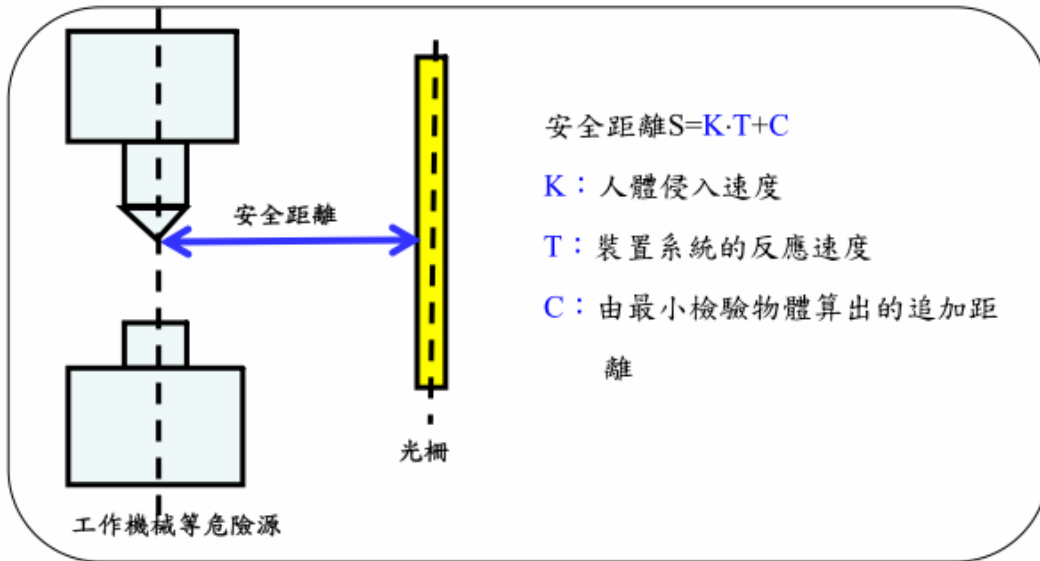


圖3-21安全距離示意圖(PMC技術通報第161期第8頁)【17】

安全距離計算式：(EN999)

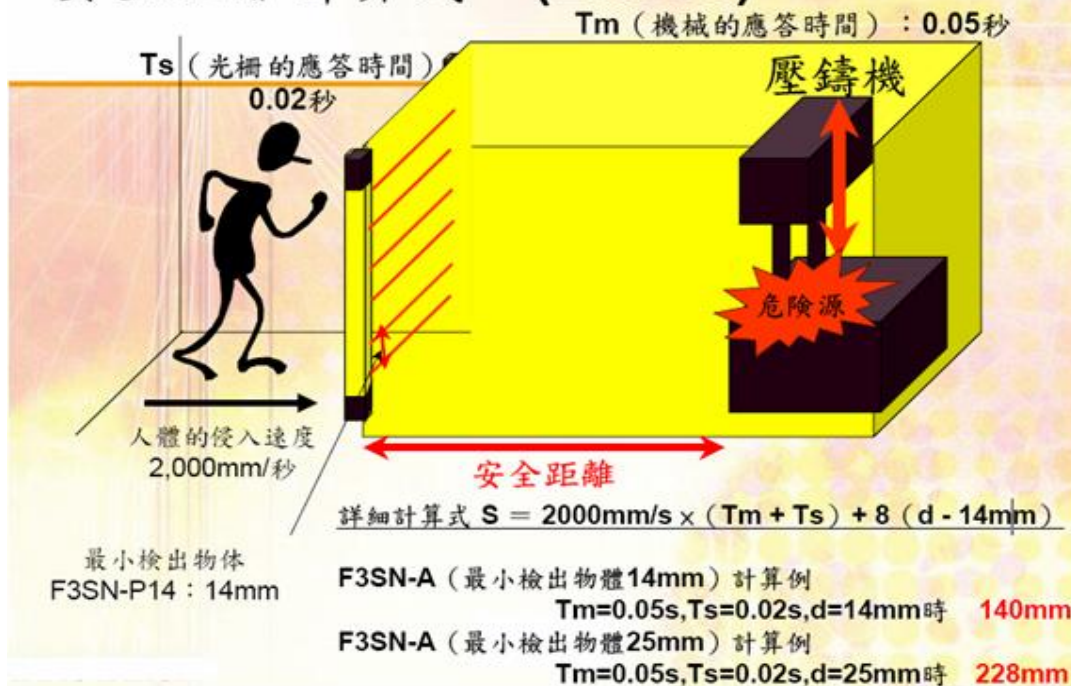


圖3-22安全距離計算式示意圖【17】

3.3.2 安全繼電器 (Safety relay) 【17】:

1. 安全繼電器之功能

從字面上來看，常有人認為安全繼電器就是不會故障的繼電器，但事實並非如此。而是即使故障也能規則動作的繼電器，與一般繼電器不同的地方是，藉由強制牽引(guide)接點結構，既使發生熔合現象時也能確保安全功能的繼電器(如圖 3-23 所示)。當熔合 a 端接點時，b 端接點會呈保有 0.5mm 以上的接點間隔狀態。可利用此功能，監視接點狀態。

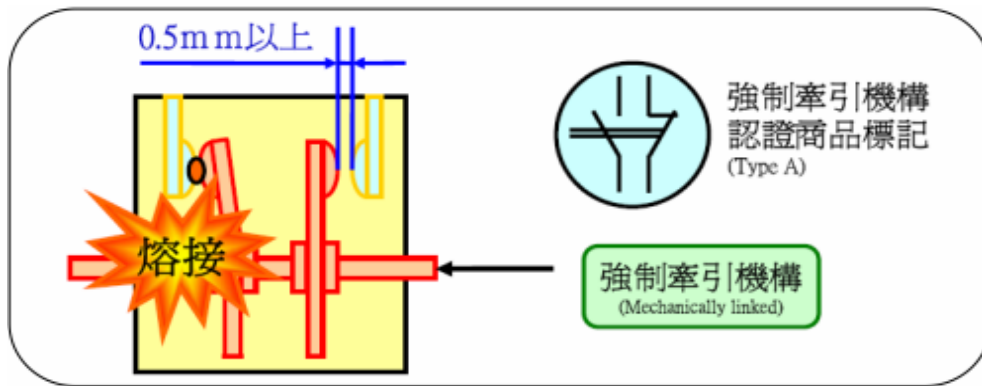


圖3-23強制牽引接點結構示意圖(PMC技術通報第161期第11頁) 【17】

2. 安全繼電器用途

安全繼電器用於確認機械安全的輸入用途、及確認安全後控制接觸器等輸出的安全電路。

3.3.3 可開啟之門或窗選用 Interlock 之較佳化建置型式範例如圖 3-24 所示。




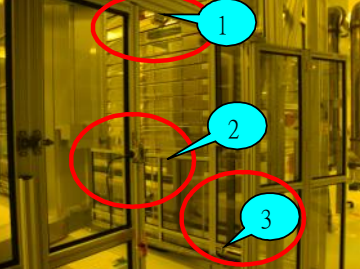
安全規範	改善措施照片	優點
1. 作業時保護人員的安全連鎖裝置必須使用工具才能中斷 2. 機台供應商應提供合適的上鎖裝置，以避免旁通失效 3. 具有降低破壞可能性設計	 <p>電磁鎖型安全連鎖裝置，未斷電前，門無法打開</p>	1. 未斷電前，門將鎖住致無法打開，要打開前，須先按 Door Lock Release 鍵斷電後，才可打開門 2. 具有閉鎖動作，可防止人員未斷電即進入機台內之風險 3. 線路及接點於內部，使它不易為簡單工具所破壞
	 <p>舌片式安全連鎖裝置，具有降低破壞可能性設計</p>	1. 線路及接點於內部，使它不易為簡單工具所破壞 2. 用於防止開關會容易誤動作。安裝此類型設備既可靠又簡單 3. 它們可用於滑動、鉸鏈及離地牽引的防護
	 <p>須拔除插銷後，門才可打開，可有效防止旁通失效</p>	1. 直接將插銷座固定於門框上，因此須拔除插銷後，門才可打開，可避免人為不當旁通失效，確保作業人員安全。 2. 線路及接點於內部，使它不易為簡單工具所破壞
1. 安全連鎖裝置必須使用工具才能中斷 2. 機台供應商應提供合適的上鎖裝置，以避免旁通失效 3. 具有降低破壞可能性設計 4. 動力源多樣化，降低共同原因失效的可能性	 <p>結合三道安全連鎖裝置： 1. Door Sensor 2. Safety plug 3. 安全光柵</p>	1. 此維修門結合三道安全連鎖裝置：Door Sensor、Safety plug、安全光柵等，多重安全連鎖裝置，更可確保其安全性及防止人為不當之旁通失效 2. 線路及接點於內部，使它不易為簡單工具所破壞 3. 動力源多樣化，使它不易故障或被旁通失效

圖3-24 Interlock 較佳化建置範例

第四章 Interlock 較佳化設計策略之結果與應用

從圖1-4中我們得知某光電廠之職業災害之事故類型統計，可以瞭解到該廠職業災害事故中仍以機械傷害所占比例(30%)最高。其中大多數是操作人員將安全裝置解除、人員不安全動作、行為及設備安全防護裝置不足或設計不良等而造成人員受傷事件。由此更驗證了 Interlock 的安全功能之重要性，但是仍有某些 Interlock 設計或裝設型式不符合安全規範(易故障失效或 bypass 構造)。故應用第三章之 Interlock 較佳化設計策略來根本改善所查核之缺失。

4-1機台 Interlock 較佳化之設計策略之結果【20】

4.1.1違反隔離原則之較佳化設計策略

依風險評估結果，會使人員接觸到機台危險點，應以裝設安全連鎖裝置為優先考量。如圖4-1所示為圍籬或柵欄是成立「隔離的原則」最常用的手段，其功能為防止危害源與人員接觸。機械使用柵欄，可防止與機械之危險部分接觸。柵欄與機械之動作，應有連鎖效能，當柵欄被打開，機械即停止，柵欄關閉，機械始能動作，為確保隔離原則之有效性，應選用不易旁通構造之 Interlock。固定式防護屏蔽應使用特殊工具，如星型或內六角螺絲，若有腐蝕或防爆需求時，得使用其它種類專業螺絲(例如，抗腐蝕塑膠螺絲)。且柵欄之防護範圍及強度應足夠，所有危害源的防護板及屏蔽必須是硬質的蓋板，以不可燃材質(如不鏽鋼、鍍鋅鐵板、本體烤漆鐵板、鋁或陶瓷)為優先，若有製程考量須用塑膠材料，則須選用符合 FM 4910、UL 94V0 認證(或相同認證等級)之塑膠，禁用壓克力、PP 等易延燒材質以防止產生新的危害，蓋板上應加貼警告標示。另一方面，對人員而言必須防止「合理可預見的錯誤」及反射動作(無意識行為)、以及最小阻力線行為(抄近路、省略的本能)等，是無法靠規範而完全消除。而機械柵欄之開

口部與機械本體之間，其間隙應能足以防止手指到達危險處。



圖4-1 工業用機器人應有護欄、連鎖裝置

4.1.2 違反停止原則之較佳化設計策略

隔離原則並不是任何情況下都能成立，因為有時候操作人員必須進入到能量運作的空間，從事操作機械、維修保養、上下料的工作。這時我們可採用「停止」的原則。作業的行為伴隨著能量的運作，所以具有危險性的作業必須在安全被確認的情況下才可進行。因此，在安全的維護上，停止的命令應優先於啟動的命令(如圖4-2所示)。在「隔離的原則」成立的圍籬或柵欄上開「門」是提供一個開口。當門被打開的時候，隔離的原則便不存在，此時在柵欄裡的危險源必須暫時消失「停止的原則」必須成立，才能保障作業人員的安全。安全連鎖裝置作動停止方式，若設備的風險評估等級為中度風險，其危害源的停止方式須符合 IEC 60204-1 之0類或1類停止方式【23】。若在手動模式下，當危害機構採用第2類停止時，此時任何指令均不可造成危害機構不預期啟動，同時危害機構須受到監控，當危害機構不預期啟動時，危害機構須立即採用第0或第1類停止，移除機械所有危害能量。



圖4-2 模擬啟動按鈕接點熔著情境，按下停止按鈕機台應停止【17】

4.1.3連鎖不成立時額外保護不周之較佳化設計策略

一般針對如何避免人員在危險區域發生危險的保護對策，除了在設計階段必須提供本質安全設計對策外，對設計階段無法排除的危險，就必須採用安全連鎖防護裝置來降低可能發生的風險，而安全防護的原則有兩種方式，一種為空間的分離，另一種則為時間的分離，分別說明如下：

1.空間的分離

空間的分離以隔離為原則，是以設置柵欄的安全防護，將所有危險全部作隔離，但在必要位置設置最小限度之開口。

2.時間的分離

時間的分離以停止為原則，是以設置安全連鎖開關的安全防護，僅在防護區關閉的期間才可啟動機器，防護區開啟時則機器必須是停止狀態。連鎖機制之基本構成如圖4-3所示。

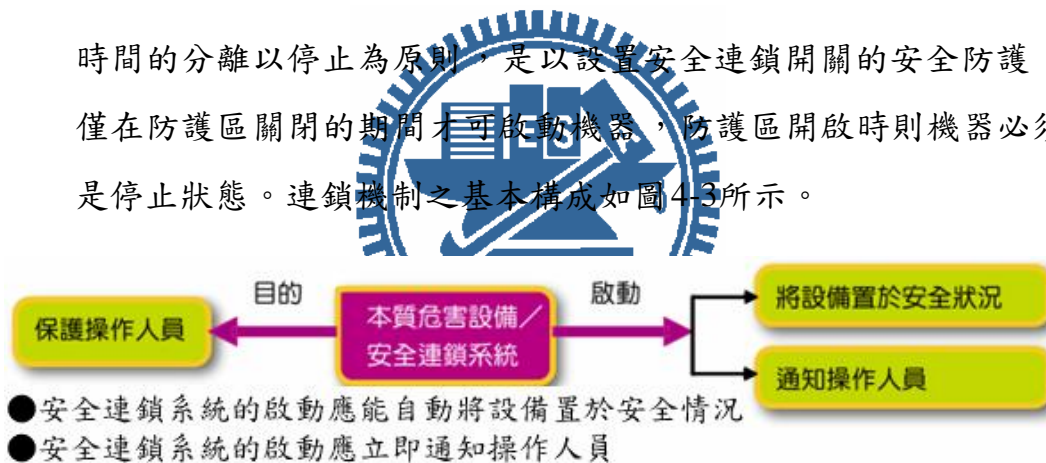


圖4-3 連鎖機制之基本構成【20】

圖4-4為安全防護應用之範例，一般會將空間的分離與時間的分離兩種方式搭配使用，亦即使用柵欄或圍籬將危險區域隔離，然後將可能因為需要上下料件或維修、保養、調整而必須進出危險區域之處設置安全門，安全門的開啟則透過電磁鎖型安全連鎖開關加以控制，當危險源存在時，透過信號傳送至電磁鎖型安全連鎖開關將安全門鎖住，反之，當危險源消失時，安全門即可開啟【17】。

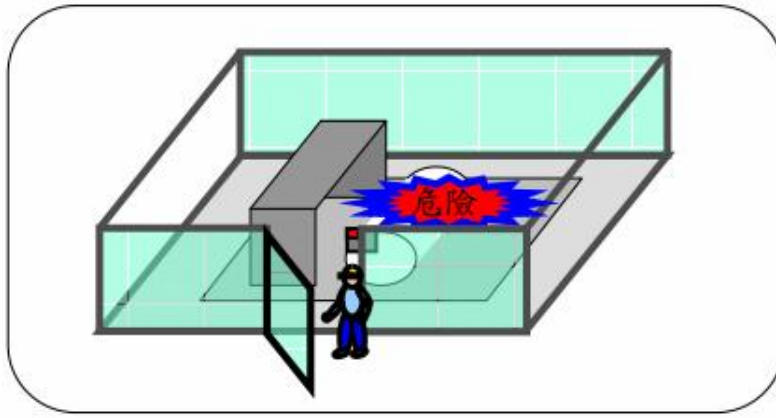


圖4-4 安全防護應用範例(PMC技術通報第161期第18頁)【17】

安全連鎖開關僅在保護工作區域機械危險可動部位的防護區域關閉時，才許可機械啟動的連鎖開關。具體而言，安裝在防護區移動式護罩或安全門上的安全連鎖開關專用插銷，僅在防護區關閉，同時插入連鎖專用插銷開關本體後才可操作。為確保作業員安全，在「隔離原則(僅在以防護區隔離危險源後才可運轉)」和「停止原則(防護區為開放狀態時無法運轉)」之下，安全連鎖開關具有相當重要的功用，因此在國際安全規範中，規定了安全連鎖開關為必備裝置。內容中最重要部份，就是針對作業員違反行為(例如，認為只有些許故障，不停止機器就進行維修)之因應對策(稱為「防止無效化」，ISO 12100-1中，為降低危害源的危險，規定附連鎖的防護區為應施行的安全防護對策)【17】。而連鎖開關亦可採用安全栓(舌片式)、電磁鎖型、安全光柵及動力源多樣化(正向和負向模式致動)等較佳化設計之安全連鎖裝置，以避免共同原因失效的可能性，當連鎖被拆除時，能立即切斷電源，以確保人員作業安全。要注意另一個現象是機械設備雖具有連鎖機制，但卻提供一個可以輕易的將連鎖機制旁通的開關，(如圖4-5所示)。如果因為作業的需求，需要在門被打開且不停止的狀態下進入危險區域(如機械人的教導作業應採用低速，即小於250mm/sec)，及必須有其他的手段來維持作業的安全(例如限制能量大小、採取寸動或降低轉速)。

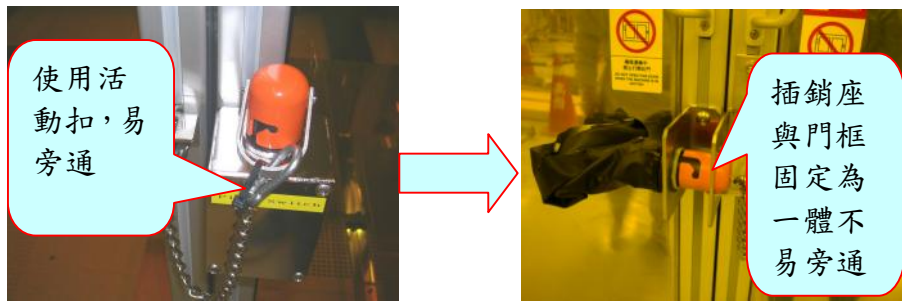


圖4-5 維修門之 Interlock 使用範例(不當使用活動扣易旁通失效)

4.1.4 使用不當連鎖元件之較佳化設計策略

連鎖機制可藉由感應器或開關來命令能量停止運作，這個感應器或開關一般就稱為連鎖裝置 (Interlock device)。連鎖裝置是用來發出停止命令的元件，所以它不應該輕易被旁通 (bypass) 如圖4-5所示使用活動扣，易失去連鎖機制，一旦連鎖機制不成立，即形同無防護。即使是因為維修保養的需求，必須進入危險區域，連鎖裝置仍不應該可輕易被旁通(可將栓座與門框固定為一體，可有效改善致不易旁通)。而安全連鎖裝置其規格要求，應選用國際安規認證表列規格，以減少其故障發生率，確保其緊急狀況下能有效發揮安全連鎖停機功能。

另連鎖元件如以一個安全栓來提供停止的命令，當安全栓被拔除前機台維修門是不得被打開，否則連鎖機制便會被破壞，而且安全栓應由進入柵欄內的作業人員隨身攜帶，欲進入前須將控制盤切換至維修模式或懸掛機台 PM/維修告示牌(如圖4-6所示)，以避免人員在進入危險區域後，停止的命令被他人所取消而誤啟動機台所造成之風險。



圖4-6控制盤切換至維修模式或懸掛 PM/維修告示牌

4.1.5 緊急按鈕設置不妥之較佳化設計策略

緊急按鈕是提供操作人員在緊急狀況下，對機械設備的停止命令。緊急停止往往是處於特別的情況，所以其操作功能之優先性應為最高。也就是說，它是必須凌駕所有的操作模式與指令。由於其為避免緊急情況的發生，對緊急停止之致動器本身以及裝置位置的要求，應易辨識且能立即觸及(操作側每3公尺內須設置至少1只，設置高度≤164公分)，若無法在最短時間內按下按鈕，則失去設置之意義。為避免按鈕功能失效產生危險。按下緊急按鈕時，機械設備應該符合停止的原則，立即可令機台強制停止於安全的狀態。因此強制的安全狀態必須是類別0與類別1的停止機能，而不應該是類別2的停止機能。當設備機構會因緊急停止造成人員陷入或夾傷(EMO 或 Interlock 所要求的煞車)，須提供緊急狀況與搶救措施的標準作業程序，該程序須標示於機台。又緊急按鈕的迴路構造應為 b 接點(如圖4-7所示)及符合 SEMI S2-0706 緊急停機相關規範(如圖4-8所示)，且在壓下時可以將狀態固定，直到執行解除/復歸 (Reset) 動作(通常為旋轉按鈕頭部)【17】。

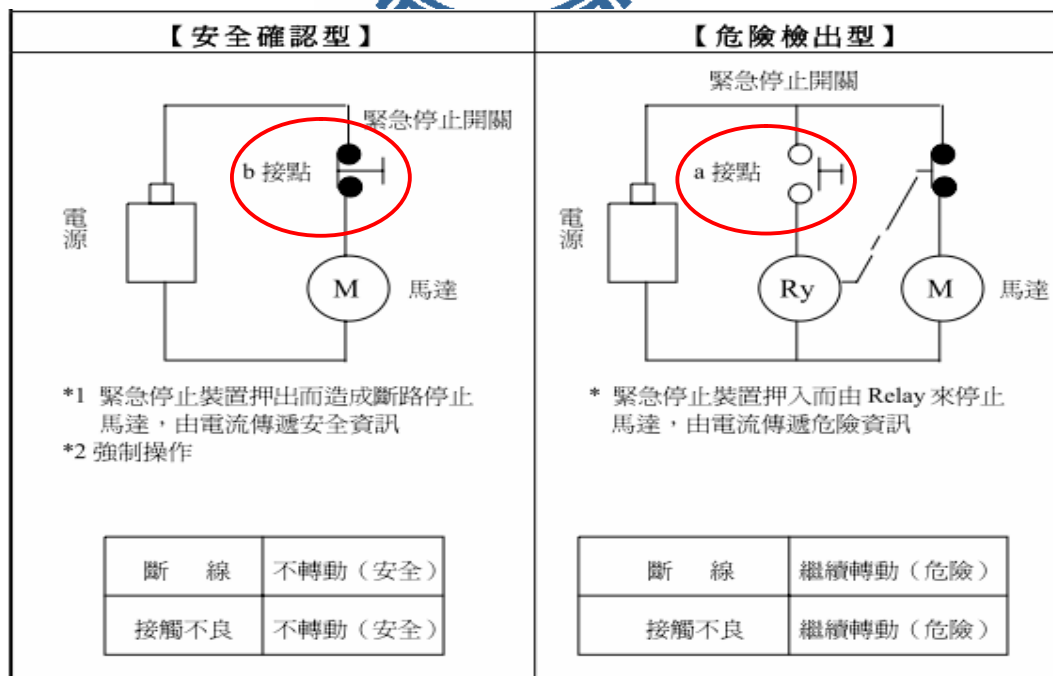


圖4-7緊急停止裝置配線原理圖(a、b 接點運轉之迴路)【18】

緊急停止按鈕的要求事項 (EN418)

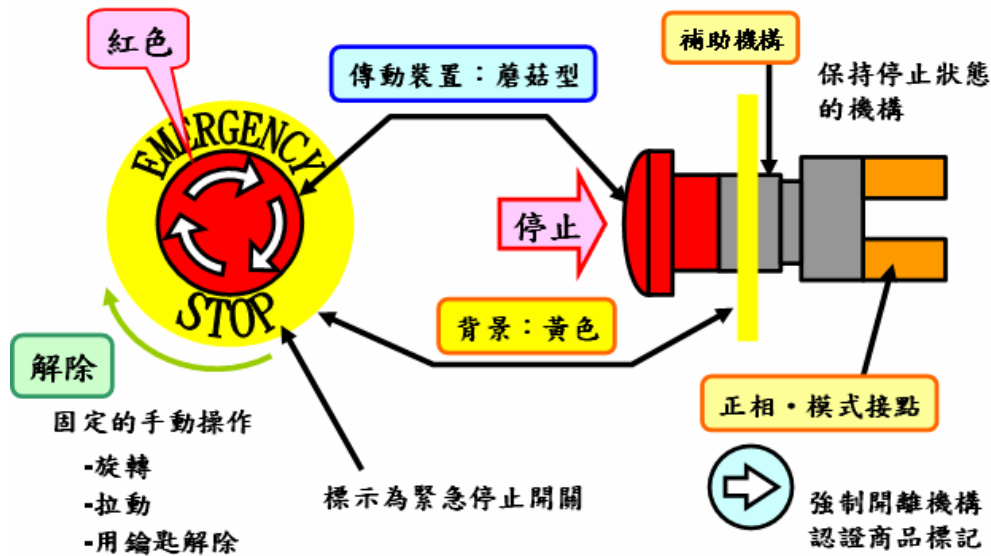


圖4-8 緊急按鈕要求事項【17】

4.1.6 光柵使用不當之較佳化設計策略

光柵的設置應先考慮防護範圍是否充分，其次需考量安全距離，即人員身體部分進入其防護範圍時，從光柵的啟動到危害源停止時間是否足夠。光柵型式應選用安全確認型，即當光柵因電源線或信號線斷線等故障發生時，能立即停止機台運轉，以避免人員身體在接觸危害源之前，危害源未立即停止，則光柵將失去安全防護及裝置之意義。除非是須經常出入之區域，否則可考慮其他防護方法(安全栓、舌片式、電磁鎖型等不同類型之連鎖裝置應用)可能較為安全有效且經濟實用。

4.1.7 機器人圍籬空間不足之較佳化設計策略

所謂機器人的最大動作範圍並非指目前設定之動作範圍，而是包含已加裝夾具後，機器人的各軸間作最大伸展、旋轉之運作空間範圍。如圖4-9所示，若考量選用安全光柵則應選用如圖3-20所示之安全確認型(透過型)。其設置位置需考量到感測器的檢查性能、機械停止時間、身體侵入的速度、防護範圍等，若防護範圍不足，則形同防護有缺口，

如果人員身體在接觸危害源之前，危害源未能立即停止，則光柵形同虛設，反而讓人員認為有光柵保護而失去警戒心，更易發生人員職災事故。

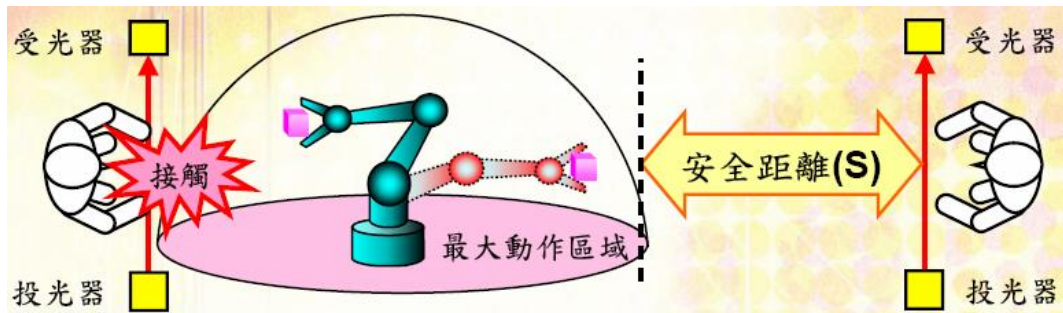


圖4-9機器人最大動作範圍示意圖【17】

4.1.8其他安全電路功能測試之較佳化設計策略

為確保安全裝置之安全功能，新機台於裝機、測試至驗收移交予製造部使用前，此一階段之管控可經由安衛部同仁藉由設備安裝簽核辦法 (Sign off) 三階段查核表之內容進行全面性機台安全性及安全連鎖裝置等之功能查核，其規格需符合廠內之機台設備安全規範。至於已於線上使用之機台，依建立之清冊，利用機台 PM、維修及待機等時機點由安衛部與工程部之環安幹事或值班同仁陪同執行各安全裝置功能測試，測試項目包含各安全迴路(如安全栓、Door switch、安全光柵、EMO 等)測試其致動及重新設定功能是否正常，並需於當年度完成所有機台之測試與彙整測試結果，對缺失部份即時採取妥善因應改善措施。

4.2機台 Interlock 較佳化設計策略之應用

4.2.1 安全連鎖裝置、機台安全查核表及安全連鎖相關規範之應用

- 1.表 4-1 為緊急停機開關及安全連鎖裝置查核表，為確認其在操作時，是否能及時令機台停機於安全狀態下之查核工具。

表 4-1 緊急停機開關及安全連鎖裝置查核表

安全查核項目	查核重點	查核結果
<p>1. 確保緊急停機開關能適時發揮其防護性。此開關已符合右列規定？</p>	<p>1. 設備應該具備緊急停機電路，當開關被作動時，可使設備進入安全關機狀態，而不會產生額外的危害(例如吸附物品用的真空必須維持，裝置不會因失去電力或壓力而掉落等【14】。</p> <p>2. 緊急停機電路啟動時，應該中斷設備內所有的危害性電壓與所有超過 240 伏特-安培的電力【14】。</p> <p>3. EMO 迴路不可有旁通之設計，所有 EMO 迴路須能容錯【14】。</p> <p>4. 復歸 EMO 開關不應該使得電路、設備或是附屬設施重新通電，應該需要手動復歸【14】。</p> <p>5. EMO 按鈕應該是紅色及草菇的形狀，其背景是黃色【14】。</p> <p>6. 所有的緊急停機按鈕均應該有明確標示 EMO、Emergency Off、或是其他同等含義之文字【14】。</p> <p>7. 其他任何只有局部或部分停止功能，但無關機台電源之啟動器，不可採用紅色按鈕及黃色背景，且不可標示為 EMO、Emergency Off 或類似標示【22】。</p> <p>8. EMO 按鈕位置適當並受到保護，以減少意外啟動機會【14】。</p> <p>9. 操作或是日常計劃性維修之位置，與 EMO 按鈕之間的距離不得超過 3 公尺(10 呎)，高度 ≤ 164 公分，其大小應該使用手掌根就可以啟動【14】。</p> <p>10. 人員啟動或是檢查 EMO 按鈕的不應該暴露在嚴重的失足或墜落風險【14】。</p> <p>11. EMO 可採用按鈕型或拉線型開關等兩種型式【23】。</p> <p>12. EMO 迴路必須採用“常閉/B”接點的型式。</p> <p>13. EMO 採用符合 CE 或同等標準認證之產品並依原廠說明安裝，採用拉線型開關時應在使用手冊載明維護方法【23】。</p> <p>14. EMO 被壓下之後不應自動彈起，而須旋轉後才能復原，且作動之後，電力不得自動復歸。</p> <p>15. EMO 按鈕圓形防護環之安裝，其內徑不得小於 75mm 且嵌入之按鈕高度距離護蓋不可超過 5mm，以確保人員手掌根有效擊壓 EMO 按鈕。</p> <p>16. EMO 按下後，移動機構必須立即安全停止，並有可簡易解除人員夾住及脫困方法。</p>	
<p>2. 確保安全連鎖能適時發揮其防護性。此裝置是否已符合右列規定？</p>	<p>1. 安全連鎖應能容錯，而且除非拆卸、改造實體或破壞該元件，不能改變其系統元件的設計功能或設定值【14】。</p> <p>2. 當一個安全連鎖裝置供做人員防護以避免嚴重或巨大危害事故，使用正向一開啟式開關【14】。</p> <p>3. 用以保護人員工作的安全連鎖，在無工具的情形下不應該能使其失能或破壞【14】。</p> <p>4. 一旦正在離開或已完成了維修模式，所有的安全連鎖應該自動復歸，如果安全連鎖作動，應立即警告作業員【14】。</p> <p>5. 如果一個安全連鎖裝置已失能或被破壞，則維護手冊應該說明其管理控制以保護人員或是盡量減輕危害【14】。</p> <p>6. 開關或是其他接觸式的控制元件應該連接到線路的接地側，使得當短路電流導向大地時不會造成連鎖裝置電流飽和【14】。</p>	

7. 使用箱體來控制對人體的危害時，該箱體應設計成需要工具才得以進入，而且需要標示違規進入時對人員防護的危害，或是設置連鎖裝置。除了安全箱體以外，在可能會因疏忽而接觸到危害之處，應該設有實物隔離【14】。
8. 可能使人接觸危害能量的元件應設計成上鎖【21】。
9. 隔離元件(如斷路器)應能隔離危害能量，且能上鎖【21】。
10. 機台在停止後不因無意的舉動而造成之移動【21】。
11. 設備應提供安全連鎖以確保啟動程序正確【21】。
12. 觸動 Interlock 後，應經由手動復歸或重新起動，設備才能恢復正常運轉【21】。
13. 可程式電控系統修改時，應限制權限且需要特殊方法才能登入該程式(例如：登入密碼、鑰匙開關)【21】。
14. 人員啟動或檢視能量隔離設施時，不可使其暴露在跌倒墜落、碰觸到危害部位或其他高風險之狀態【21】。
15. 門或蓋子應安裝來隔離驅動機構、移動部份和機械手臂等。門或蓋子應有安全連鎖，當它們被打開時可立即停止機械移動，或需要工具才可打開【21】。
16. 雙手控制設施只能作為保護操作者之用，對於其他人員暴露之風險應採取其他適當防護措施【23】。
17. 當模式選擇可能導致危害時，應有避免錯誤選擇發生之方式(例如：鑰匙開關、登入密碼)。自動模式選擇不可自動啟動機台。需另有人員啟動【21】。
18. 所有安全防護機制都應維持有效。當安全連鎖或安全防護失效時應有符合作業需求之較安全機制【21】。
19. 因作業需求人員可能接觸到移動機構或機械手臂時，必須強迫停止或低速(250 mm/sec 以下)之功能。採用低速為安全對策時，應有足夠閃避空間及無視覺死角【21】。
20. 設備如包含機械手臂或移動機構而未包覆，則應提供區域偵測器偵測異物進入危險區域時連鎖停止機械移動，或使用 Hold-to run 之設計【23】。
21. 當沒有按在啟動位置時，致能控制應能自動回到 OFF 位置。建議採用三段式致能開關【23】。
22. 當需要暫時將一個或以上之安全防護失效時，應有模式選擇裝置或其他可固定在該模式下之方式以避免自動動作。安全中斷下之控制迴路應具有同等安全功能。此外，應有下列一個或以上之方式：【23】
 - (1) Hold-to run 或其他控制方式啟動。
 - (2) 附有緊急停止之移動式控制(例如拉線開關)且採用合適的致能開關。當使用移動式控制時，只有該控制裝置可操作。
 - (3) 限制移動速度或動力。
 - (4) 限制移動範圍。
23. 為避免無意啟動應設有移除動力之機制(例如：在維修狀態下，無意啟動該機台或其部件可能致危害狀況時)，該移除動力機制應符合下列要求：【21】。
 - (1) 符合實際操作及方便操作之位置。
 - (2) 易於辨識其功能及用途。
 - (3) 僅提供永久鎖在關的位置的方式。

	<p>24.致能控制應有下列功能：【23】。</p> <p>(1)採用到0類或1類停止</p> <p>(2)符合人因工程設計原則。</p> <p>(3)採用兩段式開關時，應符合第一段為 OFF、第二段為 ON 之要求。</p> <p>(4)採用三段式開關時，應符合第一段為 OFF、第二段為 ON、第三段為 OFF 之要求。</p> <p>(5)三段式致能開關須手動切至第三段，當從第三段回到第二段時，不得啟動。</p> <p>25.連鎖中斷相關要求：</p> <p>(1)如安全連鎖被中斷，保養手冊應指出管理控制的方法，以保護人員或降低危害。</p> <p>(2)移去或打開具有安全連鎖的蓋子時，相關的危害必須事先移除。</p> <p>(3)蓋子未正確蓋上之前，機台不能操作，蓋子蓋回之後，安全連鎖應自動復歸。</p> <p>26.機台如果曝露於高火災風險之下，則電力和化學品供應和火警偵測及滅火系統連鎖，若作動則切斷電源和化學品供應。</p>	
--	---	--

2.安全連鎖裝置相關規範之應用

(1)機台危害源需使用失效也安全(fail-safety)的硬體連鎖裝置

(Interlock)，軟體只作為監視用。打開設備的護罩時，有可能造成傷害的動作(unit)，需立即停止作業。整個製程保持安全狀態並設有安全屏蔽預防突發狀況。

(2)機台防護屏蔽若設置安全連鎖裝置，須設置自動、半自動及手動模式。操作者於自動生產模式下，安全連鎖裝置不可有 bypass 的功能存在。

(3)操作者於半自動生產模式下，設備若有設計安全連鎖裝置 bypass 的設計需求，須令危害機構回至安全位置並立即停止，安全連鎖裝置始可失效。

(4)製程控制迴路與安全迴路必須各自獨立，安全元件、安全用感測器等不可與製程控制迴路共用。

(5)廠商提供的各型式安全連鎖裝置(如：Door Interlock、Area Sensor 等)，必須附有安裝位置、線路圖及其操作方法。

3.表4-2為機台設備安全查核表，為訪查主要工具，進行現場訪查，

並同時訪談製造廠及翻閱機台操作手冊作查核確認其安全性【20】。

表4-2 機台設備安全查核表

工作場所：_____ 設備名稱：_____ 訪查日期：_____

區分	訪查項目	判定基準	查核方法	查核紀錄		
				危害類型	現有防護	查核結果
一、機械本體	1.外觀檢查 2.機械本體各部份鎖緊、基礎等螺帽 3.機械人應於明顯易見之位置標示 4.基本性能	1.觀察機械整體不可有裂縫、損傷等外觀之異常，除在使用上有必要之部份外，不得有突出、銳角或齒輪之露出等危險部份 2.螺帽已被適當的鎖緊(並劃上對位記號) 3.標示下列事項： -製造者名稱 -製造年月 -型式 -驅動用原動機之額定輸出 4.機器人在最大負載、最快速度之情況下是否具有完全停止機器運動的能力	目視檢查 目視檢查 目視檢查 性能檢查			
	1.操作盤	1.各項儀表正常無損傷 2.操作開關之標示正確 3.緊急制動裝置無誤動作之虞	目視檢查			
	2.動作狀態燈號	1.操作與動作狀態燈顯示正常	目視檢查			
	3.機器人連續自動操作模式	1.是否所有人員都退出限制範圍、且啟動所有安全防護裝置	目視檢查			
二、操作部份	4.緊急停止	1.所有緊急停止按鈕是否不受到阻擋(包括視覺阻擋及實體阻擋) 2.硬體式的緊急停止電路，一旦被押下能讓所有的運動元件停止 3.機械人緊急停止或遇狀況自動停止運轉時，握持部份仍能繼續穩定握持物件	目視檢查 性能檢查紀錄提供 性能檢查紀錄提供			

4.2.2 Interlock 查核缺失應用較佳化設計策略之改善對策

1. Interlock 安全規範及查核缺失改善對策

(1) 圖4-10 為 EMO 安全規範及查核缺失改善對策

缺失照片	安全規範內容	改善措施照片	查核結果(優點)
 <p>按鈕太深入，無法以掌根壓按，緊急時恐壓按不到</p>	<p>按鈕圓形防護環之安裝，其內徑不得小於75mm且嵌入之按鈕高度距離護蓋不可超過5mm，以確保人員手掌根有效擊壓EMO按鈕</p>	 <p>更改為符合規範，可輕易以掌根壓按</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以掌根可輕易控制，避免緊急時，壓按不到致影響搶救時機 2. 裝設於平面下，不佔用空間，亦可避免遭外物撞擊致損壞失效
 <p>裝設位置凸出且於推車通道上，致遭撞擊損壞失效</p>	<p>作業保養的位置必須距離EMO在3M(10feet)之內，且必須容易接近，但須避免誤觸或撞擊</p>	 <p>按鈕高度距離護蓋不可超過5mm，手掌根有效擊壓按鈕</p>	<ol style="list-style-type: none"> 3. 距離EMO在3M(10feet)之內，且必須容易接近，以避免緊急時無法即時控制停機
 <p>裝設位置凸出且於推車通道上，致遭撞擊損壞失效</p>	<p>EMO高度 ≤ 164公分(由工作平面算起)，且需不易被誤觸或撞擊</p>	 <p>調整高度，不易被誤觸或撞擊。亦符合 ≤ 164公分規範</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以掌根可輕易控制，避免緊急時，壓按不到致影響停機時機 2. 調整裝設高度，不易被誤觸或撞擊，可避免再次被撞擊損壞
 <p>EMO未標示緊急停止開關之中/英文標示</p>	<p>所有EMO必須標示“EMO”和當地文字(“緊急停止開關”，在台灣為繁體字)，而且明顯易見</p>	 <p>補張貼上中/英標示</p>	<p>張貼中/英文標示一目了然，可確保本國或外籍員工皆知悉該按鈕功能，緊急時可迅速控制停機</p>
 <p>圓形防護環已脫落，易被誤觸啟動及被碰撞致損壞</p>	<p>EMO按鈕圓形防護環之安裝，其內徑不得小於75mm且嵌入之按鈕高度距離護蓋不可超過5mm，以確保人員手掌根有效擊壓EMO按鈕</p>	 <p>補張貼上圓形防護環</p>	<p>補張貼上圓形防護環，可避免誤觸及被碰撞損壞</p>

圖4-10 EMO 設置規範及查核缺失改善對策

(2)圖4-11及4-12所示為 Interlock 安全規範及查核缺失改善對策

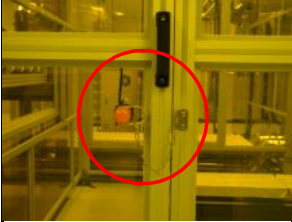










查核缺失照片	安全規範	改善措施照片	查核結果(優點)
 <p>Safety plug未裝置鍊條， Interlock已旁通失效</p>	<p>1. 作業時保護人員的安全連鎖裝置必須使用工具才能中斷</p> <p>2. 機台供應商應提供合適的上鎖裝置，以避免旁通失效</p> 	 <p>須拆卸插銷後，門才可打開， 可有效防止旁通失效</p>	<p>1. 將安全栓座與門鎖結合在一起，須拆卸栓座後，門才可打開，可避免人為不當旁通失效</p> <p>2. 此開關接點位於內部，使它不易為簡單工具所破壞，具有降低破壞可能性設計</p>
 <p>Safety plug未裝置鍊條， Interlock已旁通失效</p>		 <p>須拆卸插銷後，門才可打開， 可有效防止旁通失效</p>	
 <p>Safety plug使用活動扣， Interlock可輕易旁通失效</p>		 <p>須拆卸插銷後，門才可打開， 可有效防止旁通失效</p>	
 <p>Safety plug連結鍊條已斷裂， Interlock已旁通失效</p>		 <p>須拆卸插銷後，門才可打開， 可有效防止旁通失效</p>	
 <p>Safety plug已失效，張貼 故障待更換之警告標示</p>		 <p>Safety plug已更新OK，將 張貼故障之警告標示移除</p>	

圖4-11 Interlock 安全規範及查核缺失改善對策彙整(一)

查核缺失照片	安全規範	改善措施照片	改善對策(優點)
 Door switch不當以刀片隔離致失效	1. 作業時保護人員的安全連鎖裝置必須使用工具才能中斷 2. 機台供應商應提供合適的上鎖裝置，以避免旁通失效	 電磁鎖型安全連鎖裝置，未斷電前，門將鎖住無法打開	1. 未斷電前，門將鎖住致無法打開，要打開前，須先按Door Lock Release鍵斷電後，才可打開門。 2. 其具有閉鎖功能 3. 此開關接點於內部，使它不易為簡單工具所破壞。
 Door switch不當以膠帶隔離致失效		 舌片式安全連鎖裝置，無法以膠帶隔離致失效	1. 此開關接點於內部，使它不易為簡單工具所破壞。 2. 用於防止開關會容易誤動作，此類型設備既可靠又簡單。 3. 它們可用於滑動、鉸鏈及離地牽引的防護。
 Safety plug連結鏈條已斷裂，致Interlock旁通失效		 結合三道安全連鎖裝置： 1. Door Sensor 2. Safety plug 3. Area Sensor	1. 結合三道安全連鎖裝置：Door Sensor、Safety plug、安全光柵等，更可確保其安全性及防止人為不當之旁通失效 2. 線路接點於內部使它不易為簡單工具所破壞 3. 動力源多樣化，使它不易故障失效
 Area Sensor僅單點防護，防護範圍不足，有受傷之虞		1. 防護範圍應足夠 2. 當接近危害源之前，機台應停止運轉 3. 應選用安全確認型光柵，確保人員安全 4. 依據安全等級選用合適的光柵類型	 使用安全光柵，延伸偵測點至整個面，可擴大防護範圍	1. 使用安全光柵，延伸偵測點至整個面，可擴大其防護範圍 2. 當人員接近危害源之前，可立即停止，避免人員接觸危害源之風險 3. 應選用安全確認型，當其故障失效時，能使機台停止運轉

圖4-12 Interlock 安全規範及查核缺失改善對策彙整(二)

4.2.3機台操作時應注意事項

- 1.機台維修或異常處理，務必切換至維修模式。
- 2.機台異常保養維修，Touch Panel 端需擺設 PM 掛牌，嚴禁他人任意操作(如圖4-6所示)。

- 3.操作人員需通過機台操作認證,且對於機台熟悉度相當瞭解。
- 4.Interlock 嚴禁 bypass。(Interlock 必須有 Alarm 功能)。
- 5.移動性設施區”異常處理禁止活線作業，必要時移載機具可考慮是否須斷電。
- 6.機台操作前務必做機台內動作區人員確認(淨空)。
- 7.遠端控制系統: 各遠控模式使用之支援功能(On-line onitor/on-line control/off-line)，須有硬體及軟體防護(螢幕維修鎖定畫面)切換 OFF-line 或 Manual mode 功能。
 - (a)硬體防護: PM 時，須增設網路間硬體切換鈕或轉換器切換成 Local 控制模式，遠端 Remote 無法控制，以保護現場 PM 工程師安全。
 - (b)軟體防護: 必須於人機介面上(Touch Panel)設計螢幕維修鎖定畫面程式，當設備需要維修保養(PM)或異常狀況處理(Trouble shooting)時，須能將操作畫面鎖定(Local side 權限最大)，遠端畫面顯示維修或保養中，遠端無法或不可操作或觸及機台啟動鈕 (Remote control 暫時失效)。
 - (c)轉換器支援熱插拔(unix or linux 系統需修改)-無需關閉電源，即可增加或移除電腦或遠端控制網路線，不必斷線後重開機。
 - (d)要求 Local & Remote 同步設定維修掛牌畫面&機台切入運轉模式後，Interlock 無法 Bypass，遠端亦不可。
- 8.機台若有人員進入 chamber 或設備裝置有視覺死角無法直視時，必須有上鎖/掛牌標示(lockout/tag out)措施可選擇如下：
 - (a)於 Touch Panel 提供防護蓋板(Cover)供上鎖/掛牌標示防止人員誤操作。

(b)於維修門裝設有 lockout/tag out 功能 Interlock。

- 9.加強人員工安意識，以安全考量為優先，例如進入 Robot 等風險性較大之機台內部維修，除了需配戴安全帽等個人防護具及應有之上鎖、懸掛 PM/維修之告示牌外，為確保安全，應落實配合使用該機台所專屬之安全治具，如圖4-13及圖4-14所示

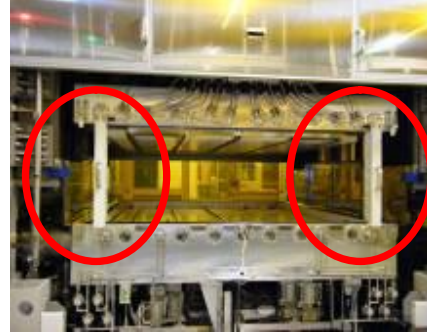


圖4-13 Robot Z 軸沈降支撐架 圖4-14支撐頂桿垂直固定架

- 10.每日或機台 PM 時必須做 Interlock 自動檢查並完成紀錄表格(表4-3所示機台安全連鎖查檢表範例)。
- 11.違反以上規定人員將依公司規定嚴懲。
- 12.製作彙整各部門機台設備 Interlock 清單(如表4-4所示)，利用機台 PM 或待機、停機、借機等適當時機執行 Interlock 實際功能抽測。對於測試異常或失效者，立即執行掛牌警示及維修與改善追蹤。如圖4-11所示，於故障之 Interlock 處張貼故障待修修之警示。

表4-3機台安全連鎖查檢表(範例)

Machine No : _____ Date : _____ Engineer : _____

No.	Safety Interlock	檢查基準	Function Check (OK/NG)	NG 原因
1	3F Stock crane01 安全鑰匙 safe key	鑰匙取出測試 Key get out test		
2	3F Stock crane01 控制盤安全鑰匙 safe key	鑰匙取出測試 Key get out test		
3	3F Stock crane02 安全鑰匙 safe key	鑰匙取出測試 Key get out test		
4	3F Stock crane02 控制盤安全鑰匙 safe key	鑰匙取出測試 Key get out test		
5	3F Stock crane03 安全鑰匙 safe key	鑰匙取出測試 Key get out test		
6	3F Stock crane03 控制盤安全鑰匙 safe key	鑰匙取出測試 Key get out test		
7	3F Stock crane01 安全檢知桿之 1~4 peaceful complete inspection knows the pole	碰觸測試 Touch test		
8	3F Stock crane02 安全檢知桿之 1~4 peaceful complete inspection knows the pole	碰觸測試 Touch test		
9	3F Stock crane03 安全檢知桿之 1~4 peaceful complete inspection knows the pole	碰觸測試 Touch test		
10	3F Pass box01 門關安全 switch01,02 Door close safe switch	關閉阻擋測試 Close stem test		
11	3F Pass box02 門關安全 switch01,02 Door close safe switch	關閉阻擋測試 Close stem test		
12	3F Pass box03 門關安全 switch01,02 Door close safe switch	關閉阻擋測試 Close stem test		
13	3F Pass box04 門關安全 switch01,02 Door close safe switch	關閉阻擋測試 Close stem test		
14	3F Pass box05 門關安全 switch01,02 Door close safe switch	關閉阻擋測試 Close stem test		
15	3F Pass box06 門關安全 switch01,02 Door close safe switch	關閉阻擋測試 Close stem test		
16	3F Pass box07 門關安全 switch01,02 Door close safe switch	關閉阻擋測試 Close stem test		
17	3F Pass box01 門手動安全開關 01,02 Manual switch	開關測試 Ooen test		

表4-4製作彙整各部門 Interlock 清單範例

Interlock comm. Rule : (各設備應完全符合之基本 Interlock 安全規範)		(1) Maintenance model : 設備無自動啟動之可能。 (2) Interlock : 全部裝置皆維持上線狀態、所有的作業無 bypass 需求、各機構之可能入口皆有 interlock 裝置、機台切回 Auto 會使所有 interlock 自動上線、任何外部指令不可動作(內部指令僅有:機構內部人員使用 teaching box 進行 slow motion 時)、interlock 作動中進行任何 sensor 之遮斷/ 復歸/ 或動作條件之滿足皆不會有任何機構之動作或 "上一項/ 殘留/ 未完成" 指令之設備動作執行。 (3) Alarm Reset : 機台於 任何模式/ 任何警報 皆需人員確認 alarm 並 reset 系統才會復歸或作動。 (4) Interlock active 檢查: 啟動 interlock 可由 panel 看到訊息、啟動 interlock 可由燈號確定已正常作動。													
機台 Interlock 狀態調查表									討論/ 確認紀錄						
項次	部門	機台名稱	機構名稱	機台位置	Interlock comm. Rule 符合狀態 (完全符合請填入 "正常"; 不符合事項, 請正面表列。)	Interlock 確認方式及頻率	Bypass 時管理機制	Bypass 權限	Interlock 檢查方式及頻率	可能遭遇之最嚴重風險	風險管理機制	活動機構安全治具 (擋塊等) 設置需求	活動機構安全治具 (擋塊等) 是否已設置	SOP	
範例	L7XXX X	XXXXX10	LD	L棟 1F 8/D	(1-1) Maintenance model 設備於 sensor 復歸會自動啟動下個 step。	(1)每次開啟 door 時, 確認門檢裝置是否確實作動。 (2)...	1. 操作面板設置 PM 告示牌禁止其他人員操作 2.	經理	同左	bypass 造成人員夾斷肢體	1. 作業先確認 Interlock 有確實觸發 2. 先放擋塊再作業	無	NA		
範例	L7XXX X	XXXXX10	Robot room	L棟 1F 16/K	正常	PM 保養時, 實際進行測試	不需要	經理	PM 保養時, 實際進行測試	不需要	經理	應設置	以廢鋁材自行加工製作		

4.2.4機台設備 Interlock 防止 Bypass 改善對策及清查要點

對機台設備 Interlock 清查，如圖4-15為清查作業流程，其中主要清查的專案有：EMO、Area Sensor、Door 安全插銷、Door 磁簧開關、Key 停機開關、光通訊 Sensor 等。

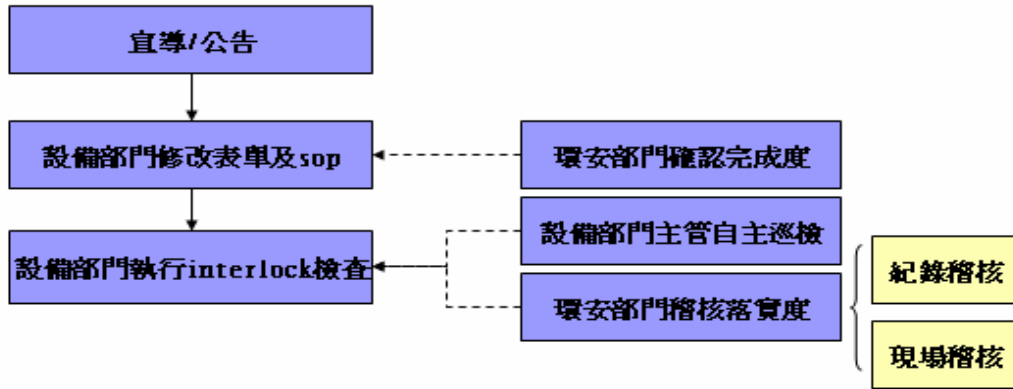


圖4-15 清查作業流程

1.機台設備 Interlock 防止旁通(bypass)改善對策

- (1)各設備 daily-check 及 PM-check 表單中加入 Interlock 功能檢查項目。
- (2)機台 Interlock 功能檢查制度是否落實，列入各設備部門主管自主巡檢重點項目。
- (3)建立各設備部門 Interlock 清單，利用機台 PM 或待機、停機、借機等適當時機執行 Interlock 實際功能抽測，各設備之 Interlock 於每年度至少完成一次以上之安全查核。
- (4)Interlock 於測試顯示異常或失效者，現場立即執行掛牌警示與作後續維修與改善追蹤。
- (5)環安 KPI 競賽及獎懲制度推行，Interlock 若人員以不當手法(貼膠帶、使用活動扣或未繫上鍊條)致 bypass，將列入當週 Staff meeting 內向廠長呈報，且該部門環安績效評比(KPI)扣三分，

如表4-5所示，每月統計各部門環安 KPI 評比結果向廠長呈報，KPI 評比結果並列入個人績效考核，每季 KPI 前三名者將呈報廠長進行表揚等激勵措施，促使各部門主管及環安幹事由原被動者心態，轉為主動執行環安相關業務之推展(自辦教育訓練、提案改善或自主巡檢··等)以爭取加分提昇個人之績效，本 KPI 競賽由六月份宣導期，七月份為正式實施評核，在廠內職災即有明顯下降趨勢，6月份至8月份期間更創下全廠內連續三個月零職災之最佳成績如圖4-16所示。

表4-5環安 KPI 評量標準

評量標準 評分項目	KPI評量標準
巡檢缺失	巡檢缺失評分基礎(巡檢缺失評分辦法)詳見(附件) 1. 標示類：扣0.5分 2. 有人命安全考量或管理重點者：扣3分 3. 其餘：扣1分 巡檢缺失以廠長、副廠長及安衛督巡檢督檢缺失列入計算。
自動檢查執行率	1. 以受督察百分比做為分數計算。 2. 最低分為0分，最高為10分。 3. 受督察百分比每跨越20%加一分。 • 受督察件數為0者，得0分。 • 受督察數量1%~20%得1分，21%~40%得2分依此類推，受督察百分比加分上限5分。 • 以上辦法去舊適用其時在受督察部門。 4. 現場及表單督察，零缺失加2分；每月真缺失扣0.5分，扣完為止。
缺失改善率	零缺失部門加3分，相關缺失一日內改善加3分，超過一日於三日內改善加2分，超過三日不加分。
職災事故率	部門發生一般職災或事故，每發生一件扣5分；因人員MO所造成的虛驚事故，將在職災事故率真扣2分。
部門自辦教育訓練	部門自辦教育訓練(含演練)，每次加2分，加分上限為7分，加分時需提出教育訓練教材、受訓人員名冊及照片。
B2B2E2E提案改善	部門每月至少繳交三件提案改善方案，完成者可加基本分5分，每增加一件扣1分；未完成基本件數者，第一件扣1分，第二件扣到3分；所提出之改善方案如入圍環安部競賽，則扣3分。
環安課程(含演練)達成率	最低分為扣5分，最高為0分；達成率百分比每跨越20%少扣一分，達成率約~20%扣5分，21%~40%扣4分依此類推。每真課程(含演練)分次計算；如果為單人課程，未到訓者扣3分。
文件繳回率	部門可期限內繳回各項相關文件(含主管巡檢報告繳回、各項專案資料回覆··)，不加分也不扣分，催繳一次後繳回扣2分，催繳二次以上才繳回扣5分。 繳回資料件數分次計算。
自主巡檢	金控搭部門自發生自主檢查予加分，加分標準：每執行一次自主檢查，依規定受督察部門扣1分，發起兩次自主檢查加至2分，依此類推，此項加分上限為7分。
環安會議出席率	每真第一次扣3分，有底代理人不扣分；遲到超過30分鐘視為未出席。
重大事故	部門發生重大職災或事故，每發生一件扣總分10分，且不得為當月冠軍。

項目	件數
重大事故	0
一般傷害	0
交通事故	1
承攬商傷害	0
疾病	0
其他	0
受傷總件數(重大+一般傷害)	0
員工總人數	6543
受傷千人率	0

計算公式：傷害千人率=(受傷總人數/員工總人數)×1000
 受傷總人數(人)：重大事故 + 一般傷害(不含交保)

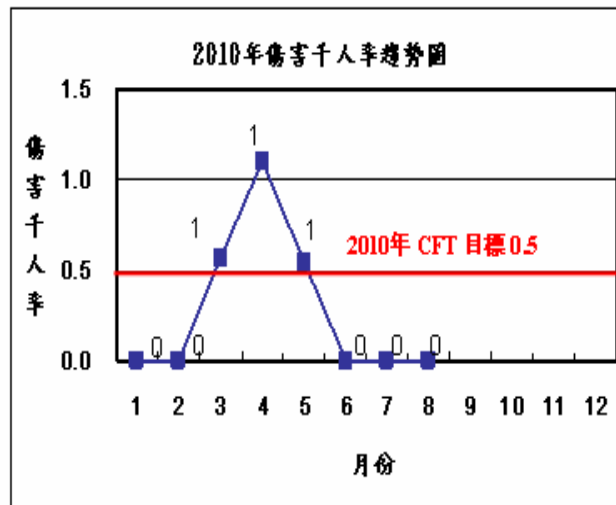


圖4-16 傷害千人率趨勢圖

(6)每日進行現場 PPE(個人防護具)與機台 PM(維修保養)查核，稽核人員進入機台內部進行 PM 或機況之異常處理等作業時，是否依個人防護具管理程序，確實配戴適當之個人防護具(安全帽、安全鞋、防切割手套或安全護目鏡等)，若不符合規定者，除扣違規人員當月之績效獎金外，該部門之 KPI 評比亦扣一分，並將缺失照片內容 mail 予該部門主管及廠長知悉，以提醒各部門及個人注意務必依個人防護具管理程序之規定配戴作業所需之個人防護具，以確保作業安全性及避免造成自己及部門之損失，若發生重大職災或事故，每件將扣10分(KPI)。

(7)Interlock 如因特殊原因需 bypass，應提出申請，經 ESH 評估後，由廠長 approve。

2.機台設備 Interlock 清查要點及注意事項：

- (1)確認機台 control panel 狀況,是否旁通 or disable。
- (2)確認機構上(如 door , safety plug 等)是否被異常開啟或解除。
- (3)注意是否遭異常原因隔離(如膠帶封死,磁鐵磁封,或其他小聰明的方式排除安全連鎖裝置等)。

(4)Area sensor 的防護範圍是否足夠。

(5)Leak sensor 的放置區域是否恰當。

(6)IR sensor 及 CO₂防護是否正確。

(7)現場警示燈,蜂鳴器是否正常運作。

(8)Interlock 控制設定是否正確。

4.2.5活線作業管制程序，活線作業係指：

1.人員直接或可與傳動機構接觸之作業。

2.進行或可能接觸200V 以上帶電設備。

3.直接觸及溫度高於60°C 以上作業。

4.進入有直接暴露 gas/ chemical 環境且無適當之防護。

該流程如圖4-17所示。



圖4-17活線作業管制程序流程

4.2.6 違規懲處辦法

在工作過程中，為了減少人為事故的發生，故採用違規懲處辦法，依“違反環安規定懲處辦法”規範之相關懲處規定如表4-6所示：

表4-6 違規懲處規範

Level	違規事項	IDL 懲處方式	DL 懲處方式
1	1. 未遵守公司規定，造成他人死亡或永久失能者 2. 未遵守公司規定，導致環安或營運重大事故，且造成公司財務嚴重損失，經判定情節重大者	終止契約 (開除)	終止契約 (開除)
2	未遵守公司規定，導致環安或營運重大事故者	扣年終績效獎金10~15萬元	1. 情節嚴重者可予以開除 2. 不發月表現津貼
3	未遵守公司規定，導致兩件(含)以上環安一般事故者	扣年終績效獎金3~9萬元	不發月表現津貼

1. 「環安重大/一般事故」之判定依既有 SOP 之定義執行
2. IDL 年終績效獎金由 HR 直接扣除(IDL 每年結算一次)，DL 月表現津貼由各部門自行扣除(DL 每月結算一次)，違規嚴重程度未達上述條件者，各單位可依公司工作規則(TURR-27-XXX)第42及43條規定進行書面警告及口頭告誡等懲處或自行訂定內部管理辦法。

4.2.7 機台設備安全管理

圖4-18為機台設備安全管理流程，設備及安衛工程師自機台之設計、製造及安裝使用各階段皆全程參與機台設備安全規範及安全設計之擬定與提供建言，並於入廠之 Move in、裝機、測試及最後通過設備安裝簽核辦法(Sign off)及進行機台安全連鎖裝置實際功能測試(或提供相關安全認證之證明文件)、SOP、人員教育訓練等皆已符合機台安全規範後，才能進行最後之驗收交給製造部使用。

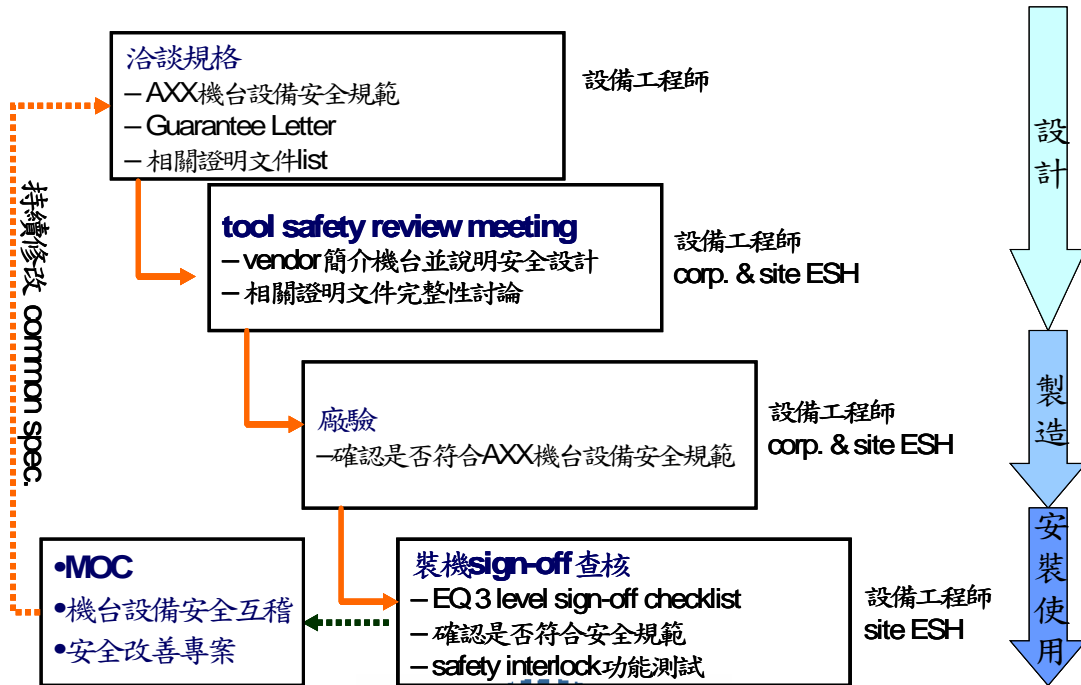


圖4-18機台設備安全管理流程(某光電廠)

4.2.8 人員教育訓練

事實上機械不可能不故障，且又無法保證人員永不錯誤，機台設備設計再完善，仍無法避免需執行保養與維修作業，因此若無完善訓練機制來教育訓練人員如何來執行機台設備之操作與維修保養，以維持機械設備能於正常運作模式下減少故障維修之頻率，進而可降低人員於機台設備維修時可能接觸機械危害源之風險機率，由圖 1-1 及 1-3 人員遭機械暴衝及夾壓致死之重大職業災害案例得知，絕大部份之機械傷害之職災事故，皆是發生在機台故障之異常排除及維修作業時，因安全防護不足、安全連鎖裝置失效未作動或是人員不安全動作、行為而與機台設備之危害源接觸致遭受到機械撞擊、擠壓、捲夾等傷害事故發生。針對此風險最佳之改善方法，即落實人員教育訓練，經由教育訓練讓作業人員認識機械設備之危害源及 Interlock、EMO 之使用時機及安全測試方法，實施各機台設備工作安全分析，經由工作安全分析方法來建立維修保養相關之標準作業程序(SOP)，內容應包括維修時應使用之器具、個人防護器具、維修或保養時應先停機，並於控制盤上進行掛牌標示、上鎖及夥同作業相關安全規範、保養結束欲重新啟動時之開機程序及安全注意事項等皆應詳細記載，使作業人員經由了解機台設備危害源並依 SOP 規範作業，即可避免因無知或輕忽機械設備危害而與機台設備之危害源接觸致發生人員受傷之事故。

「人」是公司最重要的資產，因此結合績效考核與公司策略目標，訂定教育訓練計劃，提供雙軌並行的教育訓練機制，一為發展核心目標的專業能力，造就卓越團隊，讓長久深耕的技術傳承，培育部屬的能力或透過輪調以培育部屬具備多能工，達到永續經營的宗旨，二為增加同仁知識的廣度創造同仁專業以外的價值，同時促進個人與團隊的工作發展及自我成長，發展核心知能建立競爭優勢。本廠之教育訓練之規劃與推展，茲分述如下：

1.教育訓練計劃：

各部門應擬定年度訓練需求計畫，內容應包括新人及在職人員之定期在職訓練計劃，並依該計劃內容實施。如表 4-7 安衛部門之 99 年度之教育訓練計劃表。其中所有 IDL(工程師) 新進人員，需於 E-Larning 系統調訓後二個月內需完成該訓練計劃表第 7~12 項次之工程師六大訓練課程，表 4-8 工程師安全教育訓練系列成績，每三年 ESH CFT 將進行教材更新 review，並於完成教材更新後進行全體工程師與助工定期複訓工作。該訓練課程內容簡介如下：

- (1)機台設備安全：使工程師了解廠內機台設備在材質 (Material Specifications)、防火 (Fire Protection)、安全連鎖(Safety interlock)、危害能量的控制(Control of Hazardous Energy)、緊急停止開關(Emergency Off)、不斷電系統(UPS)、標示(Labels)、加熱化學槽和其他加熱器(Heated Chemical Bath and Other Heating Mechanisms)、化學洩漏預防(Prevention of Chemical Spill)、區域洗滌器(Local Scrubbers)、清洗檯(Clean Booth)及排氣(Exhaust)、包覆 (Enclosure)、設備放大導致的危害(Hazards due to Equipment Scaled-up)及檢附文件等設置規範。以提供廠內工程師一套設備安全標準，確保所選購之機台設備符合安全相關規範。
- (2)工程變更環安衛管理：使工程師了解因未落實工程變更管理所導致之國內外相關重大事故案例，認知其重要性及那些作業是符合工程變更管理之範疇(氣體/化學品供應系統、安全防護設施、防火區劃/layout、新化學物質導入、機台設備增設/移機等以上之變更)，符合上述定義之作業者，權責單位應至少於施工 7 日前上公司之 FlowER 系統填寫「工程變更申請單 (MOC)」說明變更目的、內容及環安風險項目初步自評，並主動提供相關資料(如：MSDS、工程圖面、設備圖面等)送廠區安衛部審查，以確保該項施工作業內容符合相關安全規範。以避免該作業風險所可能導致之危害事故發生。

表 4-7 安衛部門之 99 年度之教育訓練計劃表

項次 No.	項 目 Item	時數 Hour	班數 Class	費用(仟) Fees(NT&K)	講師 Lecturer		課程執行方式 training method	1月 Jan	2月 Feb	3月 Mar	4月 Apr	5月 May	6月 Jun	7月 Jul	8月 Aug	評鑑方式 Assessment Method	對象 Target Audience	備註 Remark
					內 Internal	外 External												
1	一般安全教育訓練(新人訓)	6	1	無	◎		講授	...	...	...	...	...	...	...	...	f	AUO同仁	
2	危害通識教育訓練(新人訓)	3	1	無	◎		講授	...	...	...	...	...	...	...	...	f	AUO同仁	
3	一般勞工安全衛生在職教育訓練	1	—	無	◎		講授	...	...	...	...	...	...	...	...	a	AUO同仁	
4	勞工安全衛生委員會成員在職教育訓練	1	—	無	◎		講授	...	...	...	...	...	...	...	...	a	AUO安委會成員	
5	勞工安全/衛生管理師在職教育訓練	6	1	1200元/人		◎	講授						...			a	報備人員	
6	勞工安全衛生管理人員在職教育訓練	6	1	1200元/人		◎	講授						...			a	報備人員	
7	工程師安全教育訓練系列-機台設備安全	1	1	無	◎		講授		...							c	所有IDL新進人員	
8	工程師安全教育訓練系列-工程變更環安衛管理	1	1	無	◎		講授			...						c	所有IDL新進人員	
9	工程師安全教育訓練系列-施工安全管理	1	1	無	◎		講授			...						c	所有IDL新進人員	
10	工程師安全教育訓練系列-化學品運作與管理	1	1	無	◎		講授					...				c	所有IDL新進人員	
11	工程師安全教育訓練系列-設備安裝簽核辦法	1	1	無	◎		講授						...			c	所有IDL新進人員	
12	監工安全衛生教育訓練	1	1	無	◎		講授			...						c	所有IDL / DL助理工程師	
13	輻射防護在職教育訓練	3	1	8000元/班			講授								...	a	操作人員	
14	ISO 14001及OHSAS 18001條文要求說明	1	1	無	◎		講授						...	...	...	c	種子人員/環安人員	
15	ISO 14001及OHSAS 18001法規要求說明	1	1	無	◎		講授						...	...	...	c	種子人員/環安人員	
16	ISO 14001及OHSAS 18001環境考量面/危害鑑別與風險評估訓練	1	1	無	◎		講授						...	...	...	c	種子人員/環安人員	
17	ISO 14001及OHSAS 18001目標/標的與管理方案	1	1	無	◎		講授						...	...	...	c	種子人員/環安人員	
18	ISO 14001及OHSAS 18001內部稽核教育訓練	1	1	無	◎		講授						...	...	...	c、e	種子人員/環安人員	
合計 Total																		

說明 Note:
 (1) "..." 表計劃 indicates in plan、"_"表執行 indicates executed、"... → ..." 表延期 indicates postponed、"... ← ..." 表提前 indicates bring forward。
 (2) "課程執行方式"欄，請標明：如講授、研習、實作、書籍研討、講授+實作...等。"Style of Class" column please indicate lecture, study, practicum, book discussion, lecture+practicum, etc."
 (3) 評鑑方式標記：a:無須評核； b:課後評量； c:課後問卷； d:課後報告； e:實作； f:口試； g:其他
 Evaluation method: a: Evaluation not required; b: Evaluation after class; c: Questionnaire after class; d: Report after class; e: Practicum; f: Oral test; g: Others.
 (4) 計劃表完成後，請經部門主管簽准後實施
 After completion of training plan, please send to department head for approval before implementation.

部門主管 Department Head:

部門訓練幹事 Department Training Staff:

表 4-8 工程師安全教育訓練評量成績(系列二、三『工程變更環安衛管理』及『施工安全管理』)

員工編號	姓名	部門名稱	累計學習時間	學習次數	最後學習日期	測驗成績	成績異動時間	學習報告	修課狀態	通過狀態
0123456	Eric Tsao 曹 XX	MXXXX	01:11:59	4	2009/10/9 11:35	88.0 (1/1)	2009/10/9 11:35	免繳	完成 4/4	通過
0123457	David Tsai 蔡 XX	TXXXX	00:34:19	3	2009/8/28 11:13	96.0 (1/1)	2009/8/28 11:11	免繳	完成 4/4	通過
0123458	Leo Cheng 鄭 XX	KXXXX	01:13:30	1	2009/9/24 02:28	92.0 (1/1)	2009/9/24 02:26	免繳	完成 4/4	通過
0123459	Eric Tsao 曹 XX	LXXXX	02:16:57	4	2009/9/18 19:15	100.0 (1/1)	2009/9/18 19:14	免繳	完成 4/4	通過
0123460	David Tsai 蔡 XX	MXXXX	02:50:50	7	2009/12/30 16:04	100.0 (1/1)	2009/12/30 16:04	免繳	完成 4/4	通過
0123461	Leo Cheng 鄭 XX	TXXXX	03:10:42	4	2009/9/16 14:25	96.0 (1/1)	2009/8/27 15:45	免繳	完成 4/4	通過
0123462	Eric Tsao 曹 XX	KXXXX	02:48:08	4	2009/8/25 02:51	92.0 (1/1)	2009/8/25 02:51	免繳	完成 4/4	通過
0123463	David Tsai 蔡 XX	LXXXX	01:55:20	2	2009/9/30 10:57	100.0 (1/1)	2009/9/30 10:57	免繳	完成 4/4	通過
0123464	Leo Cheng 鄭 XX	MXXXX	01:04:23	5	2009/12/28 08:15	100.0 (1/1)	2009/10/19 17:54	免繳	完成 4/4	通過
0123465	Eric Tsao 曹 XX	TXXXX	03:02:44	6	2009/12/30 18:52	92.0 (1/1)	2009/12/30 18:03	免繳	完成 4/4	通過
0123466	David Tsai 蔡 XX	KXXXX	02:29:01	3	2009/12/24 08:23	92.0 (1/1)	2009/10/20 14:09	免繳	完成 4/4	通過
0123467	Leo Cheng 鄭 XX	LXXXX	04:53:54	2	2009/9/15 16:23	92.0 (1/1)	2009/9/15 16:22	免繳	完成 4/4	通過
0123468	Eric Tsao 曹 XX	MXXXX	01:24:54	2	2009/8/18 00:17	96.0 (1/1)	2009/8/18 00:15	免繳	完成 4/4	通過
0123469	David Tsai 蔡 XX	TXXXX	01:40:59	1	2009/8/17 16:39	100.0 (1/1)	2009/8/17 16:37	免繳	完成 4/4	通過
0123470	Leo Cheng 鄭 XX	KXXXX	02:25:12	5	2009/9/28 14:06	100.0 (1/1)	2009/9/28 14:06	免繳	完成 4/4	通過
0123471	Eric Tsao 曹 XX	LXXXX	48:15:03	3	2009/9/22 17:07	100.0 (1/1)	2009/9/22 17:06	免繳	完成 4/4	通過
0123472	David Tsai 蔡 XX	MXXXX	15:21:14	9	2009/8/15 08:17	96.0 (1/1)	2009/8/15 08:16	免繳	完成 4/4	通過
0123473	Leo Cheng 鄭 XX	TXXXX	14:24:17	7	2009/8/20 07:09	100.0 (1/1)	2009/8/20 07:07	免繳	完成 4/4	通過

- (3)施工安全管理：使工程師了解那些危險作業是於施工前需事先提出申請許可(例如動火、高架、鑽孔/洗洞、吊掛、局限空間、危險管路切斷、銜接或修改)，及施工中安全應注意事項，應具備之防護器具及施工人員或監工人員之資格條件，需具有之相關證照要求等規範，經由此訓練課程，使其了解各項不同作業中可能發生之風險型態及了解發包工程師之職責，如何應用適當管控工具來確保作業安全。例如於桶槽內之局限空間作業時，為避免缺氧危害，於施工前需將槽內清空淨至少 24 小時以上外，與此桶槽連接之管路需盲封處理及進入前需先測定槽內氣體濃度，於槽內作業中持續作通風換氣及提供檢驗合格之多用氣體偵測器連續測定該場所之氧氣濃度 $>18\%$ 、可燃氣體濃度 $<30\%$ 、一氧化碳濃度 $<35\text{ppm}$ 、硫化氫濃度 $<10\text{ppm}$ 等以上四項測定值皆符合安全規範後，才可讓人員穿帶背負式安全帶、安全帽等進入槽內作業，若使用輸氣管面罩，不可連續超過 1 小時，且每小時應休息 15 分鐘以上並執行人員清點，槽外需有監督人員全程監視作業安全，並備有可將人員自桶槽內捲揚救起之捲揚設備、空氣呼吸器等急救器材，作好以上管控及應變處理措施後，將可有效防範意外事故之發生。
- (4)化學品運作與管理：使工程師了解化學品危害特性及化學品充填、儲存、使用、廢棄安全須知及防護具之使用與維護，當化學口洩漏之處理流程應從辨識洩漏物質(以 PH 試紙確認酸、鹼識別)與處理方法：在安全許可下先切斷洩漏源、就近找尋洩漏處理車/吸酸棉，穿戴個人防護具下先封鎖洩漏區，用吸酸棉條/三角錐作管制之安全作業流程。
- (5)設備安裝簽核辦法：確保新購或移機之設備，能順利且安全的完成裝機與移機，並能符合國內、外相關法規與廠內相關規範。在裝機過程分階段完成各系統之安全查核，避免因設備安全設施不足或因裝機工程失誤，造成人員傷害或財產損失。各項安全查核要點簡要說明如下：
- (a)Level-1 查核：廠務系統之一般查核(惰性化學品供應、消防設備、電氣系統等)。
- (b)Level-2 查核：安全相關之連鎖裝置，廠商應提供安全連鎖項目(包括風管流量、溫度、火警偵測、自動裝置、機械手臂等)及其動作時之安全狀態說明，確保所有安全連鎖裝置已通過測試並已正常運作。

(c)Level-3 查核：所有 LEVEL 1、2 待改善項目均經工安簽名確認完成。並建立操作保養規範，保養規範亦明訂：EMO 和安全聯鎖功能及至少每年測試 1 次，員工已接受個人防護用具及危害通識等訓練。

(6)監工安全衛生教育訓練：使工程師了解監工人員職責，監督管理、協調與溝通及廠內承攬商管理相關安全規範，負責施工中安全注意事項（個人防護具之使用與配戴、各項作業之相關安全規定）之責任。而不再誤認為承攬商施工安全管理為廠內工安人員之職責。

2.教育訓練類別可區分為

(1)新進及調職人員訓練：新人訓練應分為[共同性訓練]和[新人部門工作教導]等兩種。新人共同性訓練由人事訓練部門整體舉辦，新人部門工作教導則由新進人員所屬之各部門主管依其部門工作特性排定相關訓練計劃，並據此於新人適用期滿前實施完畢後，進行考核。所以新進人員除對於公司與規章制度介紹、工業安全與衛生講習及產品相關知識教導外，並依任職部門及工作職務所需之專業技能來加以實施訓練。以加速對工作環境的認識與瞭解，俾能及早實際參與工作。

(2)共同性訓練：訂定各階層之共同訓練課程，階層別訓練可以區分為高階主管訓練、中階主管訓練、基層資深幹部訓練與一般人員訓練四個部分，以培育不同階層所需之相關人員，另外亦訂定機能別之共同訓練課程，以強化各部門該機能之能力。

(3)專業性訓練：依各部門所需之專業專長，擬訂教育訓練課程，例如線上操作人員之訓練課程，教育其熟悉機台設備運作原理及認識其危害源，人員作業安全注意事項等，進而可降低人員受傷機率，提升工作品質與效能。且依勞工安全衛生法第二十三條第二項之規定對從事危險性機械設備或特殊作業人員等應聘任具有相關專業證照者擔任，並依勞工安全衛生教育訓練規則第十七條之規定對上述作業人員，依其工作性質定期施以勞工安全衛生在職教育訓練。因此本公司皆以優於法規設定標準來設置廠內該類之作業人員。若該類證照人數較多者，皆以開立專班聘請外部合格講師於廠內方式來進行訓練。除可降低訓練費用外，更有利於掌控在職訓練回訓進度及訓練品質。如表 4-9 2010 年證照專班開立時程表

3.教育訓練之實施分為外部訓練及內部訓練：外部訓練者其經費編列、人員指派均由部門主管擬訂，內部訓練又分成 E-Learning 線

上課程或講師講授課程，依年度訓練計劃聘任外部或內部講師實施訓練。所有教育訓練記錄均併入人事資料檔案，以為輪調、升遷與考核之依據。

表4-9 2010年證照專班開立時程表

證照種類	訓練類別	月份												課程負責窗口	備註	
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月			
1噸以上堆高機操作人員	複訓	■													鏡菱1/21完成	
固定式起重機操作人員	複訓							■							文忠7/20完成	
有機溶劑作業主管	複訓								■						士宏	
特定化學物質作業主管	複訓												■		文忠	
輻射防護I&II在職訓練	複訓												■	■	文忠	
有機溶劑作業主管(18tr)	新訓													■	宏銘	10/1、4、5上課
特定化學物質作業主管	新訓														士宏	
丙級業務主管	新訓		■	■											鏡菱、士宏	
固定式起重機操作人員(38tr)	新訓													■	鏡菱	9/27-29(學科) 10/6、7(術科I) 10/13、14(術科II)
粉塵業務主管	新訓														鏡菱	

註：各課程辦理第一個月為統計、規劃，第二個月開課

計畫：■ 執行：■

4.2.9 案例印證

1. 2009/05/25 SPTXXX Cleaner TR Unit 撞傷人員事故為例

作業內容：人員進行破片清除

事故描述：

(1) SPT360 DMS Cleaner 16:50 發生破片 Alarm (LD Unit glass broken sensor1 alarm)。

(2) 人員於 16:58 將 LD Upper hand 破片移除後，TR Unit 隨即向 LD upper hand 移動，造成人員右側胸骨挫傷。

事故原因分析：

(1) DMS 發 LD Unit Glass broken alarm，Alarm 未 reset，將 door open 後，人員進入 LD unit 清理破片，upper hand 在席 sensor 在破片移除後，造成 TR unit 認為 upper hand 已無玻璃，準備與 Upper hand 作交換片，隨即撞傷人員。

(2) LD unit Door Interlock 已經由軟體 bypass。



改善措施：

- (1)全面檢查 Interlock 設定正確性，禁止同仁 & Vendor 執行 Bypass 的動作。
- (2)重新宣導 & 制定 DMS Cleaner 破片處理流程，機台該注意事項：
 - (a)將機台切 Maintain mode
 - (b)將 door open 後，確認有無發 Door open alarm
 - (c)進行破片清理
- (3)每月定期檢查機台 Interlock。
- (4)DMS 軟體修改成相關 Interlock 無法由現場人員直接 Bypass(2週內完成)。
- (5)機台 Alarm 後相關動作，需待 Alarm reset 後才能進行。

2. 2009/06/10 SPTXXX 設備夾傷人員手臂事故為例

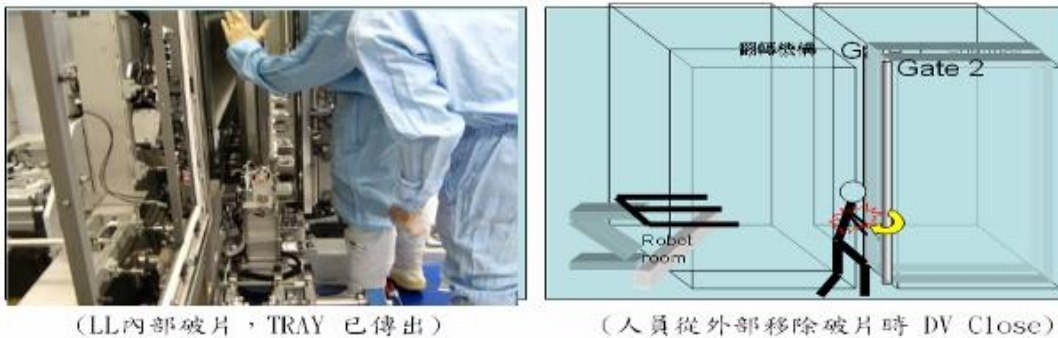


圖 4-19 人員遭 Door valve 關閉時夾傷示意圖


事故描述：

- (1)PM 前做傳送測試時發生破片，09:47 人員停機確認破片狀況，並將破片取出。
- (2)由於 Glass 破片遮住 LL/CH Tray Sensor (ON)造成機台 Alarm，且 Door Valve 11(DV11)尚未 Close。
- (3)當人員於 09:52 將遮住 LL/CH Tray Sensor 的 Glass 碎片清除後，LL/CH Tray Sensor Off，設備立即開始接續未完成之動作，

將 DV11 Close，DV11 Close 夾傷人員右手上臂，造成人員開放性骨折，由伙同作業的人員以電磁閥將 DV11 強制 Open

改善措施:

- (1)設備發生 Alarm，需執行 Alarm Reset 後，設備方可進行爾後之動作，修改相關軟體(Auto/SemiAuto/Maintenance Mode 皆需如此)
- (2)設備動作的相關軟體 Interlock，請設備商協助 Review 仍有的安全性問題。
- (3)Review 所有機台維修處理方式：定義新執行 Rule，並重新宣導，使線上處理人員避免非維修模式接觸機台。
- (4)DV 作業時，必需放置安全治具(枕塊)，以避免機構誤動作時，造成人員夾傷。
- (5)人員進入 Load/Unload 進行機台調整時，必需將 Interlock 取下，使機台動作停止。



前述 SPT 機台於 2009 年 6 月完成各項改善措施，由表 2-3 損害發生機率 P. (Probability of Loss)分級中，已由原有硬體保護(b)3分→因改善 Interlock 防止旁通失效及制定 DMS Cleaner 破片處理流程及維修 DV 作業時，必需放置安全治具(枕塊)等改善，使具有多重硬體保護(c)1分，風險值由表 4-10 安全衛生風險登錄評估表-Sputter 機台，得知原風險值 60 分($R=10*2*3$)之高度風險，降低至 20 分($R=10*2*1$)之中度風險，由改善至今一年多，無任何事故發生，顯見應用本質較安全策略中之避免骨牌效應及 Interlock 較佳化設計來防範其旁通失效，此兩項機台安全改善對策，可有效降低事故發生風險之機率，進而可達到本研究之目的：防止發生重大職業災害致生產中斷之不可接受風險及防止人體的任何部位與機械設備的操作點、捲入點及運動機件等可能發生危害的部位或區域直接或間接接觸。

表 4-10 安全衛生風險登錄評估表-Sputter 機台

部門：L7XXX 分析人員：○○○、○○○ 撰寫日期：8/30/2010

項次	作業名稱(區域)	作業名稱(活動)	步驟/要項名稱包括活動/產品/服務(人員資格、使用原物料、設備、工具、環境)	環境考量面/危害原因說明	可能危害及後果	危害分類	作業狀態		嚴重度(S) 裸露本風	暴露頻率(F)	R0 總分(S*F)	現有的防護措施/補充說明	損害機率(P)	風險 R1= S*F*P 改善前	風險等級	新增控制方法(消除/替代/工程/程序/PPE)	R1= S*F*P 改善後
							例行	非例行									
L7X XX-01-021	Sputter	PM	更換 ATM robot parts 或潤滑上油或故障排除(清理破片)	操作不慎,人員位於 Robot pass line 內,被 Robot 撞擊	人員被 Robot 衝撞	PH 6 衝撞		V	10	2	20	1. 維修門設 interlock 2. 設置 PM 警告掛牌 3. 戴安全帽 4. 穿安全鞋	3	60 (R=10*2*3)	高度 (R=50~75分)	1. 修改 interlock 無法由現場人員直接 Bypass 2. 維修門設安全插銷 3. 制定 Cleaner 破片處理流程 SOP	20 中度 (R=10*2*1) 已由 60 分降低至 20 分, 即 (P) 由 3 降低至 1 分
L7X XX-01-044	Sputter	PM	ST Chamber MT13、MT14 機構上潤滑油	ST chamber MT13/MT14 機構上潤滑油, Door valve open/close 人員夾傷	人員被 Door valve 夾傷	PH7 夾捲、壓傷		V	10	2	20	1. interlock 2. door valve 驅動洩壓閥打開 3. Lxxxx-11-007 Door valve chamber 維修注意事項	3	60 (R=10*2*3)	高度 (R=50~75分)	1. 作業時放置枕塊 2. 定義維修執行 Rule 之 SOP 3. 機台調整時, 必需停機並將 interlock 取下。	20 中度 (R=10*2*1) 已由 60 分降低至 20 分, 即 (P) 由 3 降低至 1 分

3.為印證機械傷害案例分析，對機台進行實地訪查，這樣可以客觀的瞭解液晶面板製造廠機台設備的安全性、雇主與勞工對機械傷害的安全認知及作業現場安全管理執行情況，選擇面板廠具有代表性的機械為主，作為分析對象，因此以各製程皆普遍使用移載取片之 Loader 機台機械手臂作分析(如圖4-20所示)。

發現廠內 EO 機台之 Interlock 控制設定異常，Robot Door Sensor 作動後，機械手臂未立即停止。

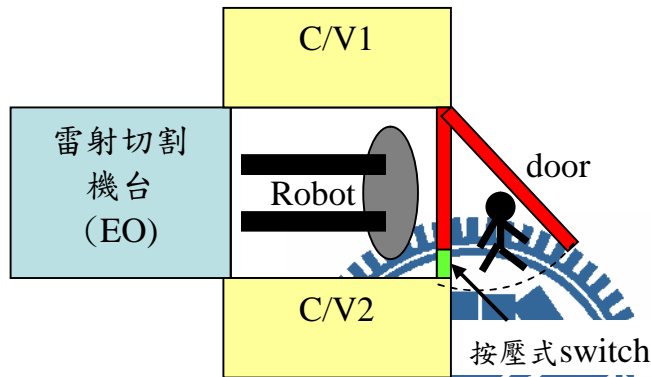


圖 4-20 雷射切割機台配置

案例說明：

- 1.正常狀況：Robot Door 門打開時會發”Door Open Alarm”且停止運轉，Interlock 正常運作。
- 2.異常狀況：Robot 發生 Data Loss 時，機台無 Alarm 停機，此時人員若未依 SOP 作業要求,進入 Robot 前應將 Robot 切換成 Manual Mode 才拔片，則拔片後將造成 Robot 持續往 C/V1取片，人員將有遭 Robot 撞擊之風險。

缺失原因說明：Door Sensor 控制設定為先將訊號傳回至 EO 機台，再由 EO 機台下達指令至 Robot，需待 Robot 完成 EO 之取片動作指令後才會停止，因此若當 Interlock 於 Control panel 上不當被 Bypass 時，此時雖 Safety plug 被拔除，該 Robot 並不會立即停止，

將持續運轉，因已被 Bypass 致無法接獲 EO 所下達停機指令。

依據前文所述改善對策如下：

- 1.修正控制設定：Door Sensor 當門被打開時，控制信號將直接傳送
至 Robot 控制其立即停止，不再經 EO 機台轉傳回 Robot。
- 2.增設自動切換控制開關，將原先設計需由人員控制由自動模式切換
至手動模式，修改為當 Door Sensor 門被打開時，將能由自動模式
下立即自動切換至手動模式，因此即使此時之 Interlock 不當被旁
通(Bypass)時，Robot 亦將即刻停止運作，不會發生先前 Robot 持
續運轉失控之景象，如表4-11 Interlock Shut Down 潛在風險分析。

表4-11 Interlock Shut Down 潛在風險分析

現況 描述	機台安全連 鎖功能	人員 操作	機台動作	風險	矯正措施	改善 期限	備註
改善前 (註一)	NO Bypass	正常	停機	無	無	無	
	NO Bypass	異常	未停機且 Data Loss	有撞擊 風險	人員認證及教育訓練 和程式修改	4/30	已完成
	Bypass	正常	停機	無	EQMF GESH 每日檢查 表確認	4/30	已完成
	Bypass	異常	未停機	有撞擊 風險	人員認證及教育訓練和程 式修改每日檢查表確認	4/30	已完成
改善後 程式修 改 (註一)	NO Bypass	異常	停機 Data Loss	無	人員認證及教育訓練	4/25	已完成
	Bypass	正常	停機	無	EQMF GESH 每日檢查 表確認	4/30	已完成
	Bypass	異常	停機	無	人員認證及教育訓練	4/25	已完成

註一：

改善前：機台未 Bypass，但人員未遵守 SOP→ Door Open 時，機台
需完成 EO 所下之指令一個 Cycle 後，Robot 才停機，人員
有撞擊之潛在風險。

改善後：程式修改，當 Door Open 時，立刻將訊息傳送予 Robot 可

立即停機，(Interlock Bypass 時已確認亦可立即停機)，不再經由 EO 下指令給 Robot，可避免人員操作異常時可能遭受撞擊之潛在風險。

- 3.製造部課長下 MAS 公告”MAS1004-XXX 禁止產線人員進入 EO Robot 內部執行手動拔片作業。
- 4.更改 SOP 雷射切割機製程管制規範，機台動作前務必將所有 Door 門關上，嚴禁將 Door Sensor Bypass。
- 5.Robot 停止不動時，嚴禁製造部人員進入 Robot 內部作業，一律通知工程部處理。
- 6.修改軟體，如維修模式下將 Door Sensor Bypass 時，當跳離此模式下，該 Door Sensor Bypass 設定應自動解除，以符合安全規範。
- 7.工程部人員進入 Robot 內部時，必須先將電控箱切換”AUTO→MANU”及懸掛 PM 告示牌才可開始作業
- 8.作業人員在執行操作、維修、緊急異常排除時應將注意安全事項，納入作業程式書中，以利於人員遵循。

前述雷射切割機台於2010年4月底完成各項改善措施，由表2-3 損害發生機率 P. (Probability of Loss)分級中，已由原有硬體保護(b)3分→因增設 Interlock(自動切換控制開關)防止旁通失效及更正雷射切割機製程管制規範 SOP 等改善措施，使具有多重硬體保護(c)1分，風險值由如表4-12安全衛生風險登錄評估表-EO 機台，得知原風險值60分($R=10*2*3$)之高度風險，降低至20分($R=10*2*1$)之中度風險，由改善至今無任何事故發生，顯見應用本質較安全策略中之避免骨牌效應及 Interlock 較佳化設計來防範其旁通失效，此兩項機台安全改善對策，可有效達到防止事故發生風險。

表 4-12 安全衛生風險登錄評估表-EO 機台

部門：L6XXX 分析人員：○○○、○○○ 撰寫日期：8/30/2010

項次	作業名稱(區域)	作業名稱(活動)	步驟/要項名稱包括活動/產品/服務(人員資格、使用原物料、設備、工具、環境)	環境考量面/危害原因說明	可能危害及後果	危害分類	作業狀態		嚴重度(S) 裸露及本質風險	暴露頻率(F)	R0 總分(S*F)	現有的防護措施/補充說明	損害機率(P)	風險 R1= S*F*P 改善前	風險等級	新增控制方法(消除/替代/工程/程序/PPE)	R1= S*F*P 改善後
							例行	非例行									
L6XXX-01-021	L6XXX-03-0XX	Cell Test/CXX	Robot 發生 Data Loss 時，人員進入 Robot 內拔片	操作不慎，人員位於 Robot pass line 內，被 Robot 撞擊	人員被 Robot 衝撞	PH 6 衝撞、被		V	10	2	20	1 維修門設 interlock 2. 設置 PM 警告掛牌 3. 戴安全帽 4. L6XXX-09-101 雷射切割機製程管制規範	3	60 (R=10*2*3)	高度 (R=50~75 分)	1. 維修門增設自動切換控制開關 2. 程式修改，當 Door Open 時，立刻將訊息傳送予 Robot 可立即停機 3. 更正 SOP(L6XXX-09-101)	20 中度 (R=10*2*1) 已由 60 分降低至 20 分，即 (P) 由 3 降低至 1 分



第五章 結論與建議

5.1 結論：

1. 本質較安全策略應用

由4.2.9案例印證 SPT 機台應用本質較安全策略於2009年6月完成各項改善措施，至今無任何事故發生，顯見應用本質較安全策略中之避免骨牌效應及 Interlock 防範其旁通失效之較佳化設計，由表4-9安全衛生風險登錄評估表得知其原風險值由60分之高度風險，降低至20分之中度風險，可有效降低事故發生機率，提昇機台整體之安全性，達到本研究之目的：防止發生重大職業災害致生產中斷之不可接受風險。

2. Interlock 較佳化設計之應用

Interlock 是製程機台在設備中不可缺少的一個重要安全裝置在無法完全消除機械危害源之下，為確保其功能正常，宜選用圖3-24之較佳化建置範例型式：電磁鎖型、舌片式、動力源多樣化等，來確保 Interlock 確實發揮安全連鎖停機之防護功能。

3. 機台設備安全管理


落實圖4-18機台設備管理流程各階段之任務，將可提昇廠內之機台設備整體之安全性能，並藉由工程師完成機台設備安全及設備安裝簽核辦法等安全教育訓練課程，可提供廠內工程師一套設備安全標準，確保所選購之機台設備規格符合安全相關規範。並藉由設備安裝簽核辦法(sign off)，將 Interlock 本身軟、硬體之設計缺陷或不足處，能於初期階段(裝機、測試)予以改善處理，並持續進行其功能性查核測試及現場巡檢稽核，能有效防止 Interlock 設計缺陷或機台安全防護不足等缺失所引起的職災事件發生之機率。

4、環安 KPI 競賽制度推行

從先進國家的經驗及研究可看出，單一個人或單位難以擔負與確保企業全部的安全，必須全員參與、人人關心，才能降低風險，確保安全。應如何提升廠內同仁的工安意識，首先為高階主管之全力支援與承諾及推行環安 KPI 競賽(表4-5評量標準)，以發放獎金及列入個人績效評核等獎勵措施，促使各部門環安幹事們皆能主動並積極參與環安相關事務之推展。本廠自六月份導入環安 KPI 制度及持續查核改善 Interlock 缺失與每日個人防護具之配戴稽核等措施，自六至八月份期間更創下廠內連續三個月零職災之佳績。有效達成本研究目的：防止人體的任何部位與機械設備的危害源接觸，進而達到防止發生重大職業災害致生產中斷之不可接受風險目標。

5.2建議：

1、Interlock 裝設原則



建議事業單位在考量選購機台設備時，應將機台之整體安全性納入考量重點，應以如何確保操作人員安全為宗旨。為有效達成本質較安全之目標，除了於裝設時應選用本文所建議如圖 3-24 之不易旁通失效之 Interlock 型式，亦可考量增設多道安全連鎖裝置，對於 Robot 等高風險機台，建議至少裝設 Safety plug、Door Sensor 及安全光柵等二~三道安全連鎖裝置組合搭配應用，將能更有效防止人員不當旁通致安全連鎖裝置失效而引發人員與機台設備之危害源接觸之事故發生。

2.機台安全治具之開發

建議設備製造商於設計開發機台設備時，除了考慮其機台用途及必要之安全功能外，對於可能導致人員重大傷亡且風險較大之機械設備(Robot、升降設備等)，建議將圖4-13及4-14之安全治具

(支撐架、頂桿等)也一併考量納入機台交機規格中，可確保人員維修時多一道安全防護，則機台安全性能將大幅提昇，設計原則應由本質安全為起點→機台安全連鎖裝置為中繼站→安全治具為終點站，則機台安全設計由此三道結合完成，定能有效防止人員遭機械設備碰撞或捲夾等之風險，確保作業人員之安全。

- 3.本研究僅以某光電廠為例，應用本質較安全策略來探討機台安全連鎖裝置較佳化之應用實例、範圍較局限，難免不足以代表其他產業，因此應用層面可能受到限制，建議後續研究者可延伸研究範圍及應用實例，以擴大產業利用性及其實務應用層面。



參考文獻

- 1.蔡璞-研發管理園地， 產業分析報告-TFT-LCD 面板產業分析-以奇美為例，2010年2月。
- 2.行政院勞工委員會，勞委會重大職災報導, 2010
<http://www.cla.gov.tw>，2010年4月。
- 3.陳俊瑜，廖雁亭，張國基，「以本質較安全策略進行機台安全設計實例分析—以 TFT-LCD 廠為例」，勞工安全衛生研究季刊，第16卷第1期，第96-117頁，民國2008年3月。
- 4.陳俊瑜、張國基，「高科技產業製程風險控制與本質較安全設計應用」，化工，Vol.54.NO.3、PP.32-48，2007年6月。
- 5.張一岑、徐啟銘，化工製程安全設計，台北，楊智文化，1996年。
- 6.European Union Directives – Technology and Safety. Machinery Directive: 98/37/EEC
7. 「Safety of Machinery - Basic Concepts - General Principles for Design - Part 1: Basic Terminology, Methodology.」 EN ISO 12100-1:2004.
- 8.TOSHMS 危害辨識及風險評估技術指引，2009，行政院勞工委員會 980121 公佈。
- 9.Kletz，Trevor，「Friendly plants」，Chemical Engineering Progress，pp18-26(July，1989).
10. Kletz，Trevor，「Inherently safer plants. an update」，Plant Operations Progress，10，No.2，pp18-26(April，1991).
- 11.陳俊瑜、張國基，「以本質較安全設計探討火力發電廠汽力機組鍋爐設備操作之危害預防」，化工技術，157期4月號，p195，2006年4月。
- 12.CNS 15344 機械安全-防護裝置之連鎖裝備-設計與選擇原則，

- B1385，2010年6月。
13. CNS 14804 機械安全-緊急停止設計原則，B1377，2005年4月。
 14. SEMI S2-0706b Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment，SEMI，2006.
 15. 友達光電首頁／技術研發，<http://auo.com/>，關於友達，2010年6月。
 16. 行政院勞委會勞工安全衛生研究所，機器人危害預防手冊，
[http://www.iosh.gov.tw/Book/Other Public Publish.aspx?P=62](http://www.iosh.gov.tw/Book/Other_Public_Publish.aspx?P=62)，
2010/6/18。
 17. 黃志明、李益昇等，「機械安全專輯」，PMC 技術通報 PMC 技術通報第161期，財團法人精密機械研究發展中心，2007年1月。
 18. 吳世雄、高崇洋，「機械安全概念新趨勢」，行政院勞工安全衛生研究所季刊，第六卷第一期，第79~100頁，1998年3月。
 19. Safety of machinery – The positioning of protective equipment in respect of approach speeds of parts of the human body; German version EN 999，2008.
 20. 李幸玲，「液晶面板製造廠機械傷害職災分析及其安全改善對策探討」，碩士論文，國立高雄第一科技大學，2004年6月。
 21. Semiconductor Equipment and Materials International, USA, 1991，1996; “SEMI S-2 93: Safety Guidelines for Semiconductor Manufacturing Equipment”: 1-7.
 22. SEMI S17-0701 Safety Guideline for Unmanned Transport Vehicle (UTV) Systems，SEMI, 2001.
 23. IEC 60204-1 Safety of Machinery-Electrical Equipment of Machines-Parts1：General Requirements, 2005.