

編號：

臺北市政府 103 年度自行研究報告

升降機組拆工程無架施工安全之研究

研究機關：臺北市勞動檢查處

完成時間：103 年 12 月 23 日

臺北市政府 103 年度自行研究報告

升降機組拆工程無架施工安全之研究

姓 名：劉明偉

服務機關：臺北市勞動檢查處

臺北市政府103年度自行研究報告提要表

填表人：劉明偉

電話：02-25969998#410

填表日期：103年12月23日

研究項目	升降機組拆工程無架施工安全之研究		
研究單位及人員	臺北市勞動檢查處 劉明偉檢查員	研究期間	103年1月1日至 103年12月23日
報告內容摘要	建議事項		建議參採機關
<p>本研究首創併採失效樹分析(FTA)與失效模式及影響性分析(FMEA)，進行升降機組拆工程無架施工法之安全研究。探討其作業方法、災害發生原因及其影響性，提出安全管理重點與防災預防對策。對於升降機組拆工程無架施工作業之危害防治，除落實實施自動檢查外，本研究提出明確且安全之重點檢查項目，可供施工廠商配合自我之機械調整，訂定明確安全作業流程外，亦可供作業勞工的專業培訓與教育訓練用，防範職業災害之發生。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建議升降機組拆工程所用之無架施工平台可比照「職業安全衛生法」所稱危險性機械及設備之規定，在設置完成後，需經勞動檢查機構或代行檢查機構檢查合格方能使用。 2. 若有無架施工相關零組件之失效機率資料可引用時，可採用定量分析去探討失效模式及其影響性。 3. 對於本國勞動法令所規定之設施、設備或機械等，可以參照本研究流程進行失效分析，探討其失效的原因及失效所帶來的影響加以改善及預防。 4. 將無架施工作業列入「公共工程施工品質管理作業要點」之規定，招標文件內施工廠商應提報之品質計畫；並可參考本研究成果，進行危害評估、自主檢查以及品質稽核等措施。 		<ol style="list-style-type: none"> 1. 勞動部職業安全衛生署。 2. 臺北市勞動檢查處。 3. 勞動部職業安全衛生署、臺北市勞動檢查處。 4. 行政院公共工程委員會、臺北市政府工務局、臺北市勞動檢查處。

臺北市政府103年度自行研究報告評審表

研究 項目	升降機組拆工程無架施工安全之 研究	研究單位 及人員	臺北市勞動檢查處 劉明偉檢查員
評審 委員		送審日期	年 月 日
		審竣日期	年 月 日
項 目	配 分	得 分	評 審 意 見
1 主題	一五%		
2 研究方法	二〇%		
3 研究結論	三〇%		
4 建議事項	二五%		
5 內容結構及 文字修辭	一〇%		
總 分	一〇〇%		
審 查 及 處 理 意 見 (總 評)			

摘要

臺灣都會區地狹人稠，為因應有限的土地資源，建造高樓層建築物成為目前的趨勢，當然升降機就是不可或缺的便利乘載工具。而升降機在安裝或拆除時，目前是採用無架施工法，勞工於電梯井內操作施工平台升降進行相關作業，係屬於高處作業、自然採光不足且工作環境複雜，是個具有高度風險的作業型態，一旦意外發生將付出的代價甚鉅。

本報告藉由現場實際勞動檢查經驗、施工廠商專業知識以及相關職業災害案例，以了解發生意外之情形，並利用常見的兩種失效分析技術：失效樹分析(FTA)與失效模式及影響性分析(FMEA)，來探討災害發生的原因、與其零組件的關聯性、零組件失效的模式及失效影響，最後提出相對應之預防措施，更建立無架施工作業重點檢查項目表。將研究成果及適當建議提供給相關廠商或部門，對爾後產品設計或現場作業督導的參考，期望勞工作業更趨安全，消弭職災意外的發生。

關鍵字：升降機、無架施工、失效樹分析、失效模式及影響性分析

目錄

第一章	研究主旨.....	1
第二章	文獻探討.....	3
2-1	鋼索式升降機及其安全裝置簡介.....	3
2-2	無架施工法作業程序.....	7
2-3	職災案例.....	14
2-4	相關法規及標準.....	22
第三章	研究方法.....	25
3-1	研究架構及流程.....	25
3-2	失效分析.....	27
3-2-1	失效模式及影響性分析.....	27
3-2-2	失效樹分析.....	33
3-3	分析方法比較.....	38
第四章	無架施工安全分析.....	40
4-1	失效模式及影響性分析.....	40
4-1-1	無架施工作業環境與失效模式建立.....	40
4-1-2	無架施工各細部元件之失效模式分析.....	42
4-1-3	失效影響性與機率性分析.....	44
4-1-4	失效關鍵性評估.....	46
4-2	失效樹分析.....	54
4-3	無架施工重點檢查項目.....	59
第五章	結論與建議.....	60
5-1	結論.....	60
5-2	建議.....	62
第六章	參考文獻.....	64

表目錄

表 3-1 失效樹邏輯符號表.....	36
表 3-2 失效樹事件符號表.....	37
表 3-3 FMEA 與 FTA 之比較	39
表 4-1 元件名稱與編號表.....	41
表 4-2 無架施工失效嚴重程度分級表.....	45
表 4-3 發生機率程度分級表.....	45
表 4-4 鋼索吊掛鋼管失效模式及影響性分析表.....	47
表 4-5 鋼索失效模式及影響性分析表.....	48
表 4-6 施工平臺失效模式及影響性分析表.....	49
表 4-7 煞車器失效模式及影響性分析表.....	50
表 4-8 車廂導軌失效模式及影響性分析表.....	51
表 4-9 捲揚機失效模式及影響性分析表.....	52
表 4-10 無架施工重點檢查項目表.....	59

圖目錄

圖 2-1 升降機元件組成示意圖[5].....	6
圖 2-2 無架施工組件示意圖[6].....	7
圖 2-3 無架施工流程圖.....	13
圖 3-1 研究架構及流程.....	26
圖 3-2 失效模式與影響分析步驟流程圖.....	32
圖 3-3 關鍵性矩陣.....	33
圖 3-4 失效樹基本架構.....	38
圖 4-1 無架施工之功能方塊圖.....	42
圖 4-2 無架施工系統之關鍵性分析矩陣.....	53
圖 4-3 物體飛落造成下方人員死亡失效樹分析圖.....	56
圖 4-4 人員墜落致死失效樹分析圖.....	57
圖 4-5 人員遭感電死亡失效樹圖.....	58

第一章 研究主旨

隨著工商業的發展與國家經濟建設開發，勞工除了講求物質生活品質之提高外，同時也對工作安全之水準倍加重視。國內職業安全衛生問題一向最為勞工及雇主所殷切期盼和關心的課題，而政府對有關勞工安全的部分也朝零災害之目標全力以赴。勞動檢查機構多年來對於職業安全衛生組織管理、教育訓練、監督及檢查等措施已投入相當多的人力物力來提升職業安全衛生水準，以確保勞工安全健康地工作，已見成效。然而，在各種國家建設積極展開之際，相關工程施工所用的許多起重升降機具及其數量亦逐漸增加，此等機具存有相當潛在危害，一旦發生事故將嚴重傷害作業勞工生命安全，並造成社會及家庭問題，值得倍加重視。

現代都市發展的趨勢，大樓增加及高層化是必然的現象，以增加樓層運用面積，因此建築物之升降機的需求量也隨之增加。反之，因升降機處理能力愈大、載重愈大、升降行程愈長，電梯公司從業人員於升降機組裝或拆除時，一旦發生人員墜落、物體飛落、感電、倒塌、捲夾等意外的危害風險也隨之升高，因此，從事升降機組裝或拆除工程的勞工作業安全更是要加倍重視、審慎評估其危害風險。

依本國勞動法令「起重升降機具安全規則」第二條對升降機定義

為：「係指乘載人員及(或)貨物於搬器上，而該搬器順延軌道鉛直升降，並以動力從事搬運之機械裝置。」升降機依用途又分為「建築物之升降機(建築物昇降設備)」與「營建用升降機」，前者由主管建築機關負責管理，後者由勞動檢查機構負責管理；兩者皆採全面納管方式辦理，不論積載荷重多少，均須經過檢查合格方能使用，合格有效期間超過者，非經再檢查合格不得繼續使用。本研究對象僅針對大多數民眾常見於日常生活中搭乘的建築物之升降機為主要對象，在進行升降機新設組裝或舊機拆除工程時，施工廠商現行所採用的無架施工作業方法進行安全之探討。

本研究併採失效樹分析與失效模式及影響性分析，進行升降機組拆工程無架施工法對勞工安全之探討研究。經由彙整勞動檢查員於現場檢查經驗、施工廠商的專業知識及相關職業災害案例，了解建築物之升降機組拆時的不安全情況，進而探討分析其不安全因素可能之潛在因子，並將研究成果及適當建議提供給相關廠商或部門，對爾後產品設計或現場督導的參考依據，期許降低以升降機為媒介物的職業災害發生率，對升降機作業勞工健康及生命安全有所貢獻。

第二章 文獻探討

建築物之升降機(建築物昇降設備)組拆的施工方法可分為二種[1]，其一為傳統的「有架施工法」，這種方法需由下而上搭設施工棚架及各層工作平台，再利用此設備進行逐層相關作業；其二現行較具安全的施工方法為「無架施工法」又稱無棚施工，不需要搭設施工棚架及工作平台，此法基本上組拆升降機流程皆與有架施工方式相同，但因工作人員可利用自動升降平台或吊籠上下組裝導軌等相關作業，有效提高工作效率及升降機安裝品質，且大量減少勞工的體力負擔於上下施工架方面[2]，保持勞工良好的工作狀態，減少從業人員的意外發生，在世界各地如美國、歐洲、日本及臺灣等，以無架施工法組拆升降機已經廣泛被使用[3]。

建築物之升降機的驅動方式又可分為鋼索式(Rope)及油壓式(Hydraulic)，目前大多採用鋼索式，利用捲揚機之槽輪和鋼索之間的磨擦來做為驅動牽引升降機車廂上下運作，故本章主要針對鋼索式升降機、無架施工法、職災案例及相關法規作說明。

2-1 鋼索式升降機

升降機只是一種搭乘工具，而且所能看到的只是乘場和車廂內部的表面而已，一般人可能誤以為是簡單機械，但實際上升降機是由數

十種機器及上千種大小零組件所構成。以下就升降機之主要組件，說明其主要用途[4]：

1. 車廂：搬運乘客或貨物的容器。
2. 配重：平衡捲揚機鋼索兩端的負荷，藉以減少捲揚機的負荷為目的。通常配重的重量是車廂本身重量外加車廂額定容量(重量)的45%左右。
3. 導軌：車廂側及配重側兩旁各設1組，使車廂或配重在升降路內延著導軌垂直升降不致搖晃。
4. 控制盤：相當於電梯的頭腦，接受來自乘場或車廂的信號，控制捲揚機起動，加、減速及停止等動作之控制中心。
5. 捲揚機(主機)：以驅動馬達帶動繞掛在槽輪的鋼索，升、降吊掛在鋼索兩端的車廂及配重。
6. 調速機及緊急停止器：調速機主要在偵測車廂的速度以防止超速，當車箱超速達設計速度的1.3倍時，自動切斷控制電路電源；當車廂超速達設計速度的1.4倍時，緊急停止器剎車動作，迫使車廂卡在導軌之間停止。
7. 調速機張力輪：附有配重，使調速機鋼索為車廂牽動之下，保持一定的張力及垂直度。
8. 樓層選擇器：相當於縮小的升降路，車廂帶動選擇器鋼帶及鋼帶

輪，使其動作和車廂同步，以判定所登記呼叫和車廂位置的關係，藉以選定運轉方向，加減速開始位置，預告停止等動作。

9. 平衡鋼索或鍊條：升降行程較高者，為了平衡車廂、配重兩側高低差所引起主鋼索重量的差距，在車廂、配重底部之間垂下和主鋼索約略等值重量的鋼索(高行程)或鍊條(中行程)，藉以減輕主機的負荷者。
10. 控制電纜：車廂底和升降路中間接線箱之間，垂下可移動的電纜藉以傳送控制盤與車廂之間的訊號，因電纜隨著車廂在其底部移動，所以也叫做移動電纜或尾隨電纜。
11. 極限開關及終端極限開關：設在升降路上上下兩端，萬一車廂超行程行駛時可切斷電源迫使剎車器動作的兩道安全防線。
12. 緩衝器：裝設在機坑內，萬一車廂因某種原因向下墜落而緊急停止器、極限開關、終端開關等均失效時的最後一道防線，用來緩和車廂內的乘客受嚴重的衝擊力。

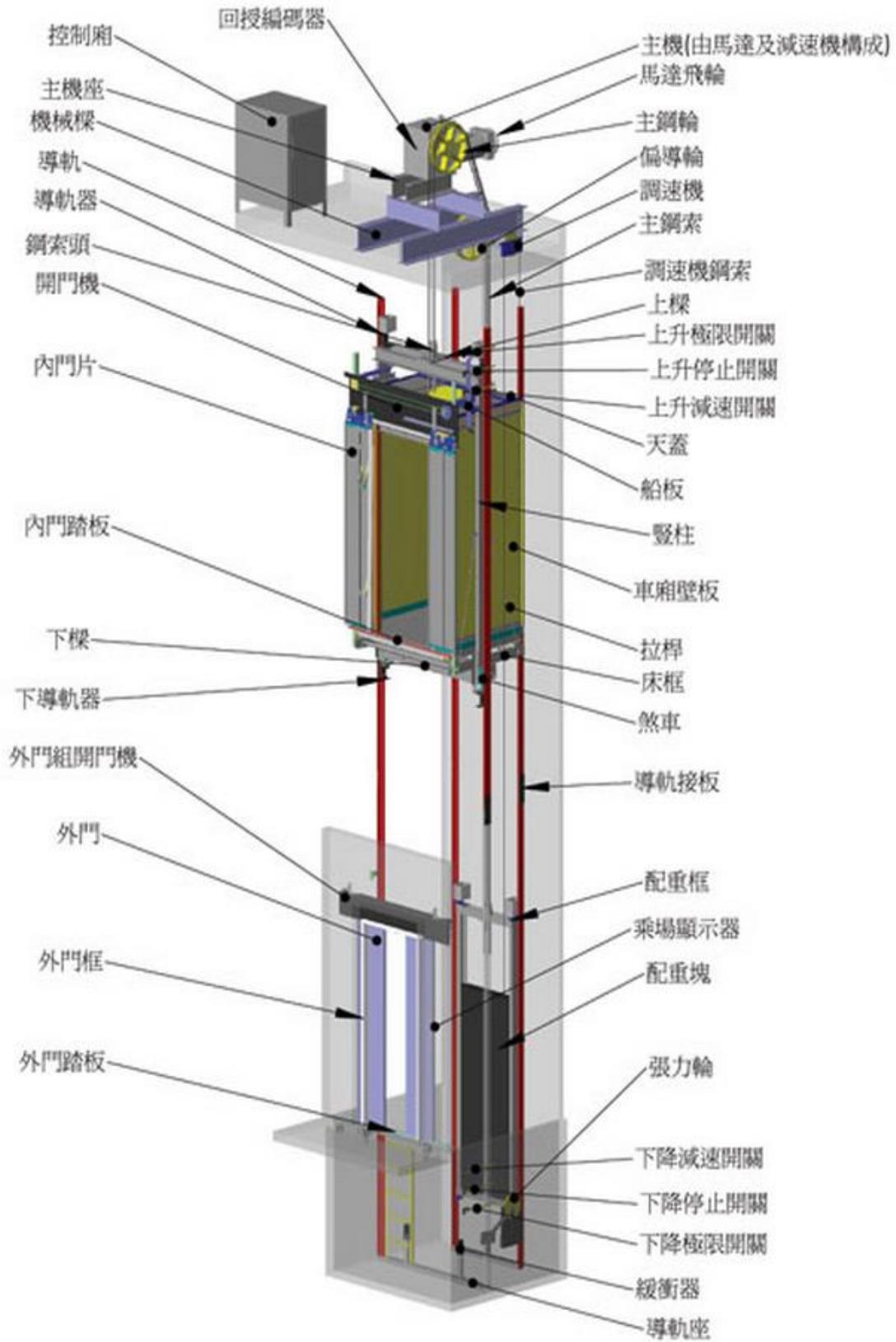


圖 2-1 升降機元件組成示意圖[5]

2-2 無架施工法

升降機無架施工法係指施作前不另行搭設施工架，而利用捲揚機、鋼索、導軌等於升降道內組成一套簡易的施工平台，以藉其搭乘勞工上下運轉進行升降機組拆作業，工作型態類似吊籠作業，如圖 2-2。

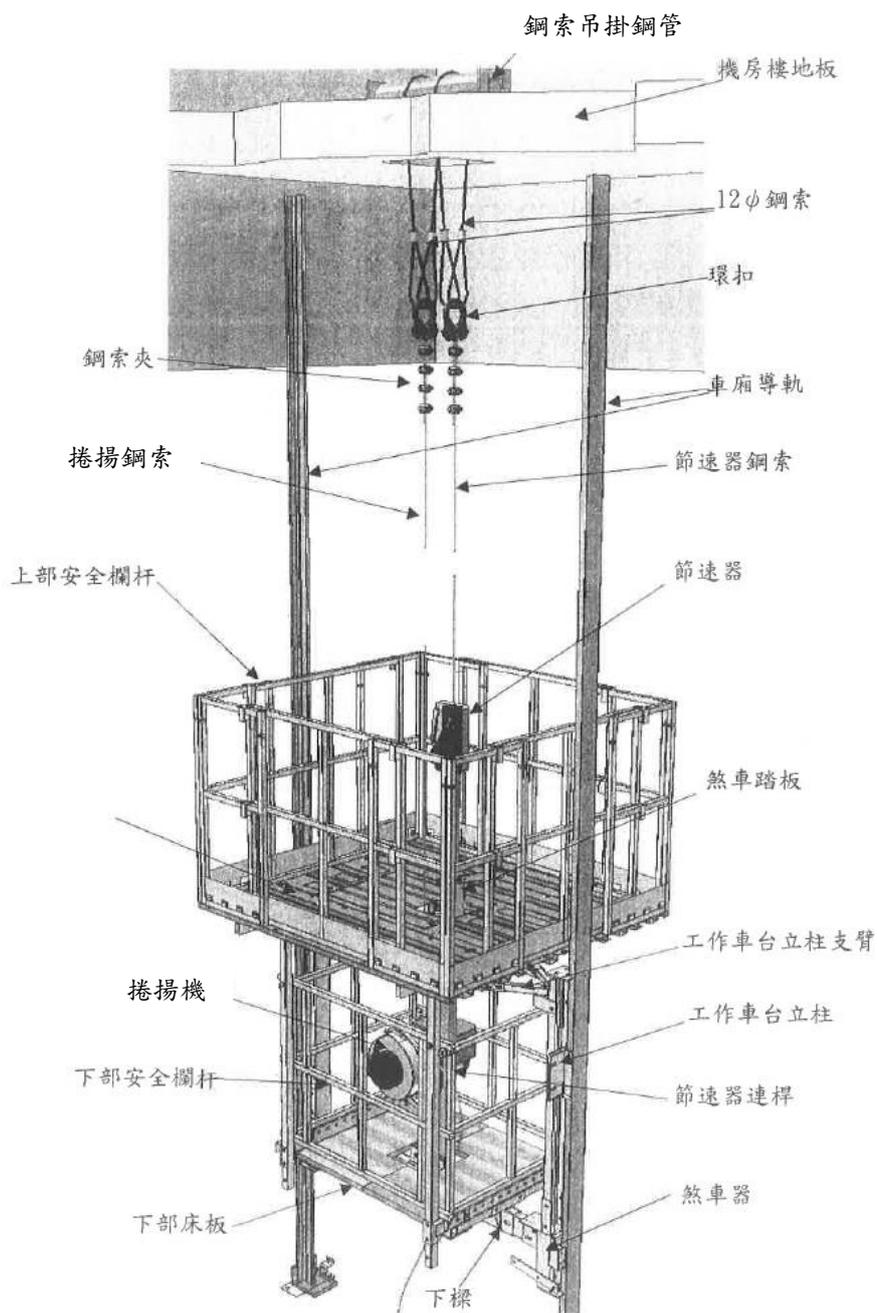


圖 2-2 無架施工組件示意圖[6]

經由前述對升降機之組成及其結構已有初步概念後，參考國內 IOSH 安全資料表內容[1]，將升降機無架作業程序彙整如下，流程圖如圖 2-3：

1. 清理梯井：將梯井內堆積之雜物及積水予以清除，並檢查井坑內有無地下水洩入情況，如有則應予檢修。
2. 檢查各樓層乘場門口是否有易飛落雜物垃圾，防止物體飛落擊傷於電梯井內人員。
3. 作業前準備：包括導軌拖架準備、機械室電源確認等，此外必須訂定卸貨注意事項及吊運安全作業標準，並確實辦理作業人員教育訓練、確保個人防護用具之使用及確認起重機具是否具備有效合格證、操作人員及吊掛人員是否訓練合格。
4. 安全防護措施：係指安裝各樓層電梯開口處之安全防護措施。其中包括裝置供安全帶鉤掛之掛鉤裝置及防墜落之安全護欄。作業人員於開口部作業時必須使用安全帶，並注意臨時電源開關是否裝有漏電斷路器，各電器設備使用是否符合國家標準規格，以避免因一時疏忽造成墜落或感電等意外災害。
5. 芯板設定及導軌拖架測量製作：含機房定芯、坑底定芯及托架測量。首先必須清除升降路鋼琴線行經路線之障礙物，其次量出乘場芯線位置後放基準線，逐樓量測各相關尺寸，並調整之。此階

段必須注意：

- (1) 各電梯開口部使用安全護欄及警告標示。
- (2) 採取電氣災害防止措施：電線不可破損，且必須架高不可浸水、電燈須有防護罩、所有電線須經漏電斷路器、確實使用安全帽、安全帶等個人防護具。

6. 車廂運入工地及主機等吊入機房：此階段必須注意事項說明如下：

- (1) 起重設備、操作人員及吊掛人員皆須有合格證。
- (2) 作業時設置警示區，管制非作業人員進入。
- (3) 鉤環之檢查。
- (4) 吊掛確實牢固。
- (5) 吊索規格、龜裂、扭曲、變形之檢查。
- (6) 採用三角形平衡吊法。
- (7) 離地 30 公分再予以確認。
- (8) 吊索須平衡受力。
- (9) 吊件拉挽應使用控索。
- (10) 吊舉物禁止吊越人員上方。
- (11) 與高壓電阻絕物保持適當距離。

7. 第一導軌組立：其主要工作流程為坑底搭設門型架後，托架位置

鑽孔並將基礎螺絲固定，最後則將導軌調整並燒銲固定。應注意事項如下：

- (1) 使用安全帽、安全帶及其他必要個人防護具。
- (2) 材料搬運，由工作台或公共樓梯搬到電梯口，樓梯要有安全護欄及照明。
- (3) 採取電氣災害防止措施。
- (4) 作業主管須在現場指揮督導。
- (5) 注意防止工具之掉落。

8. 工作台組立：先用立柱之瞬間煞車器將立柱固定於導軌上，組立下樑並調整水平並組立其餘構架及架板，再由中間取得電源，並以電纜接至工作台連接施工馬達及照明設備，運轉鋼索由機房放下，並固定於承重鋼管，鋼索連接施工馬達並與床台接板結合，最後試運轉並測試各安全設施，確定錨定垂直安全母索，母索之條數應以在升降工作台之作業人數每人一條為準。其注意事項為：

- (1) 使用安全帽、安全帶及其他必要個人防護具，安全帶鉤扣於垂直安全母索。
- (2) 材料搬運，由工作台或公共樓梯搬到電梯口，樓梯要有安全護欄及照明。

- (3) 採取電氣災害防止措施。
 - (4) 作業主管須在現場指揮督導。
 - (5) 注意防止工作掉落。
9. 導軌組立：導軌之組立必須注意之事項同第一導軌組立。
10. 乘場組立：包括踏板、門框、門頂箱、門板及調整、固定零件等之組立。作業人員必須配戴安全帶及個人防護用具；注意工具之掉落。銲接時必須採取電氣災害防止措施，安全帶確實鈎掛。
11. 機房機具組立，作業要項如下：
- (1) 機房各機具設備之相關尺寸放樣。
 - (2) 工字鐵組立時須水平。
 - (3) 使用梯子須一人扶持，以防傾倒。
 - (4) 主機吊離地面 10 公分確認吊掛之牢固情形。
 - (5) 控制盤組立須垂直。
 - (6) 線槽要密接，主機電管距接線盒約 10 公分。
 - (7) 配線要整齊、端子要鎖緊，連接器要扣緊。
 - (8) 正確使用各項工具。
 - (9) 作業中作業人員必須確實使用個人防護用具。
 - (10) 檢查吊鈎用具是否有防滑舌片。
 - (11) 若使用電銲機，則必須檢查電銲機是否裝有自動防止電擊裝

置，且工作人員必須配戴電銲用防護面罩及手套。

12. 配線，作業要項如下：

- (1) 升降路配線必須注意接線盒須固定於升降路牆壁；指示器要有 U 型配線防止進水；頂樓接線盒距踏板約 100 公分，中間樓約於門頂廂下 50 公分，底樓須高於門頂廂約 50 公分。
- (2) 車廂配線位置應避免位於走道；端子要鎖緊；連接器要扣緊；配線要整齊。
- (3) 作業主管須親自指揮、督導，並使作業人員著用個人安全護具。
- (4) 工作台照明要充足。
- (5) 安全護欄隨時保持關閉。

13. 配重框架組立。

14. 車廂組立。

15. 活動纜繩吊掛、工作台拆除。

16. 試車運轉：測試電梯之各安全裝置功能、電流變化及停車位置。

17. 竣工檢查及交車使用。

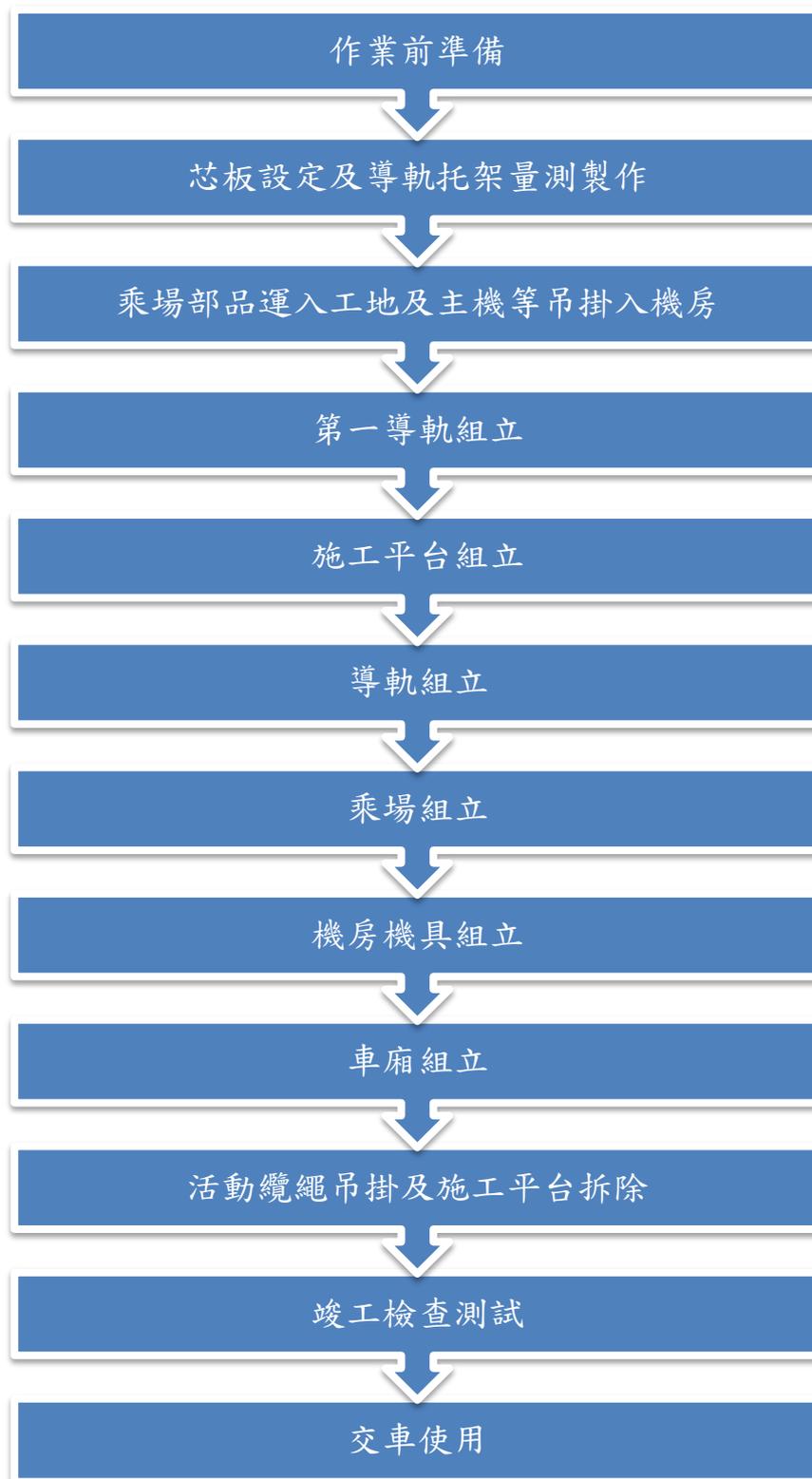


圖 2-3 無架施工流程圖

2-3 職災案例

目前國內升降機廠商採用無架施工法進行升降機組拆作業已有數十年之久，勞工於作業途中不幸發生數起職業災害，本節將舉出近年來發生實例供本研究參考及依據[7][8][9]。

案例 1：

101 年 7 月 15 日上午 10 時 10 分，家○工程有限公司負責人夫婦及點工 1 名，前往臺北市民生東路 4 段（明○大樓），進行電梯汰換工程之土石打除作業，使用無架施工法作業，該公司負責人進入位於地下一樓無架施工工作臺彎腰欲撿拾臺面上之打除土石，疑因踢到臺面上懸吊用之型鋼而往前衝，自工作臺（護欄缺中欄桿與腳趾板）與牆壁空隙（約 45 公分）墜落至地下三樓機坑（高度約 8.34 公尺），隨即送往國泰醫院急救，延至隔日晚間傷重不治。



說明：地下一樓施工平台，罹災者墜落處（中欄桿為事後裝設）。



說明：地下三樓機坑，罹災者墜落處。

案例 2：

101 年 12 月 4 日 13 時 51 分，卡○國際企業股份有限公司勞工張○○於公司(臺北市南港區南港路 2 段)一樓利用升降機搬運物品時，該升降機乘場門連鎖裝置失效，且現場照明設備不足而顯昏暗，致使勞工張○○開啟升降機一樓乘場門後，無法知悉車廂未在一樓，即步入而自一樓墜落至地下一樓之升降機機坑內，緊急送醫治療後並無大礙。



說明：發生職災之升降機採光照明不足
(乘場門外未裝設照明設備)。

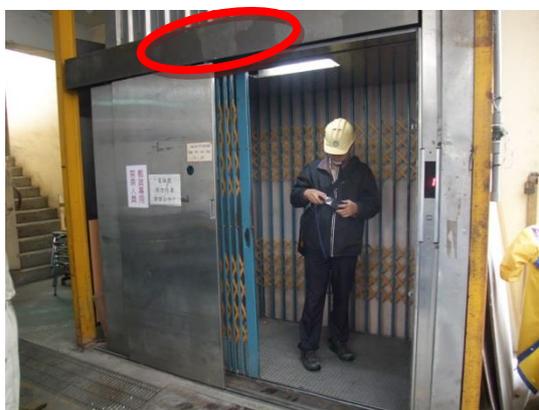


說明：升降機乘場門未裝設連鎖裝置(車廂不在該樓層，卻能打開乘場門)。

案例 3：

101 年 1 月 13 日下午 5 時 58 分許，統○○有限公司勞工張○○至臺北市士林區大南路金○有限公司一樓升降機出入口搬取物品時，該升降機乘場門連鎖裝置失效，且現場照明設備不足而顯昏暗，致使勞工張○○開啟升降機一樓乘場門後，無法知悉車廂未在一樓，即步

入而自一樓墜落至地下一樓之升降機機坑內，緊急送醫治療後並無大礙。



說明：職災發生地點採光照明不足(乘場門外未裝設照明設備)。



說明：勞工墜落於地下一樓機坑。



說明：升降機一樓乘場門連鎖裝置。

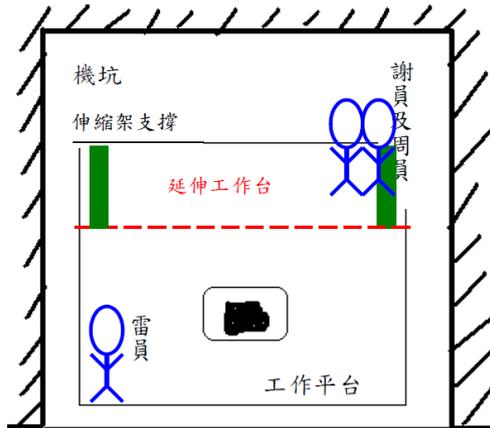


說明：升降機一樓乘場門連鎖裝置。

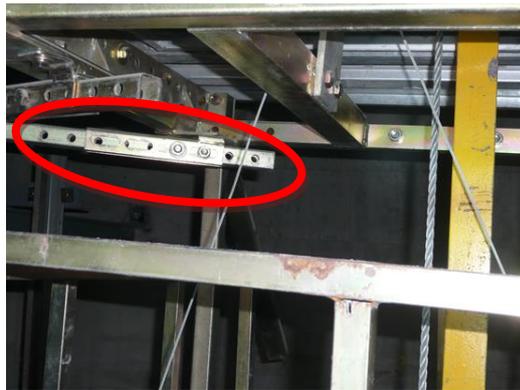
案例 4：

101 年 11 月 21 日下午約 18 時整許，勞工謝○○、周○○與雷○○等 3 名於臺北市北投區珠海路新建工程進行升降機配電盤安裝作業時，勞工謝員與周員站立於施工平台（位於 5 樓處）一角處，從事升降機控制盤安裝作業，另 1 名勞工雷員站立於施工平台與謝員等 2 名對角位置（詳站立位置圖），以施工平台下方延伸伸縮桿為支撐，

將施工平台延長約 70 公分左右，疑似延伸工作臺之伸縮桿無法負荷謝員等 2 名及安裝部品重量，造成伸縮桿挫曲彎折，致使勞工謝員與周員伴隨延伸工作臺，從 5 樓墜落至約 23 公尺深之 1 樓機坑內，經雷員緊急通知 119 送至台北榮民總醫院急救。



說明：人員相對位置圖。



說明：伸縮拉桿。



說明：伸縮拉桿挫曲彎折。



說明：工作平台護欄飛落至機坑。

案例 5：

【101 年 8 月 10 日壹電視報導】基隆關稅局六堵分局下午傳出工安意外，三名工人要將貨梯汰換成客梯，在電梯間裡架了一個工作平台進行拆卸作業，但是其中一名男子要出去拿工具時，卻一腳踩空，直接從 5 樓墜落到地下 1 樓，當場受到重傷，送醫急救後宣告不治。

車廂頂板已先遭拆除，致勞工必須站立於無防護之頂板樑上進行導軌拆除作業。(改善對策：保留車廂頂板，並於頂板上四周開口邊緣施作護欄，作為拆除導軌時之工作臺。)



案例 6：

101 年 6 月 27 日高雄市旗津區一公共工程，勞工從事輕隔間作業時，自 1 樓電梯井開口墜落至地下 1 樓機坑（高程約 6.5m），造成該名勞工重傷昏迷。勞檢處接獲通報即趕往現場檢查，初步調查原因，係由於當時 1 樓照明不足，且電梯井開口護欄未確實關閉所致。

案例 7：

100 年 5 月 23 日，新北市某工程行勞工，打開 1 樓電梯車廂外門，因電梯車廂未停於 1 樓，罹災者跌落地下 2 樓機坑內，送醫不治死亡。

案例 8：

102 年 8 月 5 日，新北市某營造公司勞工，於 1 樓等待施工電梯時，蹲下背靠電梯開口，墜落至地下 7 樓，送醫不治死亡。

案例 9：

101 年 8 月 10 日下午 3 時左右，從事電梯拆除作業，罹災者陳○○在 4 樓貨梯內，未有防墜措施跌落至地下 1 樓。



案例 10：

101 年 8 月罹災者於工地 11 樓開啟施工用升降機出入口從事模板搬運作業，自該樓層升降機開口墜落至停放於 1 樓之施工用升降機搬器頂部，經送林新醫院急救無效死亡。



升降機出入口門門與升降機間有一 90 公分寬之花台。



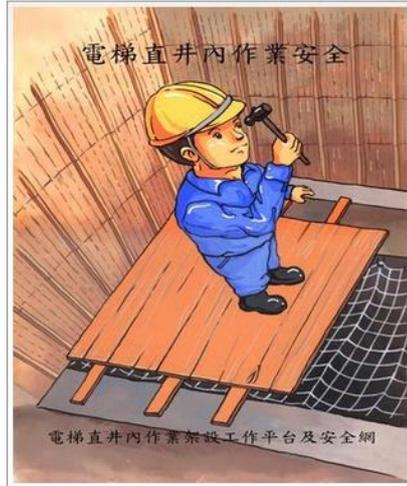
罹災者墜落地點為停放於 1 樓施工電梯搬器頂部。

案例 11：

102 年 8 月 22 日上午，罹災者波○○與其 4 名勞工於士林區某住宅新建工地進行模板作業。波○○欲利用電梯直井從事模板傳料作業（電梯口堆置部分模板材料），當時電梯直井內設有施工電梯，且為防止雨水、垃圾以及輕型物料掉落損傷施工電梯車廂頂部之驅動裝置，於施工電梯之塔柱構件頂端（約 19 樓處）鋪設 2 片遮斷板（鐵製，每片 1.1 公尺×2.2 公尺。），當波○○跨越電梯口護欄、踩踏在遮斷板上，因遮斷板未確實支撐及固定，而無法承受其重量，致波○○連同其中 1 片遮斷板墜落至停在 1 樓的施工電梯車廂頂部（落距約 63 公尺），經通報 119 緊急送往臺北榮民總醫院救治，仍不治死亡。



罹災者自19樓電梯直井內之遮斷板墜落至停在1樓的施工電梯車廂頂部（落距約63公尺）。



雇主應設置施工平台等適當之防護設備，以防止墜落災害發生。

案例 12：

103年12月10日，1名26歲的劉姓工人於地上2樓進行電梯測試作業時，因未佩戴安全帶，導致從地上2樓電梯口墜落至地下7樓電梯井底部，並遭電梯井底部的彈簧貫穿身體致死。



2-4 相關法規及標準

法規是敷設於建築物之升降機(建築物昇降設備)最重要的安全基準，也是檢查機構、製造廠商、業者或使用者所必須依循的基礎與規定。「職業安全衛生法」於民國 103 年 7 月 3 日施行後，「職業安全衛生法施行細則」第 22 條第 4 款中定義危險性之機械已將升降機修正為營建用升降機，故敷設於建築物之升降機回歸「建築法」管理，應依「建築法」第 77 條之 4 規定，向主管建築機關申請竣工或安全檢查，以取得建築物昇降機設備使用許可證(如同住家或辦公大樓的電梯向主管建築機關申請檢查一樣的程序)[10]，勞動檢查機構及代行檢查機構將不再接受事業單位申請建築物之升降機檢查及發證等相關業務，且營建用升降機仍請向轄區勞動檢查機構申請檢查合格使用。惟對於升降機之組拆、維修、保養及使用安全，雇主仍應「職業安全衛生設施規則」、「起重升降機具安全規則」、「職業安全衛生管理辦法」等相關規定辦理，如有違反前開規定情事，將依違反「職業安全衛生法」規定處理。

對於相關法令標準包括職業安全衛生設施規則及起重升降機具安全規則等，摘述如下：

1. 職業安全衛生設施規則[11]

(1) 第 93 條：雇主對於升降機之升降路各樓出入口，應裝置構造

堅固平滑之門，並應有安全裝置，使升降搬器及升降路出入口之任一門開啟時，升降機不能開動，及升降機在開動中任一門開啟時，能停止上下。

- (2) 第 94 條：雇主對於升降機各樓出入口及搬器內，應明顯標示其積載荷重或乘載之最高人數，並規定使用時不得超過限制。
- (3) 第 95 條：雇主對於升降機之升降路各樓出入口門，應有連鎖裝置，使搬器地板與樓板相差七·五公分以上時，升降路出入口門不能開啟之。
- (4) 第 96 條：雇主對於升降機，應設置終點極限開關、緊急剎車及其他安全裝置。

2. 起重升降機具安全規則[12]

- (1) 第 74 條：雇主對於升降機之使用，不得超過積載荷重。
- (2) 第 76 條：雇主對於營建用升降機之構造，應符合升降機安全檢查構造標準或國家標準 CNS13627 規定。
- (3) 第 77 條：雇主對於升降機之終點極限開關、緊急停止裝置及其他安全裝置，應維持其效能。雇主應使勞工不得擅自使用鎖匙，自外面開啟升降機之出入門扉。但升降機維修人員實施搶救、維護、保養或檢查者，不在此限。雇主應於前項鎖

匙上，懸掛標示牌，以文字載明警語，告知開啟者有墜落之危險。

(4) 第 78 條：雇主對於設計上專供載貨用之升降機，不得搭載人員。

(5) 第 79 條：雇主應將升降機之操作方法及故障時之處置方法等，揭示於使用該升降機有關人員易見處。

(6) 第 80 條：雇主對於設置於室外之升降機，瞬間風速有超過每秒三十公尺之虞時，應增設拉索以防止升降機倒塌。

(7) 第 81 條：雇主於從事室外升降機之升降路塔或導軌支持塔之檢修、調整、組配或拆卸等時，應依下列規定辦理：一、選任作業監督人員，從事指揮作業方法、配置勞工、檢點材料、器具及監督勞工作業。二、禁止無關人員進入作業區，並設置警告標示。三、因強風、大雨、大雪等惡劣氣候，致作業有危險之虞時，應禁止工作。

(8) 第 82 條：雇主對於設置室外之升降機，發生瞬間風速達每秒三十公尺以上或於四級以上地震後，應於再使用前，就該升降機之終點極限開關、緊急停止裝置、制動裝置、控制裝置及其他安全裝置、鋼索或吊鏈、導軌、導索結頭等部分，確認無異狀後，方得使用。

第三章 研究方法

本章將針對本研究之架構流程及所應用到之理論做一概述，包括：失效分析(Failure Analysis)、失效模式及影響性分析(Failure Model Effects Analysis, FMEA)以及失效樹分析(Fault Tree Analysis, FTA)，最後比較兩者方法之差異。這些理論方法對於我們評估升降機無架施工作業安全有相當大的助益。分別介紹如下：

3-1 研究架構及流程

本研究對象以無架施工法進行建築物之升降機組裝或拆除作業時，勞工進行作業時之危害分析。由升降機與無架施工法相關文獻、職業災害案例、檢查員實際勞動檢查結果及專業廠商從業經驗，以失效分析找出關鍵失效因子與建構出升降機無架施工失效樹圖及失效模式及影響性分析表，從中找尋以無架施工法進行升降機組拆時，勞工作業安全的關鍵因子、失效模式、失效影響後果以及預防方法，並建立無架施工重點檢查項目表，最後提出結論與建議，供相關政府單位或升降機廠商作為往後勞工教育訓練或施工方法改進之參考。本研究架構及流程如圖 3-1。

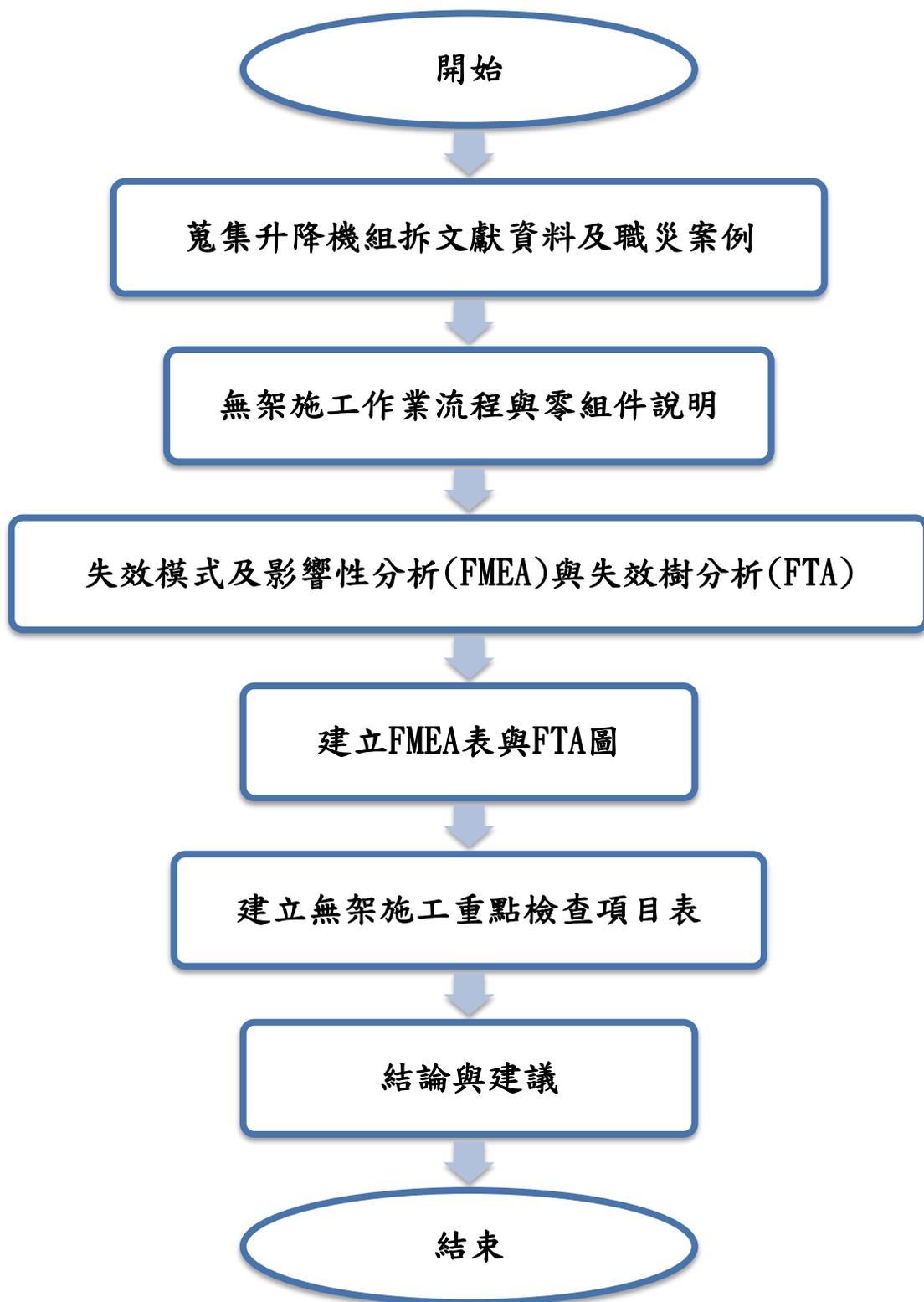


圖 3-1 研究架構及流程

3-2 失效分析

研究一個產品或系統是否可靠（安全），不僅限於以正面的觀點分析問題，亦可由反面的角度探討，即失效分析(Failure Analysis)，意為從產品的特性、運作環境與操作情況，研究其失效的原因及失效所帶來的影響，加以改善並達到提升產品或系統可靠度與安全性的目標。「失效」可以定義為「產品未能發揮預定機能的狀態」，且至少可包括三種情況：運作中止、運作不穩定與機能退化[13]。在實務上常被應用的失效分析方法有：失效模式及影響性分析(Failure Model Effects Analysis, FMEA)與失效樹分析(Fault Tree Analysis, FTA)。

3-2-1 失效模式及影響性分析

失效模式及影響性分析最早由美國格魯曼(Gruman)飛機公司在1950年提出，當初應用於飛機操控系統的失效分析[14]。此法是一種產品或工程設計過程中的一項預防性分析工作，亦即當產品還在設計研發階段時，針對產品本身或部分功能進行潛在缺陷與可能損壞的分析，有系統的將產品可能發生的失效分解並記錄下來，再將分析結果詳列於表格中，並對產品可能失效之模式與可能造成之影響進行評估。

此分析方法可以對廠商或設計者帶來許多效益，除了累積產品經驗以促進設計改良之外，還可教導客戶正確的產品使用方法，更讓設計及製程人員更了解產品的能力與產品出廠後的表現，並且縮短新進人員對產品了解的過渡時間，降低失效成本與提升產品競爭力，為公司或企業帶來穩定的營收與利潤。

失效模式與影響性分析的特點是以單一失效模式發生的結果，向系統上方進行分析，是種由下至上的分析方法，此種方法為一種定性以及歸納性的分析方法，即使沒有定量的可靠度數據，也可以找到產品或系統中有問題的地方，並不需要透過繁複的計算來獲得分析結果。失效模式與關鍵性分析的實程序大致可分為十個步驟[15][16]，如圖 3-2，詳細說明如下：

1. 系統功能定義

失效模式與影響性分析執行的第一步就是要對分析的對象予以定義，也就是定義系統的範圍，包括系統的功能與規格、系統的整體任務與實際的操作環境。

2. 決定系統分析層次

針對系統的分析決定需要探討哪個層次，一般而言，可將分析層次分為系統、次系統、模組、組件及零件五個層次，當我們進行分析作業時，可依照系統的大小或複雜性來斟酌決定予以擴大或是縮減分

析的層次。

3. 繪製功能方塊圖

功能方塊圖 (Reliability Function Diagram) 是描述產品各功能之相互關係，繪製時以系統的主要功能為優先考慮，依序的繪出其他功能與主功能的關係。

4. 繪製可靠度方塊圖

可靠度方塊圖 (Reliability Block Diagram, RBD) 係說明系統所分析層次裡，主功能與各單位元件間之傳遞路徑，並尋找各單位元件的串並聯關係。我們可以依照可靠度方塊圖建立系統的可靠度模式。

5. 失效模式分析

當可靠度方塊圖完成，並於系統可靠度模式建立後，我們可針對所欲分析層次的各個單元，進行單元可能性失效的探討。就此，我們首先需要定義及描述各單元的失效模式，並探討其失效對系統或是其他單元之影響性為何。一般而言，我們有三種分析方法：

- I. 從相同或是類似之元件曾經在其他相似系統中使用時，所發生過的失效現象來推斷，此種方法稱為經驗法，其資訊來源包括各種文獻報告、設計手冊及品質報告等。
- II. 從操作使用環境對於元件造成之影響來探討。

III. 運用思考方式，試圖列出元件所有可能發生的失效現象。

6. 失效原因分析

當各種可能發生之失效現象一一列出後，接著進行失效模式之整理，歸納出較有具體意義的失效模式，並分析歸納其失效原因。

7. 失效影響分析

針對所有列出的所有失效模式進行評比，將失效模式按照其對於系統的影響程度分等級。

8. 失效機率評估

對於所列出失效模式可能發生的機率進行評估，一般而言，假使沒有實際發生的失效機率值，我們亦可以將發生機率的可能性分成等級，作為評估的依據。

9. 失效關鍵性分析

我們可引用失效影響分析及失效機率評估的結果作為失效模式關鍵性分析（Criticality Analysis, CA）之依據，此項分析又包括定性分析與定量分析兩種，以下簡介此兩種方法。

I. 定性分析

當特定元件之失效率資料不能引用參考時，我們可將影響性分析及失效機率分析之結果，繪製成關鍵性矩陣（Criticality Matrix），此矩陣是由縱座標為失效發生機率（Probability of

Occurrence)與橫坐標為失效的嚴重程度(Severity Classification)所組成，基本架構如圖 3-3 所示，位於表格愈右上角者表示愈須重視的失效模式，反之，愈左下角表示對系統影響的程度較低，此方式可了解影響系統較為重要之失效模式。

II. 定量分析

當所有元件之失效機率資料可引用參考時，我們可先計算單元關鍵指標 (Critical Index)；接著再配合影響性分析的結果，繪製關鍵性矩陣，以作為修正設計優先次序的參考。此關鍵指標的計算式為：

$$C_k = \alpha_{kp} \beta_k \lambda_p l$$

其中 C_k 為第 k 個失效模式之關鍵指標； α_{kp} 為第 p 個單元中第 k 個失效模式

佔總失效機率的百分比； β_k 為嚴重性即為第 k 個失效模式在總失效機率所造

成之影響比例； λ_p 為第 p 個單元之失效率； l 為作用時間。

此研究中，缺少實際或實驗數據的支持，因此我們決定採用定性分析，如未來有實驗或實際數據，也可以採用定量分析。

10. 研擬失效偵測方式與預防失效措施

根據關鍵性矩陣找出較關鍵的失效模式並且進行改進與預防措

施，即可研擬失效偵測方法及謀求補救措施，以為預防失效或改進設計與產品缺陷之行動參考。當上述步驟完成後，我們可將分析單元之名稱、失效模式、失效原因及影響性分析之結果製成失效模式及影響性分析表，以作為後續改善之依據。



圖 3-2 失效模式與影響分析步驟流程圖

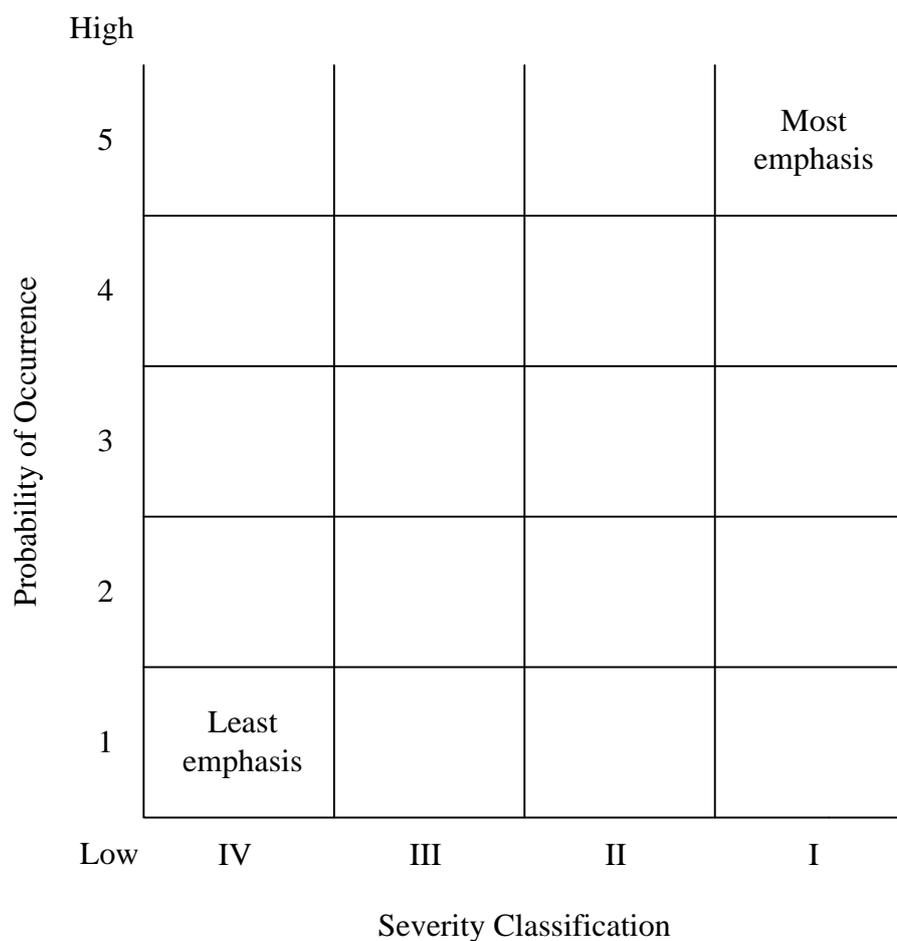


圖 3-3 關鍵性矩陣

3-2-2 失效樹分析

失效樹分析是美國貝爾電話實驗室於 1960 年代所開發出來的失效分析方法[17]，是一種邏輯因果關係圖，又稱為故障樹分析。此法主要是由上至下的演繹模式來探討複雜系統的故障和事件影響[18]，也是個以可讀性和可理解的邏輯為背景結構，因此容易被大家所接受[19]，是失效分析中應用最廣的方法之一。

採用各種簡單的邏輯符號（Gate Symbol）來表示系統與各元件的關係及其邏輯性，將系統中最不願意出現或是危害程度最大的事件定義為頂端事件（Top Event），再向下追溯可能導致頂端事件產生的各種原因，並根據這些原因發生的次序或產生的方式，加以定義為基本事件（Basic Event）、條件事件（Conditional Event）、正常事件（Normal Event）與組成事件（Resultant Event）等等，最後將這些事件以邏輯符號連接組成樹枝狀圖形，最後將失效樹圖取最小割集（Minimum Cut Set），可進行對系統的定性或定量分析。能提供設計工程師、使用者或是管理階層一個找出產品或系統失效的原因。

失效樹分析法的四個實行步驟為：

1. 定義系統的影響：掌握實施失效樹分析對象的運作原理、使用環境、失效成因的來源以及系統範圍。
2. 定義失效樹頂端事件：找出影響系統失效的最為重要的事件。
3. 詳細說明各層事件的關聯性：決定一個事件與其他事件的關聯性並且以邏輯符號連結起來，直到無法繼續展開事件為止。
4. 對頂端事件進行定量或定性的求解：將上述所繪製的失效樹進行分析。

完整的失效樹是由許多失效樹符號與大小事件所互相連結而成，其一般基本架構由圖 3-4 所示。而失效樹符號可分為邏輯符號與事件

符號 (Event Symbols) 兩類，分別敘述如下：

1. 邏輯符號

主要用途為連結各失效事件，並表示各失效事件相互的關係。常用的邏輯符號有及閘 (AND Gate)、或閘 (OR Gate) 以及互斥互閘 (Exclusive OR Gate) 等，各符號代表的含意及用途，請參見表 3-1。

2. 事件符號

用以表示系統展開之失效狀態，主要包括頂端事件、基本事件、條件事件 (Condition Event) 等，各事件符號代表的含意與用途請參見表 3-2。

表 3-1 失效樹邏輯符號表

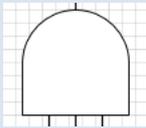
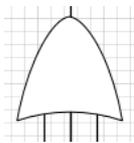
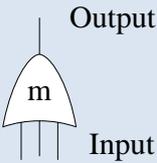
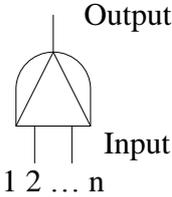
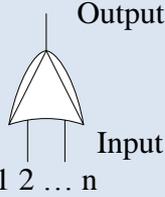
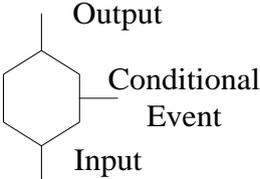
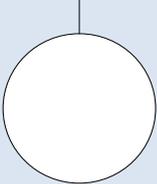
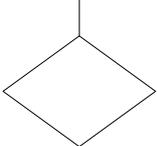
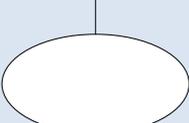
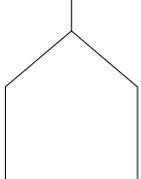
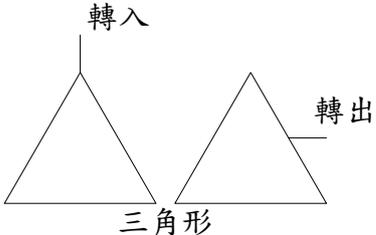
符號名稱	邏輯符號	事件關係
及閘 AND Gate		所有的輸入事件發生，輸出事件才會產生。
或閘 OR Gate		只要其中一項輸入事件發生，輸出事件便產生。
m 選 n 閘 m out of n Gate		n 個輸入事件中，只要有超過 m 個事件發生，輸出事件便產生。
優先及閘 Priority And Gate		所有輸入事件按照次序發生後，輸出事件才會產生。
互斥或閘 Exclusive Or Gate		輸入事件中只要有一項或兩項發生，輸出事件便產生；所有輸入事件都發生，輸出事件不會產生。
限制閘 Inhibit Gate		在條件事件發生的情況下，輸入事件發生，輸出事件才會產生。

表 3-2 失效樹事件符號表

事件符號	符號意義
 <p>圓形</p>	<p><u>基本事件</u>為不可再展開的事件，式失效樹圖形中最基本且最底層的事件。</p>
 <p>菱形</p>	<p><u>未展開事件</u> (Undeveloped Event or Incomplete Event) 指事件尚未完全發展，或是該事件不具發展的重要性及缺少發展的相關資料。</p>
 <p>橢圓形</p>	<p><u>條件事件</u>是用來說明對邏輯閘施加的限制條件。</p>
 <p>屋形</p>	<p><u>正常事件</u>或稱作觸發事件 (Trigger Event) 為正常發生的現象或是被預期會出現的有效事件。本來即存在且不需探討，並不是失效事件。</p>
 <p>矩形</p>	<p><u>組成事件</u>是經由各邏輯輸出事件後，所產生的綜合失效現象。</p>
 <p>轉入</p> <p>轉出</p> <p>三角形</p>	<p><u>轉移符號</u> (Transfer-In and Transfer-Out)：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 當發展的架構太大，必須移往他處作業。 2. 失效樹圖形中有兩處以上具有相同的事件架構，可省略重複繪出。

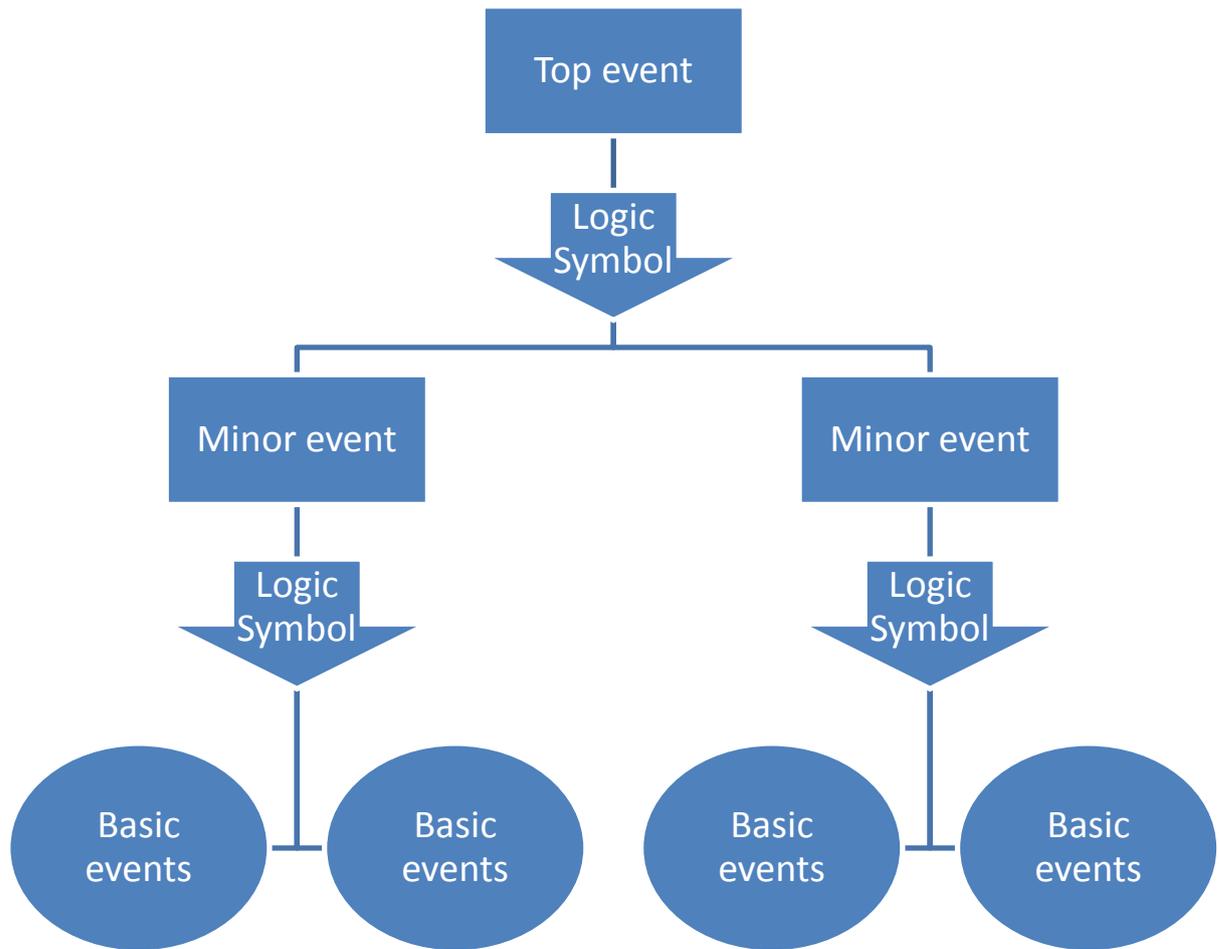


圖 3-4 失效樹基本架構

3-3 分析方法比較

通常利用 FTA 找出導致產品或系統可能失效的因子(基本事件)，亦可與 FMEA 結合找出系統失效的原因、影響及預防措施。兩者特性最大的差異在於 FTA 是用邏輯圖示法進行系統由上至下的關聯性分析，而 FMEA 則是採用表格解析法對系統進行由下至上的探討，兩者之比較詳見表 3-3[20]。

表 3-3 FMEA 與 FTA 之比較

Item	FMEA	FTA
形式	表格解析	邏輯圖示
模式	由下至上	由上至下
失效條件	單點失效	複合失效
使用時機	設計時	任意時間
應用	簡易系統	複雜系統
人為因素	沒有考慮到	有分析到
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 系統化 2. 易於更新 3. 依失效模式分類 4. 淺顯易懂 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由事故結果開始推論 2. 能瞭解事故發生之可能原因
缺點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 僅能分析硬體 2. 不能分析到環境因子 3. 因為單點失效模式，造成某些危害無法發現 4. 基本失效因子無法直接顯示 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不能完全確定所有故障原因 2. 分析人員需要接受培訓 3. 分析複雜系統需要大量時間與金錢成本

第四章 無架施工安全分析

本研究對象為建築物之升降機組拆無架施工法勞工作業安全，其失效定義為「勞工發生災害」。在第二章建築物之升降機及無架施工法的介紹中我們已初步了解升降機組拆的基本運作原理、主要元件與設計重點，但對於無架施工時的失效(災害)的探討，仍待我們透過資料的搜集與實例的推演來做進一步的分析。故本章以失效模式及影響性分析與失效樹分析二種常見的失效分析手法來對本研究對象進行探討，找出升降機組拆無架施工時失效程度中危害較大的失效模式，同時討論元件失效對系統所造成之影響並提出預防對策。

4-1 失效模式及影響性分析

依照第三章應用理論介紹之 FMEA 的十個步驟，在此將分析流程分成四個部分撰述，分別如下：

4-1-1 無架施工作業環境與失效模式建立

要了解系統失效的原因，除了認識基本的作動原理外，我們還需要知道升降機無架施工法的其作用位置及操作環境為何。無架施工法主要應用於營造業之建築物之升降機組裝或拆除之用，營造工地內充滿繁雜的工程施工材料等勞工作業環境可以說是非常不良，這些都會是降低勞工作業安全性的環境因子之一。

為了助於我們了解無架施工系統主要關鍵元件功能與其應用之特性，我們將無架施工之構造展開，如圖 2-2，並針對具有主要功能的元件予以編號，如表 4-1 所示。再依據第二章所述之無架施工運作原理，按各部位元件相關連之順序，即可繪出系統之功能方塊圖，如圖 4-1，由圖中可以清楚的描述各細部元件在系統中所擔任的功能及其他元件的相互關係。

表 4-1 元件名稱與編號表

編號	中文名稱
1	鋼索吊掛鋼管
2	鋼索
3	施工平臺
4	煞車器
5	車廂導軌
6	捲揚機

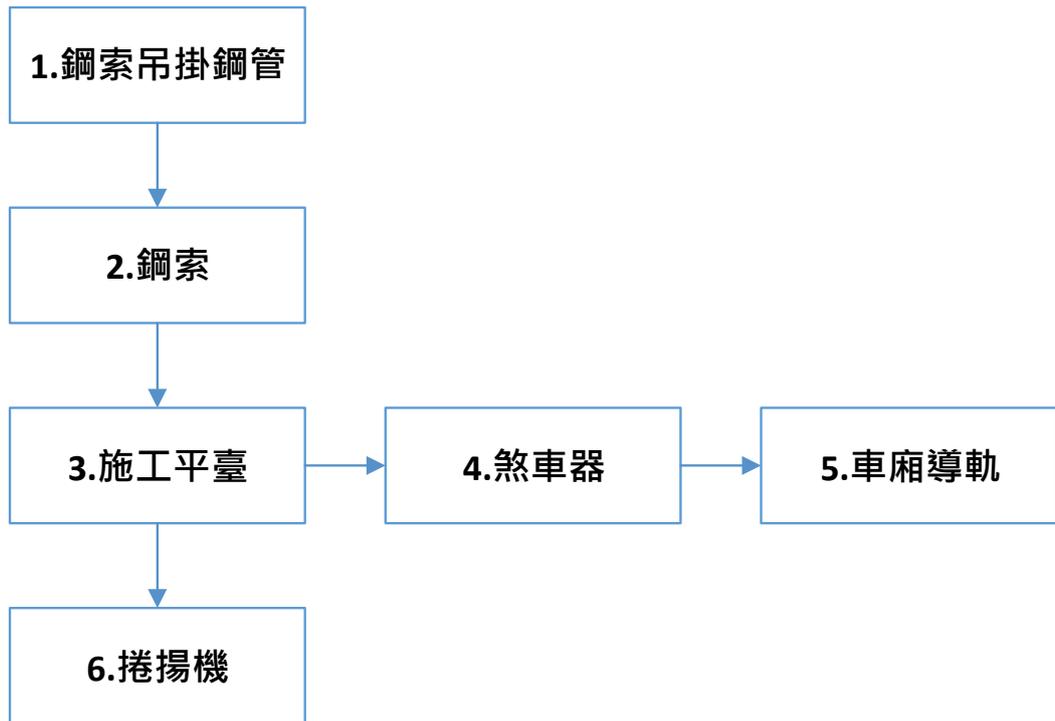


圖 4-1 無架施工之功能方塊圖

4-1-2 無架施工各細部元件之失效模式分析

我們以文獻資料、機械結構判斷、廠商專家建議與實際檢查的經驗，針對無架施工之功能方塊圖中所列出的六個主要系統構件，分別探討他們可能發生之失效模式及其失效原因。

1. 鋼索吊掛鋼管-失效模式

鋼索吊掛鋼管設置於升降機升降道頂端的機房內，通常固定於機房樓地板處，用來固定捲揚鋼索之一端，負責承載鋼索、工作平臺、捲揚機、施工人員及相關施工用具等重量，因此鋼索吊掛鋼管必須經由專業技師詳細計算其選用材質及強度，以確保施工人員安全。此外

機房樓地板的承載能力也必須考慮是否足以支撐上述各項重量。

2. 鋼索-失效模式

依職業安全衛生法規定，乘載人員用之鋼索安全係數應採用 10 倍以上，若以架設 1 條鋼索，人員重 100kg，工作平臺及相關設備重 200kg 為例，則鋼索應採用斷裂荷重 30000kg 以上，確保鋼索不會斷裂造成災害。且在使用中的鋼索，也必須經常進行自主檢查，若鋼索公稱直徑磨損減少 7% 以上，則必須汰舊換新。

3. 施工平臺-失效模式

施工平臺分為上、下 2 個部分，上部平臺供施工人員施工使用，平臺四周設有高度 90 公分以上護欄包圍，並設置中欄桿及腳趾板，且強度必須足夠能承受側向力。下部則是用來放置捲揚機的空間，由四周安全欄桿及底部床板包覆。

4. 煞車器-失效模式

煞車器設置於工作臺下部床板的旁邊，與車廂導軌作輕微地銜接，施工平臺正常運作時煞車器為張開狀態，當捲揚機內部煞車失效時，且施工平臺自由落體速度達標準速度 1.3 倍時，煞車器會自動作動，夾住導軌煞車，避免工作平臺繼續下滑，是一個重要的安全裝置。

5. 車廂導軌-失效模式

車廂導軌由下底層開始由下至上逐層安裝，每隔一定高度升降道

設有托架及導軌夾用來固定車廂導軌，之後再進行焊接或栓接固定。車廂導軌除了上述用來與煞車器配合進行失速控制外，還一個功用就是用來保持施工平臺在升降途中保持穩定，因為單靠捲揚機與鋼索進行升降，施工平臺是無法順利進行的，不但施工人員無法工作，也容易釀成災害發生。

6. 捲揚機-失效模式

捲揚機內含電磁制動器，藉由彈簧的力量將來令片按壓在圓板上達到制動的效果。當捲揚機通電，使電磁鐵產生大於彈簧力而吸引，將制動器放開。捲揚機停止時，彈簧伸長使煞車來令片壓在制動圓板上而制動。如果電磁制動器失效，會導致施工平臺仍會進行非動力的滑行（就好像機車行駛中，如果熄火又不煞車，仍會滑行一樣）。

4-1-3 失效影響性與機率性分析

我們對於上一節所提出的失效模式，進行其影響程度的評比。首先，我們將此型產品中之元件發生失效所造成的危害程度分成四種等級，如表 4-2 所示。另對元件失效發生機率的可能性，分成五個等級範圍，給予定量的發生機率可能性，若在有充分數據的情況下，更可以按實際的數據給予定量的機率值，分級的情形請參見表 4-3。最後將上節提及的各項失效模式按照其失效影響程度及失效發生程度作評比。

表 4-2 無架施工失效嚴重程度分級表

嚴重程度	定義
A. 災變	立即造成勞工傷害
B. 危急	對勞工無立即危害，但立即改善
C. 安全邊緣	對勞工無立即危害，但仍需改善
D. 安全	對勞工安全毫無影響

表 4-3 發生機率程度分級表

基準	發生率
發生機率極高	V
經常發生	IV
偶爾發生	III
鮮少發生	II
發生率極低	I

4-1-4 失效關鍵性評估

當元件失效模式與影響性評估完成時，我們依據基本元件之功能、失效模式、失效的影響、失效預防方法等與上節提及失效影響性評估建立成失效模式分析表，如表 4-4 至表 4-9。由表中可以了解無架施工系統中各元件的主要功能、失效原因、影響程度以及預防的方法。接著，透過失效模式分析表中的失效嚴重程度及失效機率程度，我們建立一個失效模式關鍵性分析矩陣，依元件失效嚴重程度及可能發生的機率，將元件的編號與失效模式編號依序填入表格，完成表格如圖 4-2 所示。在表中顯示，失效模式編號越接近右上者即是無架施工影響最為關鍵之失效；另外，靠近表中右方者，則是我們應注意之處，居於此位置之失效模式可能導致無架施工失效或危害作業勞工安全。

表 4-4 鋼索吊掛鋼管失效模式及影響性分析表

構件名稱/編號		鋼索吊掛鋼管(A01)		
功能	固定捲揚鋼索頂端，承載無架施工平臺、物料及人員等重量。			
失效模式/編號	磨耗(001)	斷裂(002)	變形(003)	
失效因子	遭鋼索滑動磨擦	鋼管強度不足	1. 鋼管強度不足 2. 受外力擠壓撞擊	
失效效應	鋼管承載能力下降	施工平臺發生自由落體	鋼管承載能力下降	
嚴重度	C. 安全邊緣	B. 危急	C. 安全邊緣	
發生率	III	I	II	
預防措施	1. 鋼索頂端環眼固定處使用墊物保護。 2. 鋼索塗抹鋼索油，降低於鋼管磨擦係數。 3. 加入作業檢點項目，時常巡查保養。	鋼管選用需由專業結構技師計算並按圖施工。	1. 物料依規定堆置，與鋼管保持適當距離，散狀物體需網綁固定。 2. 搬運過程中給予保護，物受撞擊等傷害。	

表 4-5 鋼索失效模式及影響性分析表

構件名稱/編號		鋼索(A02)		
功能	鋼索頂端固定在升降到上部機房樓地板上吊掛鋼管，並由數個鋼索夾鎖固，供施工平臺捲揚機升降運作。			
失效模式/編號	磨耗(001)	斷裂(002)	扭結變形(003)	
失效因子	1. 遭捲揚機槽輪磨擦 2. 與頂部吊掛鋼管磨擦	1. 鋼索強度不足 2. 遭電、熱能破壞 3. 遭銳角物體割裂	1. 鋼索受損或彎曲 2. 遭外力擠壓 3. 鋼股遭雜質異物入侵	
失效效應	鋼索直徑減少，致鋼索承載能力下降。	施工平臺發生自由落體	鋼索滑動，致施工平台傾斜。	
嚴重度	C. 安全邊緣	B. 危急	C. 安全邊緣	
發生率	III	I	II	
預防措施	1. 檢查潤滑狀態。 2. 避免多次打彎或綑綁鋼索。 3. 鋼索繞掛處易損傷，應以墊物保護。 4. 鋼索需加入作業檢點項目，時常巡查。	1. 不可使用磨耗變細、扭結變形、嚴重斷絲等異常鋼索。 2. 鋼索末端處理需用適當的固定方式。 3. 檢查鋼索末端加工部分有無異常及末端組件有無損傷、鬆弛及脫落。 4. 磨耗達公稱直徑 7%以上者廢用。 5. 一撚間有 10%以上素線切段者廢用。 6. 有扭結、變形、腐蝕者廢用。 7. 末端結頭部分異常者廢用。 8. 鋼索選用，需由專業結構技師計算評估，安全係數應大於 10。	1. 鋼索呈彎曲狀，需先予矯正後再使用。 2. 檢查鋼索與捲胴有無亂捲現象。 2. 檢查鋼所有無砂、灰塵及水份等附著。	

表 4-6 施工平臺失效模式及影響性分析表

構件名稱/編號		施工平臺(A03)	
功能	供升降機組拆施工人員搭乘，四周有護欄包圍。		
失效模式/編號	傾斜(001)	崩壞(002)	
失效因子	<ol style="list-style-type: none"> 1. 負載不均 2. 平臺煞車器脫軌 3. 導軌歪斜 4. 兩側煞車夾合力不同 5. 操作不當 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 平臺設計強度不足 2. 組裝未確實 3. 使用過程中組件鬆脫 	
失效效應	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人員發生墜落 2. 物體飛落 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人員發生墜落 2. 物體飛落 	
嚴重度	B. 危急	A. 災變	
發生率	II	I	
預防措施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 物料堆放應穩定，注意不可有滑動或傾斜現象。 2. 物料堆疊其重心的位置越低越好。 3. 小物件上面推放大物件，且避免堆積過高。 4. 煞車器需時常檢查。 5. 導軌確保鉛直，無歪斜。 6. 操作平臺升降時，應求緩慢且平穩，不貪快，勿發生碰撞。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 平臺強度需由專業結構設計師計算並按圖施工。 2. 建立組裝審查機制，確保所有構件皆有確實安裝。 3. 施工平臺組裝完成後，放入荷重物，進行安全測試，完成後方可搭成勞工作業。 4. 施工平台需時常檢點保養。 	

表 4-7 煞車器失效模式及影響性分析表

構件名稱/編號		煞車器(A04)	
功能	安裝在無架施工平臺下部地板旁，可隨車廂導軌上下移動，當施工平臺失速下降時，煞車器可自動作動夾住車廂導軌，防止平臺繼續下滑。		
失效模式/編號	無法作動(001)	煞車力不足(002)	
失效因子	1. 失速感測器失效 2. 燒毀	1. 煞車皮老舊 2. 彈簧力鬆弛疲乏	
失效效應	施工平台墜落	施工平臺墜落	
嚴重度	B. 危急		B. 危急
發生率	I		II
預防措施	1. 檢查有無損傷、變形、脫落。 2. 檢查各固定螺栓有無鬆弛、脫落，確定煞車器穩固。 3. 檢查煞車作動位置及作動狀態是否適當。 4. 檢查有無異音或異味。	1. 檢查煞車來令片有無剝離、粗糙及磨耗現象。 2. 檢查彈簧等組件有無龜裂、變形或鬆弛現象。	

表 4-8 車廂導軌失效模式及影響性分析表

構件名稱/編號		車廂導軌(A05)		
功能	導軌裝設在升降道兩側，由下往上逐層安裝，每隔一段距離以托架及軌道夾固定，並配合焊接強化其穩定性，用來做為無架施公平台升降的軌道與升降機車廂的軌道。			
失效模式/編號	挫曲(001)	異物阻塞(002)	托架脫離(003)	
失效因子	1. 強度不足 2. 受溫度膨脹或縮短	施工過程中雜物侵入	1. 螺栓接合不全 2. 螺栓強度不足	
失效效應	1. 施工平臺無法升降 2. 人員受困升降道	1. 施工平臺無法升降 2. 人員受困升降道	1. 煞車器形同失效 2. 施工平臺可能墜落	
嚴重度	C. 安全邊緣	C. 安全邊緣	B. 危急	
發生率	I	II	I	
預防措施	1. 導軌間應考慮熱效應，保留適當間細。 2. 選用導軌材質與尺寸，應由專業計師人員設計評估。 3. 應按圖施工，確實與導軌托架做結合。 4. 檢查安裝托架及支柱有無變形、鬆動，焊接處有無龜裂。	1. 保持作業環境整潔。 2. 導軌材料不任意堆放。 3. 材料堆放應有防塵保護措施。	1. 確實按圖施工。 2. 檢查安裝有無鬆弛、脫落。 3. 選用螺栓等接合方式，需由專業結構計師計算評估。 4. 檢查安裝托架及支柱有無變形、鬆動，焊接處有無龜裂。	

表 4-9 捲揚機失效模式及影響性分析表

構件名稱/編號		捲揚機(A06)		
功能	於施工平臺下方，人員利用有線控制器控制捲揚機槽輪帶動鋼索使平臺升降。			
失效模式/編號	停止運作(001)	與平臺脫離(002)	電磁煞車失效(003)	
失效因子	1. 過熱當機 2. 負載過大 3. 鋼索脫落 4. 線路線圈短路或斷路	1. 接合方式錯誤 2. 螺栓強度不足 3. 負載過大	1. 煞車來令片磨損 2. 彈簧片鬆弛 3. 負載過大	
失效效應	1. 施工平臺無法升降 2. 人員受困升降道	1. 施工平臺無法升降 2. 人員受困升降道 3. 施工平臺可能墜落	施工平臺發生下滑	
嚴重度	C. 安全邊緣	B. 危急	B. 危急	
發生率	II	I	II	
預防措施	1. 執行溫升測試，於無負荷及負荷狀態下檢查運轉時有無異常升溫。 2. 檢查運轉情況，有無異常震動、異音或異常臭味。 3. 減少負載。 4. 檢查防止鋼索脫落裝置組件有無變形或鬆脫現象。 5. 檢查絕緣電阻值是否在規定範圍，電阻器、控制器、電刷等有無異常發熱。 6. 檢查配線及絕緣物有無損傷、污染及劣化等現象。	1. 檢查捲揚機有無鬆動 2. 檢查支撐座螺栓有無鬆脫、變型及損傷。 3. 螺栓之選用，需由專業結構計師計算評估。	1. 檢查煞車來令片有無粗糙及磨耗現象。 2. 檢查彈簧有無折損、變形或鬆弛現象。 3. 按時檢查電磁煞車作動位置及作動煞車力是否正常。	

Probability of Occurrence	V			Most emphasis	
	IV				
	III		A01-001 A02-001		
	II		A01-003 A02-003 A05-002 A06-001	A04-002 A03-001 A06-003	
	I	Least emphasis	A05-001	A01-002 A02-002 A04-001 A05-003 A06-002	
		D	C	B	A
		Severity Classification			

圖 4-2 無架施工系統之關鍵性分析矩陣

4-2 失效樹分析

分析一個產品或系統以指出其設計的風險與不確定性，除了上節所述之 FMEA 方法外，另一種常見的技術即為失效樹分析。此外，FMEA 可找出對於系統中何種失效之較關鍵，但我們仍然對於系統失效之發展與其關聯性有所興趣，哪些失效是共同產生的？哪些失效的肇因為何？所以，本結針對無架施工作業當成一個系統建構失效樹，進行失效關聯性的分析與探討。

失效樹分析雖可計算零組件或系統不發生失效之可靠度，據此增加設計強度或改善系統品質，但需要大量向業者收集實際作業時危害發生的情況，以統計數據得到災害發生機率方能執行定量分析；惟分析結果之數值並不能客觀代表事故不發生，且為了專注於勞工作業安全探討之研究方向，因此本研究失效樹以定性分析，定量分析目前暫不執行。據此設計更安全的系統或零組件，以防止任一起事故引發的可能性，確保勞工作業安全。

依失效樹分析流程，首先，我們針對前述的無架施工 FMEA、運作特性、職業災害實例、專業廠商建議及執行勞動檢查之經驗，歸納整理得到無架施工作業中主要之潛在危害，不外乎無架施工平台相關零組件及作業勞工之位能，以及作業場所中使用電動工具之電能，因此衍生的主要災害類型有：物體飛落、人員墜落及人員感電。本研究

即以這三個災害定義為我們最不希望發生的事件(即頂端事件)開始進行失效樹由上至下的邏輯探討，經由多次的腦力激盪，以及重覆地修改各事件間更為合理之關聯性，以建立合乎現實面的失效邏輯途徑，將系統拆解成次系統或零組件之失效，以獲得最終的失效樹圖。

失效樹圖中最頂端方塊(頂端事件)表示災害發生之結果，頂端事件與基本事件之間各事件表示災害之直接因素，底層的圓形符號為基本事件表示災害發生結果之起因或初始現象；各事件間並以適當的邏輯符號做連結，使用到的有及閘(AND Gate)和或閘(OR Gate)。勞工以無架施工法進行升降機組拆作業時，物體飛落造成下方人員死亡失效樹分析如圖 4-3；人員墜落致死失效樹分析如圖 4-4；人員遭感電死亡失效樹分析如圖 4-5 所示。

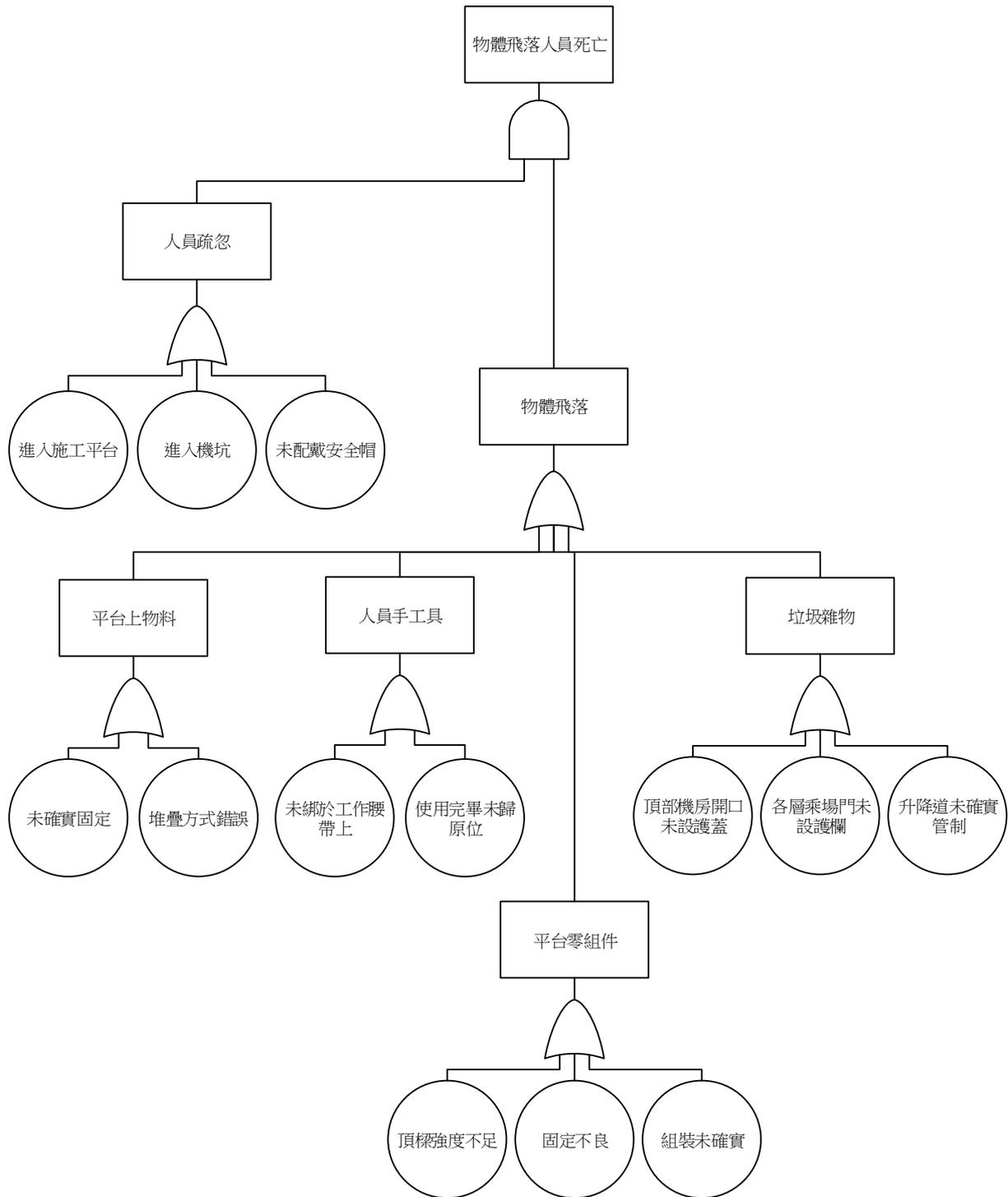


圖 4-3 物體飛落造成下方人員死亡失效樹分析圖

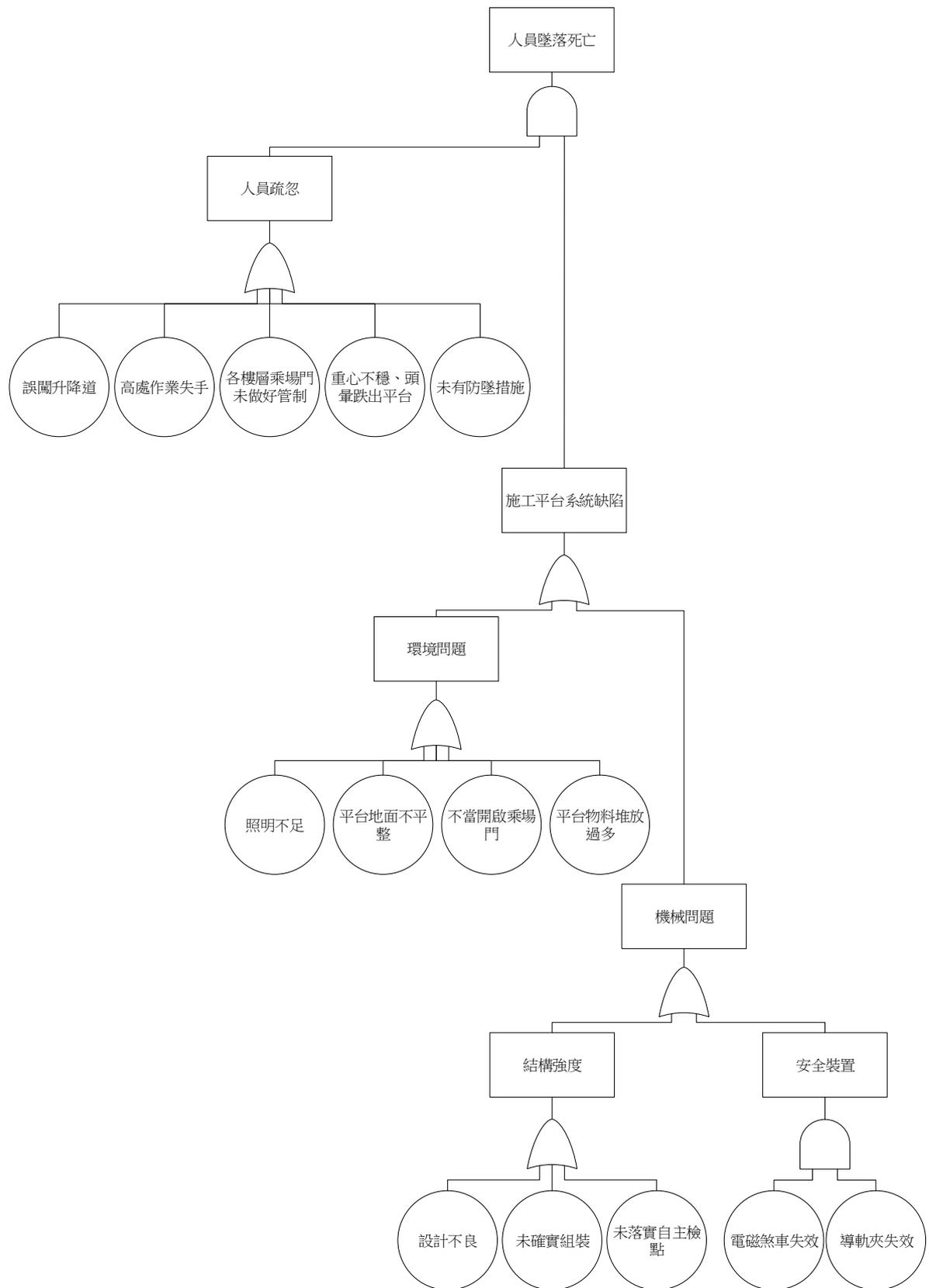


圖 4-4 人員墜落致死失效樹分析圖

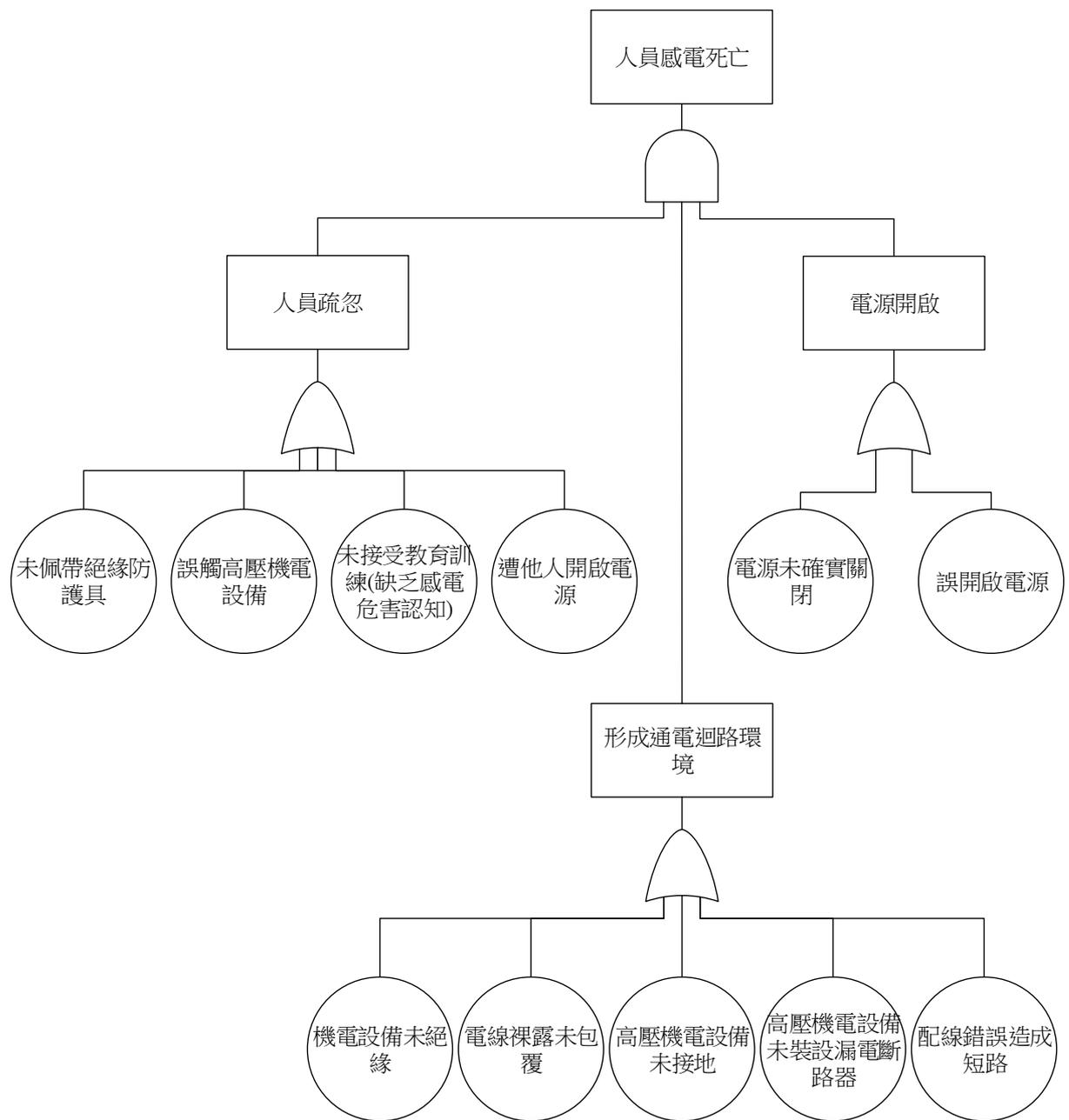


圖 4-5 人員遭感電死亡失效樹圖

4-3 無架施工重點檢查項目

為有效防止無架施工作業引起之危害，保障勞工作業安全，統整

前述失效分析之結果，建立表格化之無架施工重點檢查項目：

表 4-10 無架施工重點檢查項目表

檢查內容	檢查結果	
	合格	不合格
升降通道不可有障礙物突出或雜物堆放(如：鋼筋、模版等)。		
煞車器制動性能良好。		
導軌是否保持鉛直，且無雜物堆積。		
照明設備是否正常。		
人員確實使用安全帽與安全帶。		
人員不得飲用含酒精成分之飲料。		
人員手工具需綁於腰帶固定。		
各樓層乘場門之安全欄桿確實組立，防止人員及物體飛落。		
施工平台經專業技師評估並符合強度計算。		
施工平台及四周安全護欄之組立螺絲、螺栓無鬆動或脫落。		
安全欄桿高度需 90 公分以上，且有中欄桿及腳趾板，且施工中不可拆除。		
施工平台不可過負載使用及堆放雜物，且保持整潔。		
捲揚鋼索末端與吊掛鋼管勾掛處，需用正確之固定方式。		
捲揚鋼索與吊掛鋼管勾掛磨擦處，需有防磨套或墊物保護。		
捲揚鋼索運行順暢，無斷絲、斷股、腐蝕、扭結或磨耗達公稱直徑 7%。		
捲揚機電磁煞車正常。		
電氣電動設備設置防止漏電斷路器。		
電源電纜不可破損或有被異物勾住之虞。		
電焊機需有電擊自動防止裝置。		
電焊作業人員需有防護面罩及防護手套。		
安全迴路開關確實設置，且功能正常。		
施工平台組裝完成後、勞工使用前，需進行負載試驗。		
下班前將操作開關連接器拆除，並帶離現場。緊急按鈕切至 STOP 位置。 關閉電源總開關。離開施工平台後關閉乘場門出入口。		
非電梯施工專業人員禁止操作施工平台。		
檢查日期：_____		
檢查人員：_____ 作業主管：_____ 工地主任：_____		

第五章 結論與建議

5-1 結論

參照本研究首創採用失效樹分析與失效模式及影響性分析二種失效分析技術來探討升降機組拆工程無架施工作業安全，不僅可提供此類型作業型態廠商進行系統失效分析與設計改良時的參考，並助於設計者對失效分析理論有更深入的了解。綜合本研究分析結果提出結論如下：

1. 歸納出勞工在無架施工作業過程中，我們最不希望見到的三種失效(災害)類型：物體飛落、人員墜落以及人員感電。並繪製各別失效樹圖整理出造成上述三種失效潛在因子之關聯性，能夠顯而易見地了解該避免何種底層事件發生，即可免除頂端事件(災害)的發生，這些底層事件就是升降機廠商、設計者、現場作業主管及實際作業勞工所必須重視的安全因子。
2. 將無架施工法取最關鍵的六個組件進行失效模式及影響性分析，分別是：鋼索吊掛鋼管、鋼索、施工平台、捲揚機、車廂導軌及煞車器。將上述六個組件的功能、失效模式、失效因子、失效效應、嚴重度、發生率及預防措施以表格的方式整理呈現出來，針對各種失效模式歸納出相對應的預防措施；最後，依據各組件失

效模式的嚴重度及發生率建立失效模式關鍵性矩陣，矩陣表格中越靠近右上角者表示越需重視的失效模式，分析結果為施工平臺的崩壞為首要注意之處，勞工於看似安全的施工平臺內作業，並將安全帶鉤掛於護欄上固定，惟施工平臺結構強度是否足夠無法用肉眼判定，若發生結構性崩壞，則勞工將立即受到危害；與本研究 2-3 節職災案例第 4 則災害相呼應。其預防措施為：施工平臺結構應由專業技師計算、評估與設計，確實按圖組裝，於搭載勞工前進行額定負載試驗，使用途中安排作業主管查核機制，確保整體結構安全無虞。

3. 經由簡單的失效樹邏輯圖示法與失效模式及影響性分析表格解析法更容易讓新加入的作業勞工或升降機廠商新進同仁能夠快速的進入狀況，了解施工時應注意事項與無架施工主要組件的失效模式及失效後果，提升施工效率，保障勞工身命安全。
4. 建立無架施工重點檢查項目表供施工廠商、監造或業主參考，依照本表逐項進行現場監督督導，維護勞工作業安全。
5. 以無架施工法進行升降機組拆作業較傳統有架施工法在勞工作業安全上有顯著得提升，但實際上還是發生了多起虛驚事故及職業災害。因此，本國在「職業安全衛生管理辦法」有規定，雇主對於勞工作業所用之機械設備，應於每日作業前、每月與每年實

施各部安全狀況之檢點，並將檢查結果於以記錄且保存三年，發現有異常時，也應該立即檢修及採取必要措施。良好的勞工作業環境還是要回歸到雇主的責任身上，惟有提升勞雇雙方的職業安全與健康水準，落實自主檢查與管理，才是為護勞工安全的治本之道。

5-2 建議

1. 目前升降機組拆工程所用之無架施工平台，不論是設置組立或操作使用時，僅需由施工廠商自行試驗、檢查及維修保養，建議可比照本國勞動法令「職業安全衛生法施行細則」第 22 條及 23 條所定之十種危險性機械及設備（固定式起重機、移動式起重機、人字臂起重桿、營建用升降機、營建用提升機、吊籠、鍋爐、壓力容器、高壓氣體特定設備及高壓氣體容器）之規定，在設置完成後、供勞工使用前，需經勞動檢查機構或代行檢查機構檢查合格方能使用。
2. 本研究以定性分析去探討升降機無架施工法之安全研究，未來若有相關組件之失效機率資料可引用時，即可計算組件關鍵指標；再配合影響性分析的結果，繪製具定量分析之關鍵性矩陣，作為修正設計優先次序的參考。
3. 對於本國勞動法令所規定之設施、設備或機械等，可以參考本研

究流程進行失效分析，從系統的特性、運作環境與操控情形，探討其失效的原因及失效所帶來的影響加以改善及預防，以提升機械設備的效率與增進勞工作業安全。

4. 當產品或系統的失效分析完成後，可進一步探討成本分析（Cost analysis）的議題[21]，將有限的人力、時間與金錢投注在產品較為關鍵的項目，以達成降低成本的目的。
5. 升降機組拆工程作業型態具特殊及專業性，建議可列入「公共工程施工品質管理作業要點」之規定[22]，招標文件內施工廠商應提報之品質計畫；並可參考本研究成果，進行事前危害評估、作業中自主檢查以及完工後品質稽核等措施。

第六章 參考文獻

1. IOSH 安全資料表－電梯無架施工作業，勞動部勞動及職業安全衛生研究所，民國 91 年。
2. https://www.housingauthority.gov.hk/mini-site/quality-awards-2011/common/pdf/EMD_06_MitsubishiElevator.pdf（三菱電梯香港有限公司網站）。
3. <http://sitesafety.housingauthority.gov.hk/HKHASSW/downloads%5Cseminars%5CPublished%5CSN1112%5Cppt%5Cwk980f.pdf>（電梯業協會-升降機現代化工程安全措施網站）。
4. 吳錦材，升降機概論，崇友實業股份有限公司，民國 86 年 3 月。
5. <http://www.sernta.com/qa-1.html>（盛大電梯企業股份有限公司）。
6. 台灣三菱電梯股份有限公司，電梯設備工程作業計畫。
7. 行政院勞工委員會，101 年度全國重大職業災害實例彙編。
8. <http://www.doli.taipei.gov.tw/>（臺北市勞動檢查處網站）。
9. <http://www.osha.gov.tw/front>（勞動部職業安全衛生署網站）
10. http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=1（中華民國內政部營建署網站）
11. 臺北市政府勞動局，職業安全衛生法規輯要，民國 103 年 9 月。
12. 臺北市勞動檢查處，職業安全衛生法規輯要－危險性機械及設備

- 篇，民國 103 年 9 月。
13. 戴久永，可靠度導論，三民書局，民國 79 年。
 14. 吳貴彬與陳相如，失效模式與效應分析之應用，中華民國品質學會第 39 屆年會暨第 9 屆全國品質管理研討會，民國 92 年 11 月。
 15. 闕延洲，自行車內變速系統之可靠度研究，國立台灣大學機械工程研究所碩士論文，民國 93 年。
 16. 陳耀鍾，被動元件之可靠度預估—以通訊用連接器為例，國立台灣大學機械工程研究所碩士論文，民國 98 年。
 17. Dhillon,B.S.著，趙淳霖譯，系統可靠度工程，科技圖書股份有限公司，民國 77 年。
 18. Bedford,T.,Cooke,R.(2001) Probabilistic risk analysis: foundations and methods.Cambridge University Press.
 19. Ormeier,F.,Schellhorn,G.(2007) Formal fault tree analysis-practical experiences. Electron.Notes Theor.Comput.Sci.185,139-151.
 20. Ho,C.C., Liao,C.J. (2011) The use of failure mode and effects analysis to construct an effective disposal and prevention mechanism for infectious hospital waste.*Waste Manage.*31(12),2631-2637.
 21. 房性中，淺談價值工程成本之可靠度分析概念，價值管理第七期，民國 93 年 12 月，17 頁至 22 頁。
 22. <http://www.pcc.gov.tw/pccap2/TMPLfronted/ChtIndex.do?site=002>
(行政院公共工程委員會網站)