



勞工安全衛生研究報告

防災模擬器開發與試用評估

Development and Trial Evaluation of
Disaster Simulator

防災模擬器開發與試用評估
IOSH98-S322



行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所



行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

防災模擬器開發與試用評估

Development and Trial Evaluation of Disaster Simulator

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

防災模擬器開發與試用評估

Development and Trial Evaluation of Disaster Simulator

研究主持人：高崇洋、劉國青

計畫主辦單位：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

研究期間：中華民國 98 年 3 月 1 日至 98 年 12 月 31 日

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
中華民國 99 年 2 月

摘要

防災教育的推廣除了知識的教導之外，應更加著重體驗與技能的承傳，本計畫係延續所研發之「火災模擬器」成果推廣，在預先設定的情境下，進行實際火場的模擬體驗；另行再開發相關防災模擬器，以強化防災教育訓練體驗。

在火災模擬的研究成果推廣上，包括整合移動式多重情境火災模擬器及聖誕樹結構火災模擬器，並依所開發的教育訓練教材，進行 6 場次工業區防火教育推廣活動，藉由變換各種不同火災情境，例如：側壁延燒、天花板燃燒、方型油槽燃燒、閃燃等一般工廠的火災現象，讓勞工了解火災的可怕，體驗火場燃燒的溫度、濃煙及瞬息萬變的火焰，另進一步學習如何冷靜及使用消防器材，進行隔熱、煙濃的體驗與抑制閃燃發生的技巧；主要對象為勞工、工廠工安部門人員、ERC 及 ERT 之人員。除此之外，另開發濃煙體驗器(Breathing Air Training Gallery)、爬梯體能訓練機(Crawl Exercise Training Gallery)雛形，包含硬體與控制系統，及其訓練教材說明等，以建立更完整的防災模擬器訓練系統。

火災模擬器可體驗火場情境與強化滅火技能、濃煙體驗器具有體驗侷限空間及濃煙情境、爬梯體能訓練機可作為訓練前置測試指標；研究成果除了提供勞工、救災人員訓練之用外，亦能紮根自主開發模擬訓練系統的本土化技術。建議未來可再持續開發其它相關模擬器等產品，同時加強防災的推廣教育。

關鍵詞：火災模擬器、濃煙體驗器、火場分析

Abstract

Besides the instructions of fire prevention, more emphasis should be placed on the inheritance of experience and tactics for promoting fire prevention training. The project is the continuation of developed "Fire Simulator", trainees exercise realistic simulated firefighting in selected fire scenarios. To offer more real fire situations for trainees, related simulators were further developed.

To promote the research result of fire simulation, the project integrated multiple-scenarios mobile fire simulator and Christmas tree structure fire simulator. Based on the developed manuals of education and training, totally 6 times of the fire protection and education show had been demonstrated in the industrial parks. Through exposed to different fire situations -fires in sidewalls, ceiling panels , square tanks and flashover...etc – the phenomena frequently found in plant fires, workers experience the smoke, various flame patterns, combustion temperature, recognizing the development of dreadful fire. Meanwhile, with fire equipments, workers learn the tactics on heat insulation, flashover inhibition in actual firefighting without panic .The target trainees are workers on sites, personnel of occupational safety department in industries, staff of ERC (emergency response center) and ERT (emergency response team). To construct a reliable fire training system, the prototype of smoke simulator (Breathing Air Training Gallery) and step mill (Crawl Exercise Training Gallery) were developed (the prototype consists of hardware, control system and instructions manuals).

Fire simulator gives trainees the opportunity to recognize the thermal development of fire, enhancing the tactics of extinguishing fire. Smoke simulator (Breathing Air Training Gallery) provides the situation of limited space and smoke. Step mill (Crawl Exercise Training Gallery) can be used as the pre-test indicators of training. Besides training workers, rescue brigade, the research outcome can be a grounded initiation for the self-developing, localized technology in simulation training system. In the future, promoting fire prevention training and develop related simulators is highly recommended.

Keywords: Fire simulator 、breathing air training gallery 、fire analysis

目 錄

摘 要.....	i
Abstract	ii
目錄.....	iii
圖目錄.....	v
表目錄.....	ix
第一章 計畫概述.....	1
第一節 前言.....	1
第二節 目的.....	2
第二章 Training Gallery 之設計.....	3
第一節 外部空間設計.....	3
第二節 內部空間設計.....	5
第三節 隔間網設置.....	6
第四節 障礙空間設置.....	7
第五節 情境路徑規劃.....	10
第六節 附屬周邊設置.....	12
第七節 控制系統.....	14
第八節 整體外觀.....	15
第九節 地板支撐架之強度進行分析.....	17
第十節 實體結構與實驗測試.....	22
第三章 爬梯體能訓練機之設計.....	32
第一節 運轉方式.....	34
第二節 啟動感測裝置.....	34
第三節 安全裝置.....	35
第四節 動力與傳動系統.....	36
第五節 維修門設置.....	39
第六節 其他周邊.....	40

第七節 爬梯橫桿及其固定螺絲之強度分析.....	41
第八節 實體圖.....	45
第四章 火災模擬器改善.....	58
第一節 瓦斯強制氣化器需求與解說.....	58
第二節 控制台之設計.....	59
第三節 實體圖.....	60
第四節 巡迴展示.....	63
第五章 結論與建議.....	65
第一節 結論.....	65
第二節 建議.....	66
誌謝.....	67
參考文獻.....	68
附錄一 移動式多重情境火災模擬器展示訓練.....	69
附錄二 實際演練照片.....	84
附錄三 濃煙體驗器教育訓練手冊.....	103
附錄四 濃煙體驗器操作說明書.....	120
附錄五 爬梯訓練機操作說明書.....	122

圖目錄

圖 1 整體外觀與側板開合之示意圖.....	3
圖 2 侷限情境空間及控制室之間製作之落地窗.....	4
圖 3 貨櫃支撐之示意圖.....	4
圖 4 組裝方式示意圖.....	5
圖 5 地板支撐架拆除示意圖.....	6
圖 6 隔網外框圖.....	6
圖 7 隔間網安裝步驟圖.....	7
圖 8 基本型隔間網.....	7
圖 9 障礙型隔間與通道之類型.....	9
圖 10 情境路徑規劃之一.....	10
圖 11 情境路徑規劃之二.....	11
圖 12 監看攝影機、煙霧產生器.....	12
圖 13 百葉窗風扇與安裝示意圖.....	13
圖 14 防脫銷安裝示意圖.....	13
圖 15 控制台與外部手持式控制器.....	14
圖 16 控制流程圖.....	15
圖 17 整體外觀示意圖.....	16
圖 18 地板支撐架示意圖.....	18
圖 19 地板支撐架與固定圓盤之組裝關係圖.....	18
圖 20 地板支撐架之邊界條件設定.....	19
圖 21 地板支撐架之負載條件設定.....	19
圖 22 負載條件設定 A.....	20
圖 23 負載條件設定 A 之應力分析結果.....	20
圖 24 負載條件設定 B.....	21
圖 25 負載條件設定 B 之應力分析結果.....	21
圖 26 負載條件設定 C.....	21

圖 27 負載條件設定 C 之應力分析結果	22
圖 28 通道結構三視圖與立體示意圖.....	23
圖 29 貨櫃側板開啟開啟圖.....	24
圖 30 控制室隔間門與抽風扇.....	24
圖 31 內部空間之結構組件.....	26
圖 32 控制電路圖.....	26
圖 33 控制器配置圖.....	27
圖 34 控制台配置圖.....	28
圖 35 監視器監看系統.....	29
圖 36 侷限通道空間安排.....	31
圖 37 爬梯體能訓練機外觀尺寸圖.....	32
圖 38 內部結構圖.....	33
圖 39 整體機構運動方式示意圖.....	34
圖 40 負載感應延時啟動系統.....	35
圖 41 行程末端感應器設置圖.....	35
圖 42 急停按鈕設置.....	36
圖 43 內部檔板示意圖.....	36
圖 44 電氣式馬達帶動系統示意圖.....	37
圖 45 油壓動力系統示意圖.....	37
圖 46 (A) 油壓馬達與 POWER UNIT 安裝位置 (B) 電氣動力系統安裝位置.....	38
圖 47 內部結構空間安排.....	38
圖 48 (A) 鏈條配件示意圖 (B) 爬桿安裝示意圖.....	38
圖 49 維修門設施.....	39
圖 50 頂部吊環.....	40
圖 51 安裝輪示意圖.....	40
圖 52 底部高度調整腳.....	40
圖 53 爬梯橫桿之設計示意圖.....	41
圖 54 爬梯橫桿與鏈條連接方式示意圖.....	41

圖 55 爬梯橫桿之邊界以及負載條件設定.....	42
圖 56 實心橫桿之應力模擬結果.....	43
圖 57 空心橫桿之應力模擬結果.....	44
圖 58 固定螺絲受剪力之情形.....	45
圖 59 爬梯結構示意圖.....	46
圖 60 張力調整機構與軌道實體圖.....	46
圖 61 人員訓練區域.....	47
圖 62 張力調整機構.....	48
圖 63 鏈條軌道安裝實體圖.....	49
圖 64 體重感測裝置.....	50
圖 65 爬桿間距.....	50
圖 66 傳動桿.....	51
圖 67 支撐腳、輪子實體圖.....	52
圖 68 爬桿.....	52
圖 69 馬達原本安裝位置.....	53
圖 70 馬達新安裝位置.....	53
圖 71 選用馬達規格表.....	54
圖 72 減速箱及鏈輪實體圖.....	54
圖 73 變頻器實體圖.....	55
圖 74 變頻器配線說明.....	55
圖 75 變頻器按鈕配置.....	56
圖 76 控制箱配置及選用零件.....	56
圖 77 電路設計圖.....	57
圖 78 光電開關組.....	57
圖 79 瓦斯強制氣化器.....	58
圖 80 火災模擬器控制台之設計.....	59
圖 81 火災模擬器控制電路.....	60
圖 82 管路修改配置圖.....	61

圖 83 強制氣化器與 50KG 桶裝瓦斯組	61
圖 84 控制台配置圖	63

表目錄

表 1 網格數量表.....	16
表 2 結構用鋼 SS41(CNS SS400)機械性質.....	18
表 3 不鏽鋼 SUS304 - CSP H 機械性質	42
表 4 中碳鉻鉬合金鋼 SCM440 機械性質.....	44
表 5 巡迴場次總覽表.....	64

第一章 計畫概述

第一節 前言

當火災發生時，其產生之輻射熱往往會被輕忽，使得遭受輻射熱灼傷而不自覺，而人體所能承受的輻射熱究竟為多少呢？根據 SFPE Handbook 之定義，人體可承受之限值僅為 2.5kW/m^2 ，因此當消防人員進入火場搶救時，除需穿上消防衣防護自身安全外，亦會利用水霧阻隔輻射熱，成為自身的第二道防護，進而找尋起火點進行滅火[1]。

另外，對於高科技產業之潛在危害亦不可忽視，其危險性在於廠內常需使用多樣少量之化學品，其中含有易燃性及可燃性之特殊氣體、強酸鹼及有機溶劑等。再加上廠房通常採密閉式之建造，若碰上不安全的設計、操作或管理控制，極可能發生火災爆炸事故，甚至因廠房之設計而產生悶燒，於此情況下，待搶救人員進入救災時，易產生複燃之情事，造成搶救困難及人員傷亡，形成二次傷害。

本研究團隊於 96~97 年度執行勞研所計畫[2]時，已完成火災模擬器聖誕樹結構之硬體結構設計與製作，同時也完成中型火災模擬器的本體結構改良設計、大型燃燒爐之機構設計，並進行試燒，試燒效果良好。本系列計畫之進行，已為國內火災模擬器的研發製作累積一定的技術能量，相關之實驗平台，所開發之產品品質較國外大廠相比毫不遜色，而所花費之成本則遠低於國外知名廠商，相當具有技術移轉與商品化之潛力，對於落實國內防災救災體系設備之研發具有一定程度的助益。此研究平台的完成，除可提供業界及防災機構訓練模擬機使用，亦可提供國內相關學術研究機構火場模擬分析之實驗平台，同時也可提供火災情境模擬教育展示之用，對於國內防災體系之教育訓練與研究，具有重大之價值。因此如何延伸計畫成果進行新式樣火災教育訓練系統的開發，並以現有的研發產品進行勞工安全推廣教育活動，也就成為下一階段勞工安全研究的重要課題。

除此之外，一旦發生火災要如何逃生如何自保呢，依統計六成民眾在火場喪命都是因為濃煙，尤其在侷限空間中，逃生更是一項重要的課題[3]。當火災事故發生時，除了火焰的輻射熱所造成之傷亡外，濃煙往往是最大致命因素。濃煙對火場中人員視覺之遮

蔽效應，其危害性遠大於火源所產生之毒性氣體。現今建築材料多為化學纖維或塑膠等高分子合成材料，一旦失火，濃煙便快速產生並且開始四處瀰漫。由於煙成分中含有碳粒、焦油，均足以遮擋光線造成視覺受阻，喪失平時應有之正確判斷能力，使得逃生變得更加困難。

因此為讓勞工朋友親身體驗實際火場之濃煙情境，以使勞工朋友們無論是在工作場所或於一般居家環境中，當面對火場需做出緊急逃生的動作時，有正確的判斷與知識。並透過實際的模擬演練，能有身歷其境感受，加強印象，當實際面臨火場之逃生情況時可提升其應變能力，並減緩其緊張之情緒。而對於廠區之工安或緊急應變人員，能夠增加其火場救援之能力，透過再次的實際演練，加強應變之熟悉程度，以及強化其搶救技術，增進救援信心。

而攸關勞工安全的體感訓練教具，濃煙體驗器(breathing air training gallery)，國外已有相關產品，然而國內卻無相關單位從事研發工作，對於相關訓練教具技術本土化之落實，仍有加強的空間，因此開發國內本土的濃煙體驗器(breathing air training gallery)，並能以更機動的方式巡迴各地展示，即時提供勞工安全體感訓練教具實有其必要性與急迫性。

第二節 目的

因此在本研究計畫中，我們主要的工作就是建立一個商品化火災體感訓練系統，並希望此一火災模擬器能具有商品化潛力，除了提供勞工、工廠工安部門人員、ERC 及 ERT 之人員外，亦能提供火場情境數據予學術界研究之用。本計畫主要的工作項目有：

1. 濃煙體驗器(Breathing Air Training Gallery)之硬體結構設計與製作。
2. 濃煙體驗器(Breathing Air Training Gallery)之安全監控系統製作。
3. 移動式多重情境火災模擬器展示訓練。
4. 聖誕樹結構火災模擬器展示訓練。
5. 研究成果推廣報告。
6. 雛型商品化評估與未來潛力分析

第二章 Training Gallery 之設計

第一節 外部空間設計

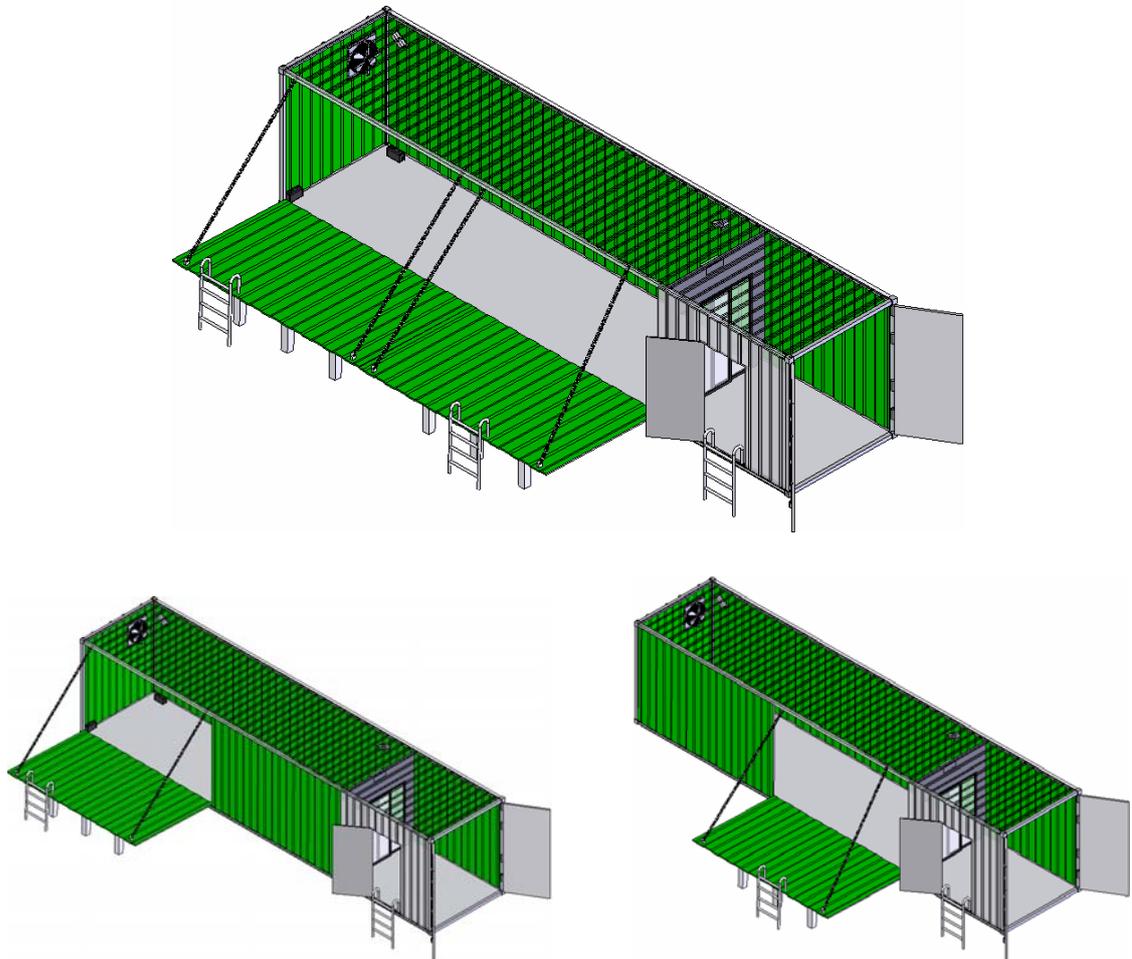


圖 1 整體外觀與側板開合之示意圖

因侷限情境空間為全部可拆式，並且考慮倒下門板之強度，所以設置兩個 4.5m 寬之倒下門板，一方面也當作為侷限空間之放置位置，也可做維修門之緊急逃生門，並加裝布簾阻絕煙霧，以防止在訓練中煙霧散出。

另有 3 組可拆卸式爬梯，以方便人員上下之用，並依照不同之需要也可只開啟其中一邊之側板，做不同情境之需要，外觀如圖 1 所示。

並使用單相 220V 交流減速馬達帶動傳動軸，鉸動鋼索或鍊條使鐵板門能做上下開合之動作，並於外緣安裝支撐腳支撐門板，具調整螺栓可調整高度外並於收起時可折合固定於門板上。並於侷限情境空間及控制室之間製作 180x200cm 之落地窗，以方便搬運

物品，如圖 2。

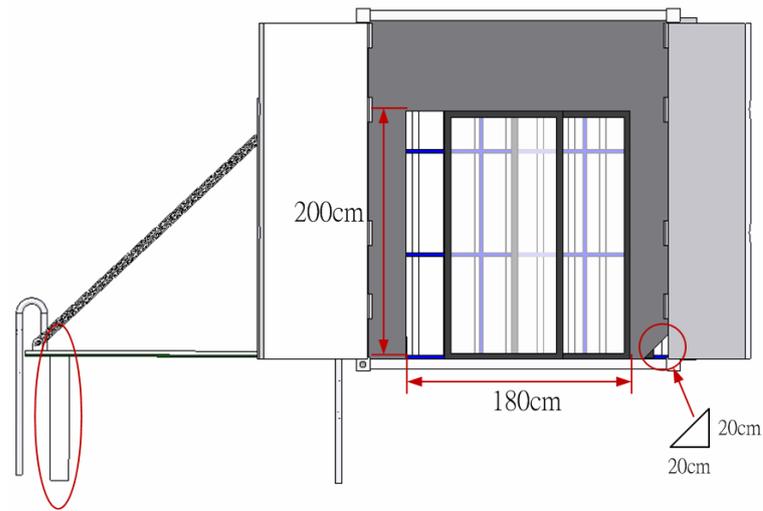
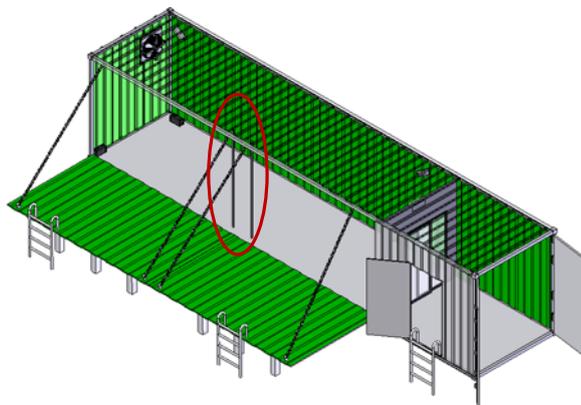


圖 2 侷限情境空間及控制室之間製作之落地窗

因設置兩個 4.5m 寬之倒下門板，貨櫃本身會因沒有支撐點而變形，強度大受影響，又因侷限空間結構為全部可拆之結構，在不改變也不破壞全部可拆之設計，選擇放棄三格侷限空間，來做成更強韌的支撐，如圖 3。



(a) 上視圖



(b)

圖 3 貨櫃支撐之示意圖

第二節 內部空間設計

參考新竹市消防訓練基地之侷限空間設計，依照我們所需要的功能與要求做些許之改變，組合方式是由基礎之主桿上放組合下方圓盤，將橫桿與地板支撐框放置定位，在用螺絲將兩個圓盤鎖合固定，即可不斷延升架構，如圖 4。

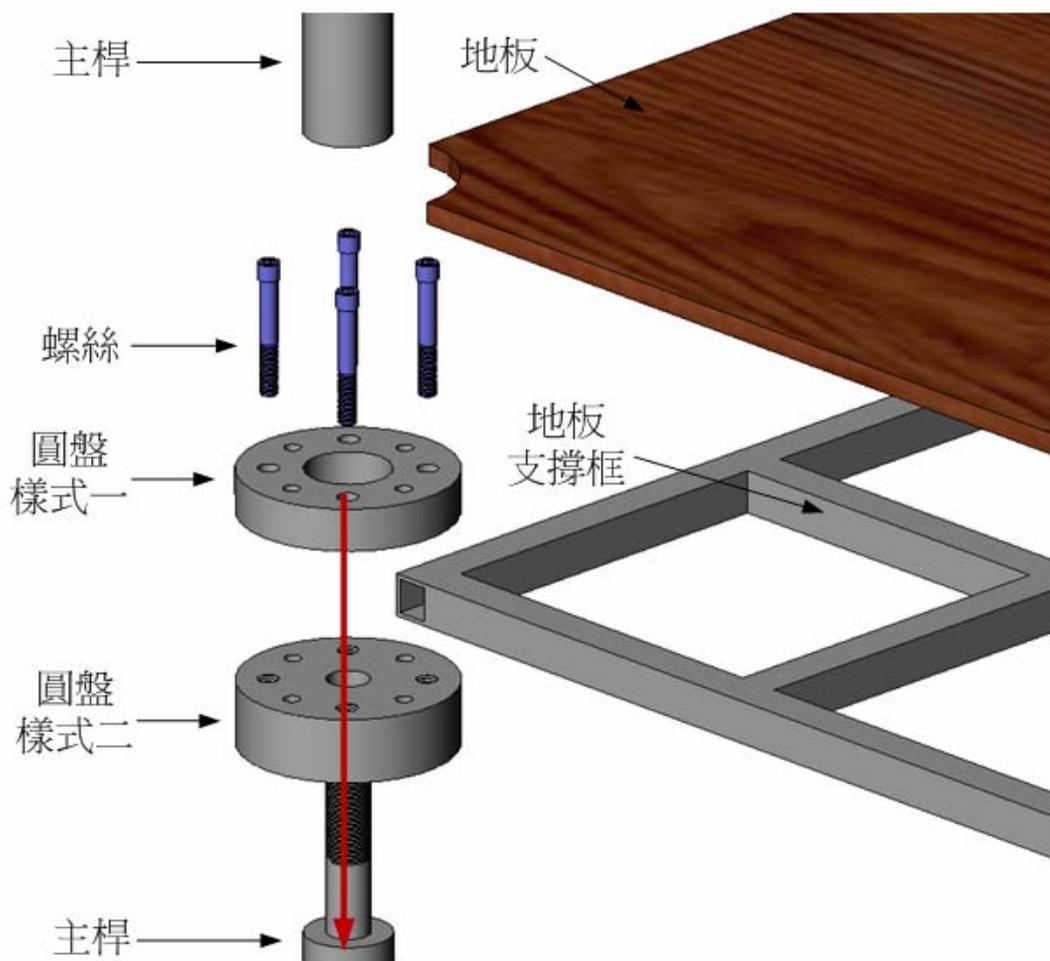


圖 4 組裝方式示意圖

如需拆除單一地板支撐框，需拆解 16 個螺絲一併將上方圓盤提高，即可拿出，如圖 5。

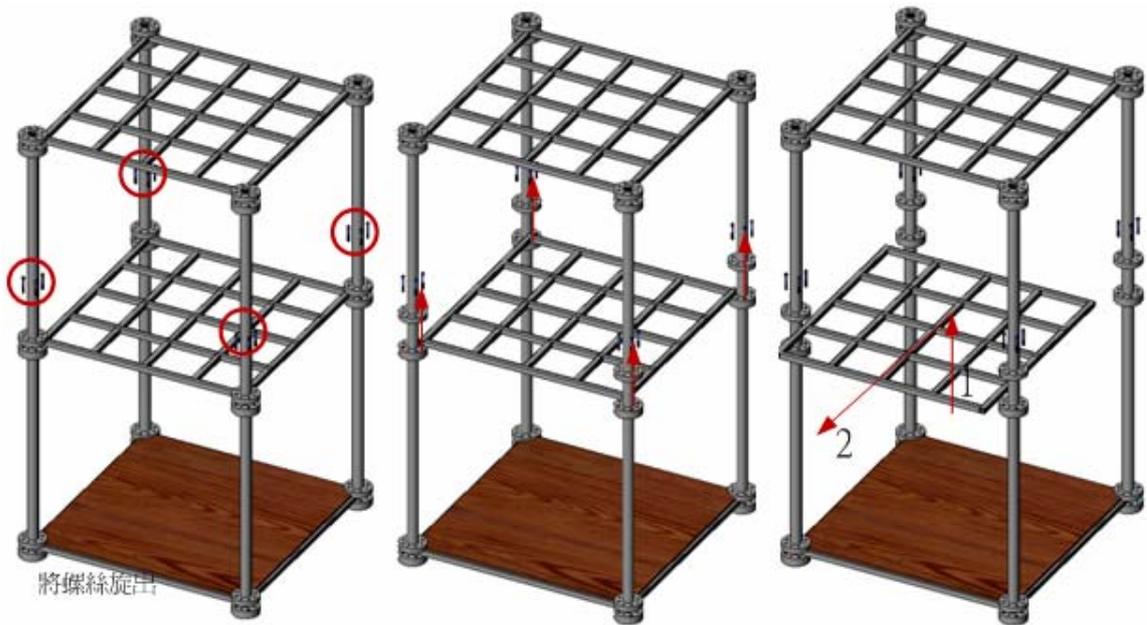


圖 5 地板支撐架拆除示意圖

第三節 隔間網設置

各空間是以可拆卸式隔間網作為區隔，上下方以長短插銷安裝於結構橫桿之安裝孔中，其外框如圖 6 所示，安裝方式如圖 7 所示：

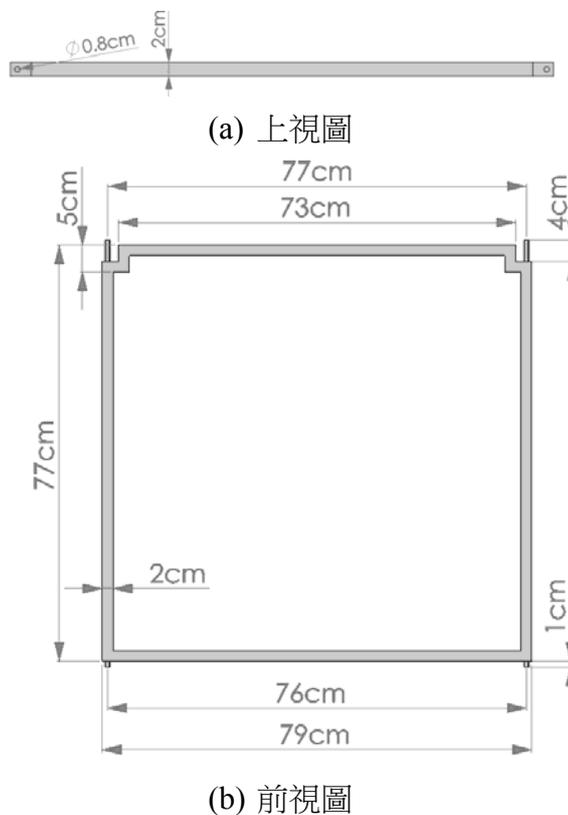


圖 6 隔網外框圖

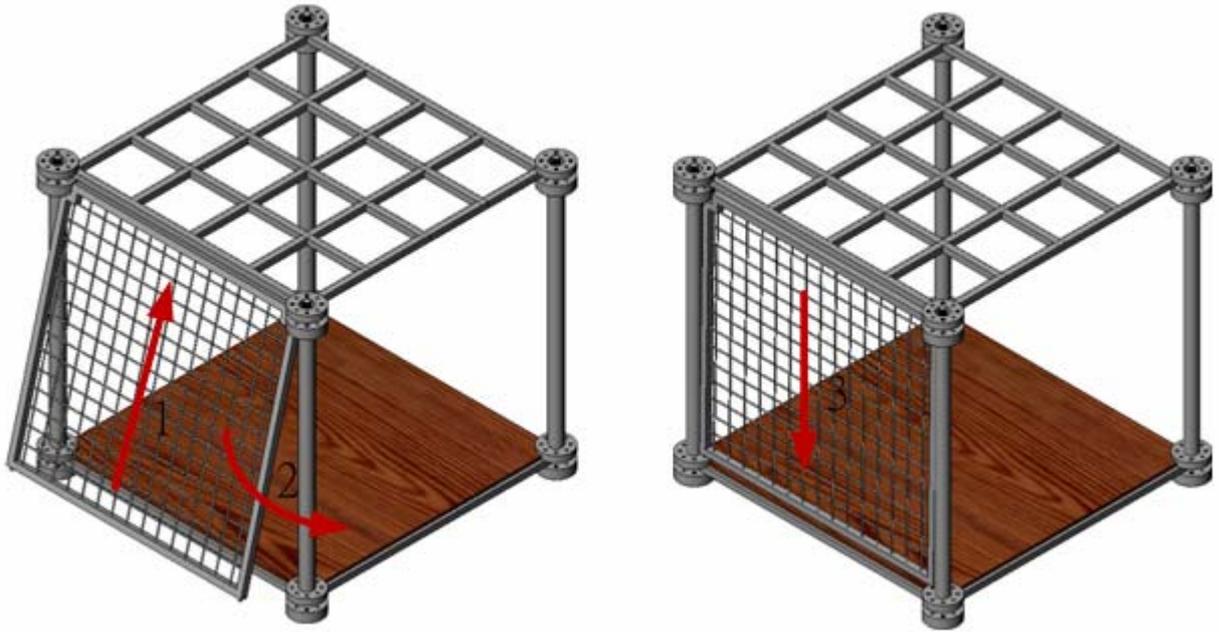


圖 7 隔間網安裝步驟圖

第四節 障礙空間設置

隔間網除做為通道隔間外，亦可視設計需求設計為各式障礙型隔間，基本型隔間網如圖 8(a)所示。另外將隔間網做成密封式，一方面可阻絕大部分煙霧，使煙霧可以在特定的路徑上，也可讓訓練人員體驗光線較不充足之情境訓練，如圖 8(b)所示。各式障礙型隔間與通道如圖 9 所示。

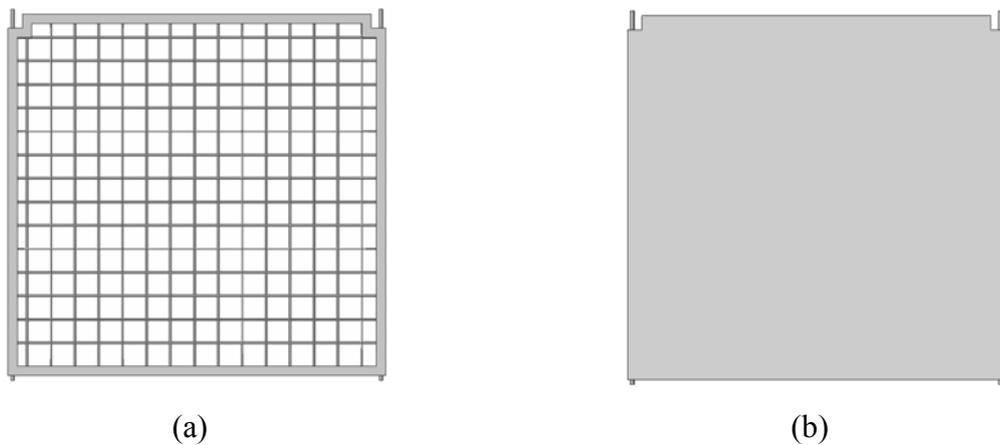
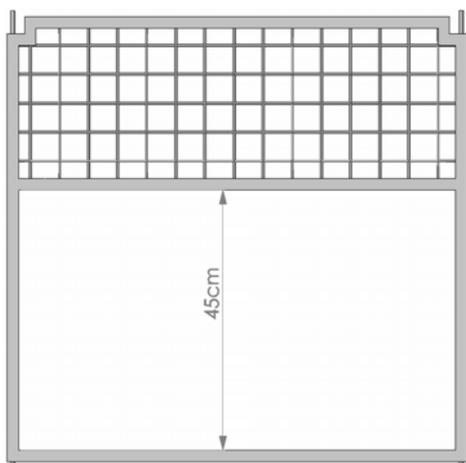
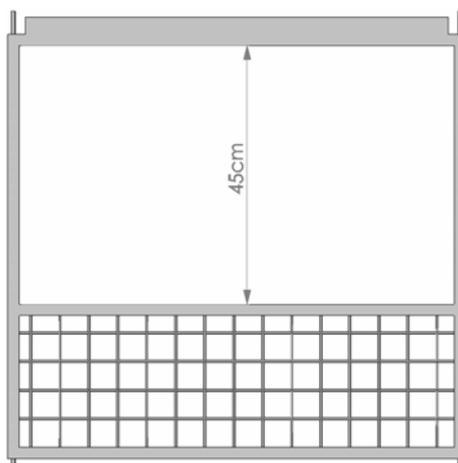


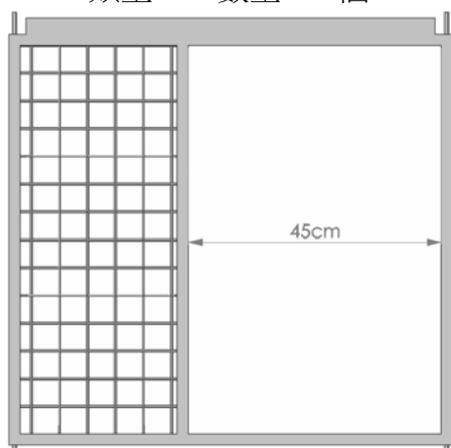
圖 8 基本型隔間網 (鐵絲線徑 4mm，鐵絲各別間距 5cm。數量：86 個)



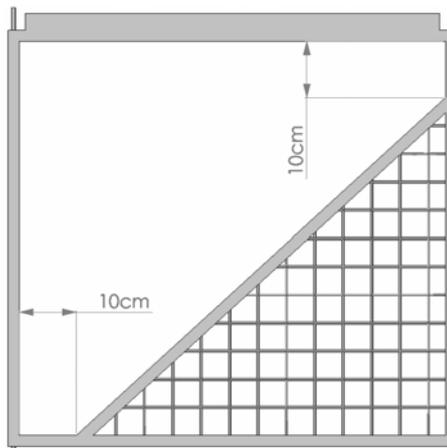
類型一：數量：5 個



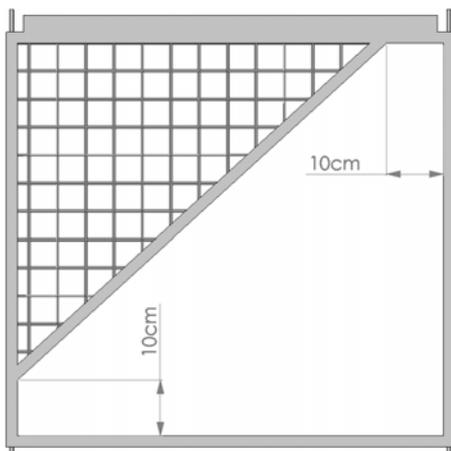
類型二：數量：5 個



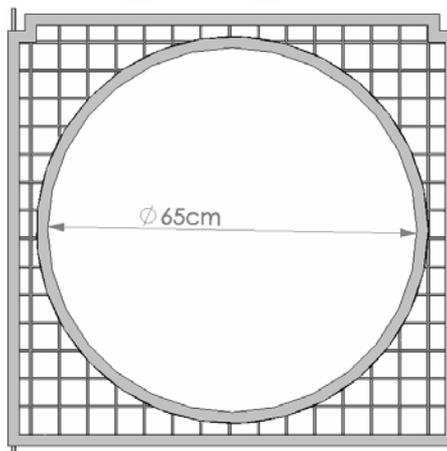
類型三：數量：6 個



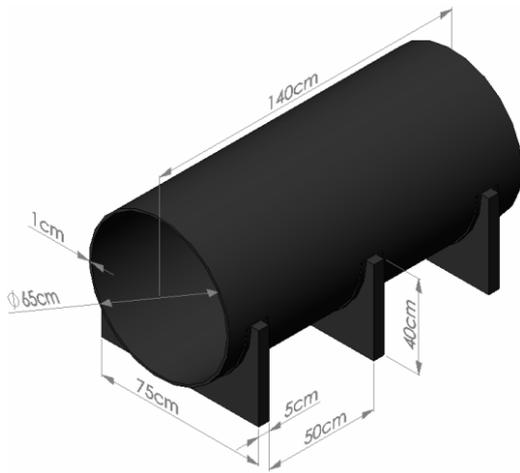
類型四：數量：6 個



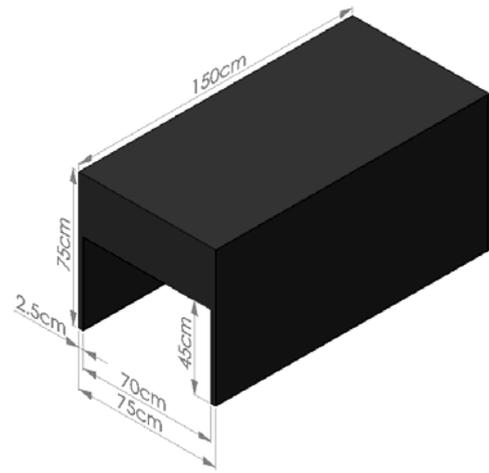
類型五：數量：6 個



類型六：數量：5 個



類型七：數量：2 個(固定)



類型八：數量：1 個(固定)

圖 9 障礙型隔間與通道之類型

第五節 情境路徑規劃

情境路徑規劃如圖 10 及圖 11 所示

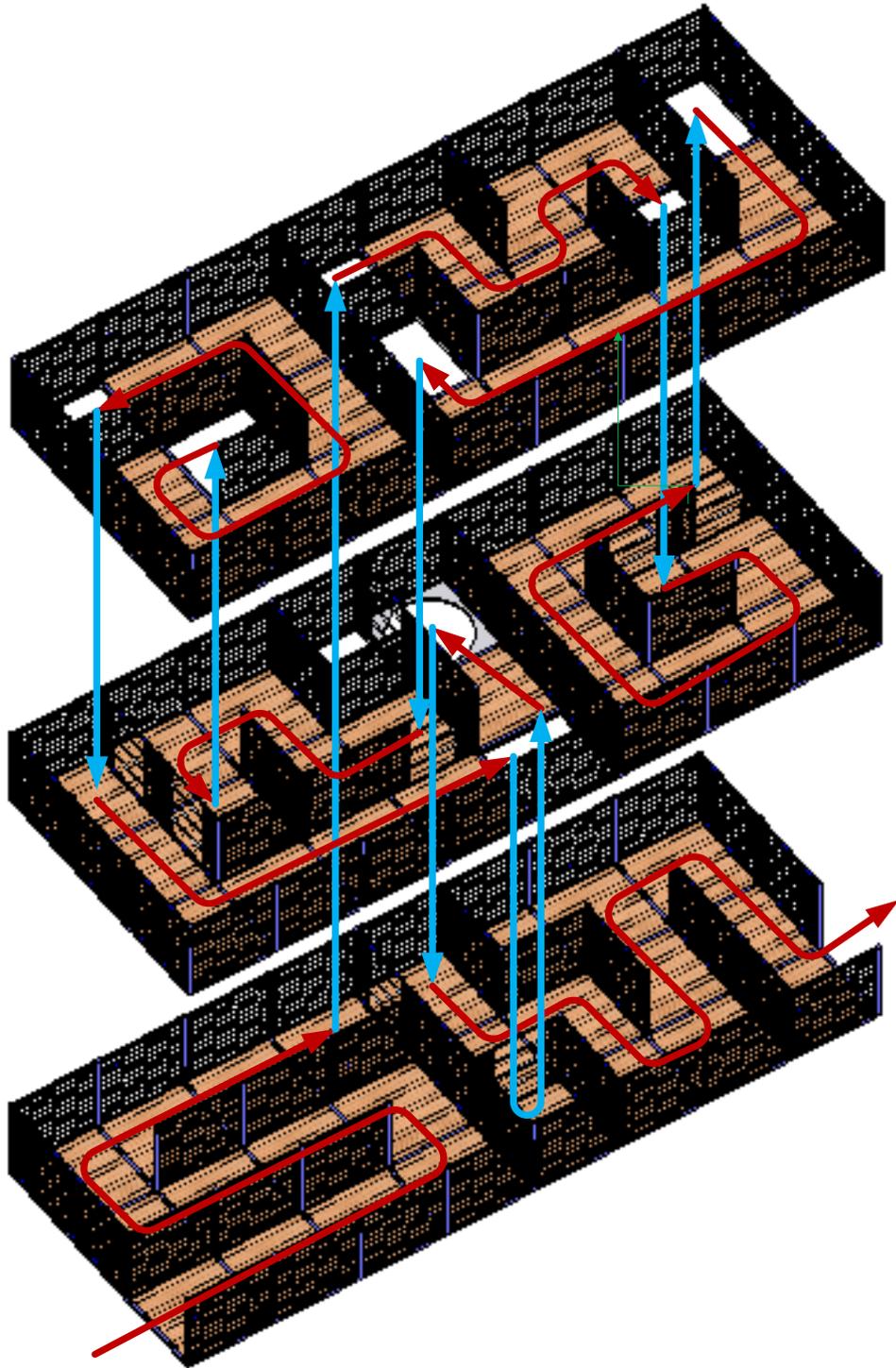


圖 10 情境路徑規劃之一

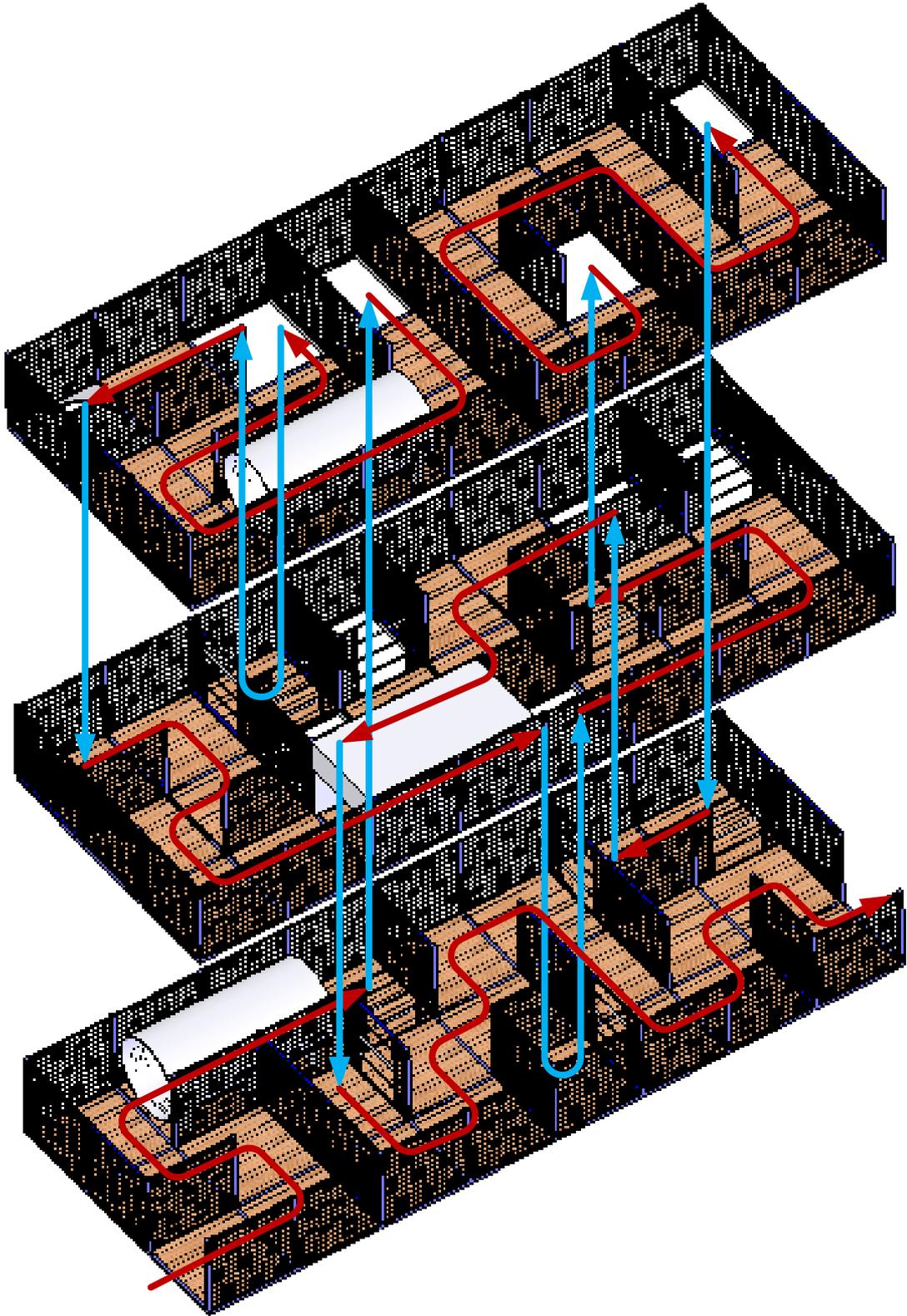


圖 11 情境路徑規劃之二

第六節 附屬周邊設置

附屬周邊設置包含監看攝影機、煙霧產生器、排煙系統、人員位置感測器及隔間板防脫插銷。

1. 監看攝影機、煙霧產生器

訓練場地中安排監看攝影機於四個角落，但為模擬火場或其他災害現場視線不佳之情況，可考慮前後各一，中間兩隻攝影機，以確保能拍攝到各個角度，以方便控制人員監看，一方面煙霧產生器視模擬之情境而作相對應之改變，如圖 12 所示。

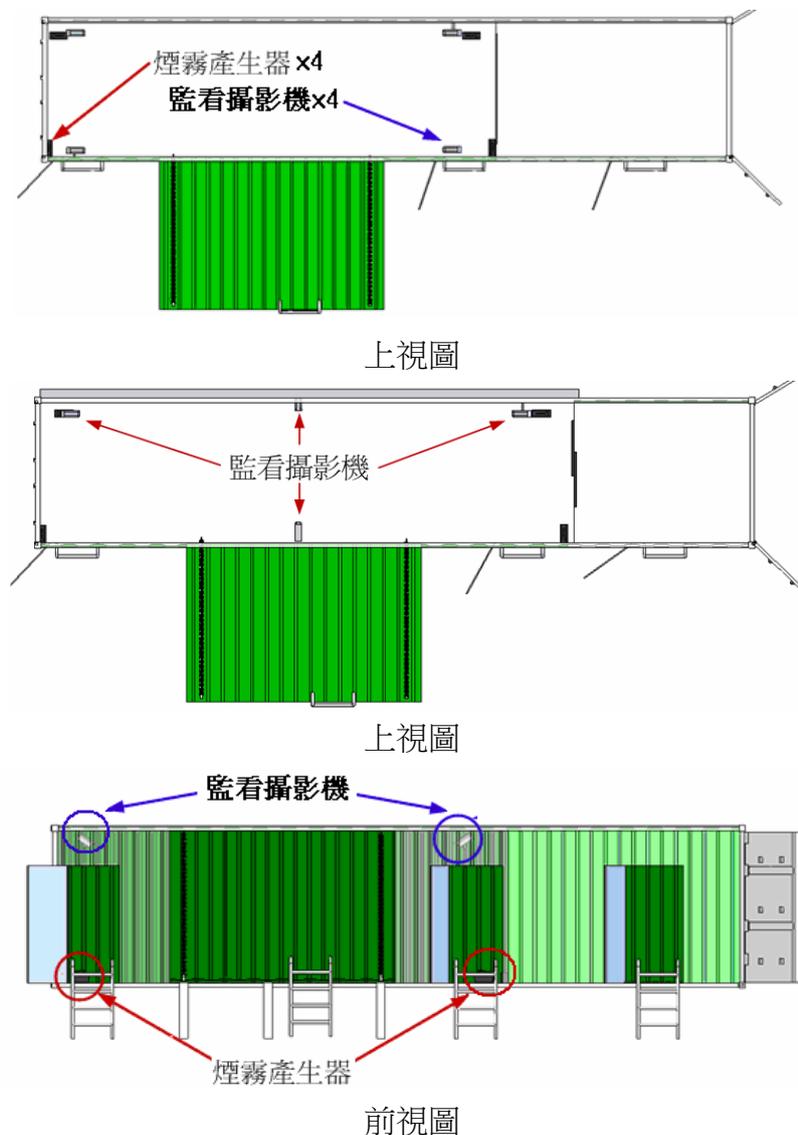


圖 12 監看攝影機、煙霧產生器

2. 排煙系統

裝設數個風扇，形式為百葉窗風扇，當危險時以立即抽取內部煙霧，以確保訓練人員之安全。並且裝設照明燈、安全門燈、蜂鳴器、警示燈來當作必要之安全措施，如圖 13。



圖 13 百葉窗風扇與安裝示意圖

3. 防脫銷

隔間板為提取快拆方式，為避免隔間板因碰撞等因素意外脫落，特於隔間板上安裝防脫銷，套接於上方插銷上，可阻擋隔間板因外力而遭上提以致脫落，防脫銷結構與安裝示意圖如圖 14 所示。

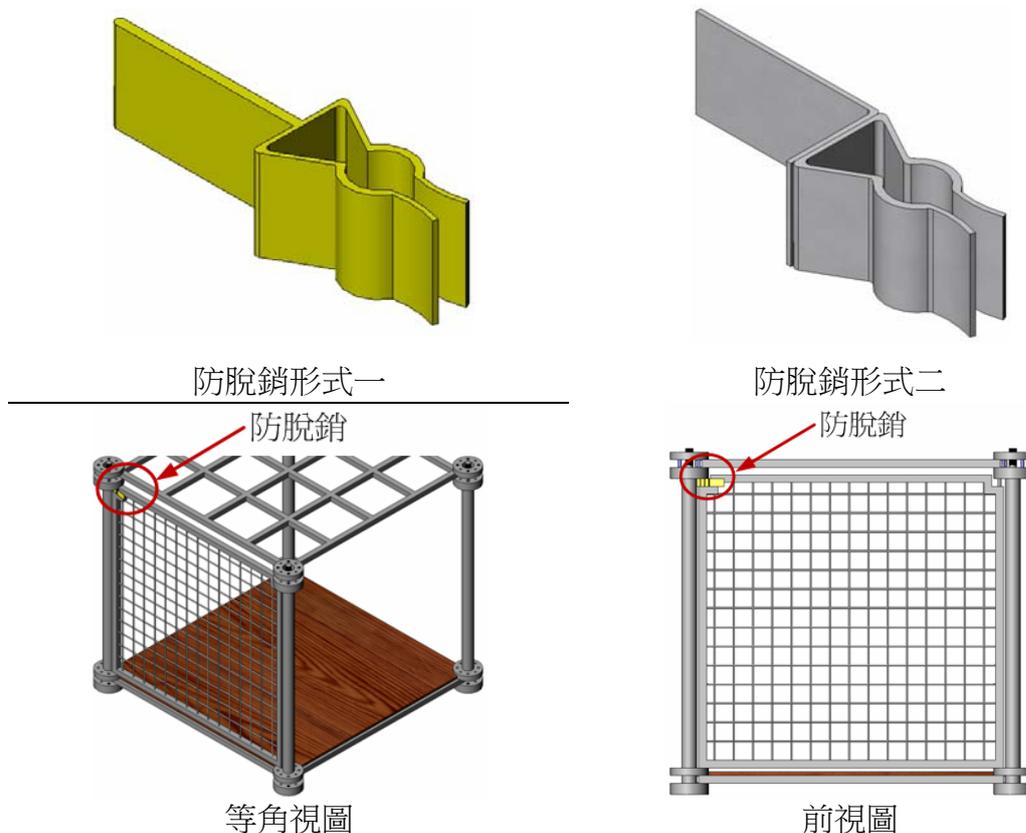


圖 14 防脫銷安裝示意圖

第七節 控制系統

控制系統是以 PLC 可程式控制器作為系統電控部分之 I/O 控制主機，包含控制機台、監看系統與外部手持式控制器。控制台安裝於控制室內，面板上包括：

1. 19 吋液晶螢幕。
2. 控制按鈕：為煙霧產生器之動作與貨櫃側邊鐵板之開合及緊急開關之控制，控制內容包括：
 - (1). 控制煙霧產生器的動作與啟動。
 - (2). 側板開合動作之控制按鈕。
 - (3). 緊急按鈕，在危險時切斷煙霧產生器之動作，並裝設風扇以立即抽取內部煙霧，以確保訓練人員之安全。並且裝設照明燈、蜂鳴器、警示燈來當作必要之安全措施。
 - (4). 外部裝設一個手持式小型控制器，以作為外部工作人員使用。
3. 位置顯示面板：使用 LED 做成矩陣式之位置顯示面板，將位置感測器之回授訊號，傳送到位置顯示面板中，可顯示訓練人員之所在位置。控制台與外部手持式控制器示意圖如圖 15，控制流程如圖 16 所示：

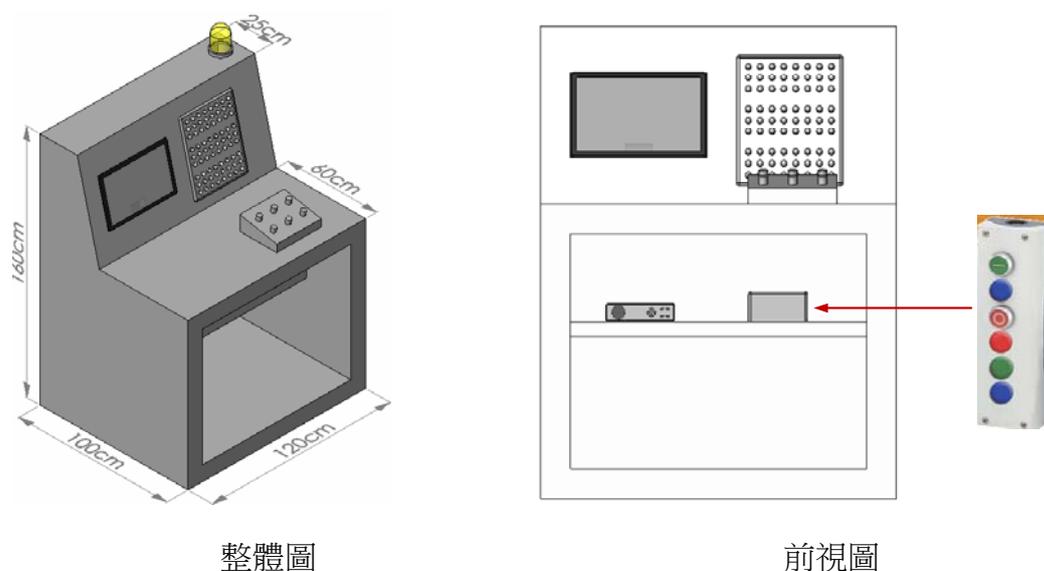


圖 15 控制台與外部手持式控制器

控制流程如下：

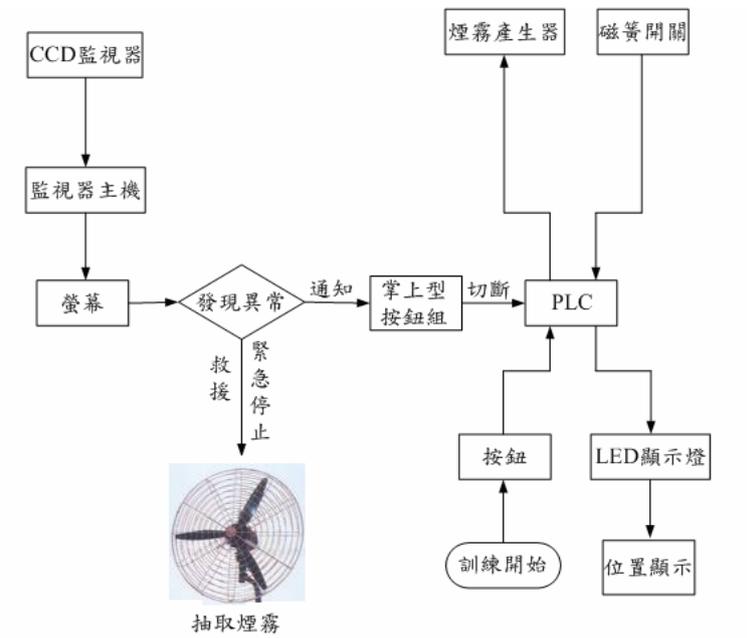
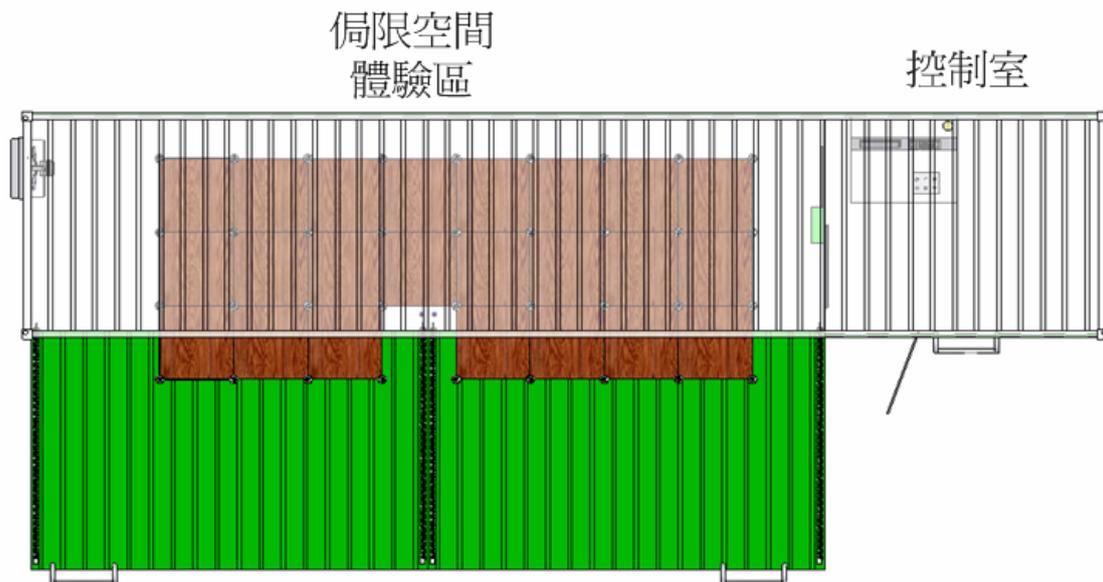


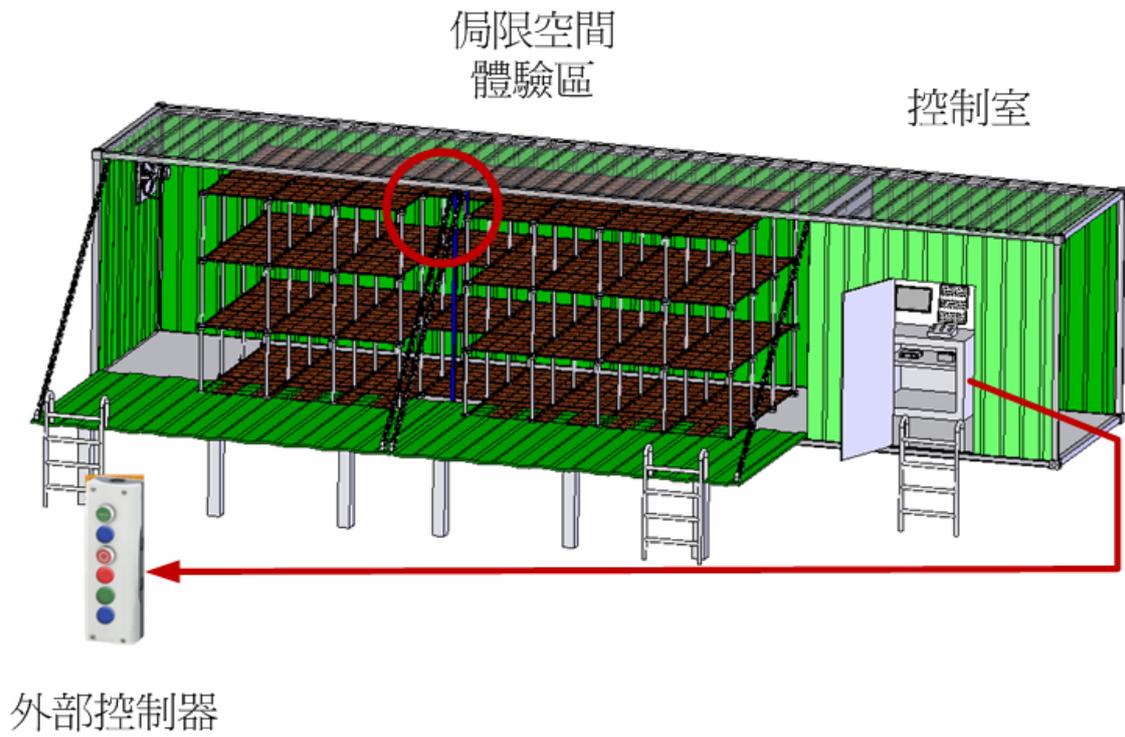
圖 16 控制流程圖

第八節 整體外觀

因開合機構有鉸鍊之因素，所以需讓出一格侷限空間之位置，如圖紅色圈起之部分。整體外觀如圖 17 所示：



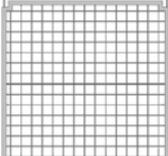
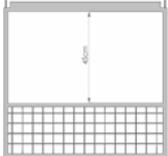
(a) 上視圖

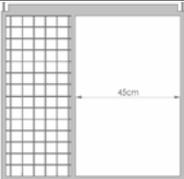
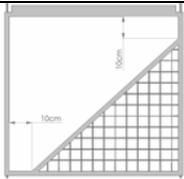
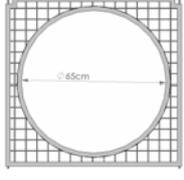
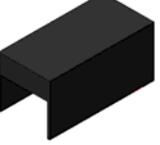


(b)

圖 17 整體外觀示意圖

表 1 網格數量表

項目	樣式	數量
1		60 個(視情況增加)
2		50 個(視情況增加)
3		5 個
4		5 個

5		6 個
6		6 個
7		6 個
8		5 個
9		2 個
10		1 個
11		72 個
12		72 個 (木質地板)

第九節 地板支撐架之強度進行分析

在此針對地板支撐架之強度進行分析。圖 18 所示為地板支撐架示意圖，於本設計中地板支撐架之四個角落由固定圓盤支撐，並以螺栓鎖固於圓盤之上。地板支撐架與固定圓盤之組裝關係如圖 19 所示。

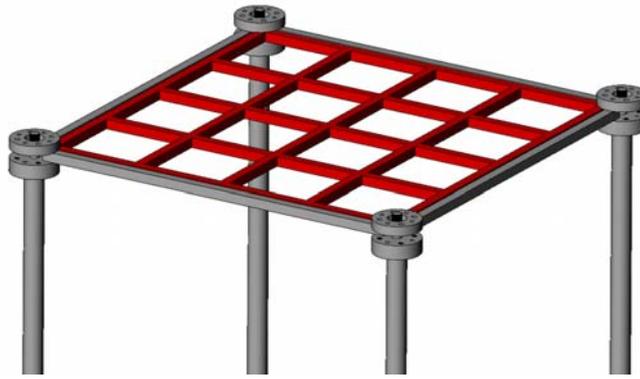


圖 18 地板支撐架示意圖

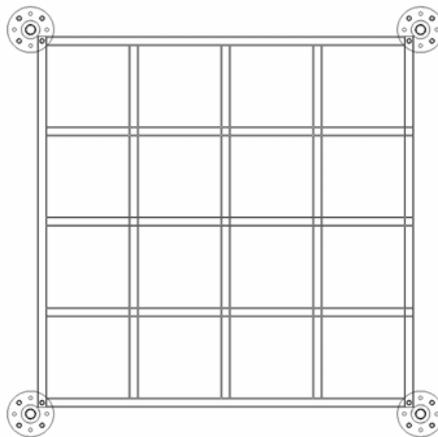


圖 19 地板支撐架與固定圓盤之組裝關係圖

在本設計中，地板支撐架乃是由 20mm × 20mm 正方形截面之空心鋼樑組合焊接而成，其壁厚為 2mm。本研究利用 Solidworks 建立其圖檔後，匯入 Abaqus 軟體進行其有限元素應力分析。

1. 材料性質

本研究之地板支撐架選用結構用鋼 SS41(CNS SS400) 作為材料，其機械性質如表 2 所示。

表 2 結構用鋼 SS41(CNS SS400)機械性質

彈性係數 (MPa)	205×10^3
浦松比 Poisson's Ratio	0.3
降伏應力(MPa)	250
抗拉強度(MPa)	510

2. 邊界條件設定

由圖 19 所示之地板支撐架與固定圓盤之組裝關係圖，便可進行地板支撐架之邊界條件設定如圖 20 所示。我們將地板支撐架四個角落與固定圓盤接觸之區域劃分出來，並限制此一區域之平面在座標軸 2 方向上之運動。此外，我們並限制地板支撐架四個角落上之孔壁在座標軸 1 與 3 方向上之運動。

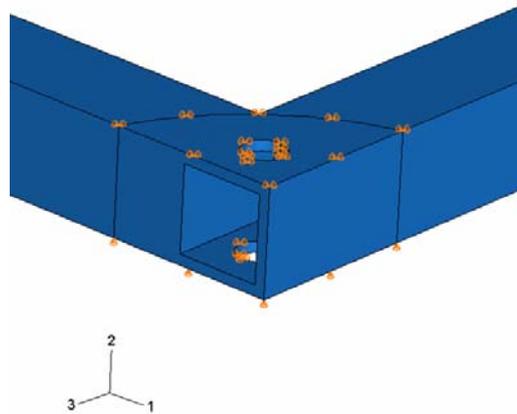


圖 20 地板支撐架之邊界條件設定

3. 負載條件設定

在此處我們進行模擬當質量 100kg 之使用者站在地板上時，地板支撐架所承受之應力。質量 100kg 之使用者受地心引力所產生之重力為 981N，理論上 981N 之力量應會透過地板平均分佈於地板支撐架之上。但在實際應用上，隨著地板材質之不同以及和地板支撐架間之組裝誤差，重力有可能集中施加在支撐架之局部區域。為了模擬此種較極端的現象，我們將 981N 之力量集中施加在地板支撐架十字交叉區域，如圖 21 所示。

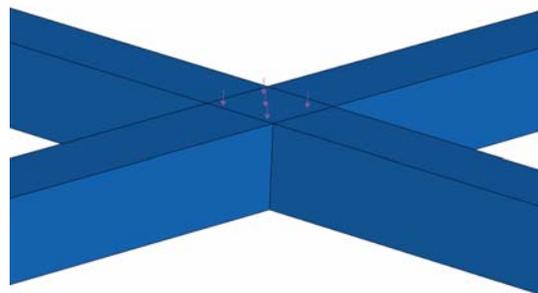


圖 21 地板支撐架之負載條件設定

4. 模擬結果

為了模擬力量施加在地板支撐架上不同位置所造成之影響，我們進行了以下三種不同之負載條件設定，並分別進行分析。

(1) 負載條件設定 A

首先我們將負載集中於地板支撐架之中央進行分析模擬，負載條件設定 A 如圖 22 所示，其應力模擬結果如圖 23 所示。

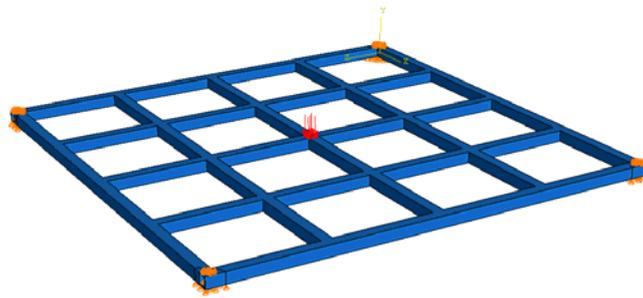


圖 22 負載條件設定 A

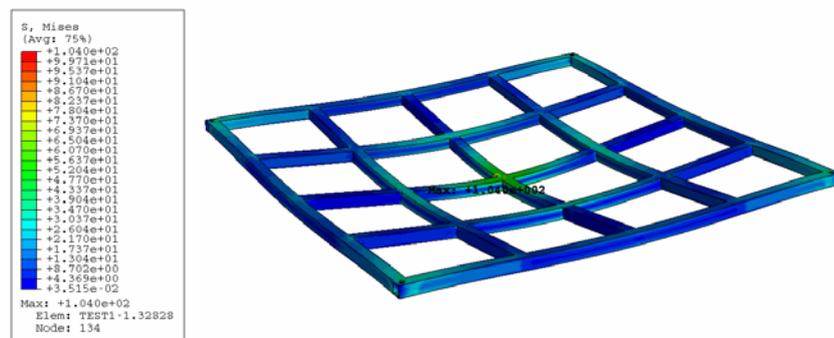


圖 23 負載條件設定 A 之應力分析結果

(2) 負載條件設定 B

其次我們將負載條件設定為如圖 24 所示之設定 B，其應力模擬結果如圖 25 所示。

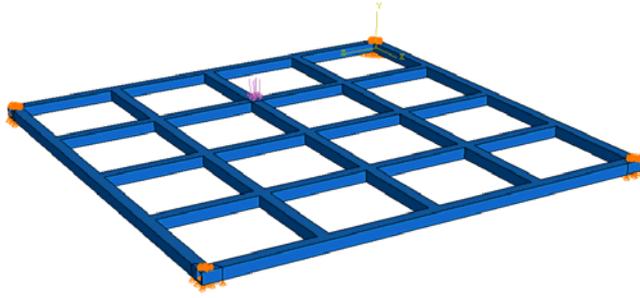


圖 24 負載條件設定 B

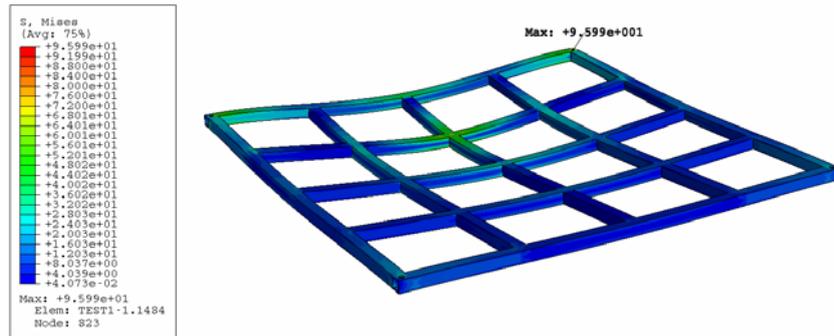


圖 25 負載條件設定 B 之應力分析結果

(3) 負載條件設定 C

其次我們將負載條件設定為如圖 26 所示之設定 C，其應力模擬結果如圖 27 所示。

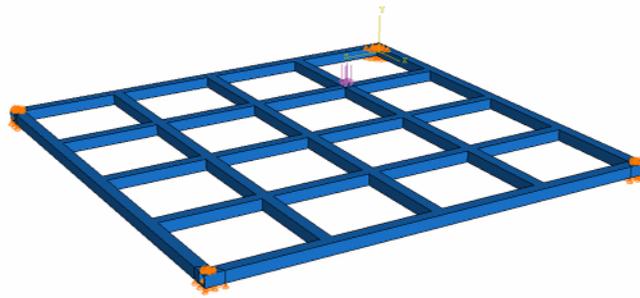


圖 26 負載條件設定 C

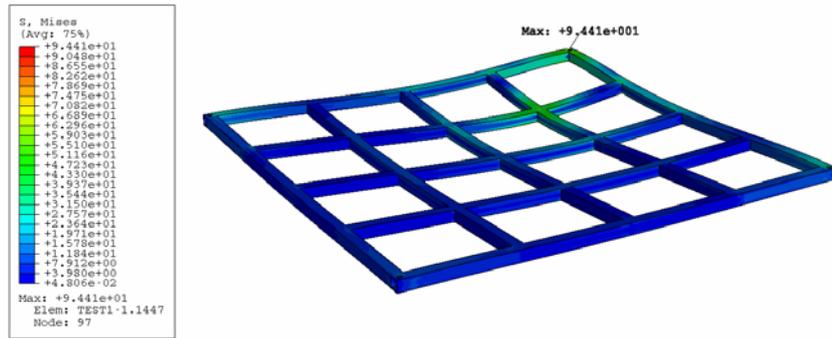


圖 27 負載條件設定 C 之應力分析結果

由以上 A、B、C 三種不同負載條件設定下所得之分析結果可得知，其最大應力分別為 104 MPa、96 MPa 與 94 MPa，均較材料之降服強度 250 MPa 之有一段差距。因此本研究所設計之地板支撐架其強度應屬足夠。

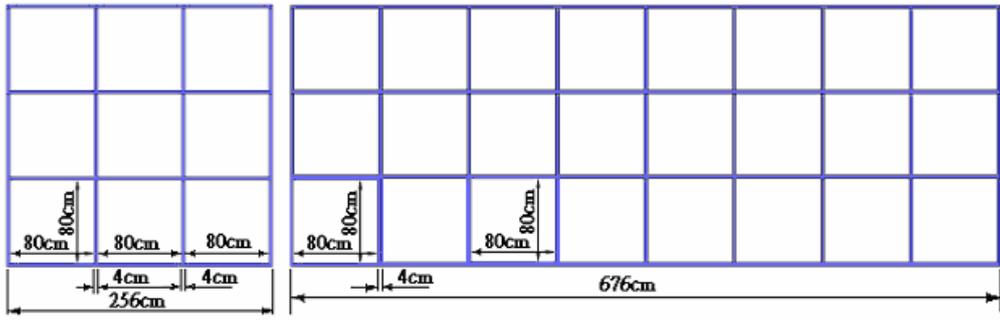
第十節 實驗測試與操作說明

1. 應用教育訓練

濃煙體驗器可將情境設置為一般常見的情境；如模擬坑道訓練，黑暗侷限空間，模擬下水道訓練，搭救人員之訓練等。

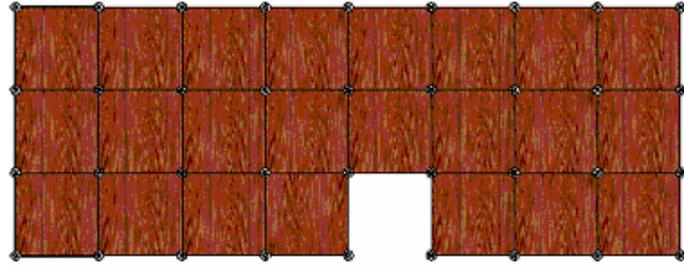
2. 本體機構設計：

侷限空間通道訓練機構主體為安裝於 40 呎貨櫃內共 69 格（3×3×8-3 格）每格內部尺寸 80cm×80cm×80cm 之可拆式通道結構，為避開貨櫃支撐柱，需移除支撐柱所在之 3 格空間，通道結構三視圖如圖 2.28 所示；貨櫃側板分割為兩片 4.5m 寬可向下傾倒之門板，以鋼索拉動開關，門板外緣並安裝可調整支撐腳，可於門板傾倒時調整支撐側板重量，並維持門板於水平狀態，貨櫃側板上緣裝置兩組可收疊式爬梯；貨櫃側板開啟位置中央另外安裝支撐柱以維持貨櫃強度，如圖 29 所示。控制室與通道訓練機構間以落地鋁門隔開並配置四台煙霧產生器作為訓練時煙霧情境之產，並安裝抽風扇做為內部空氣循環與排煙之用，如圖 30 所示。

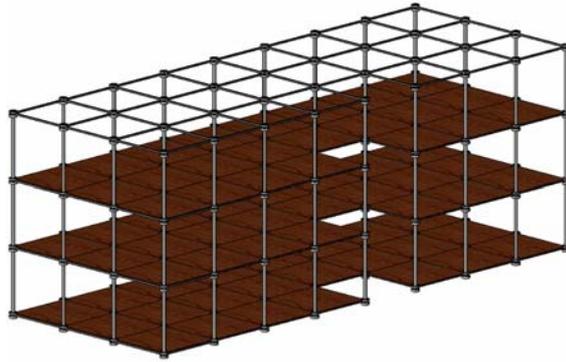


(a)側視圖

(b)前視圖



(c)安裝地板後之通道結構上視圖



(d) 立體示意圖

圖 28 通道結構三視圖與立體示意圖



(a) 鋼索拉動開關之門板側視圖



(b) 鋼索拉動開關之門板前視圖



(c) 調整支撐腳



(d) 可收疊式爬梯與支撐柱

圖 29 貨櫃側板開啟開啟圖



(a) 控制室隔間門



(b) 煙霧產生器



(c) 抽風扇

圖 30 控制室隔間門與抽風扇

3. 內部空間設計：

內部空間設計為模組化之結構，各通道間以網狀隔板隔開，網狀隔板利用垂直柱上、下端組裝圓盤上之定位孔安裝，以上端長、下端短之插銷方式固定，可以上提方式快速拆卸，並可依路徑的變化需求做任意之修改，不受限於單一路徑，地板下方安裝支撐框架以加強支撐，並設置有圓形通道、方形侷限通道及爬梯等裝置，內部空間之結構組件如圖 31 所示。



(a) 底座



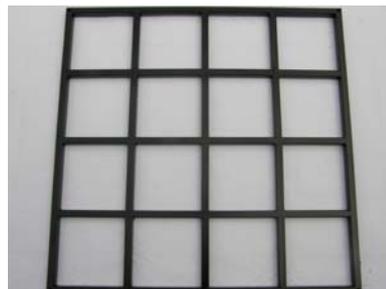
(b) 支撐桿



(c) 組裝圓盤一



(d) 組裝圓盤二



(e) 地板支撐框架



(f) 地板



(g) 隔網



(h) 爬梯



(i) 圓形通道



(j) 方形侷限通道

圖 31 內部空間之結構組件

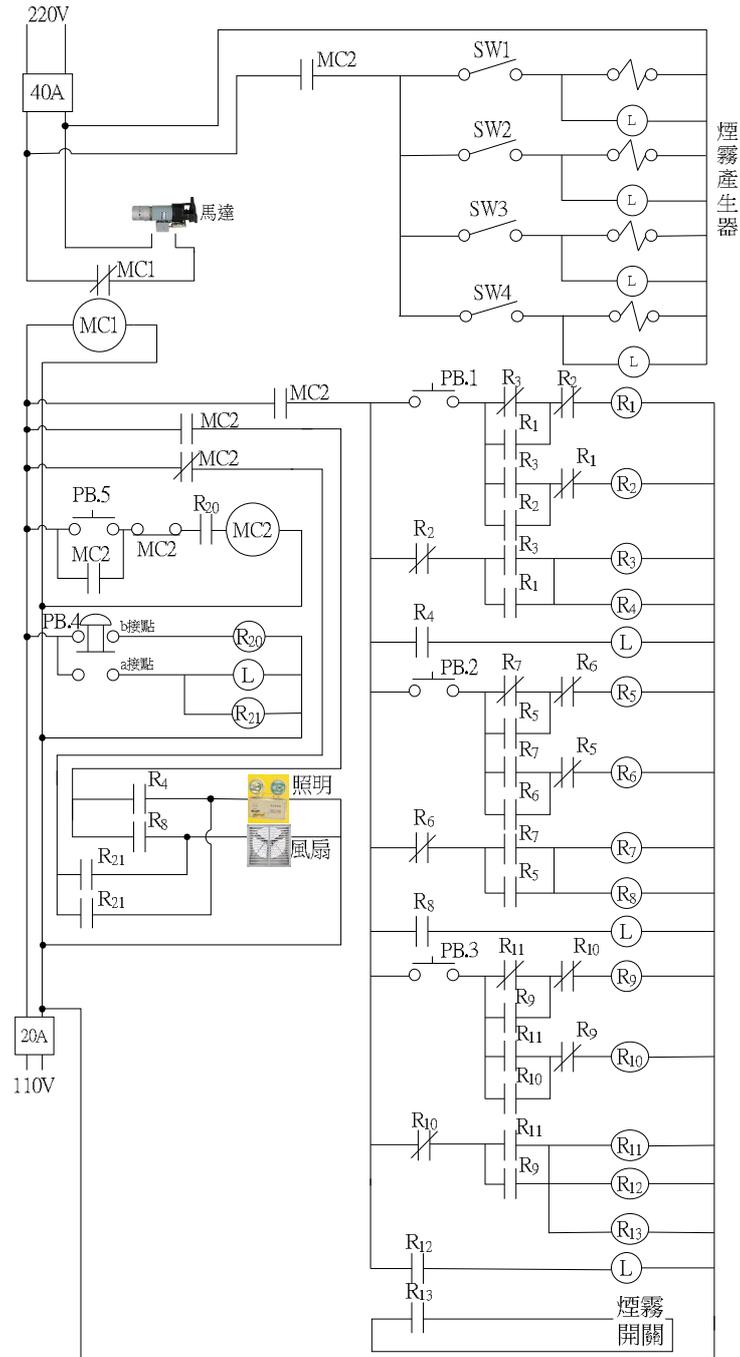


圖 32 控制電路圖

4. 電控系統：

電控系統包含照明、風扇、馬達及煙霧控制，考量在運作中之安全，在迴路中設置 EMS 急停按鈕與過載保護，側邊門開啟所用之 220VAC 交流減速馬達於控制系統供電時，經由 110VAC 電磁接觸器斷電，以防止系統於使用時誤觸馬達開關而關上貨櫃門板，造成構建之損傷及危及人員之安全；急停按鈕按下時可切斷煙霧產生器之電源，並停止所有動作輸出，同時開啟照明及抽風扇電源，提供人員撤離之照明及煙霧之強制排出，控制電路如圖 32 所示。

(1) 控制器配置：

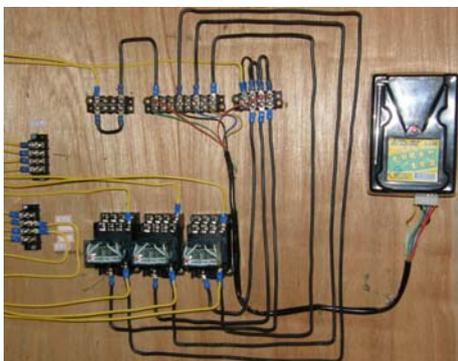
主控制面板採用按鈕控制，設計有**啟動按鈕**、**風扇控制按鈕**、**照明控制按鈕**、**急停按鈕**、**煙霧控制**及**煙霧選擇開關**，各按鈕旁並安裝有顯示燈以顯示受控系統之 ON/OFF 狀態。另設計一組手持式無線控制器，包含煙霧、照明及風扇控制三組輸入訊號接入控制台，提供外部控制人員使用，控制器配置如圖 33 所示。



(a) 主控制台



(b) 控制面板



(c) 無線控制接收器配線圖



(d) 無線遙控器

圖 33 控制器配置圖

(2) 控制台

控制台為立式機台，控制器安裝於控制台水平面部位，垂直面版上嵌入監視器，控制配線安裝於機台下方及內部垂直板面上(如圖 34)。



(a) 控制台主體



(b) 機台下方配線圖



(c) 垂直板面配線圖

圖 34 控制台配置圖

(3) 監看系統

貨櫃內部安裝 4 台 CCD 監視器，連線於控制台面上之監視器，配合影像擷取機可以同時處理四組之 AV 輸入並即時錄製，方便控制室內之人員於隔鄰監視現場之情況，若有突發狀況可以迅速發現並處理，並可錄製整個過程，可方便日後影像之擷取，監視器監看系統如圖 35 所示。



CCD 監視器



影像擷取機

圖 35 監視器監看系統

5. 侷限通道空間安排

以模組化設計的三層可拆式結構，設有圓形管道、方形侷限通道、黑暗空間及各式障隔間，模擬救援時可能遇到之各種阻礙。亦可搭配燈光與煙霧機製造煙霧瀰漫之效果，以模擬真實煙霧救援之情境，侷限通道空間安排如圖 36 所示。



(a) 模擬黑暗中之路徑-1



(b) 模擬黑暗中之路徑-2



(c) 模擬管路或圓形坑道之路徑



(d) 障礙物隔間



(e) 人員實際爬行之模擬情況-1



(f) 人員實際爬行之模擬情況-2



(g) 人員實際爬行之模擬情況-3



(h) 人員實際爬行之情況-4



(i) 人員實際爬行之情況-5

圖 36 侷限通道空間安排

6. 安全注意事項

在安全注意事項中電控系統包含照明、風扇、馬達及煙霧控制，考量在運作中之安全，有設置 EMS 與過載保護，側邊門開啟為 220VAC 交流減速馬達，經由 110VAC 電磁接觸器斷電，以防止系統於使用時誤觸馬達開關而關上貨櫃門板，造成機構上的損壞或危害人員之安全。並且在側邊門開啟時需淨空側邊門倒下之距離，以防止鋼索斷裂之可能性。

第三章 爬梯體能訓練機之設計

爬梯體能訓練機是以綜合垂直型爬梯與 45 度型爬梯之方式設計，外觀尺寸如圖 37 所示。其內部櫥以加強結構及安裝動力及傳動系統，內部結構如圖 38 所示。

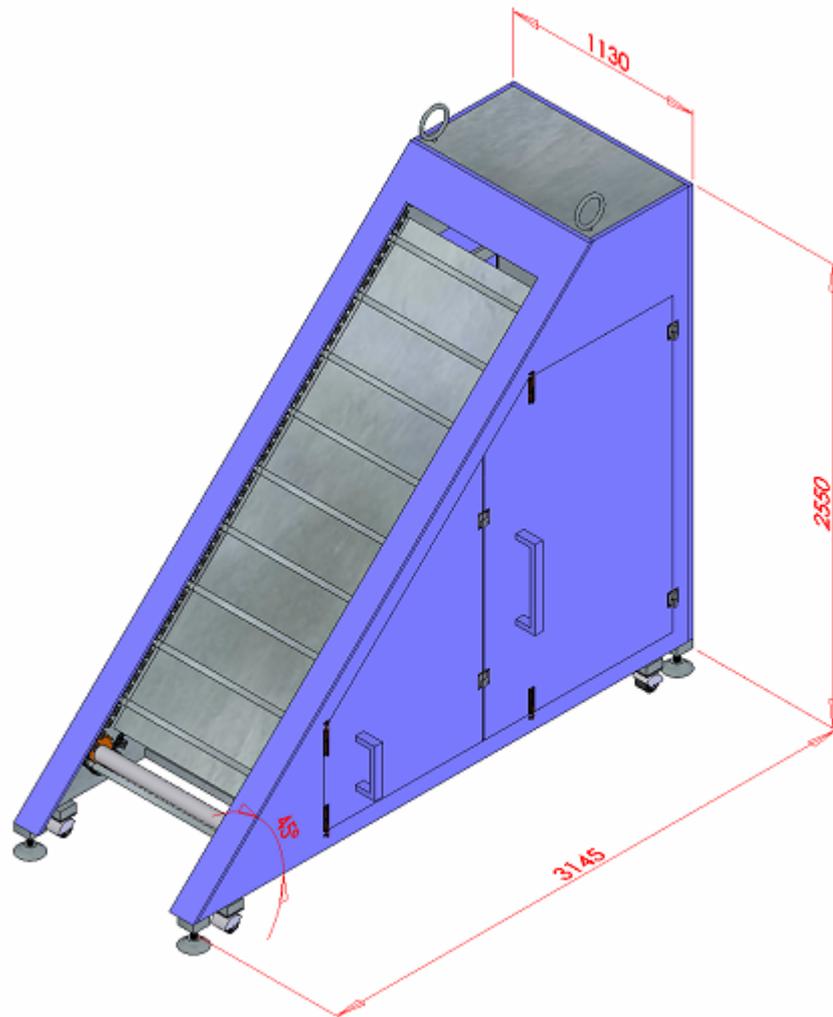


圖 37 爬梯體能訓練機外觀尺寸圖

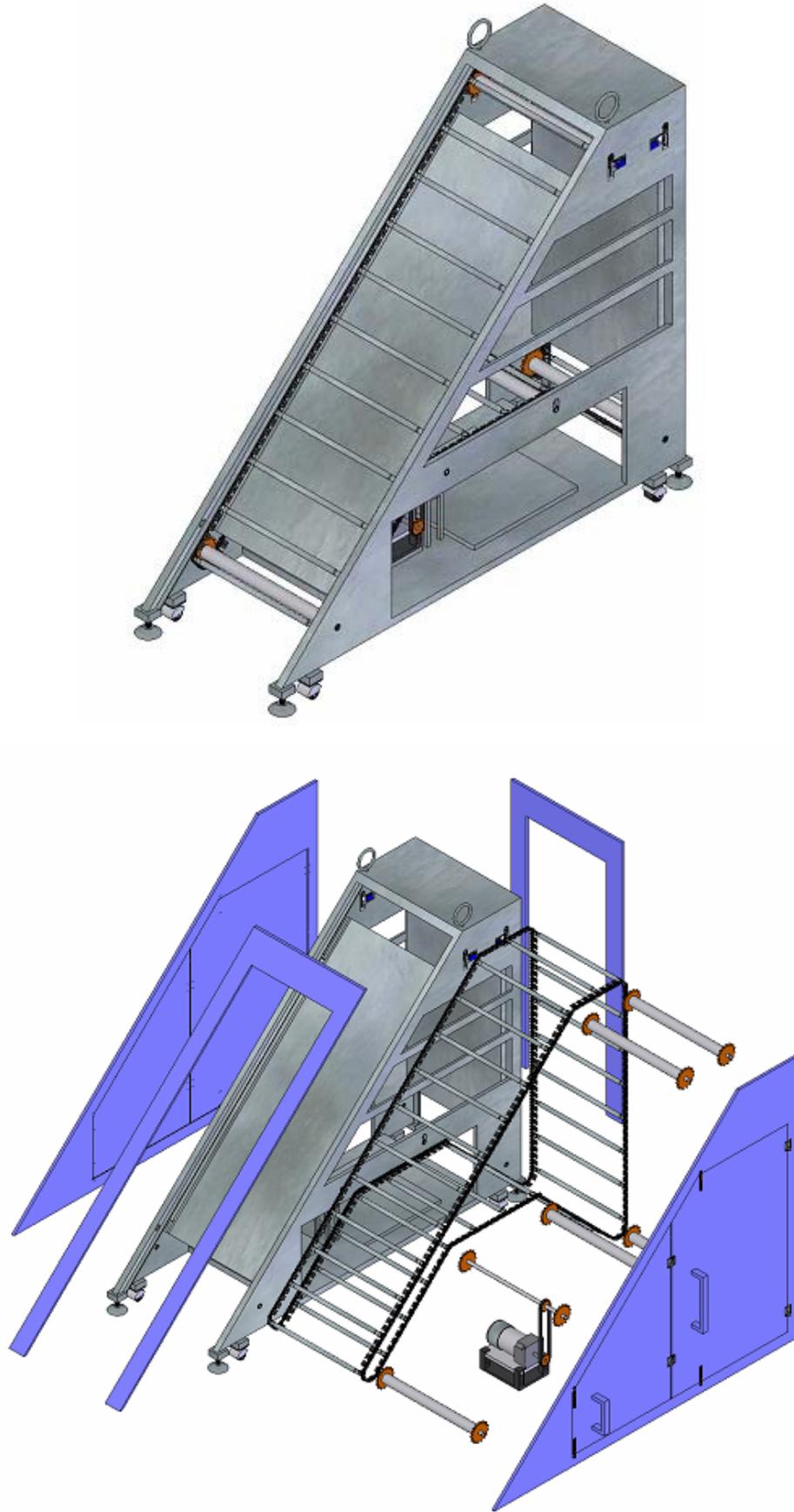


圖 38 內部結構圖

第一節 運轉方式

為配合雙邊使用，故動力系統設計為可雙向轉動之方式，人員運動之方向與爬桿動作方向相反，爬桿運動區寬度約 80cm，垂直區運動行程約為兩米 (200cm)，45 度運動行程約為兩米七 (270cm)，於垂直區運動時可模擬背包負載外拉之形式，45 度區運動時可模擬背包負載下壓，整體機構運動方式示意圖如圖 39 所示。

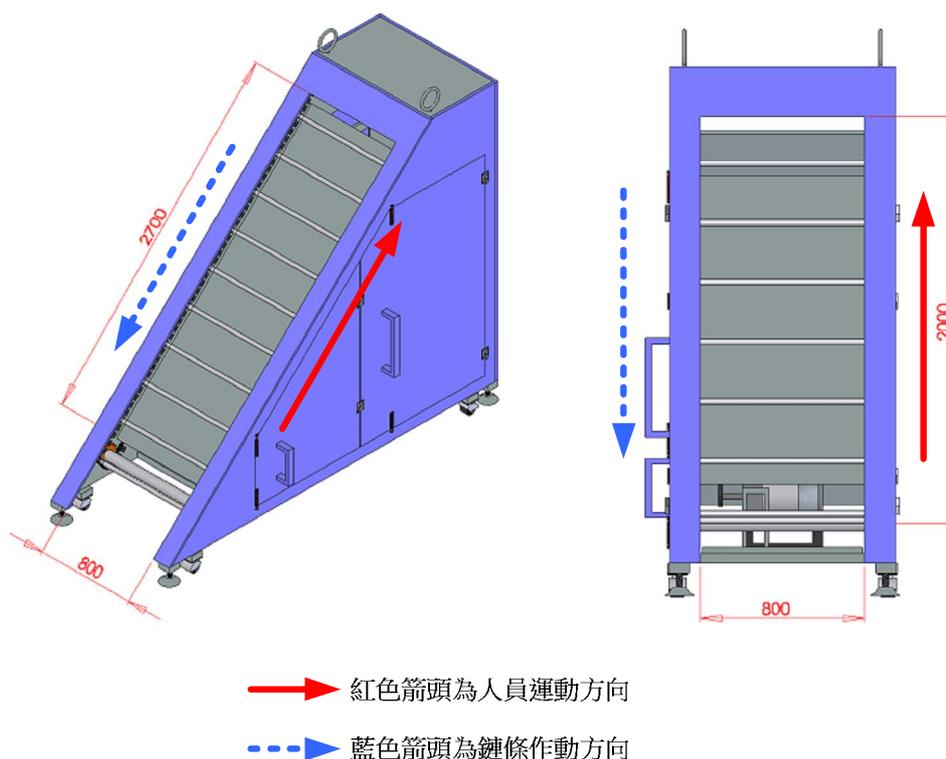


圖 39 整體機構運動方式示意圖

第二節 啟動感測裝置

為保護訓練機使用者之安全，於上部鍊條傳動齒輪之軸承座安裝復位彈簧使上部傳動軸可上下移動，於軸承座下方安裝極限開關，當爬梯負載有人使用時，觸動極限開關使控制電源開啟，配合延時啟動設計，於電源開啟後數秒馬達方開始運轉，此負載感應延時啟動系統之架構如圖 40 所示。啟動感測裝置中的復位彈簧在鏈條斷裂或脫落之後能將極限開關解除，以達到停機之目的，能成為鏈條斷裂或脫落時之自動停機保護裝置。

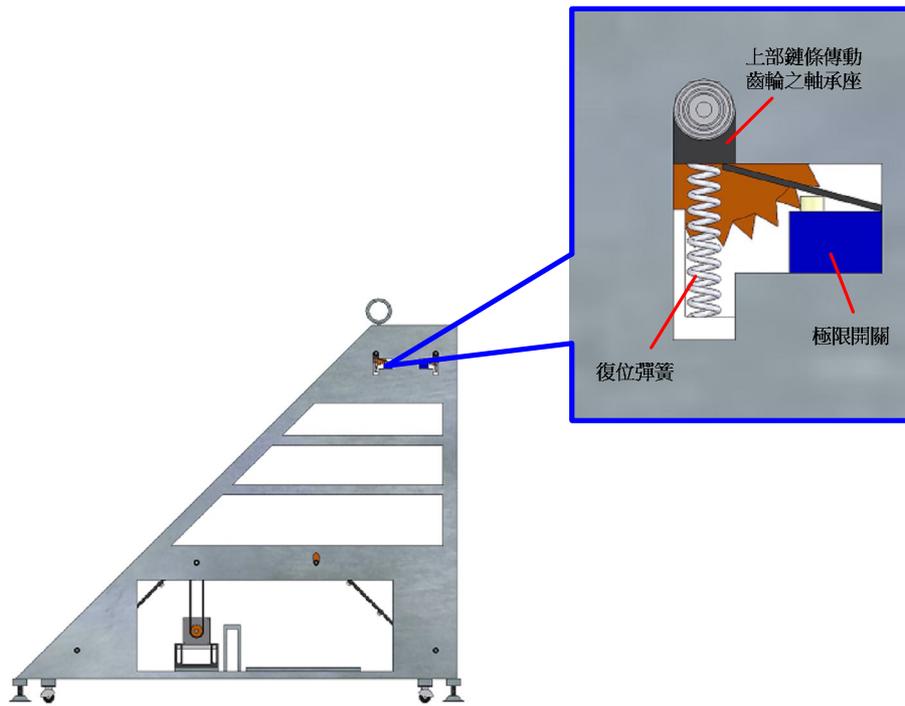


圖 40 負載感應延時啟動系統

第三節 安全裝置

於行程末端安裝紅外線感應器，以常閉接點之方式連接動力系統，當施測人員運動至行程末端時，觸動感應器，系統立即停止動作，行程末端感應器設置如圖 41 所示。並於機台側安裝壓扣式急停按鈕以便於意外狀況發生時方便周邊人員緊急停止系統之用，急停按鈕設置如圖 42 所示。為防止人員墜落，爬桿上需要有摩擦阻抗(壓花或增加塑膠套筒)避免手滑而墜落，並考量在周圍放置軟墊避免發生意外墜落。

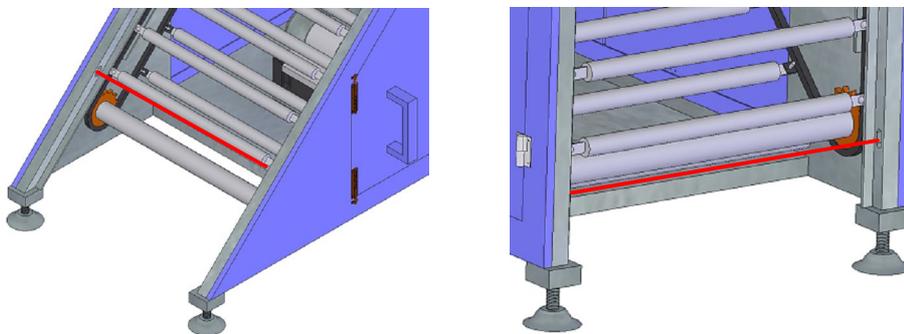


圖 41 行程末端感應器設置圖

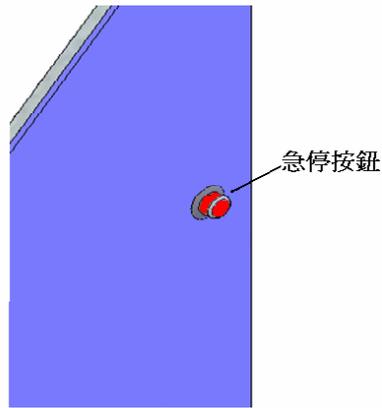


圖 42 急停按鈕設置

同時裝設一個內部檔板，防止人員在訓練過程中，踩空或插入爬桿間的空隙。示意圖如圖 43 所示。

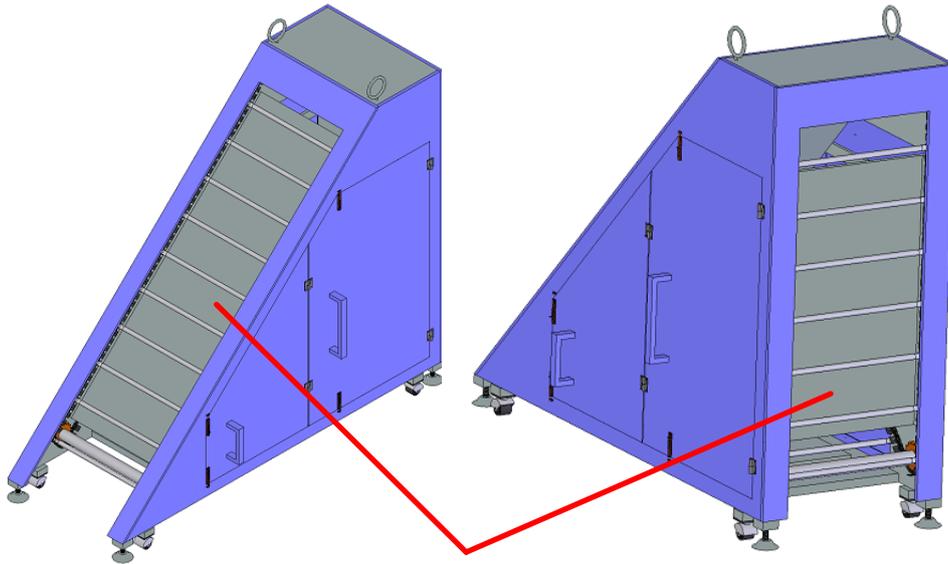


圖 43 內部檔板示意圖

第四節 動力與傳動系統

動力系統以做電力或液壓馬達帶動之選擇，爬桿之傳動是以鍊條帶動絞合式橫桿作為系統之傳動，如以電動馬達帶動，選擇單相 220V 交流馬達配合調速機與減速齒輪組作為動力來源，電氣式馬達帶動系統示意圖如圖 44 所示。

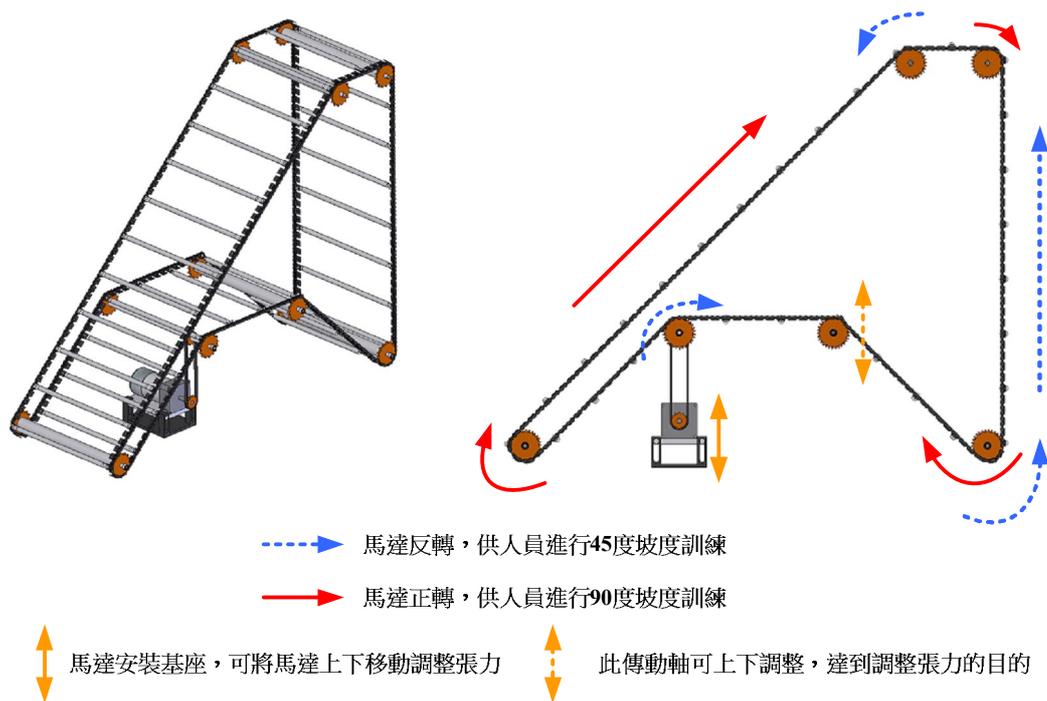


圖 44 電氣式馬達帶動系統示意圖

如選用液壓馬達帶動可提供穩定及大扭力之高密度動力，並可配合調速節流設施作為系統阻尼，提供另一種被動式體能訓練模式，唯設備成本較高且動力單元重量較大，其系統示意圖如圖 45 所示。唯此部份於專家諮詢會議，委員建議液壓系統較不適宜本計畫，故此案僅做分析，未來將僅保留液壓系統之空間。

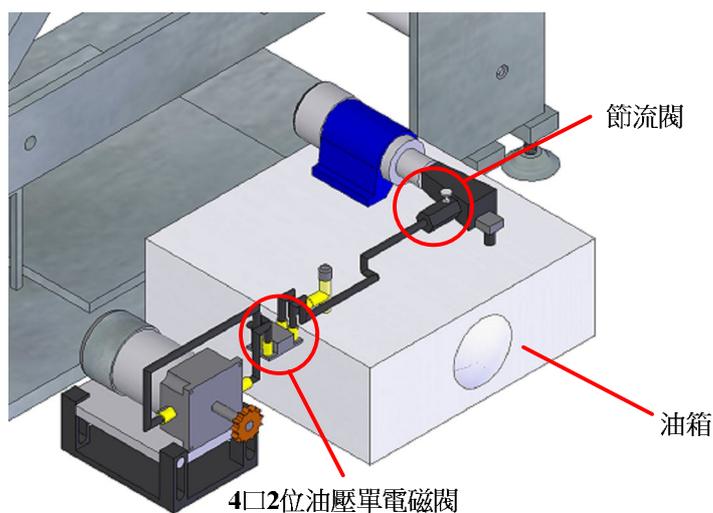


圖 45 油壓動力系統示意圖

電動與油壓系統只有傳動部份有局部差異，其餘主結構皆為共用，詳細比

較如圖 46 所示。圖 47 為內部結構空間安排。

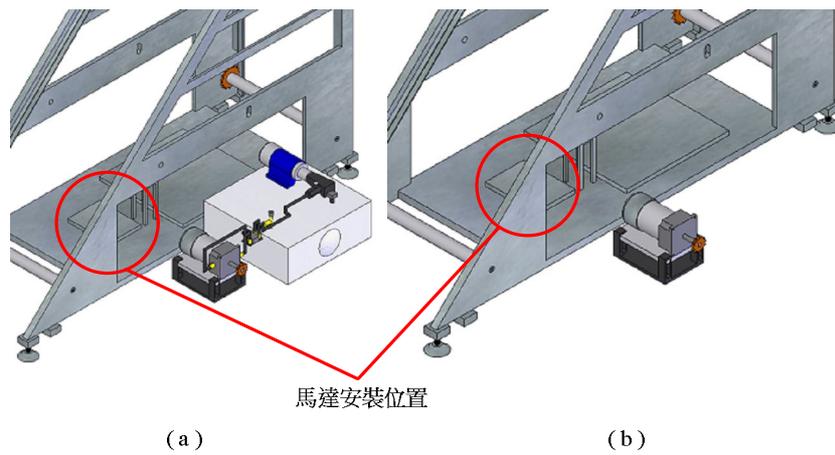


圖 46 (a) 油壓馬達與 POWER UNIT 安裝位置 (b) 電氣動力系統安裝位置

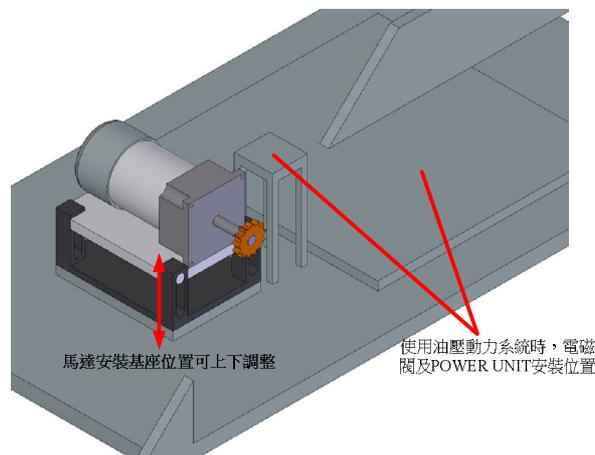


圖 47 內部結構空間安排

而爬桿則是安裝在鏈條上的配件，詳細安裝方式如圖 48 所示。

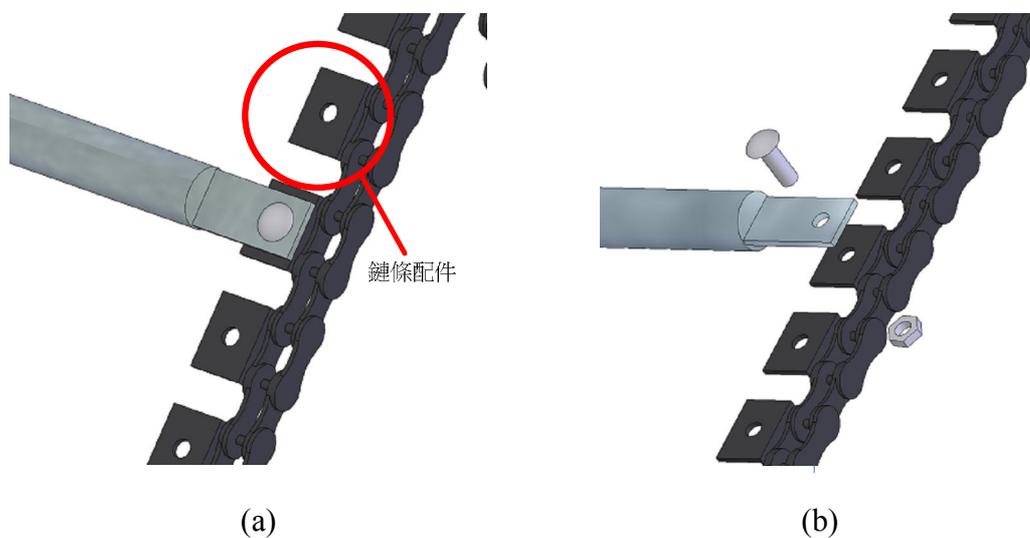
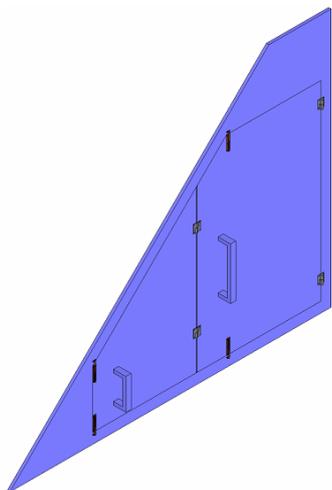


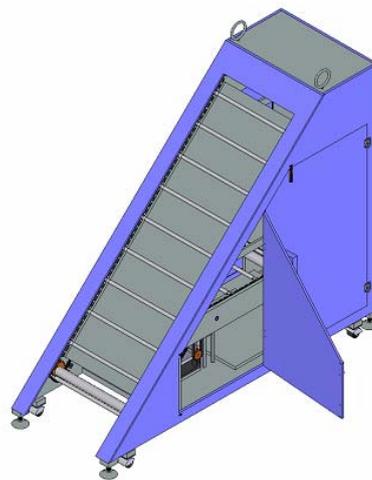
圖 48 (a) 鏈條配件示意圖 (b) 爬桿安裝示意圖

第五節 維修門設置

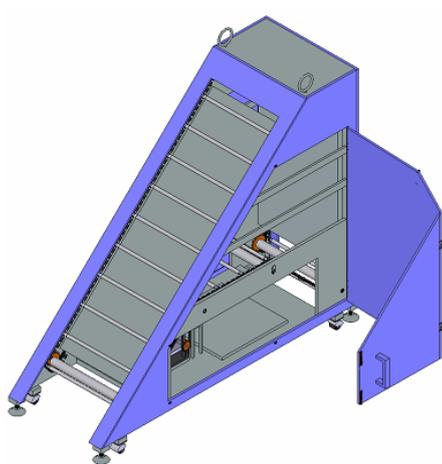
為便於維修考量，於機台兩側安裝雙片式維修門，並以插銷固定如圖 49 所示。



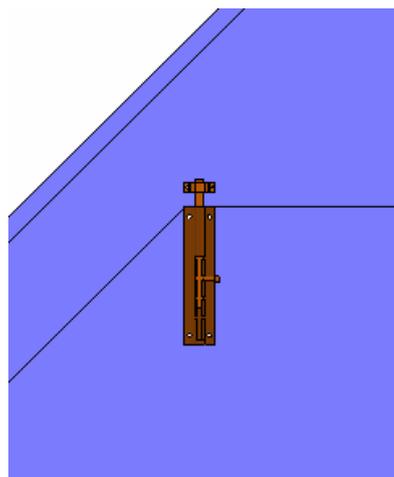
(a) 維修門示意圖



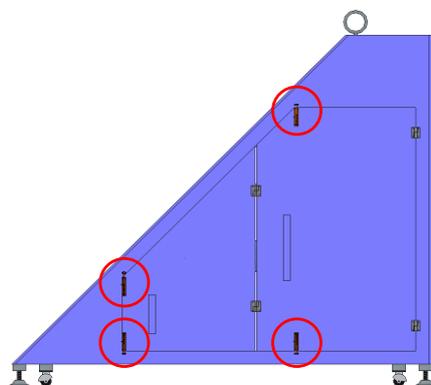
(b) 第一扇維修門開啟示意圖



(c) 第二扇維修門開啟示意圖



(d) 維修門固定插銷



(e) 維修門固定插銷安裝位置

圖 49 維修門設施

第六節 其他周邊

為方便吊車運送及搬運，於頂部安裝吊環，並於底部加裝輪子，如圖 50、51 所示。另為配合堆高機使用及機台平衡調整，於底部安裝高度調整腳如圖 52 所示。

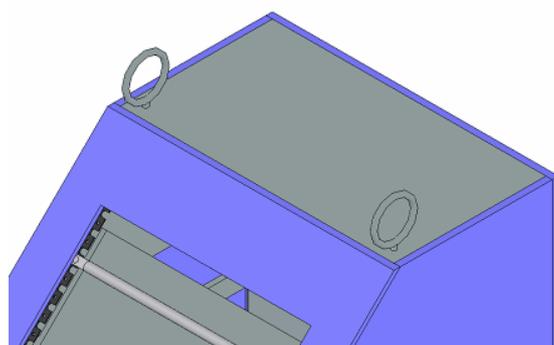


圖 50 頂部吊環

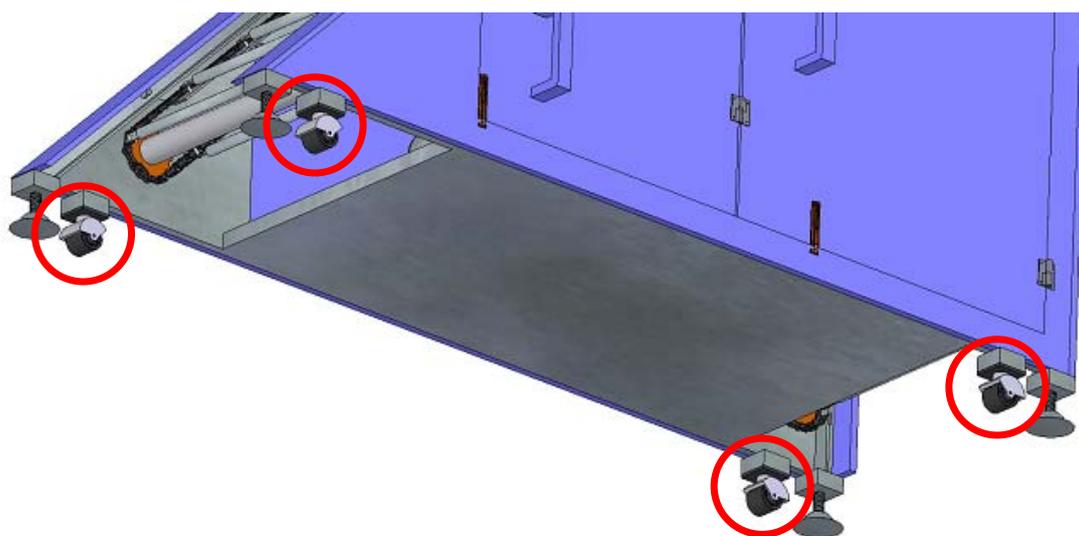


圖 51 安裝輪示意圖

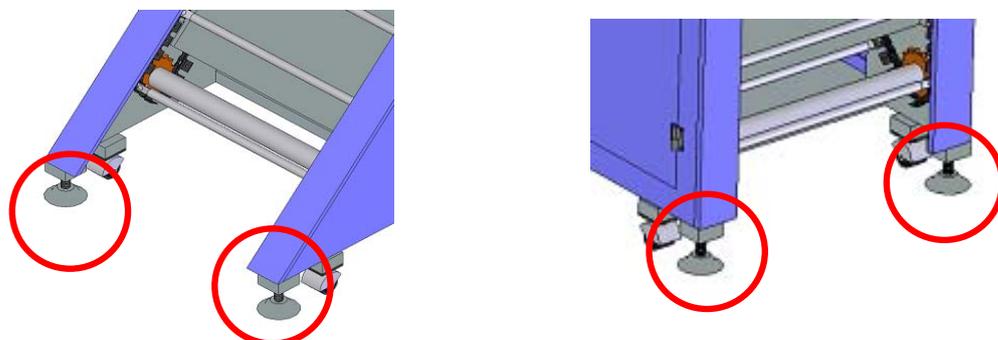


圖 52 底部高度調整腳

第七節 爬梯橫桿及其固定螺絲之強度分析

1. 爬梯橫桿之強度分析

圖 53 所示為爬梯橫桿之設計示意圖，其中圖 53(a)所示為研究初期所提出實心橫桿設計，圖 53(b)所示則為考慮避免橫桿過重影響爬梯運行，進而改採之空心橫桿設計。爬梯橫桿基本上為一長 940mm，外徑 32mm 之圓桿，橫桿兩端各有兩個固定孔，並藉由圖 54 所示之連接方式以 M6 之螺絲鎖固於鏈條上。本研究利用 Solidworks 建立圖檔後，分別將實心橫桿以及空心橫桿之模型匯入 Abaqus 軟體進行其有限元素應力分析。



(a) 實心橫桿設計



(b) 空心橫桿設計

圖 53 爬梯橫桿之設計示意圖

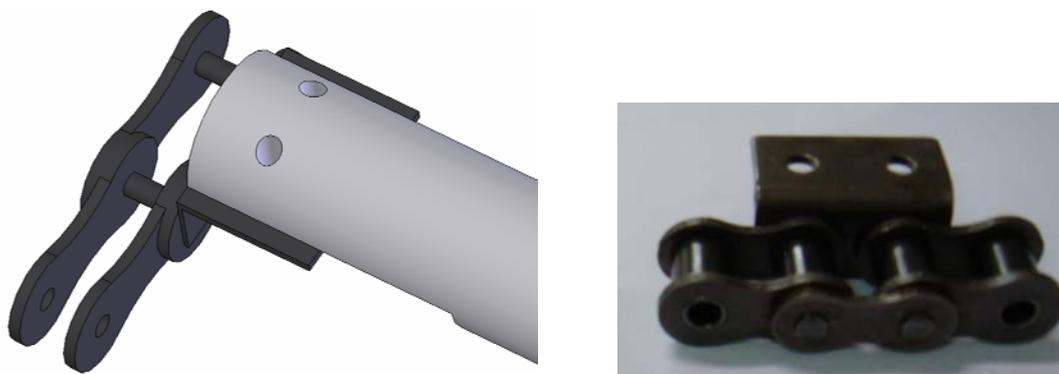


圖 54 爬梯橫桿與鏈條連接方式示意圖

2. 材料性質

本研究之爬梯橫桿選用不鏽鋼 SUS304 作為材料，其機械性質如表 3。

表 3 不鏽鋼 SUS304 - CSP H 機械性質

彈性模數 (MPa)	195×10^3
浦松比 Poisson's Ratio	0.3
降伏應力(MPa)	880
抗拉強度(MPa)	1130

3. 邊界以及負載條件設定

為了模擬爬梯橫桿之受力狀況，我們拘束橫桿兩端固定孔壁，並在橫桿中央施加外力 F 以模擬人在橫桿上爬行所造成之負載。在此處我們設定使用者之質量為 100kg ，並且站立於橫桿中央處。考量使用者在爬梯上爬行所造成之晃動最大會產生兩倍重力加速度之效果，故於此處可估算使用者施加於爬梯橫桿之最大力量為：

$$F = 100\text{kg} \times 19.62\text{m/s}^2 = 1962\text{N}$$

由於爬梯設計其中一側為垂直，另一側則為與水平呈 45° 度角，因此在分析上我們分為如圖 55(a)所示之垂直受力情形以及圖 55(b)所示之 45° 度受力情形來探討。在圖 55(a)所示之垂直受力情形中我們將 $F = 1962\text{N}$ 之負載施加於-Y 軸方向，而在圖 55(b)所示之 45° 度受力情形中我們將 $F = 1387\text{N}$ ($1387\text{N} \times \cos 45^\circ$ 以及 $1387\text{N} \times \sin 45^\circ$) 之負載同時施加於-Y 軸以及-Z 軸方向。

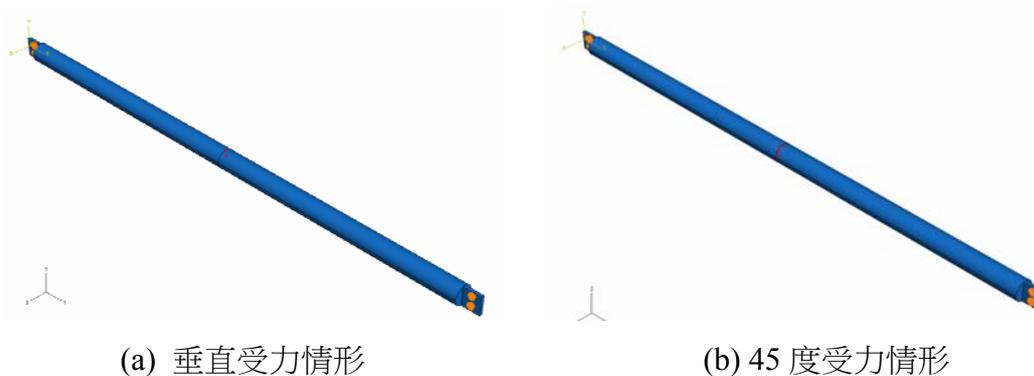
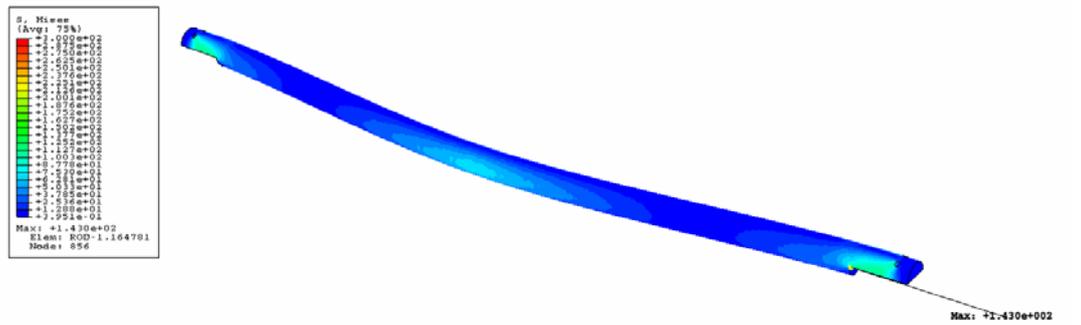


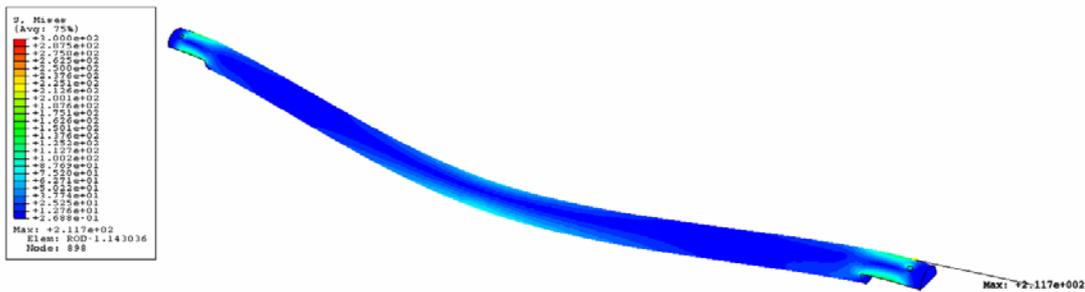
圖 55 爬梯橫桿之邊界以及負載條件設定

4. 模擬結果

我們分別進行了實心橫桿以及空心橫桿在垂直受力情形以及 45 度受力情形下之有限元素應力分析，其應力模擬結果如圖 56 及圖 57 所示，圖中所示之變形量為放大 50 倍之結果。

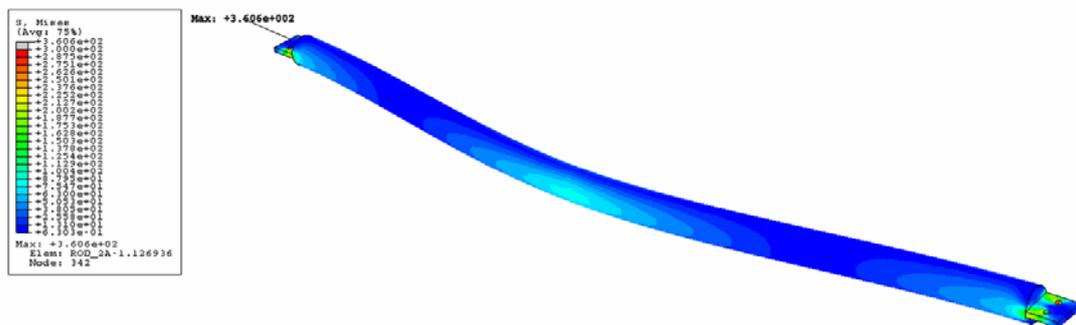


(a) 垂直受力情形

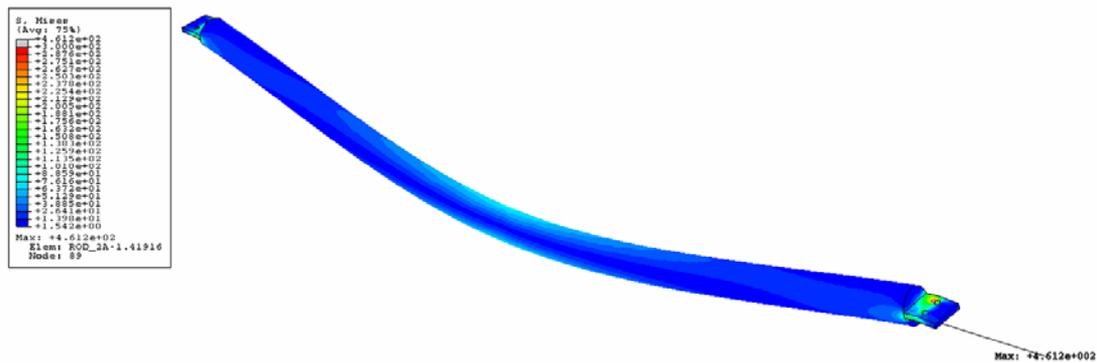


(b) 45 度受力情形

圖 56 實心橫桿之應力模擬結果



(a) 垂直受力情形



(b) 45 度受力情形

圖 57 空心橫桿之應力模擬結果

由以上圖 56 及圖 57 各種不同負載條件設定下所得之分析結果可得知，實心橫桿以及空心橫桿均在 45 度受力情形下會產生較大之應力。其最大應力分別為 212 MPa 以及 461 MPa，均較材料之降伏應力 880 MPa 有一段差距。因此本研究設計之空心橫桿其強度應屬足夠。

5. 橫桿固定螺絲之強度分析

本研究採用 M6 之螺絲用以固定爬梯橫桿，其材料為中碳鉻鉬合金鋼 SCM440。表 4 所示為 SCM440 之機械性質。

表 4 中碳鉻鉬合金鋼 SCM440 機械性質

彈性模數 (MPa)	205×10^3
浦松比 Poisson's Ratio	0.3
降伏應力(MPa)	830
降伏剪應力(MPa)	660
抗拉強度(MPa)	980
抗剪強度(MPa)	780

如同先前之假設，使用者施加於爬梯橫桿之最大力量為 $F = 1962N$ ，螺絲受剪力之情形如圖 58 所示。由機械設計相關文獻[1]可得知 M6 之螺絲其小直徑面積為 $A_s = 17.9mm^2$ ，假設力量 F 由四個螺絲平均分擔，則每支螺絲所承

受之剪應力為

$$\tau = \frac{(F/4)}{A_s} = \frac{490}{17.9} = 27.34 \text{ MPa}$$

由於計算出之剪應力較材料之降伏剪應力 660 MPa 有一段差距。因此本研究採用之固定螺絲其強度應屬足夠。

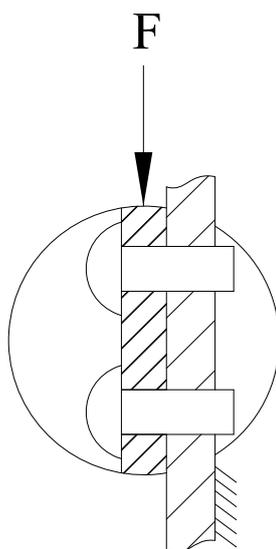


圖 58 固定螺絲受剪力之情形

第八節 實體圖

1. 主體結構

爬梯訓練機構是以循環鏈條帶動爬桿，提供訓練人員於垂直及 45 度斜面上模擬爬梯動作，配合適當之體能檢測儀器，做人員體適能訓練，結構示意如圖 59 所示。

2. 鏈條安裝方式

一般的鏈條安裝方式，容易造成鏈條垂落。故本系統之鏈條安裝，另外在底部安裝軌以道增加鏈條的穩定性，並加設張力調整機構，進行鏈條張力的調整。安裝位置如圖 59 中所標示之區域，張力調整機構與軌道之實體圖如圖 60 所示。

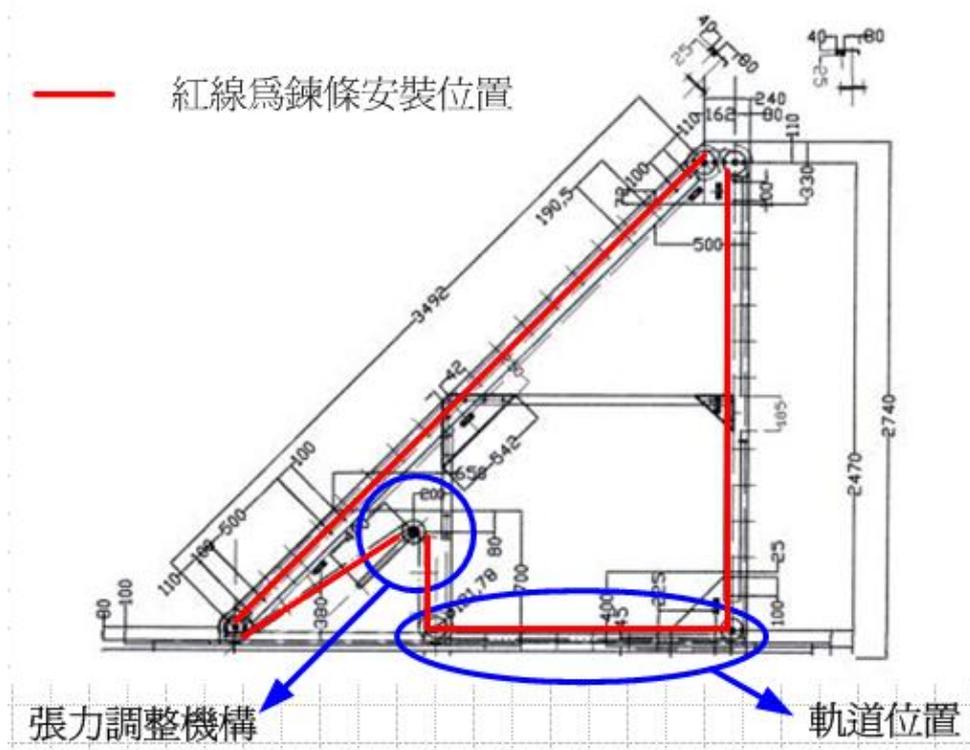


圖 59 爬梯結構示意圖



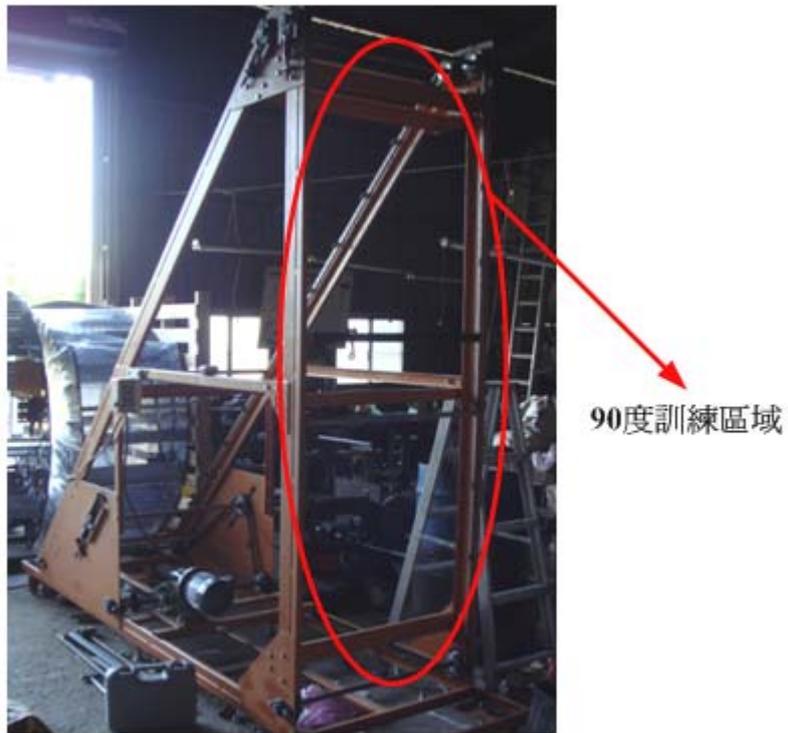
圖 60 張力調整機構與軌道實體圖

3. 人員訓練區域

人員訓練區域分為兩個部份，第一個部份為 45 度的斜面，可讓訓練人員體驗負載下壓的爬梯動作；第二部份為 90 度垂直的訓練區域，可讓人員體驗負載外拉的爬梯動作。實體如圖 61 所示。



(a) 45 度人員訓練區域



(b) 90 度人員訓練區域

圖 61 人員訓練區域

4. 張力調整機構

張力調整機構之功用為防止鏈條因常時間使用而鬆弛，利用安裝在滑軌上的可滑動軸承，配合壓力彈簧的彈性復歸，用來達到逼緊鏈條，使鏈條於適度的張力下平順運轉。張力調整機構如圖 62 所示。



(a) 張力調整機構外測視圖

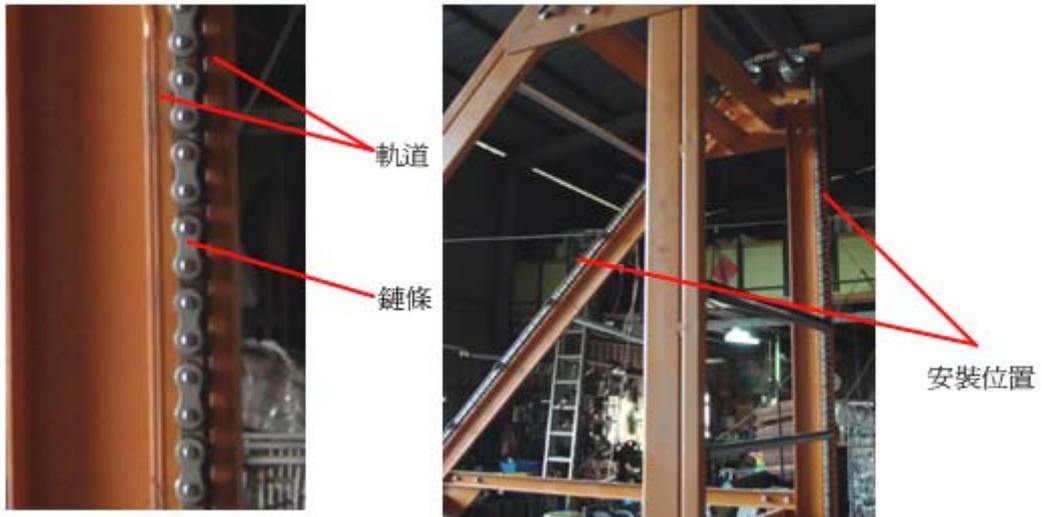


(b) 張力調整機構內側視圖

圖 62 張力調整機構

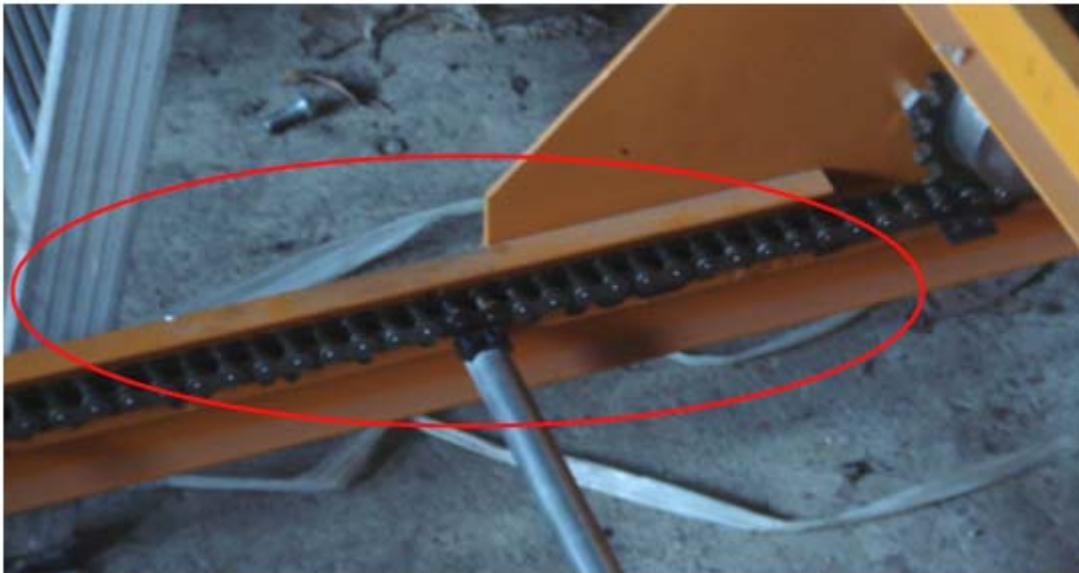
5. 軌道

軌道的功用在於穩定鏈條，當訓練人員在進行訓練時，才不會因為前後的拉扯而造成鏈條晃動，進而產生危險。圖 63 所示為鏈條軌道安裝實體圖。



(a)垂直鏈條軌道

(b) 垂直與 45 度鏈條軌道



(c) 底部鏈條軌道

圖 63 鏈條軌道安裝實體圖

6. 體重感測裝置

體重感測裝置安裝於本體上方，利用可滑動軸承配上壓力彈簧，來達到負載壓縮、解除復位之功能，配合感測開關模組可作為安全裝置使用。實體安裝圖如圖 64 所示。



圖 64 體重感測裝置

7. 爬桿間距及計數裝置

藉由近接開關配合計數器可計算爬桿數，來決定訓練人員的攀爬距離，爬桿間距設定為為 34cm。實體圖見圖 65。

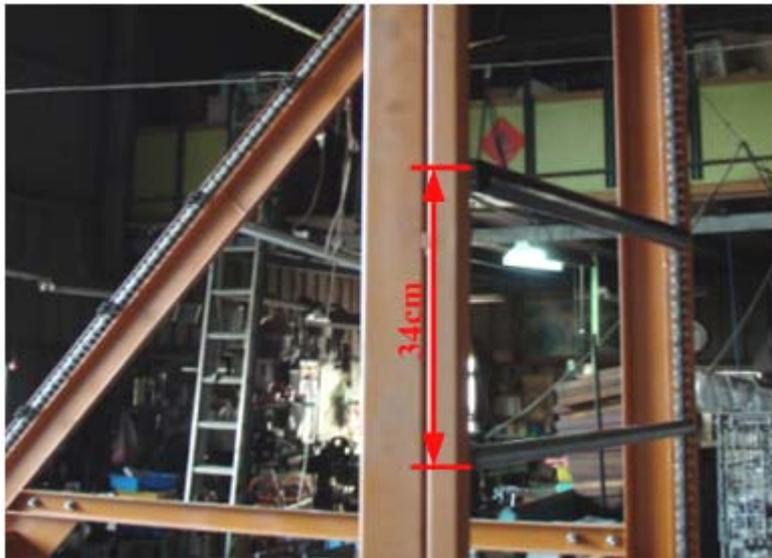


圖 65 爬桿間距

8. 傳動桿

傳動桿除需承受扭矩外，亦於人員爬動時會因側向負載而產生彎曲之現象，而增加跳齒的機會，故傳動桿直徑適度增大如圖 66 所示以增加側向負載能力。



(a) 原傳動桿直徑 25mm



(b) 更換後直徑 28mm

圖 66 傳動桿

9. 輪子、支撐腳之安裝

移動用的輪子安裝於主體的四個角落，而支撐腳除了安裝在原本四個角落外，也在中間位置加裝四支支撐腳，以加強在機台整體穩定性及平衡。如圖 67 所示。



圖 67 支撐腳、輪子實體圖

10. 爬桿

爬桿為直徑 38mm，外緣包膠以防滑之不鏽鋼空心管。如圖 68 所示。



(a) 爬桿尺寸圖



(b) 爬桿實體及安裝圖

圖 68 爬桿

11. 馬達安裝位置

馬達與帶動主桿的鏈輪原本安裝於底部中央，如圖 69 所示。但經由試車後發現，馬達安裝於中央位置，因扭轉角較大，容易發生跳齒、運轉不順暢之現象，故將馬達及帶動主桿的鏈輪改移至側邊，更改後經測試，運轉較為順暢。更改後位置如圖 70 所示。



圖 69 馬達原本安裝位置



圖 70 馬達新安裝位置

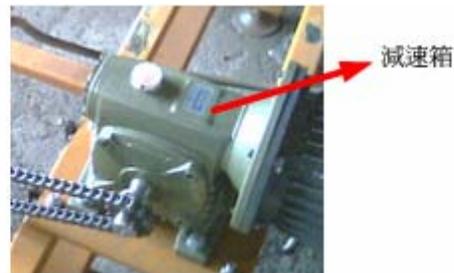
12. 馬達規格

選用的馬達規格為單相 220V 的馬達，功率為一馬力，轉速為 1800rpm。規格如圖 71。馬達轉速 1800rpm，減速箱齒輪比是 1：20，輸出軸轉速為 90rpm，而馬達輸出軸上的主動鏈輪齒數與傳動桿從動鏈輪齒數比為 13：24(約為 1：2)，所以傳動之最高轉速約在 45~50rpm 之間。減速箱及鏈輪實體如圖 72 所示。

單相輸入說明

機 種	AS1		AS2				
電 壓	1φ110VAC ±10%		1φ220VAC ±10%				
編 號	AS1-104	AS1-107	AS2-104	AS2-107	AS2-115	AS2-122	AS2-137
輸入頻率	50HZ - 60HZ ±10%						
輸出電壓	3φ 220VAC						
輸出頻率	0.5 - 400HZ / 0.5 - 2000HZ 高速型						
輸出電流	2.5 A	4.1 A	2.5 A	4.1 A	7 A	10 A	16 A
容 量	1.0 KVA	1.6 KVA	1.0 KVA	1.6 KVA	2.7 KVA	3.8 KVA	6.1 KVA
適用馬達	0.4 KW	0.75 KW	0.4 KW	0.75 KW	1.5 KW	2.2 KW	3.7 KW

圖 71 選用馬達規格表



(a) 減速箱



(b) 主動及從動鏈輪

圖 72 減速箱及鏈輪實體圖

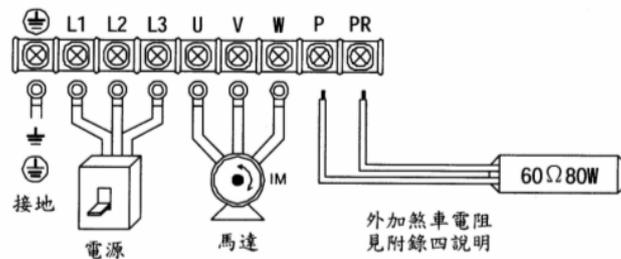
13. 變頻器

變頻器主要安裝於電源與馬達之間，用於調整頻率，使馬達輸出轉速變動，藉此改變爬桿速度，達到不同的體能訓練目的。選用 220V AC 單相轉三相電源之變頻器，實體如圖 73 所示。變頻器輸入電源端配線接入 L、N 端子，輸出電源接入 U、V、W 端子即可。變頻器配線如圖 74 所示。變頻器按鈕配置如圖 75 所示。啟動及停止時，馬達都會有加減速緩衝來達到指定轉速或完全停止，以確保人員安全。



圖 73 變頻器實體圖

主回路端子配線說明



序號	符號	主回路端子	
1	⊕	接地端子	
2	L1	電源輸入端子	(L1,L2)單相機型 220V ± 10% (L1,L2,L3)三相機型 220V ± 10% 50/60HZ ± 5%
3	L2		
4	L3		
5	U	變頻器輸出端子	此端子連接到馬達側
6	V		
7	W		
8	P	外接熱車電阻	熱車電阻60Ω 80W或電阻值≥60Ω
9	PR		

圖 74 變頻器配線說明



按 鍵	按鍵名稱	說 明
	FWD RUN	正轉 執行正轉運轉指令
	REV RUN	反轉 執行反轉運轉指令
	SHIFT	移位鍵 數字選擇換位鍵
	DOWN	下 數字由9-0變化
	UP	上 數字由0-9變化
	PROG	記憶鍵 記憶所設定的資料
	FUNC	功能鍵 選擇功能名稱
	STOP	停止 停止運轉指令/恢復待機狀態

圖 75 變頻器按鈕配置

14. 控制箱配置

控制箱安裝主體側面，配置上有啟動開關、停止開關、急停開關、電源指示燈、計數器以及變頻器電源控制之電磁接觸器開關組。詳圖見圖 76。



急停按鈕



啟動開關

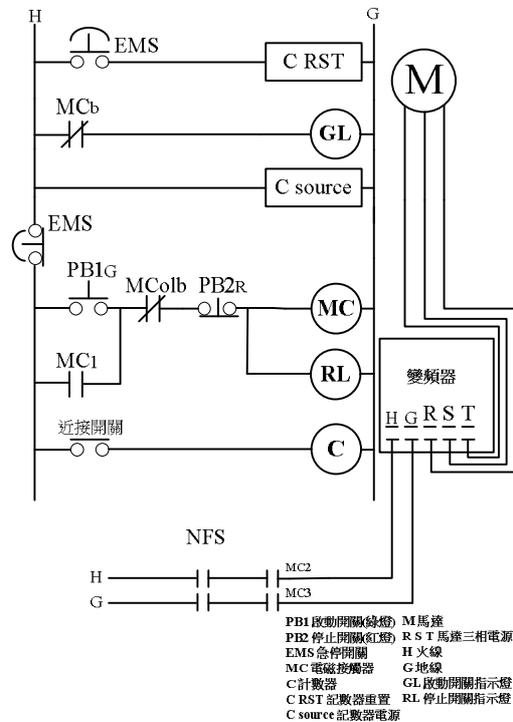


電磁接觸器

圖 76 控制箱配置及選用零件

15. 電路圖設計

電路的設計配合前述之啟動、停止、急停、電源指示、計數器及電磁接觸器開關組之控制，配合近接開關做爬梯數之計算，可利用計數器設定訓練人員之爬梯總數。電路設計圖如圖 77 所示。



16. 安全裝置

安全裝置除如前述於控制電路中安裝急停功能，可於操作時壓按及停開關切斷馬達電源做緊急停止外，並於爬梯行程末端安裝光電開關組，如人員進入光電開關感測區域時可自動切斷馬達電源以免人員捲入發生危險。(如圖 78)



17. 安全注意事項

爬梯訓練機的控制箱。操作上開始可藉由變頻器上的旋鈕決定速度，再利用計數器設定訓練時所爬行的桿數，因為爬桿之間距離是一定的，所以藉由爬桿的桿數，在搭配計數器就可算出訓練時的距離。設定完成後，按下啟動開關及變頻器上的旋轉方向按鈕後，即開始運轉。控制箱上也裝設急停按鈕，以防緊急狀況時的停機，確保訓練人員安全。

第四章 火災模擬器改善

第一節 瓦斯強制氣化器需求與解說

一般 LPG（液化石油氣）以 $-4^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 儲存再儲槽中，只有氣態瓦斯方可使用，然而使用時為氣相，但使用時間長會造成儲槽內液態瓦斯之多少而增減，所以當瓦斯的消耗量大時，儲槽中液態瓦斯自行氣化能力就會無法滿足，並且瓦斯桶外部產生露水，再來會有結霜，最後會產生瓦斯桶結冰之現象，使得氣化量變小而慢慢不能使用。

為求解決，故使用瓦斯強制氣化，使用原理為直接抽取瓦斯桶之液態部分，並藉由電熱管加熱於水，水再間接加熱液態瓦斯的方式產生可使用之氣體瓦斯，確保維持瓦斯在能一直使用之氣相狀態。如圖 79：

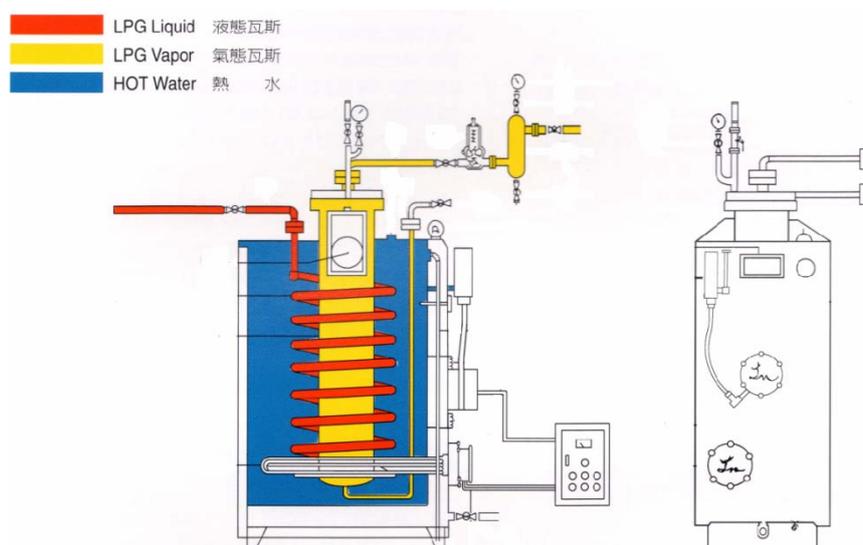


圖 79 瓦斯強制氣化器

瓦斯強制氣化器特點：

1. 所有製程均使用無縫不銹鋼管及不銹鋼高壓套焊管配件，且通過氣密試驗 27 kg/cm^2 以及設計壓力 18 kg/cm^2 。
2. 電熱器及溫度自動調節器使用防爆盒箱，並經過中央標準局核發 d2G4 防爆證明。
3. 氣相部分之安全閥可將超過壓力之瓦斯自動排除在關閉。
4. 兩段溫度自動控制，當第一段到達使用壽命，仍有第二段備用溫度控制，此時電控箱溫度過高燈亮，警示燈響，可提前通知及檢查，可達到提前預警及避免停機之功效。

5. 水位過低檢知器是在氣化器水箱水位過低時，電控箱水位過低燈亮，警報器響，電源切斷，提前通知加水，避免因氣化器知水箱水量不足，造成機器燒毀及氣化能力降低。

第二節 控制台之設計

控制台尺寸為長 160x寬 50x高 170cm，左半部與右半部可單獨掀開控制盤以方便維修與配線，並有能支撐之腳架，避免掀開時因重心不穩而傾倒。

控制台上設置，壓力表、面積式流量計、防爆電磁閥、球塞閥、觸控式人機介面、PL 指示燈與瓦斯強制氣化器控制盤。如圖 80 所示：

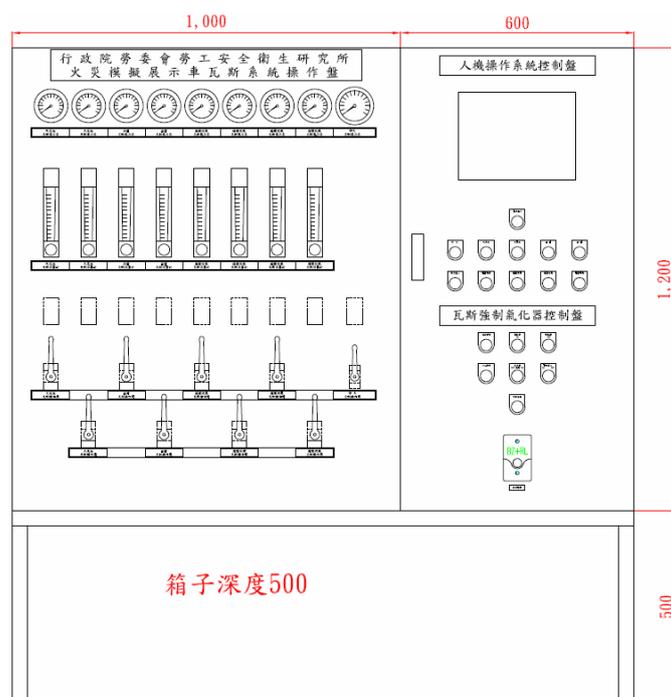


圖 80 火災模擬器控制台之設計

控制電路：

以 PLC(西門子)搭配觸控式人機介面，來控制燃燒之情境，為求電源統一規格加上瓦斯強制氣化器之電源，故全部採用電壓之 220V。並且設置急停按鈕與外部小型控制器，以確保人員之安全。如圖 81 所示：

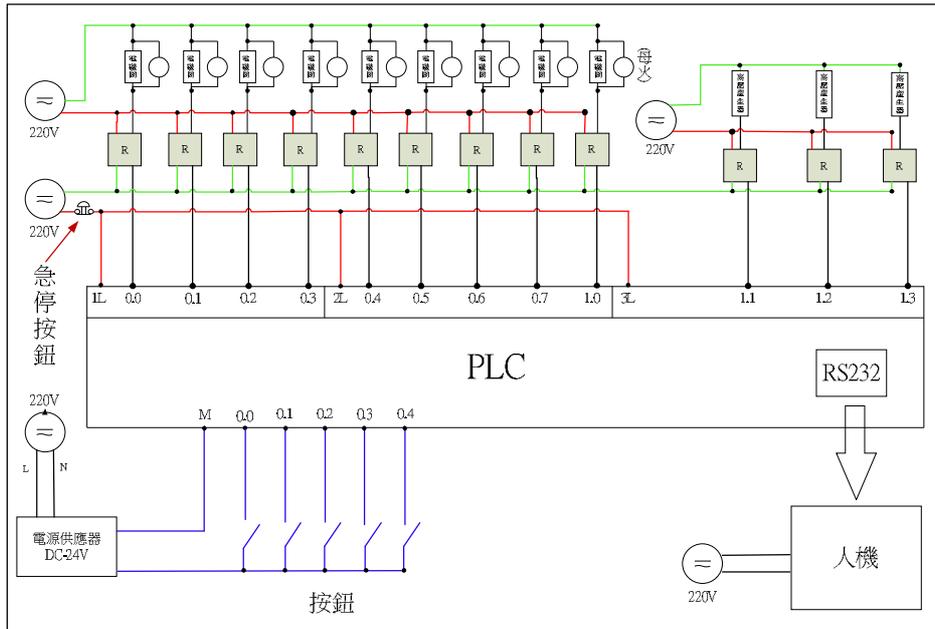


圖 81 火災模擬器控制電路

第三節 實體圖

1. 管路修改

修改火災模擬器本體之管路，並合併末端管路，由原本的 18 支軟管更改為 9 支硬管，且由貨櫃側面配管更改移至貨櫃下方，並將管端接頭由束管方式更改為鎖牙之方式以減少耗才及提升配管效率。修改之末端管路如圖 82 所示。



(a)配管仰角視圖



(b)管路接頭



(c) 配管側視圖



(d) 整體視圖

圖 82 管路修改配置圖

2. 瓦斯強制氣化器

為提高燃燒效率及火量，特增設 1100W 瓦斯強制氣化器，可直接抽取瓦斯桶之液態瓦斯，並藉由電熱管隔水加熱，以 60°C 預熱之方式提前將瓦斯汽化，確保維持瓦斯之供應，汽化器主體安裝有兩道溫控保護開關及瓦斯超壓放洩安全閥，同時為增加瓦斯氣化容量，特增加 2 瓶 50kg 瓦斯桶做為氣化瓦斯之緩衝槽，如圖 83 所示。



圖 83 強制氣化器與 50Kg 桶裝瓦斯組

3. 控制台

控制台之設置包含壓力錶、面積式流量計、防爆電磁閥、球塞閥、觸控式人機介面、PL 指示燈與瓦斯強制氣化器控制盤。以 PLC(西門子)搭配觸控式人機介面，來做燃燒情境之控制，控制台配置如圖 84 所示。



(a) 控制台外觀



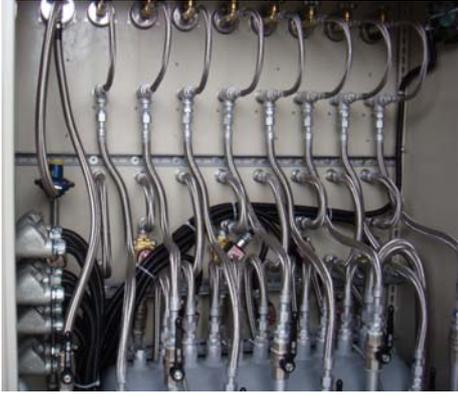
(b) 人機介面配線圖-1



(c) 人機介面配線圖-2



(e) 西門子 PLC 可程式控制器



(f) 瓦斯配管-1



(g) 瓦斯配管-2



(h) 瓦斯偵測器

圖 84 控制台配置圖

第四節 巡迴展示

經過各方洽談，於民國九十八年八月至十二月間，已在各大工業區、科學園區及消防單位舉辦巡迴展示訓練活動，活動地點包括台北國際安全設備展、仁大工業區、林園工業區、台南科學園區、台中科學園區及基隆市消防局（二個場次）等共七個場次。於各場次活動前皆與該單位進行密切的聯繫與協調，並前往實地現場勘查與規劃，以求活動順利圓滿。各場次之活動日期及現場勘查時間如下表所示：

表 5 巡迴場次總覽表

活動日期	現場勘查、討論時間	單位
98 年 04 月 22-23 日	98 年 04 月 21 日	台北國際安全設備展
98 年 09 月 29 日	98 年 09 月 03 日	仁大工業區服務中心
98 年 10 月 15 日	98 年 10 月 02 日	南部科學工業園區管理局
98 年 10 月 20 日	98 年 10 月 06 日	林園工業區服務中心
98 年 10 月 27 日	98 年 10 月 07 日	中部科學工業園區管理局
98 年 11 月 12 日	98 年 11 月 04 日	基隆市消防局
98 年 12 月 10 日	98 年 11 月 04 日	基隆市消防局

第五章 結論與建議

第一節 結論

- 一、完成 Training Gallery 之硬體與控制系統設計與製作，包括外部空間設計、內部空間設計、隔間網設置、障礙空間設置、情境路徑規劃、監看系統、控制系統、並進行板支撐架之強度分析等。
- 二、完成爬梯體能訓練機之設計與製作，計有運轉方式、啟動感測裝置、安全裝置、動力與傳動系統、維修門設置、及其他周邊設計。
- 三、完成濃煙體驗器訓練教材編纂規劃，除了參訪國內相關之訓練場地設施，並已撰寫訓練流程及教材。
- 四、配合工安職災宣導，巡迴全國展示 7 場，針對消防隊員、勞工、工廠工安部門人員、ERC 及 ERT 之人員等進行實地操作訓練，強化其應對災害時的正確觀念及搶救滅火時的正確方法。這 7 場次包括第 12 屆台北國際安全博覽會 (SecuTech Expo 2009)會場、仁大工業區服務中心、南部科學工業園區、林園工業區、中部科學工業園區、及基隆市消防局(2 場)，對於工廠第一線防火人員之消防教育具有重大貢獻。
- 五、本計畫所開發之濃煙體驗器(Breathing Air Training Gallery)具有可拆卸零件及快速組裝之方便，並可依路徑的變化需求做任意之修改，不受限於單一路徑。
- 六、本計畫所開發之爬梯訓練機，不只單邊的訓練區域，具有 90 度及 45 度的雙邊訓練區域，可讓人員體驗負載後拉及下壓的情境。

第二節 建議

- 一、可針對消防隊員、勞工、工廠工安部門人員、ERC 及 ERT 之人員等進行實地操作訓練，強化其應對災害時的正確觀念及搶救滅火時的正確方法，一方面也可體驗閃燃所產生的壓力波與火勢，也可強化利用水霧阻隔幅射熱之概念，減少消防滅火所產生之人員損傷。
- 二、煙霧體驗器則是訓練在煙霧的侷限空間裡爬行，並且設有障礙，訓練在有限的空間裡裝備救生裝備，突破障礙或救援動作。
- 三、爬梯訓練機除可讓訓練人員體驗背後負載下壓及後拉的兩種情形之外，也可當作進行濃煙體驗器前期的體能指標測試。

誌謝

本研究計畫參與人員除本所高組長崇洋、劉助理國青外，另包括清雲科技大學機械工程研究所林教授仲廉與長榮大學職業安全與衛生學系何教授三平等
人，謹此敬表謝忱。

參考文獻

1. 高崇洋、林仲廉、張祖烈、劉家彰、湯敬民：火災模擬器商品化雛形設計與製作。勞工安全衛生研究所研究計畫報告 IOSH96-S321；2008。
2. NFPA Code and Standards，NFPA265。
3. 林明勳，長公路隧道縱式通風排煙系統之性能化分析，長榮大學，2006。

附錄一 移動式多重情境火災模擬器展示訓練

A1-1 目的

火災發生時，所伴隨而來的輻射熱是無法直接觀察得到，故對人員造成傷害時通常為時已晚，例如，民眾在圍觀火場後臉部常會有紅腫或是疼痛感的產生，此現象即為遭受輻射熱灼傷的明顯實例之一。有鑒於此，第一線搶救人員自身之安全防護更為重要。因而透過火災模擬器巡迴展示訓練活動，推廣火災救災安全的相關資訊，以提供勞工、工廠工安部門人員、ERC 及 ERT 之人員等進行實地操作訓練，強化其應對災害時的正確觀念及搶救滅火時的正確方法；藉由正確的防護，將搶救人員之危險性降至最低，才能進行有效的搶救行動。

A1-2 訓練活動及訓練計畫

2.1 前置作業

火災模擬器巡迴展示活動於國內第一次展出時，即製作了兩大型展示海報(如圖 A1-1、圖 A1-2)擺置於活動現場，供民眾瀏覽參考。海報內容一為移動式火災模擬器之簡介，另一則為阻隔輻射熱體驗實作之標準作業程序。此外，為了讓更多人認識火災模擬器及推廣火災安全的觀念，亦印製了 DM 於現場發送，達到有效推廣之效。(圖 A1-3)。日後於各場次進行展示訓練活動時，亦維持宣導之目的，發放一定份數。



圖 A1-1 移動式火災模擬器簡介



圖 A1-2 體驗操作程序圖示



圖 A1-3 火災模擬器實作訓練 DM



2.2 場地配置

活動現場的配置將以安全性為主要目標，因此將在活動前於主辦地點挑選適合之場地，以符合先前所測得知各項安全距離，包括貨櫃開口面前方之觀看安全距離、平台架設、體驗之安全距離等，其現場配置如下圖(圖 A1-4、圖 A1-5)所示：



圖 A1-4 現場平台架設圖



圖 A1-5 現場配置圖

2.3 安全性檢核

在辦理活動前置作業時，應確實針對現場安全性進行檢核，不論是場地設置、設備架設或儀器操作等，都須列入檢核項目內，一一進行核對，只要有任何輕微的缺失都必須馬上做出修正，避免工安事故發生，尤其火的變幻莫測及危險性更甚勝於其他危害，所以更加不能輕忽。以下為本次活動中所做的初步安全性檢核範例：(如表 A1-1)

表 A1-1 項目檢核表範例

項次	檢核項目	是	否	備註
1	火災模擬器開口面之安全距離是否為 8m			
2	現場危險區域範圍有無警示線阻隔			
3	貨櫃內有無進行可燃性氣體偵測			
4	延長線設備有無將電線完全展開			
5	瓦斯鋼瓶有無固定			
6	瓦斯鋼瓶有無避免直接曝曬			
7	施工架設時有無配戴安全帽			
8	管（閥）件連接處有無洩漏檢測			
9	動火測試時，貨櫃開口面前 8m 處有無淨空			
10	動火測試時，有無即時現場廣播宣佈			

2.4 前測試驗

為了讓人員都能在安全無虞的情況下進行體驗，會在正式活動之前，操作人員會先行實際演練，在每次活動前會請到該區負責之消防隊或相關協助人員於現場進行活動前測，確認規劃之體驗程序是可行且安全的，並於當天支援本活動。

2.5 實際演練項目

■ 側邊牆壁延燒：

模擬一般於室內空間中，兩側常設有隔板、櫥櫃及油漆粉刷等裝潢設施，當火災發生時，兩側若無防火效能，易助長火勢之成長而造成兩側牆壁延燒，此時其輻射熱便會相互加熱，使得延燒更快、火勢更旺盛。

■ 天花板延燒：

模擬一般店面中，為求美觀與空間整體感，常以可燃或易燃材料裝修天花板，並吊掛海報等文宣，而電源線路通常隱藏於天花板後，若線路過於老舊，使電線起火導致天花板燃燒之情況。

■ 閃燃：

當室內起火後，火焰將由板壁垂直向上竄燒，到達天花板後，便往水平方向急速擴展，在此火勢逐漸擴大的過程中，因燃燒所生之可燃性氣體蓄積於天花板附近，若與空氣混合達燃爆範圍之際，將一舉引火形成巨大火苗，整個室內瞬時陷入火海。閃燃為火災發生後最嚴重之狀況，一旦發生閃燃往往將造成現場人員傷亡、設備物品盡數損毀，如何避免火災持續成長，不致引起閃燃現象，端賴於火災尚於成長期時之撲滅與搶救。此情境為火災模擬器模擬最嚴重之火災情境，期使學員透過情境 1 與情境 2 之體驗與訓練後，於火災搶救具有足夠認知與了解，方進行閃燃模擬體驗暨搶救訓練，並能透過此體驗與訓練後，對於閃燃能有進一步之認知，更而培養學員於此閃燃情境下之搶救技術

2.6 訓練操作流程

藉由去年度所舉辦的第一場火災模擬器巡迴展示訓練後，得到相當寶貴的經驗以及可再改善之處，因此，在今年度的訓練中，火災模擬器的訓練方式亦作了部份修正：先於模擬器前方平台上架設一虛擬閥件，其可模擬於災害現場

之洩漏閥件。而現場指揮官發佈狀況之情境時，操演人員再向前接近該模擬洩漏之閥件並予以關閉，以達成滅火或控制火災之任務。藉此完整訓練方式，更符合廠區所可能發生之意外狀況，令參與學員於操作時更有真實感，以利學員將來在面臨緊急事件時，更能安全也更有效率地去控制或排除狀況。

此外，在此六場巡迴展示訓練當中，亦選定消防單位作為訓練之對象，故特別針對消防單位之學員擬定更具挑戰性之實際操作方式。消防單位訓練方式為將模擬洩漏閥件裝置設於模擬器內部接近開口處的位置，演練時指派一名關閥手進入貨櫃開口處執行關斷閥件之動作，當關閥手移動時，後方共有左右二條水線同時並行前進。右方水線以半水柱及水霧狀之形式噴灑至關閥手，以達全身完整之覆蓋保護。而左方水線以全面性之水霧展開阻隔輻射熱，對二條並行共進的水線人員進行防護。當進入火災模擬器之關閥手完成動作後，逐步後退移動至安全區域，再行關閉水瞄。

後續之實際操作部份會針對工安部門人員及消防人員分別介紹與說明其實際操作狀況。

2.6.1 預備事項：

- 學員分組就定位（5 人一組）
- 示範人員依照工作分配，由現場指揮官下達命令後執行操作示範。
- 第一組與第二組同時出列，穿著整套消防衣後，第一組先進行瞄子練習，第二組預備。待第一組上場進行演練後，第二組進行瞄子練習，第三組預備，以此接續。

2.6.2 工安部門人員實際操作：

1. 單一水線搶救人員由瞄子手、副瞄子手及放水手（開啟消防栓制水閥）各一名組成。放水手依供水狀況決定，以消防隊或示範人員為主。共二條水線同時進行演練，前方水線之副瞄子手可身兼關閥手。因此，除了放水手外，共以 4~5 名學員分為一組。圖 A1-6 為水線人員

配置圖。



圖 A1-6 水線人員配置圖

2. 搶救人員進行著裝，瞄子手、副瞄子手及關閥手將消防衣穿著完成後，並經由人員相互確認著裝是否確實，以確保搶救人員安全。（圖 A1-7）



圖 A1-7 現場人員著裝情形

3. 在完成消防衣穿著後，教官會教導學員學習如何操作瞄子，並能熟悉水柱及水霧之轉換方法，以利狀況發佈時之災害搶救。（圖 A1-8）

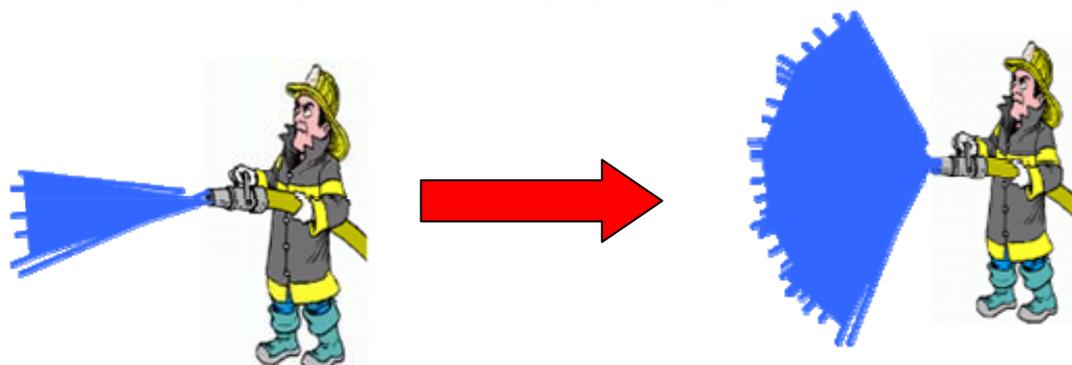


圖 A1-8 水霧及水柱轉換示意圖

4. 完成上述 1~3 三項工作後，瞄子手、副瞄子手與關閥手於平台下就定位準備。（圖 A1-9）



圖 A1-9 人員就定位時之情況

5. 指揮官下達情境指令，指揮放水手放水。（圖 A1-10）



圖 A1-10 指揮官下達指令使放水手放水之情況

6. 指揮官發佈狀況！貨櫃內部發生火災（全部燃燒），開始進行隔絕輻射熱以接近現場，模擬關斷洩漏閥件之訓練。（圖 A1-11）



圖 A1-11 貨櫃內部發生火災之情況

7. 搶救行動開始時，依序為瞄子手在前，副瞄子手或關閥手在後之排列，副瞄子手或關閥手需協助瞄子手固定與移動消防水帶。（圖 A1-12）



圖 A1-12 行動開始，人員進攻之情況

8. 開啟適當之水霧或水柱模式後便由階梯方向前進。（圖 A1-13）



圖 A1-13 往火場前進之情況

9. 第一線學員站上平台，隨後採低姿勢往貨櫃開口面噴灑水霧。（圖 A1-14）



圖 A1-14 採低姿勢噴灑水霧之情況

10. 前方水線確定水霧可完全覆蓋貨櫃開口面以隔絕輻射熱後，由前方水線之關閥手將舞台前之模擬洩漏閥件執行關斷動作，此時主瞄子手應確實掌控水線，使關閥手便於動作，而後方水線為前方人員進行第二重水霧防護。關斷閥件後，恢復動作，繼續進攻。（圖 A1-15）



圖 A1-15 水霧覆蓋貨櫃開口面並由關閥手關斷模擬洩漏閥件之情況

11. 貨櫃內部火焰已被撲滅，指揮官發佈完成任務指令，瞄子手與副瞄子手保持水霧仍為開啟狀態，由階梯退下平台，直至到達預備地點後，關斷水霧，始完成本訓練。（圖 A1-16）



圖 A1-16 完成搶救任務，退至預備地點之情況

2.6.3 消防人員實際操作：

1. 由一名關閥手在前，後方由二條水線組成防護水線。單一水線由瞄子手、副瞄子手及放水手（開啟消防栓制水閥）各一名組成。
2. 搶救人員進行著裝，瞄子手、副瞄子手及關閥手將消防衣穿著完成後，並經由人員相互確認著裝是否確實，以確保搶救人員安全。（圖 A1-17）



圖 A1-17 消防人員著裝情形

3. 在完成消防衣穿著後，確認渦輪式瞄子之設定，調整水柱或水霧之適合大小，以利狀況發佈時之災害搶救。（圖 A1-18）

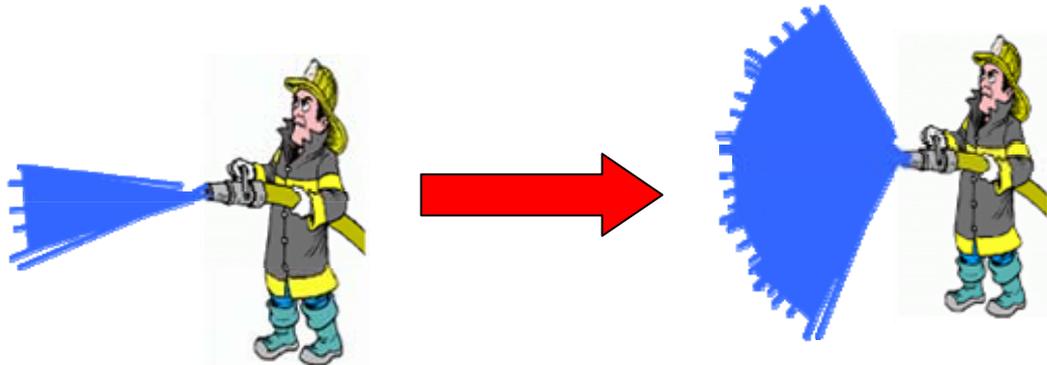


圖 A1-18 水霧及水柱轉換示意圖

4. 完成上述工作後，關閥手及二條水線之瞄子手與副瞄子手於平台下就定位準備。（圖 A1-19）



圖 A1-19 人員就定位時之情況

5. 指揮官下達情境指令，指揮放水手放水。（圖 A1-20）



圖 A1-20 指揮官下達指令，令放水手放水之情況

指揮官發佈狀況！貨櫃內部發生火災（全部燃燒），開始進行使用水霧隔絕輻射熱以接近現場，模擬關斷貨櫃開口處洩漏閥件之訓練。（圖 A1-21）



圖 1-21 貨櫃內部發生火災之情況

6. 搶救行動開始時，前方關閥手慢慢向前靠近閥件位置，後方右側水線以水霧防護，覆蓋關閥手全身以達降溫之目的。另一左側水線開啟水霧防護後方水線所有人員，阻隔輻射熱。（圖 A1-22）



圖 A1-22 行動開始，人員進攻之情況

7. 確認水霧之防護情形後便由階梯方向前進。(圖 A1-23)



圖 A1-23 往災害現場前進之情況

8. 訓練人員站上平台並互相溝通，以確認防護位置。(圖 A1-24)



圖 A1-24 人員就定防護位置之情況

9. 關閥手進入開口處內部關斷模擬之洩露閥件，完成關斷動作後，以相同模式持續防護，向後撤退。（圖 A1-25）



圖 A1-25 由關閥手關斷模擬洩漏閥件之情況

10. 完成關斷閥件之動作，指揮官發佈完成任務指令，瞄子手與副瞄子手保持水霧開啟之狀態，由階梯退下平台，直至到達預備地點後，關斷水霧，訓練結束。（圖 A1-26）



圖 A1-26 完成搶救任務，退至預備地點之情況

附錄二 巡迴展示訓練照片

展示一

日期：98 年 4 月 22~23 日

活動名稱：台北國際安全設備展

參與對象：安全設備廠商及一般民眾

地點：勞工安全衛生研究所





展示二

日期：98 年 9 月 29 日

地點：高雄縣仁大工業區

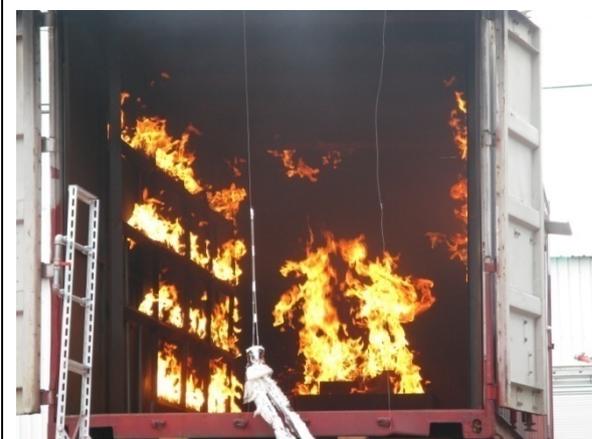
參與人數	高雄縣政府消防隊第 4 大隊仁武分隊	2 人
	仁武工業區廠商聯誼會	1 人
	經濟部工業局仁大工業區服務中心	10 人
	長春樹脂廠股份有限公司	5 人
	宇恆電子有限公司	2 人
	元際公司	1 人
	和桐化學股份有限公司	3 人
	青利實業股份有限公司	1 人
	中國石油化學工業股份有限公司	3 人
	台泥公司鼓山廠仁武分場	2 人
	台精化學股份有限公司	2 人
	國巨股份有限公司	2 人
	上境科技公司	1 人
	明鴻工業股份有限公司	3 人
	高永在股份有限公司	1 人
	美西製葯公司	1 人
	星僑股份有限公司	1 人
	永豐工業股份有限公司	1 人
	暉華工業股份有限公司	17 人
	益利達資源科技	1 人
長榮大學消防實驗室	7 人	
清雲科技大學	9 人	
工業技術研究院能源與環境研究院	1 人	
統計人數	共 70 人	



人員現場著裝情形



人員測試水霧狀況



貨櫃內部發生火災之情況



救援行動開始，人員進攻之情況



水霧完全覆蓋貨櫃開口面，以隔絕輻射熱



完成搶救任務，退至預備地點之情況



實際演練情況



實際演練情況



實際演練情況



實際演練情況



實際演練情況



實際演練情況

展示三

日期：98 年 10 月 15 日

地點：南部科學園區

參與人數	大億科技股份有限公司	2 人
	奇美電子股份有限公司	15 人
	奇美電子股份有限公司- 1 廠	1 人
	奇美電子股份有限公司-四廠	5 人
	奇美電子股份有限公司- 六廠	14 人
	奇美電子股份有限公司- 八廠	1 人
	奇美電子股份有限公司- B 廠區	6 人
	奇美物流股份有限公司	1 人
	奇美材料科技股份有限公司	3 人
	三福氣體股份有限公司	1 人
	東宇生物科技股份有限公司	2 人
	台灣凸板國際彩光股份有限公司	2 人
	帆宣系統科技股份有限公司	1 人
	台灣積體電路製造股份有限公司	1 人
	光鉸科技股份有限公司	3 人
	奇美能源股份有限公司	8 人
	科學城物流股份有限公司	1 人
	和立聯合科技股份有限公司	2 人
	安瀚視特股份有限公司	1 人
	瀚宇彩晶股份有限公司南科廠	3 人
	財團法人國家實驗研究院國家實驗動物中心	1 人
	川湖科技股份有限公司	2 人
	台灣賽孚思科技股份有限公司	1 人
	港香蘭應用生技股份有限公司	1 人
	大億光能股份有限公司	1 人
	晶發光電股份有限公司	1 人
	長興開發	1 人
	漢名科技	1 人
	台灣恩益	1 人
	頂正科技	1 人
台灣神隆	4 人	
其他	3 人	
清雲科技大學	9 人	

	長榮大學	10 人
	統計人數	共 110 人



人員現場著裝情形



人員就定位時並測試之情況



貨櫃內部發生火災之情況



救援行動開始，人員進攻之情況



往火場前進之情況



採低姿勢噴灑水霧之情況



完成搶救任務，退至預備地點之情況



聖誕樹模擬狀況



實際演練情況



實際演練情況



實際演練情況



大合照

展示四

日期：98 年 10 月 20 日

地點：高雄縣林園工業區

參與人數	台達化工公司	5 人
	遠榮氣體工業公司	1 人
	中美和石化公司	1 人
	信昌化工公司	2 人
	和益化工公司	5 人
	南帝化工公司	1 人
	亞洲聚合公司	3 人
	南亞塑膠工業公司	4 人
	台灣苯乙烯公司	1 人
	李長榮化工公司	1 人
	台灣中油公司	2 人
	台灣石化合成公司	3 人
	華運倉儲公司	1 人
	台灣氯乙烯公司	5 人
	中國橡膠公司	3 人
	遠東鋼鐵企業公司	1 人
	林園工業區服務中心	2 人
	台灣塑膠工業公司	1 人
	東聯化工公司	4 人
	台灣國際造船公司	1 人
清雲科技大學	9 人	
長榮大學	9 人	
統計人數		共 65 人



講師授課概況



講師授課概況



人員現場著裝情形



人員現場著裝情形



貨櫃內部發生火災之情況



救援行動開始，人員進攻之情況



往火場前進之情況



採低姿勢噴灑水霧之情況



完成搶救任務，退至預備地點之情況



參與火災展示演練人員



實際演練情況



實際演練情況



實際演練情況



實際演練情況

展示五

日期：98 年 10 月 27 日

地點：台中中部科學園區

參與人數	玉晶光電	2 人
	菱真電子	1 人
	均豪精密	2 人
	新瑞科技	2 人
	元翎精密	4 人
	應變隊雲林隊	2 人
	聯相光電	3 人
	捷時雅邁科	3 人
	主新德科技	1 人
	晶旺生物科技	2 人
	力勁機械	1 人
	歐馬科技	2 人
	三福氣體	1 人
	茂德科技	1 人
	日東光學	3 人
	翔準先進光罩	3 人
	台灣應用材料	1 人
	晃誼科技	3 人
	中科物流	1 人
	佳能半導體設備	2 人
	三福氣體	6 人
	廣鎔光電	1 人
	友達光電	2 人
	長園科技	1 人
	華邦電子	5 人
	聯勝光電	2 人
倚強科技	1 人	
瑞晶電子	5 人	
祐祥直升飛機	1 人	
中科管理局 秘書室、工商組、環安組	7 人	
清雲科技大學	9 人	
長榮大學	9 人	
統計人數		共 92 人



人員現場著裝情形



測試水霧情形



救援行動開始，人員進攻之情況



人員進攻之情況



往火場前進之情況



採低姿勢噴灑水霧並切斷關閉閥



切斷關閉閥



切斷關閉閥



聖誕樹模擬狀況



完成搶救任務，退至預備地點之情況



實際演練情況



實際演練情況

展示六

日期：98 年 11 月 12 日

地點：基隆市消防局

參與人數	基隆市消防局各分隊人員約 45 人 (仁愛分隊、救助分隊、七堵分隊、中山分隊、中正分隊、暖暖分隊、信義分隊、安樂分隊)
------	--



人員現場整隊預備



人員現場著裝情形



貨櫃內部發生火災之情況



救援行動開始，人員進攻之情況



往火場前進之情況



保護第一線人員進入火場之情況



聖誕樹模擬狀況



聖誕樹模擬狀況



實際演練情況



採低姿勢噴灑水霧並切斷關閉閥



人員進入火場之情況



人員進入火場之情況



人員進入火場之情況



全部人員加裝氧氣筒進入火場



全部人員進入火場之情況



全體消防人員

展示七

日期：98 年 12 月 110 日

地點：基隆市消防局

參與人數	基隆市消防局各分隊人員約 45 人 (仁愛分隊、救助分隊、七堵分隊、中山分隊、中正分隊、暖暖分隊、信義分隊、安樂分隊)
------	--



貨櫃內部發生火災之情況



人員體驗閃燃壓力波



保護第一線人員進入火場之情況



採低姿勢噴灑水霧並切斷關閉閥



保護第一線人員從火場撤退



人員進入火場之情況



全部人員加裝氧氣筒進入火場



下一組人員預備進入火場



人員進入火場之情況



人員進入火場之情況

附錄三 濃煙體驗器教育訓練手冊

目錄

一、認識火場.....	105
1-1 氧氣耗盡（缺氧）	105
1-2 火焰與熱輻射	105
1-3 濃煙與毒性氣體	106
二、逃生基礎認知及自攜式空氣呼吸器使用方法.....	109
2-1 基礎逃生認知	109
2-1-1 初發現火警時.....	109
2-1-2 火災發生後.....	109
2-2 自攜式空氣呼吸器使用方法	109
2-2-1 SCBA 使用時機：	110
2-2-2 氣瓶與背架.....	110
2-2-3 SCBA 安全工作時間：	110
2-2-4 組裝：	111
2-2-5 高壓測試：	112
2-2-6 殘壓警報測試：	113
2-2-7 穿著：	114
2-2-8 注意事項：	115
2-2-9 狹道空間應用訓練.....	115
三、實際濃煙貨櫃體驗訓練.....	117
3-1 目的：	117
3-2 訓練內容：	117
3-3 訓練情境說明	117
3-4 訓練流程	118
四、參考文獻.....	118

圖表目錄

表 1-2 一氧化碳及二氧化碳對人體之影響	107
表 1-3 火災時釋出之其他毒性氣體	108
圖 2-1 空氣鋼瓶與背架	110
圖 2-2 背架之構造圖	110
圖 2-3 黑色墊圈(O Ring).....	111
圖 2-4 減壓閥之旋鈕	111
圖 2-5 防震裝置	112
圖 2-6 氣瓶背帶扣環	112
圖 2-7 高壓軟管及各閥件	113
圖 2-8 肺力閥之紅色按鈕(關閉按鈕).....	113
圖 2-9 肺力閥之黑色按鈕(開啟按鈕).....	114
圖 2-10 殘壓警報氣笛	114
圖 2-11 五爪式面罩	114
圖 2-12 照明繩(綠色亮燈方向為出口方向).....	115
圖 2-13 拖送法	116

一、認識火場

前言：

火災可怕的主要因素乃是火災過程中材料燃燒所產生的物質，無論是對火災現場及鄰接區域之人員，燃燒後的產物明顯威脅到人員的生命安全，因此認識火災實為火場逃生訓練之第一課題。火災對於人命安全的影響因素將可概分為以下幾項：

1-1 氧氣耗盡（缺氧）

一般而言，人體習慣於在大氣之 21%的氧氣濃度下自在活動，若人員處於火場中，可能造成人員體之亢奮狀態及活動量增加，此時人體對氧氣之需求量亦提升，即使氧氣濃度處於正常值時，也可能出現氧氣不足之症狀。一般人存活的氧氣濃度最低限值約為 10%，而火場中氧氣濃度的多寡，將隨著火場中可燃物的燃燒特性、火載量及環境條件不同而有所變化。缺氧對人體之影響如表 1-1 所示：【1】

表 1-1 缺氧對人體之影響

氧氣濃度	對人體產生之影響
17%	✧ 開始出現缺氧現象，肌肉功能逐漸減退。
10~14%	✧ 人仍有意識存在，但判斷力已明顯降低，且本身並不易察覺
6~8%	✧ 呼吸將會停止，並且於 6~8 分鐘內發生窒息現象進而造成死亡

1-2 火焰與熱輻射

火場中的高溫會造成血液循環及呼吸加速，皮膚亦會因輻射熱而產生灼傷，輕則產生水泡，重則皮膚壞死、潰瘍，甚而傷及皮下脂肪、肌肉或骨骼，嚴重程度可見一般，甚至會使人致命。

熱對於火災現場及鄰近區域之人員皆具危險性。故無論是氧氣消耗或毒害物效應，由火焰產生之熱空氣及氣體，亦能導致人員燒傷、灼傷、熱虛脫、脫

水及呼吸道閉塞水腫。一般人員生存極限之呼吸溫度約為 131°C (300°F)，若室內氣溫高達 140°C 時，仍能存活短暫時間。而人員呼吸時，室內氣溫若超過 66°C (150°F) 時便難以忍受，此溫度將可能造成室內人員逃生困難。【1】

1-3 濃煙與毒性氣體

當火災事故發生時，除了火焰的輻射熱所造成之傷亡外，濃煙往往是最大致命因素。濃煙對火場中人員視覺之遮蔽效應，其危害性遠大於火源所產生之毒性氣體。現今建築材料多為化學纖維或塑膠等高分子合成材料，一旦失火，濃煙便快速產生並且開始四處瀰漫。由於煙成分中含有碳粒、焦油，均足以遮擋光線造成視覺受阻，喪失平時應有之正確判斷能力，使得逃生變得更加困難。

一般高分子材料之熱分解及燃燒生成物成分種類繁雜，有時多達百種以上，然而對人體生理有具體毒性效應之氣體生成物僅是其中一部分。這些氣體之毒害性成分基本上可分為三類：【1】

- 窒息性或昏迷性成分。
- 對感官或呼吸器官有刺激性之成分。
- 其他異常毒害性成分。

火場中所產生之濃煙，以一氧化碳為最主要使人員致命的殺手。當暴露或吸入高濃度之一氧化碳會造成許多危害人體健康之效應，因為一氧化碳與血紅素之結合能力為氧的 200 倍以上，一旦吸入過多一氧化碳，將會大幅降低血液輸送氧氣之功能，導致心臟和腦組織缺氧而嚴重受創。若吸入過多一氧化碳可能會造成頭痛、噁心、虛脫、心跳不規則、失去意識與反應遲鈍等症狀，若處於高濃度之一氧化碳下，會使大腦失去正常功能甚至致死。【2】【3】

而二氧化碳雖僅具有微毒性，若吸入過多之二氧化碳，亦會造成頭痛、噁心、嘔吐及呼吸困難等症狀出現，嚴重者甚至可能引起循環衰竭而導致昏迷致死。一氧化碳與二氧化碳之容許暴露濃度限值及對人體產生之影響，分別如表 1-1 及表 1-2 所示。【4】【5】

表 1-1 一氧化碳與二氧化碳之容許暴露濃度恕限值

容許暴露濃度之種類	一氧化碳容許暴露濃度 恕限值	二氧化碳容許暴露濃度 恕限值
日時量平均容許暴露濃度 (TLV-TWA)	35 ppm	5,000 ppm
短時量平均容許暴露濃度 (TLV-STEL)	52.5 ppm	5,000 ppm
半致死濃度 (LC ₅₀)	1807 ppm/4H	N/A

表 1-2 一氧化碳及二氧化碳對人體之影響

物質	對人體產生之影響
一氧化碳	<ul style="list-style-type: none"> ✧ 在 10 至 15 分鐘會頭痛及暈眩。30 分鐘後會喪失知覺及有死亡危險。(空氣中濃度 0.32%) ✧ 在 1 至 3 分鐘會頭痛及暈眩。10 至 15 分鐘後會喪失知覺及有死亡危險。(空氣中濃度 0.64%) ✧ 吸入 2 至 3 口就喪失知覺。1 至 3 分鐘後有死亡危險。(空氣中濃度 1.28%)
二氧化碳	<ul style="list-style-type: none"> ✧ 產生急促與深層之呼吸導致身陷火場之人員吸入更多其他由於火災燃燒所產生之毒性氣體。(空氣中濃度 3%) ✧ 開始出現呼吸困難之現象。(空氣中濃度 5%) ✧ 數分鐘內喪失知覺。(空氣中濃度 9%) ✧ 二十至三十分鐘內死亡。(空氣中濃度 20%)

此外，火場中因燃燒物質不同（塑膠、化學品），而可能產生其他具有毒性之生成物，如氯化氫（HCl）、氫氰酸（HCN）、氧化氮（NOX）、硫化氫（H₂S）等數十種有毒氣體，一旦吸入，即可能造成人員神經麻痺或腦部障礙，甚至缺氧死亡。物質燃燒後產生之毒性氣體之恕限值與對人體影響可參考表 1-3：【6】

表 1-3 火災時釋出之其他毒性氣體

毒性氣體	設限值 (ppm)	影響
丙烯醛	1	非常刺激。暴露於 10ppm 或以上者，可能很快死亡。
二氧化硫	2	對眼睛和呼吸道有嚴重刺激。
氯化氫	5	具腐蝕性且非常刺激。
二氧化氮	5	毒性影響可持續 8 小時。 濃度極高時，此種氣體可能很快致命。液體聚積於肺中有時導致傳染性肺癌。
氰化氫	10	劇毒且很快致命，但火災發生時通常並不會產生危險之含量。
硫化氫	10	刺激引起暈眩，呼吸困難。可能引起呼吸癱瘓。
醋酸	10	辛辣與刺激
氨氣	50	對耳朵、身體、喉嚨和肺部有嚴重刺激。

二、逃生基礎認知及自攜式空氣呼吸器使用方法

2-1 基礎逃生認知

2-1-1 初發現火警時

- 判斷火勢來源，再決定逃生方向。
- 火場逃生避難，分秒必爭，萬萬不可猶豫。
- 「冷靜」為逃生不二法門，切忌慌亂驚叫，應力求鎮定，盡可能依逃生方向指示或沿著牆面找到安全出口逃生。
- 絕不可朝衣櫥或床底躲藏。

2-1-2 火災發生後

- 開門逃離室內，應先觸摸門板及把手，如感覺門板相當熱，切勿開門，以防門外火焰竄入。此時並應迅速找尋另一條安全出口逃生，切勿搭乘電梯。
- 如被困電梯，應按緊急報警按鈕，使控制中心知道有人被困而派員搶救。
- 如須通過火焰區，應迅速將衣服用水浸濕或以濕棉被、毛毯裹住身體後迅速通過。
- 如身旁有緊急逃生用具，如濃煙逃生袋或防煙袋等，應立即將其充滿新鮮空氣，套住頭部迅速逃生。
- 因濃煙受熱浮力影響，向上竄升速度驚人，較人員上樓速度快，故火警發生時應該盡可能向地面或較低樓層逃生。
- 濃煙密布時，離地二十公分處及樓梯之梯角間，仍有殘存空氣，應以濕毛巾掩住口鼻，盡量將身體壓低，採取低姿勢爬行。
- 如向下逃生通路已為火勢阻斷，應立即設法向屋頂平臺逃生，靜待消防人員搶救，或利用其他逃生設備，如緩降機、逃生通道、救助袋等作逃生之動作，切勿冒險自高樓跳下。【7】

2-2 自攜式空氣呼吸器使用方法

2-2-1 SCBA 使用時機：

- 環境不明(人孔、坑道、槽體)
- 缺氧(氧氣濃度 19%以下)
- 毒性氣體(H₂S、CO)
- 濃煙火場
- 刺激物質(毒化物)
- 高溫環境

2-2-2 氣瓶與背架

以下圖為背架構造



圖 2-1 空氣鋼瓶與背架



圖 2-2 背架之構造圖

2-2-3 SCBA 安全工作時間：

SCBA 安全工作時間

=空氣鋼瓶可使用時間(min)－安全控制時間(min)

安全控制時間(min) →依據深入路徑所預留之撤退時間，而非氣瓶之殘壓警報作動(50 Bar 以下)才開始撤離。

至少需二人一組進入災害現場，禁止單人操作。然而耗氣量因人而異，若當中一人已必須撤退，則二人需同時撤離現場，交接於下一組繼續執行。

2-2-4 組裝：

先檢查減壓閥之黑色墊圈(O Ring)是否有所損壞或脫落，以防組裝後 氣瓶閥與減壓閥之連接處無法密合而出現洩漏之狀況，而減少鋼瓶使用時間，甚至造成其他意外發生。



圖 2-3 黑色墊圈(O Ring)

背架平放，將鋼瓶穿過背帶。

立起背架及鋼瓶，一手扶住背架，一手控制鋼瓶閥與減壓閥，輕輕微調減壓閥角度，使鋼瓶閥與減壓閥之旋鈕平行相對之後即可輕鬆旋入，鎖至固定無法再旋轉即可，切勿過度旋轉造成崩牙。



圖 2-4 減壓閥之旋鈕

將高壓軟管上之防震裝置扣於減壓閥之環扣以防止在行動時因碰撞或摩擦而導致閥門鬆脫之現象。



圖 2-5 防震裝置

平放已連結之背架與鋼瓶，調整背帶鬆緊，將環扣調整至靠近背架之起點處，束緊背帶，固定扣上於鋼瓶之側面，切勿將環扣固定於鋼瓶之正面，以免行動時因容易碰觸或摩擦而鬆脫。



圖 2-6 氣瓶背帶扣環

拿起背架輕輕晃動，確認鋼瓶與背架已確實固定結合即可，若察覺連結不實，則需重新確認背架與氣瓶各連接處是否有誤。

2-2-5 高壓測試：

- 於平時即應確認 SCBA 系統是否完善，以維持在正常狀況。
- 組裝完成後高壓軟管或其他閥件是否有洩漏之狀況



圖 2-7 高壓軟管及各閥件

- 按壓肺力閥之紅色按鈕，使調節閥關閉



圖 2-8 肺力閥之紅色按鈕(關閉按鈕)

- 開起氣瓶閥，使氣體蓄積於高壓軟管之中
- 氣瓶閥全開到底後迴轉 1/4 至半圈，以利之後辨別開關旋轉之方向。
- 若只將氣瓶閥旋開部分，可能在行動時因摩擦碰觸而使氣瓶閥關閉，產生危害。
- 關閉氣瓶閥，拿起壓力表觀察數值，一分鐘內若壓力值下降 10Bar 以上，則表示管線或閥件有洩漏，應立即做更換。

2-2-6 殘壓警報測試：

- 按壓肺力閥之紅色按鈕，使調節閥關閉
- 開起氣瓶閥，使氣體蓄積於高壓軟管之中
- 關閉氣瓶閥，一手拿起壓力表，一手拿起肺力閥，按下肺力閥之黑色按鈕，使蓄積之氣體洩出，以手掌輕壓肺力閥出口，控制氣體慢慢釋放，當壓力表指針顯示至 50Bar(±5Bar)時，殘壓警報應產生動作而鳴叫。



圖 2-9 肺力閥之黑色按鈕(開啟按鈕)

災害現場同時有數名救災人員身著 SCBA，應如何辨別自身之 SCBA 發出殘壓警報？利用手指按壓壓力表下方之殘壓警報氣笛出口，使警報頻率產生變化，以利判別是否為自身之殘壓警報作動。



圖 2-10 殘壓警報氣笛

2-2-7 穿著：

➤ 五爪式面罩：

先將五爪鬆緊帶調整至最鬆弛的狀態，雙手撐開帶子套入頭部，面罩下緣貼緊下巴，五爪鬆緊帶由下顎、臉頰至頭頂依序收緊，收緊五爪鬆緊帶時，施力方向須向後方，避免施力不當，造成斷裂。



圖 2-11 五爪式面罩

將 SCBA 肩帶腰帶放至最鬆，以穿衣方式背上，以稍微彎腰肢姿勢調整肩帶，收緊肩帶使腰帶高度至合適之位置，接著扣緊腰帶後，微調肩帶鬆緊，以不妨礙作業且無鬆脫之虞為原則。

- SCBA 穿戴配重比→肩 3：腰 7

2-2-8 注意事項：

當進行搶救時，人員進入到濃煙密布的火場時，對於方向的辨識相當困難，所以常牽引搜索線或照明繩(如圖 2-12)由搜救之入口處進入，以利搜救或受困人員可藉此引導逃生方向。



圖 2-12 照明繩(綠色亮燈方向為出口方向)

2-2-9 狹道空間應用訓練:

- 窄道通過法

當救難人員進入到火災現場時，可能面對的環境已遭火勢破壞，致使通道受阻，若要進行深入搜救恐有困難。此外，因人員身著消防衣及背負自攜式空氣呼吸器，造成行動更加不便，所以在通過地面之狹窄通道時，可能需藉由側身匍匐前進。然而，當狹窄通道已無法利用上述之方式通過時，可能需卸下氣瓶，以減少穿越狹窄通道之截面積。

在火場中，濃煙易造成人員能見度下降、視線不明，因此，救難人員於平時就應非常熟練自攜式空氣呼吸器之穿戴方式，才能在此種狀況之下順利的穿脫，其中，最重要的是在穿脫過程中皆不可將呼吸面罩脫離，以免造成意外。若需卸下氣瓶通過狹窄通道時，其另一項要點即是在通過之過程中，需輕輕推送鋼瓶前進，並需伸手向前探索前方路徑協助判斷前方

狀況，是否有高低落差或其他危害存在，以免發生如氣瓶掉落而拉扯面罩等情況。

➤ 救援帶人法

在火場內若發現傷者已昏迷或意識不清，則須立即將傷患帶離現場。此時若需將傷者帶離並通過狹窄通道時，若空間限制僅能讓一名救難人員移動傷者時，則利用拖帶之方式，雙手勾住傷患腋下並保護頭部小心移動。若空間允許可令二名救難人員同時移動傷者時，則一人同前項作法拖帶，另一人則在傷者腳部，將傷者之單腳跨過救難人員之肩膀，以推送之方式協助，將傷者帶離現場。



圖 2-13 拖送法 (註左圖為單人拖帶法，右圖為雙人拖送法)

三、實際濃煙貨櫃體驗訓練

3-1 目的：

為讓勞工朋友親身體驗實際火場之濃煙情境，以讓勞工朋友們無論是在工作場所或於一般居家環境中，當面對火場需做出緊急逃生的動作時，有正確的判斷與知識。並透過實際的模擬演練，能有身歷其境感受，加強印象，當實際面臨火場之逃生情況時可提升其應變能力，並減緩其緊張之情緒。而對於廠區之工安或緊急應變人員，能夠增加其火場救援之能力，透過再次的實際演練，加強應變之熟悉程度，以及強化其搶救技術，增進救援信心。可於災害發生時，及早投入救援，以降低人員之傷亡。其訓練對象及所需器材如下：

- 對象：勞工、工安、ERC、ERT
- 訓練器材：消防衣帽組（含防火手套、防火鞋、防火面罩）、自攜式空氣呼吸器

3-2 訓練內容：

- 利用濃煙體驗器進行火災發生時濃煙瀰漫之場景模擬，透過變換濃煙體驗器內部不同通道之形式，增減其通行之難易程度，可供學員親身體驗火場內煙霧迷漫、伸手不見五指之情況下，實地進行逃生動作。
- 教導勞工於火場中正確之逃生要領，透過模擬演練實際操作。
- 指導廠區工安或緊急應變人員於發生火災時，如何正確地使用自攜式空氣呼吸器進入火場進行搜救，透過實際操作增加其熟練程度。
- 指導廠區工安或緊急應變人員於穿著消防衣及配戴自攜式空氣呼吸器進入火場搜救，可能遇到難以通行之情況時，能夠利用技巧通過，以達深入搜救之目的。藉由模擬演練，可實地嘗試，以增加應變之能力。
- 指導廠區工安或緊急應變人員於穿著消防衣及配戴自攜式空氣呼吸器進入火場搜救時，發現受困傷者應如何有效地完成救援行動，將傷者安全的運送至火場之外，盡速送醫治療。

3-3 訓練情境說明

- 模擬於火災發生時，濃煙快速籠罩該空間致使視線不明，以較為簡易之通道形式，令體驗人員在無任何呼吸輔助工具之下，找尋出口並快速通過。
- 模擬當火災發生後，證實火場內尚有受困之人員，廠區工安或緊急應變人員須立即進行救援行動，而火勢致使火場內部環境遭受破壞，阻礙通路而形成狹窄通道，救難人員須先行通過後才能深入救援，將傷患運送出來。

3-4 訓練流程

- (1) 所有學員以五人一組之方式依序進入濃煙體驗器內，以手掩摀口鼻，另一手保護頭部並向前探索出口，採取低姿勢快速通過。同一組人員全數通過後，則下一組才開始進入。
- (2) 工安人員與緊急應變人員實地穿著消防衣及配帶自攜式空氣呼吸器。
- (3) 先經過循環爬梯之基礎體能測試，必須達到每分鐘十公尺以上的速度，完成爬升三十公尺的距離設定，即通過測試。(若有身體不適之狀況，如呼吸困難，頭暈等情形，即立刻停止動作，並馬上請醫護人員處理。)
- (4) 通過循環爬梯之基礎體能測試後並無異狀者，則以二人一組，進行濃煙體驗器之狹窄通道訓練及假人救援訓練。

四、參考文獻

- 【1】 防災情報站，火災對人體的危害，線上檢索日期：2009 年 5 月 30 日。網址：<http://www.epochtimes.com/b5/8/10/10/n2292295.htm>
- 【2】 許木嶺，錢新南，“一氧化碳中毒”，國防醫學，第 31 卷，第 3 期，第 195-201 頁，2000 年 9 月。
- 【3】 陳瓊方、宋文舉，“一氧化碳中毒”，中華民國兒童胸腔醫學會會刊，第 3 卷，第 1 期，第 1-10 頁，2002 年 3 月。
- 【4】 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所。物質安全資料表。線上檢索日期：2009 年 6 月 20 日。網址：<http://www.iosh.gov.tw/data/msds/msds0027.pdf>.
- 【5】 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所。物質安全資料表。線上檢索日期：

2009 年 6 月 20 日。網址：<http://www.iosh.gov.tw/data/msds/msds0193.pdf>

【6】林國雄、仇敏，防火防爆工程，第七章 火災對人體之損害，全威圖書有限公司，2007

【7】內政部消防署，防災知識網。線上檢索日期：2009 年 6 月 27 日。網址：http://www.nfa.gov.tw/nfa_k/Show.aspx?MID=283&UID=285&PID=283

附錄四 濃煙體驗器操作說明書



操作流程：

1. AC 110V 20A 與 AC 220V 50A 電源供應。
2. 貨櫃側門先後開啟至水平位置、放下支撐腳調整並長度確實支撐，固定梯旋轉 270°垂直接觸地面後妥當放置。
3. 開啟控制台之電源，電源指示燈亮。
4. 按動啟動按鈕，啟動燈亮、監視畫面顯示。
5. 選擇煙霧產生器開啟之數量(1~4 台)，各別選擇指示燈亮，煙霧產生器需加熱 3~5 分鐘方可使用。
6. 按動煙霧開關，煙霧指示燈亮。
7. 濃煙體驗人員開始操作，並由 CCD 攝影機將影像回傳到監看螢幕。
8. 若人員有不適等意外狀況發生，立即按動急停(EMS)開關。按動急停開關之後，煙霧停止、照明與抽風扇開啟。
9. 如操作演練完畢，按動急停(EMS)開關，開啟照明與排煙，程序完成。
10. 如煙霧排除及人員安全撤離，即可解除急停(EMS)按鈕。
11. 全部程序完成後即可關閉電源，停止照明與抽風扇，濃煙體驗操作結束。

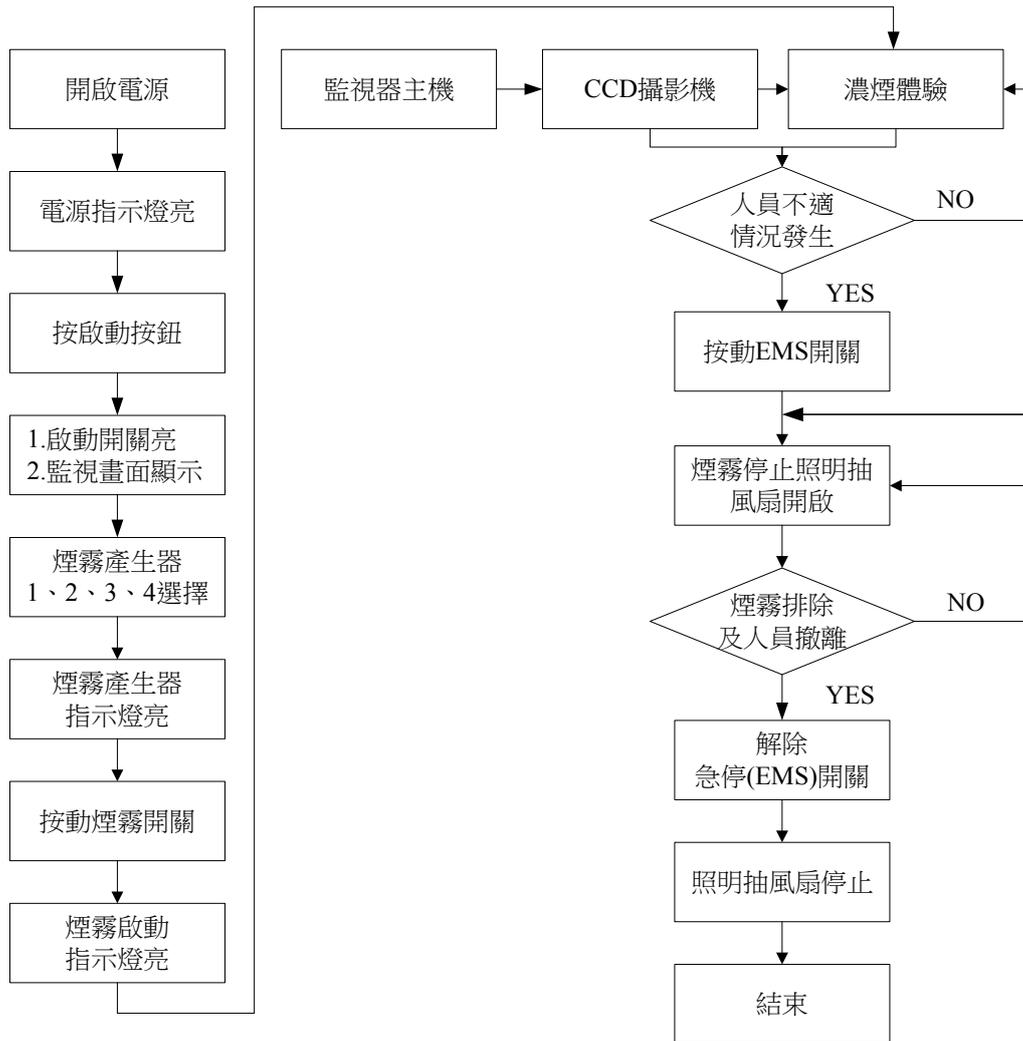


圖 A4.1 操作流程圖

附錄五 爬梯訓練機操作說明書



1. 啟動無熔絲開關，白色指示燈、綠色開關燈泡、計數器亮。
2. 利用計數器設定要爬行的爬桿數量。
3. 按下啟動開關，變頻器開啟，紅色開關燈泡亮，綠色開關燈泡滅。
4. 變頻器電源啟動，扭轉旋鈕設定頻率。
5. 按下變頻器正(反)轉按鈕，本體開始運作。
6. 按下停止按鈕、急停按鈕、接觸上下極限光電開關、計數器到指定數字時，則機器停止運轉。

防災模擬器開發與試用評估

著（編、譯）者：高崇洋、劉國青

出版機關：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

221 台北縣汐止市橫科路 407 巷 99 號

電話：02-26607600 <http://www.iosh.gov.tw/>

出版年月：中華民國 99 年 2 月

版（刷）次：1 版 1 刷

定價：290 元

展售處：

五南文化廣場

台中市中區中山路 6 號

電話：04-22260330

國家書店松江門市

台北市松江路 209 號 1 樓

電話：02-25180207

本書同時登載於本所網站之「出版中心」，網址為
http://www.iosh.gov.tw/Book/Report_Publish.aspx

- 本所保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所同意或書面授權。

【版權所有，翻印必究】

GPN: 1009900718