

# 某光電廠緊急應變管理及動態避難引導分析之研究

## Analysis of Emergency Response Management and Dynamic Evacuation Guidance in an Optoelectronic Industry

邱晨瑋\*

丁宛瑩\*\*

蔡春進\*\*\*

Chiu, Chen-Wei

Ting, Wan-Ying

Tsai, Chuen-Jinn

### 摘要

本研究選定一光電廠區進行緊急應變管理及人員逃生避難時間之電腦模擬分析。研究結合動態導引系統，運用智慧消防安全與防減災思維，強化工廠的自主安全管理和緊急應變能力。本研究旨在針對光電科技廠大型場域，探討現行逃生路線規畫之可行性及動態避難引導系統之成效。

本研究透過文獻探討及場域勘查，選定高風險區域並針對重大潛在危害區域進行模擬分析。使用避難軟體程式 Pathfinder 設計不同情境。評估各階段疏散時間、樓梯疏散量及出入口壅塞情形，透過調整人員移動速度以符合實際。在設定避難路徑失效的不利情境下，進行電腦模擬，並探討分層與分區分流成效。其中辦理無預警演練與模擬進行比較分析，期望作為該場域日後教育訓練依據。

研究結果顯示，動態導引系統應用於火災和地震情境中，能提前預警並透過分流機制減少壅塞，平均縮短 22% 的避難時間。實兵演練中調整步行速度至 1.4m/s 更貼近實際避難時間，證實疏散規劃有效性。無火源情境下，動態引導系統平均各樓梯使用率，減少 496 秒避難時間；有火源情境下，動態導引系統能引導人員避開危險出口，使用危險樓梯的比例由 12% 降至 0%。在隨機、分區、分層情境下，四座樓梯可用時分區和分層疏散效果差異約 1%，但當某座樓梯失效時，分層疏散效果更佳，可提升 9.8% 疏散效率。建議針對場域進行疏散機制調整並加強員工消防教育訓練，提升整體疏散成效。

**關鍵字：**緊急應變、工廠自主管理、疏散演練、Pathfinder、動態避難引導

\* 臺灣警察專科學校消防安全科教授，[eswin.wei@gmail.com](mailto:eswin.wei@gmail.com)。

\*\* 國立交通大學產業安全與防災學程碩士班，[judy19961031@gmail.com](mailto:judy19961031@gmail.com)。

\*\*\* 國立交通大學環境工程研究所終身講座教授，[cjtsai@nycu.edu.tw](mailto:cjtsai@nycu.edu.tw)。

## Abstract

This study selected a photovoltaic plant to conduct a computer simulation analysis of emergency response management and personnel evacuation times. The research integrates the dynamic guidance system of HEX Dynamic Evacuation Technology, employing smart fire safety and disaster prevention concepts to enhance the plant's autonomous safety management and emergency response capabilities. The study aims to explore the feasibility of current evacuation route planning and the effectiveness of the dynamic evacuation guidance system in a large-scale photovoltaic plant.

The study, through literature review and field surveys, identified high-risk areas and conducted simulation analysis for major potential hazard zones. The evacuation software program Pathfinder was used to design various scenarios, assessing evacuation times at different stages, staircase evacuation volumes, and exit congestion situations, adjusting personnel movement speeds to match reality. In adverse scenarios with evacuation route failures, computer simulations were conducted to evaluate the effectiveness of layered and zoned evacuation. Unannounced drills were compared with simulations to serve as a basis for future training in the plant.

The results indicate that the dynamic guidance system, when applied to fire and earthquake scenarios, can provide early warnings and reduce congestion through a diversion mechanism, shortening evacuation times by an average of 22%. Adjusting walking speeds to 1.4m/s in live drills provided more accurate evacuation times, confirming the effectiveness of evacuation planning. In scenarios without fire sources, the dynamic guidance system balanced the usage rates of staircases, reducing evacuation times by 496 seconds. In scenarios with fire sources, the dynamic guidance system effectively guided personnel away from dangerous exits, reducing the usage rate of hazardous staircases from 12% to 0%. In random, zoned, and layered scenarios, when four staircases were available, the evacuation effectiveness of zoned and layered approaches differed by only about 1%. However, when a staircase was out of service, the layered evacuation was more effective, improving evacuation efficiency by 9.8%. It is recommended to adjust the evacuation mechanism for the site and enhance employee fire safety training to improve overall evacuation effectiveness.

**Key words:** Emergency response, Autonomous Factory Management, Evacuation Drills,

## Pathfinder, Dynamic Evacuation Guidance

## 壹、緒論

### 一、研究動機

光電科技之應用日趨成熟廣泛，包含近期電動車及新興科技產業的應用發展，臺灣已將光電產業列為科技發展重點之一。惟光電廠房因特殊結構，一旦發生火災將影響災害現場搶救的時效性與困難性，加上近日消防人員殉職案件等多起重大火災事故，造成大量生命、財產損失與消防人員搶救上的挑戰，工廠自主消防安全管理的推動及工廠智慧消防安全之提升，更是刻不容緩的議題。此外，臺灣全球氣候變遷日益嚴重的背景下，節能減碳成為未來長期趨勢，因此企業需要採取措施來減少火災的發生和影響，同時應該制定緊急應變計劃，及時應對火災，盡力降地火災對環境、社會和經濟的衝擊。

火災為工廠營運風險之一，員工工作環境安全意識抬頭，若將場所消防安全評估、消防設備改善、火災應變教育訓練等項目納入 ESG 揭露項目，並輔導工廠推動消防 ESG，可幫助廠區人員更全面了解自身在火災風險掌握之表現。其中，藉導入物聯網智慧動態導引系統，期能提升工作場域安全，帶動防災產業科技化、資訊化、智慧化，並於火災發生時能將員工快速且安全的疏散到安全區域，以保障員工的生命安全，減少災害所造成的損失，以達到企業永續經營的目標。

### 二、研究目的

為了分析整個場域在防救災的成效，本研究會進行應變演練跟避難安全驗證，其中研究目的就包含：

- (一) 透過實兵演練去測試場內人員應變能力，並加入自編引導則是去檢視場所應變管理機制。
- (二) 藉由傳統跟動態避難引導系統分析探討兩者功能跟避難時間上的差異。
- (三) 探討不利災害情境下的模擬狀況。
- (四) 加入分區/分層引導差異去探討分流成效。
- (五) 藉由軟體模擬不同情境去驗證跟分析動態導引系統的優化功能。

### 三、研究方法與流程

本研究流程會先透過文獻回顧探討，再針對相關災例之潛在危險事件（或虛驚事件）進行探討，然後在場域勘查基礎下選定高風險區域進行火源設定，並針對人數跟應變模式改變去建立模型，透過動態引導避難模式及避難軟體模擬分析比對，藉此驗證參數設定跟避難動線的合理性。

（一）首先藉由文獻探討方式統計工廠之火災事故案例資料，就「人員」、「設備」、「物料」、「方法」、「環境」等五個損失來源，選定可能之危害發生原因與起火點等高風險情境。

1. 歷史災例（分析報案時間、發生地點、起火原因起火用途空間及傷亡人數，找出潛在火災風險，做為情境模擬之擇定參考。
2. 蒐集近期工廠火災發生文獻，藉以了解火災發生時廠內人員遭遇之困境及原因探討，做為策進作為、改進依據的參考。並參考文獻避難民眾移動速度，做為模擬軟體驗證參數設定參考依據。
3. 本研究取台灣及日本工廠設施用途場所作案例，係因類似用途空間在火災發生時均造成重大傷亡，因此分析報案時間、發生地點、起火原因起火用途空間及傷亡人數，找出潛在火災風險，做為情境模擬之擇定參考。

（二）在分析現有的火災案例統計和進行場地勘查的基礎上，檢視工廠內部的避難動線設計，評估各個避難路線在不同火災發生場景下的有效性，並研討火災案件中可能存在的各種潛在危險因素，並針對相關災例之潛在危險事件（虛驚事件）進行討論後，選定高風險區域進行研究。

（三）依工廠的場所特性，選用合適的方法進行危害辨識，其辨識出可能之風險，進行可能發生的後果分析，包括人員傷亡程度以及設備損失情況等，並尋找各種可能導致火災發生的情境，包括潛藏的火災原因、發生地點、時間以及最少應變人力等因素，以符合實際情境演練，並可優先強化合理但不利之狀況作為驗證情境。規劃應變演練，於過程中釐清演練目標、設計演練情境與狀況想定。

（四）針對高風險發生情境，設定合理火災情境規劃避難動線，進行無預警演練，於實兵演練過程中，觀察動態引導系統的實際應用效果，評估其在降低疏散時間和提升疏散效率方面的作用，並藉由軟體模擬比對分析，檢視所規劃之避難路線和引導系統能夠有效協助廠內人員安全撤離高風險區域。

（五）針對科技廠管制區出入機制、巔峰時刻或平時辦公員工人數改變、動線隨

- 機及自編人員輔助引導及動態導引分流機制變數介入後，利用軟體模擬分析比對，比較避難時間差異性，確保人員能夠在安全時間內有效進行避難。
- (六) 期望可經由建立場景方式，並經模擬軟體驗證後，提供未來光電廠檢討消防避難設施及提供動態引導系統效能之參考依據。
- (七) 本研究包括文獻回顧、場地勘查、電腦模擬分析和實際演練，旨在提升整體自主安全管理與防災效能。以下為研究方法與流程圖：

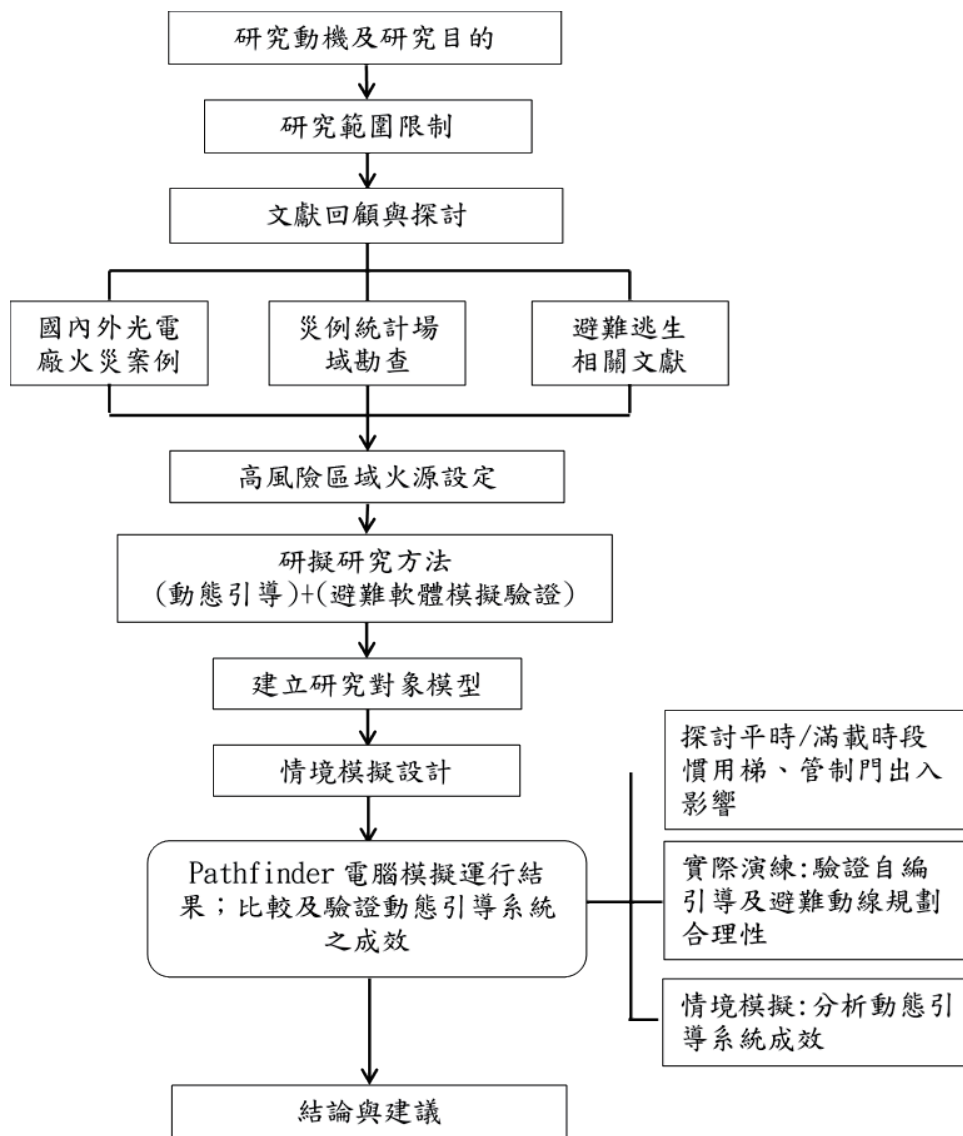


圖 1-1 研究方法與流程圖

資料來源：本研究繪製

## 四、研究範圍及研究限制

### (一) 研究範圍區域劃定：

1. 本研究選定整棟樓層區域之空間範圍 1 至 8 樓作為研究場景（不含地下停車空間）。
2. 將各區劃間的主要出入口（1 樓南、北出口及 2 樓大廳出口）、樓梯（4 座共分為 A、B、C、D 梯）、電梯標示規劃最佳避難路徑。

### (二) 研究對象：

依情境設定滿載時最大收容人數設定，及辦公時段平時應變人數情境下進行設定，包含長期工作人員（廠區上班人員、自衛消防編組人員），以及短期施工人員（根據廠區登錄施工人員進行人數紀錄）。

### (三) 研究限制

本研究方法所使採用之研究場景，係屬某光電科技廠特定樓層裝設動態避難引導系統之場所，針對本研究限制主要分為三面向去探討：

1. 在緊急應變管理中有關演練設計及評估，不探討圖上訓練推演；在實兵演練中只模擬有限之危機，不包含複合災害的狀況
2. Pathfinder 避難軟體則是假定防火門數量及推拉門方向不會去延遲避難時間；亦不探討避難弱者，或臨時出入的非特定人員。本研究也未加入火災模擬軟體 Pyrosim 模擬火源。
3. 廠區內的緊急避難動線因工廠機密性因素就現場得場勘地點狀況進行相對完整建模設定。並排除爆炸、恐攻等其他模式。

## 貳、文獻探討

### 一、光電產業概述及光電科技廠功能介紹

#### (一) 光電產業分類

光電產業泛指涉及應用光電技術或以光電元件作為關鍵零組件的器具和設備的商業活動。其範疇可以根據其性質和功能分為以下五大項目<sup>1</sup>：

---

<sup>1</sup> 台灣趨勢研究股份有限公司（2020），光電材料及元件製造業發展趨勢，TTR 台灣趨勢研究報告。

1.光纖通訊、2.光電應用、3.光資訊、4.光學器材及元件、5.光電元件。

## (二) 光電科技廠之功能及特色介紹

光電科技廠房承載著危險物質的潛在危害、設備機件故障率以及人為疏失的風險，其中光電廠區基本資訊如下：

1. 場所使用特性：針對其主要用途類別進行分類說明，其中共分為一般（行政區或會議區）場所、作業場所（製程區、供應區或處理區），以及儲存區（倉庫或倉儲）之劃分。
2. 風險狀況：危害能源、天氣、地形等環境存在之潛在危害，以及危害物質資訊及存放空間。
3. 員工特性及出入活動狀況：分析尖峰時刻及夜間應變人力之差異性。
4. 建築物面積及構造：內部火災擴散延燒因素：如樓梯、升降梯、及其他縱橫開口缺乏遮斷裝置。
5. 平面圖資設施與消防設備：使用建築平面圖時，善用「梯、開、危險、空間、軟」的原則，將平面圖資訊加以解析整理：

## 二、光電廠火災特性及案例分析

### (一) 潛在危險性及主要火災成因：

依據FM7-7、17-12、FM Loss Control Data 1-56、7-78，及過去國內、日本及美國晶圓廠的災害案例，檢討光電製造業的災害案例，統計出 6 項潛在危險性<sup>2</sup>，包括：濕式清洗台、電氣設備、可燃性塑材、製程排氣風管系統、晶片傳送站，以及矽甲烷氣體火災危害。

### (二) 光電廠火災特性：

1. 大多與外界區劃隔離，管制區影響進出，災害時外部難以執行救援。
2. 區劃貫穿，火勢沿製程風管或無塵室快速延燒。
3. 機具充斥且障礙物多，災害發現慢，不易安全撤離。
4. 密閉作業環境，形成高溫悶燒，濃煙密佈。
5. 製程作業採高毒性、腐蝕性、易燃性化學品，防護失效或洩漏，有爆炸

---

<sup>2</sup> 洪傳譜，陳俊勳（2005），「高科技廠房先進救災設備配合緊急應變程序之研究」，國立交通大學工學院產業安全與防災學程，碩士論文，13-15 頁。

危害。

6. 有毒或易燃氣體洩漏時，因空氣循環且快速擴散，使得洩漏很難立即察覺，對健康和 safety 造成潛在風險。

### (三) 國內外光電廠火災案例

1. 近年國內光電產業重大災例－竹苗廠區：以下針對近幾年有關國內新竹、苗栗地區廠房所發生光電災害案例進行整理分析<sup>3</sup>：

表 2-1 近年台灣光電產業災例－竹苗廠區

工廠名稱	事故時間	產業類別	災害原因
台積電竹南封測六廠	2023/4/25 (二) 19 時	晶圓代工	2 樓 PP 材質機台、CPVC 管路燃燒
致佳科技	2022/01/15 (六) 21 時	精密儀器	2 樓後段製程區起火
復揚科技新豐廠	2020/10/22 (四) 13 時	軟性印刷電路板 (PCB/FPC)	2 樓電鍍室內保溫設備起火
三德精密科技股份有限公司	2016/08/22 (一) 23 時	光學及精密儀器	2 樓脫脂槽起火
竹科晶元光電	2016/03/28 (一) 18 時/20 時	LED 磊晶廠	地下 2 樓儲存槽起火/大樓管線向上延燒複燃
昇陽光電科技股份有限公司	2017/10/27 (五) 14 時	矽晶太陽能電池	1 廠 3 樓 A2 生產區
國碩科技	2015/03/06 (五) 4 時	綠能發電儲電之系統	1 樓廠區起火

資料來源：本研究整理

2. 近年國外光電產業重大災例：針對統計近三年國外光電廠災例分析，其中包含多家高階製程公司，損失及影響慘重，依據事故分析起火原因及時間<sup>4</sup>：

<sup>3</sup> 黎俊鑒 (2023), 半導體無塵室火災風險分析暨防火工程性能設計之研究, 國立陽明交通大學工學院產業安全與防災學程, 碩士論文。

<sup>4</sup> 邱晨瑋 (2022), 工廠自主安全管理及火災風險調查評估機制期末報告, 財團法人中華民國消防技術顧問基金會委託研究計畫書, 47-48 頁。



表 2-2 近年國外光電產業災例

工廠名稱	事故當地時間	產業類別	災害原因
亞利桑那州台積公司晶圓廠	2023/04/28 (五) 14 時	奈米晶片	1 樓外部管道起火
正崴精密科技公司印度廠	2023/02/27 (一) 13 時	無線通訊及光學產品	電線走火
ASML 艾司摩爾德國廠	2023/01/02 (一) 晚間	光刻機製造零組件	起火原因待查
日本瑞薩電子公司那珂晶圓廠	2021/03/19 (五) 凌晨	芯片製造	電鍍槽電流過大導致火災
韓國三星電子工廠	2021/03/08 (一) 晚間	EUV 代工及高端 DRAM 生產	1 樓廢水處理和除臭設施處起火

資料來源：本研究整理

#### (四) 火災災例問題揭露

從上述火災災例揭露出幾項問題，包含：救災資訊整合落差、防火區劃的破壞導致火災蔓延、消防安全設備失效之風險危害，初期滅火不易、面積廣大，避難逃生動線複雜，背景噪音影響通訊品質，以及初期應變人力不足（夜間），延遲報案等情形。

#### (五) 災例統計及原因分析

經消防署統計 111 年至 112 年 5 月工廠火災共計 577 件<sup>5</sup>，針對火災發生時段，上班白天時段與下班夜間時段之比例相當，起火處所以「作業區」比例最高，且發生之原因多為「電氣因素」、「遺留火種」、「機械設備」等 3 大因素。此外，依內政部消防署火災統計結果指出，「鐵皮屋」之建築構造型態發生火災之次數最多。而造成人員死亡之工廠火災多發生於「下班夜間時段」。工廠火災分析摘要如下：

1. 火災發生原因：以電氣因素 235 次為首，占 40.7%；其次為機械設備 122 次，占 21.1%；第 3 為施工不慎 44 次，占 7.6%。
2. 起火處所：以作業區 333 次為首，占 57.7%；其次為倉庫 47 次，占 8.1%；第 3 為機房 32 次，占 5.5%。

<sup>5</sup> 內政部消防署（2023），既存工廠火災安全管理精進對策推動方案，新北市。

3. 火災發生時段：111 年至 112 年 5 月工廠火災共發生 577 次，火災發生時段集中於 9 至 21 時 413 次，占工廠火災 71.6%。

#### (六) 光電廠消防安全管理意涵

1. 危險識別與風險評估：光電廠通常涉及高技術設備及化學材料，需進行徹底的危險識別，並對潛在風險進行評估，以制定相應的消防安全措施。
2. 自衛消防編組的建立：透過專業訓練和定期演練，建立有效的自衛消防編組，確保在突發事件中能迅速作出反應，降低火災帶來的損失。
3. 員工訓練與意識提升：員工應接受定期的消防安全教育，了解應急程序和逃生路徑，提升其在危機情境下的應變能力和自我保護意識。
4. 科技輔助救災：提升災害應對的效率，減少人員傷亡，並促進資源的有效使用。隨著技術的進步，未來救災工作將更加智能化、靈活化，為建立更安全的社會做出貢獻。

### 三、工廠背景

本案選定廠房為全球第四大半導體公司科技廠之封測廠，於 2018 年 11 月獲得能源與環境設計領導認證 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design) 之黃金級標章，本案樓地板面積為 804,523 平方英尺，包括 8 層建築物，為鋼筋混凝土構造，相關代表性說明如下：

- (一) **光電產業的領導地位**：本光電廠作為全球知名的光電及半導體企業之一，在光電產業中具有高度的代表性。其生產技術和製程流程在全球光電產業中處於領先地位，能為其他類似產業提供參考。
- (二) **高風險作業環境**：此高風險場所能深入探討如何有效應對複雜災害情境，並為光電廠安全管理樹立標杆。
- (三) **廠房規模與結構複雜性**：本光電廠的場域規模龐大，建築結構和製程動線錯綜複雜。其特性增加避難和救援的挑戰，尤於緊急情況下，員工避難時間和路徑選擇成為決策的關鍵。選擇這類大型、複雜的工廠作為研究對象，可以測試動態避難引導系統的實效性，並提出針對性建議。
- (四) **員工數量及工作時段多樣性**：本光電廠的員工數量龐大，工作時段涉及白天、夜班、加班趕工等多種情境，提升應變管理和避難策略設計的複雜性。針對不同時段和人數的避難模擬有助於提升廠區應對多樣化災害情境的能

力。

(五) **產業安全管理的示範效應**：本光電廠的代表性使其在產業安全管理中具有標杆效應。通過深入研究其緊急應變管理和避難引導系統，能提供有價值的經驗與數據，進而推動整個光電產業在安全管理上的進步。

### (六) 廠區各探討單元

表 2-3 場所各樓層區域用途

樓層	區域用途
1F	員工餐廳、廚房、便利商店、圖書室、瑜珈室、健身房、販賣部、辦公室
2F	大廳、中央監控室、機房、辦公室、會議室、接待室
3F	CPU 室、儲藏室、訓練教室、辦公室、會議室
4F	辦公室、會議室、休息室、更衣室、衣物回收室
5F	儲藏室
6F	儲藏室、辦公室、圖書室、資料中心
7F	辦公室、會議室、休息室、訓練教室
8F	辦公室、會議室、貴賓室

資料來源：本研究整理

### (七) 各樓層人員逃生面積、燈具配置數量、樓梯對照表

#### 1. 樓層面積及樓梯編號：

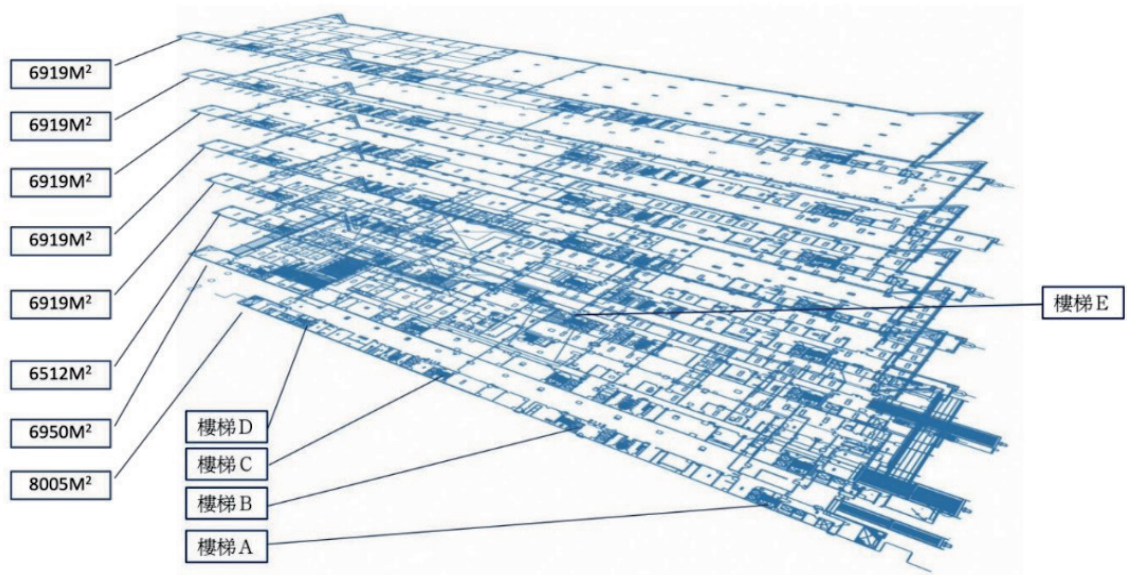


圖 2-1 樓層面積及樓梯分布圖

(資料來源：瑞德感知科技股份有限公司)

2. 各樓層避難燈具：

下表為各樓層往戶外、梯間、居室等出口燈數量，以及各樓層方向燈總類及數量統計：

表 2-4 各樓層出口燈及方向燈數量表

樓層	總出口燈數量	總方向燈數量
1	17	29
2	21	32
3	22	34
4	25	37
5	14	39
6	19	36
7	18	31
8	21	34
Total	181	276

資料來源：本研究整理

## 四、火場人員避難逃生特性

### (一) 避難逃生行為

#### 1. 人員有以下避難本能之特性<sup>6</sup>：

歸巢特性	從眾特性	向光特性	左轉特性	躲避特性
習慣特性	往開闊處	駝鳥心態	潛能發揮	其他行為

#### 2. 逃生前之延遲時間：

National Fire Laboratory的Guylene Proulx研究提到<sup>7</sup>，當火災發生時，一開始的感測器觸發並不會讓民眾立即逃生。人們可能認為是火災演習，又或者是一般的管理大樓，當感測器觸發時，通常不會立即廣播、播放警報聲響告知民眾逃生。究提到越高層樓的延遲疏散時間會拉的越長，一般辦公室使用有效的廣播（Good Alarm）前提下，「開始疏散時間」為1分鐘。

### (二) 人員步行速度<sup>8</sup>：依人員特性區別

一般而言，步行速度之設定台灣平均速度為：0.5-1m/s；日本平均速度為1.0m/s，依據NFPA平均速度設定為1.4m/s。

1. 本研究所採用之步行速度為人與人之間的距離判斷。
2. 軟體在設定應變人員移動速度1.3m/s及1.4m/s時所得的應變時間與實際演練誤差值分別在8%及3.8%以內最為相近，因此本研究採用逃生避難模擬之人員步行速度以1.19~1.4m/s計算。
3. 根據林世庸《地下場站人員安全避難時間檢核分析與比較》之研究提到對逃生路徑熟悉且正常行動能力之人員，其水平移動速度平均約1.2m/s。
4. 另針對上下樓步行速度亦有相關規範數據如下：

<sup>6</sup> 吳秉宸，蕭嘉俊（2008），國內民眾防火避難認知調查之研究，內政部建築研究所研究報告，新北市，10-13頁。

<sup>7</sup> Proulx, G. (1994). "The Time Delay to Start Evacuating Upon Hearing a Fire Alarm", Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting, Vol. 2, Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, CA, USA, Volume 38, Issue 14, 811-815.

<sup>8</sup> 臺北市政府都市發展局（2016），臺北大巨蛋公共安全專案報告，臺北市。

表 2-5 上下樓步行速度

參考資料		上行 m/min	下行 m/min
建築物防火避難安全性能驗證技術手冊	辦公室	35	47
FDS		自己設定步行速度	
SIMULEX		人與人之間的距離判斷	
Pathfinder		自己設定步行速度和人與人之間的距離判斷	

資料來源：本研究整理

## 五、緊急應變管理機制

### (一) 演習設計及規劃

1. 演習設計之循環：依據美國國土安全部演習評估計畫（Homeland Security Exercise Evaluation Program, HSEEP）<sup>9</sup>檢視各項應變功能，進而持續推動災害管理機制，其中包含演習，評估與改進，規劃：

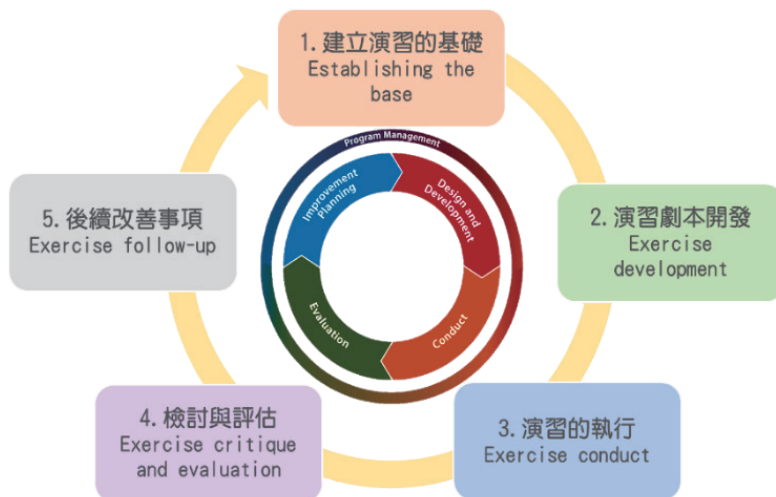


圖 2-2 演習設計循環圖

（資料來源：本研究製作）

2. 應變功能：透過演習評核能力，找出改善的項目，藉由鼓勵以真實狀況表現：

<sup>9</sup> FEMA, EKL0146. (2022). HSEEP: Homeland Security Exercise and Evaluation Program Course, Student Manual, Pennsylvania Emergency Management Agency.

(1) 國內外差異：

- A. 美國：討論型演習、操作型演習，先訂目標再來發展執行細項，美國的 Hseep 演習規劃是完整從設計、執行、評估到改善流程持續循環，從討論型演習，先確定驗證目的，並了解各單位狀況及發展程序後設計場景，進而以操作型演習驗證。
- B. 臺灣：我國的展示型演習多為傳統演習只模擬有限的危機，演習劇本事先公開，缺少規劃設計思考，無法真實測試各專業單位的應變能力。

(2) 預警機制與民眾參與之原則<sup>10</sup>

- A. 有預警：根據公告時間，依據事先公告的固定演習內容，所有演習程序在公告時間點開始，人員裝備全部就緒。
- B. 半無預警：在公告的時間範圍內（時段較短），由演習管制組啟動指定的演習程序，劇本事先公告，但有多個版本，現場根據情況決定選擇演習版本。
- C. 無預警：在公告的時間範圍內（時段較長），由演習管制組啟動指定的演習程序，劇本事先不公告，現場即時發佈演習內容。

(二) 自衛消防編組啟動流程及編組架構：工廠發生重大災害的關鍵在於企業本身的風險管理與緊急應變整備及教育訓練，因此其消防自衛編組與廠內緊急應變組織的整合與訓練尤為重要。

1. 自衛消防編組編制任務內容

表 2-6 自衛消防編組編制任務

	任 務
通報班	1. 依照建築內通報連絡系統，連絡自衛消防隊長、副隊長及自衛消防隊員。 2. 依自衛消防隊長之指示通報 119，並向建築物內廣播。 3. 緊急召回應變組織人員。 4. 將火災發生現場之狀況、預估狀況等向防災中心連絡。 5. 將防災中心之命令指示傳報給現場。 6. 按照需要以建築物內廣播通知避難事宜，並隨時報告現場狀況。 7. 等待消防隊到達並引導至現場提供相關資訊，與消防保持聯絡並提供情報。
滅	1. 察覺起火應迅速到現場使用滅火器、室內栓等，從事滅火作業。

<sup>10</sup> Sinclair, H., Doyle, E.E., D.M. Johnston, Patton, D. (2012). "Assessing emergency management training and exercises, Disaster Prevention and Management", Volume 21 Issue 4, 21(4): 507-521

任 務	
火 班	2.消防隊到達後，依據現況項消防局說明邀請協助滅火。 3.消防隊之活動開始後，協助未逃離之附近員工等引導避難工作。
避 難 引 導 班	1.幫助地區消防隊、擔任起火層及其上樓層之避難引導，順序如下： (1)起火層 (2)其上一樓層 (3)依序其上一樓層 (4)起火層之下一樓層 2.各棟疏散順序，由指揮中心以警報廣播方式並配合現場自衛編組引導人員進行疏散，其順序原則如下：(1)起火樓棟 (2)鄰棟 (3)位於下風處的樓棟 3.確認災害之狀況、預估狀況通知來訪客人以防止混亂。 4.將避難狀況人員、場所等報告防災中心，並引導消防車與救護車於固定救災處停放及引導消防指揮車人員進入防災中心協助。 5.不使用電梯避難，原則上不實施到屋頂陽台之避難，在必要通道轉折處引領人員往避難方向疏導。
安 全 防 護 班	1.應確認消防滅火設備是否啟動。停止瓦斯、電氣、空調之使用，停止其他機械設備之運轉，若有需要從事設備等之破壞工作。 2.發電機若無啟動時，須至機房操動自家發電機，以供應必要之電源。 3.確認消防排煙設備啟動，及防火門、防火百葉窗等之關閉與否。 4.開啟安全逃生門，並擔任各出入口之警戒，防止閒人闖入，使避難者安全輕易脫離現場。 5.防止搬出物及其他物品被破壞，以及防火盜竊。
救 護 班	1.在避難層出入口旁不妨礙避難動線處設置救護站。 2.負傷者之發現、救護、收容、急救事宜。 3.負責現場人員搶救及送醫事宜，並登記傷患基本資料。

資料來源：本研究整理

## 2. 自衛消防編組反應時間：

- (1) 探討自衛消防編組反應時間長短：人員介入之時間差異，與動態引導系統路徑相同時，比較人員開始疏散之時間差。
- (2) 動態導引預警系統，優先於廣播疏散前，可立即同步通知全場域人員。

## 3. 避難時間推測要領

自衛消防編組應變能力驗證要點附錄三「避難時間推測要領」<sup>11</sup>旨在計算RSET，若場所收容人員因身體因素無法實際參與驗證演練，則依公式進行推算，惟因適用對象未包含工廠類別，以參考類似場所為輔助使用。

<sup>11</sup> 內政部消防署（2021），自衛消防編組應變能力驗證要點附錄三，新北市。



#### 4. 推動自主管理提升減災措施：

提升工廠於消防隊抵達救災前之自主警報、滅火、避難等緊急應變能力，正視災害案例與虛驚事故，並藉由強化緊急應變措施持續推動情境式緊急應變演練，檢視及規劃合理有效的應變標準作業程序，藉此降低火災發生風險及企業財物損失提升，達到改善安全衛生文化、減少工安事故、提升企業形象之目的，進而促進產業永續發展。

## 六、動態導引系統輔助運用

### (一) 動態導引系統介紹：

#### 1. 動態引導系統功能

- (1) 本研究採用之智慧型動態導引系統<sup>12</sup>所研發分為智慧型動態導引主機以及動態引導標示，其中動態引導標示包含智慧型動態導引號誌及閃滅兼音聲導引出口標示燈之功能。
- (2) 整合各廠商消防設備，與其受信總機連接，將火場即時資訊傳送給動態導引主機，動態導引主機便執行路徑演算法以動態方向與出口標示組成逃生動線，指引人們逃生。相關系統輔助運用說明如下：
  - A. 火災發生時之疏散流程：於火災危險下有序地撤離建築物或場所，流程包含訊號傳輸流程及人員作業說明。
  - B. 自動檢測時燈板亮度異常流程：當燈板亮度異常，設備能自動檢知，並通報主機顯示異常。
  - C. 自動檢測時通訊異常流程：當燈板通訊異常，系統將無法提供正確疏散路徑。設備能自動檢知通訊異常發生，並通報主機顯示異常。

---

<sup>12</sup> 王榮豪，吳佳隆（2022），智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究，內政部建築研究所委託計畫報告，財團法人工業技術研究院，新竹縣。



圖 2-3 火災發生時之疏散流程－動態導引系統與傳統逃生號誌之比較

(資料來源：瑞德感知科技股份有限公司 V1.0－動態導引系統分析報告)

## 2. GETAWAY Project 及 IADSS 概念

歐盟研究計畫GETAWAY Project提出智慧型動態指示系統(Intelligent Active Dynamic Signage System, IADSS)之概念<sup>13</sup>。SFPE Europe指出，智慧型動態指示系統能夠即時應變火災現場的變化，進而改善整體逃生疏散情況。透過主動偵測火場情況的動態導引系統，不僅能有效吸引逃生民眾的注意力，改善傳統逃生指示系統的問題，還能加速疏散時間，降低人員傷亡。

其中FSEG進行的研究<sup>14</sup>表明，只有38%的人在緊急情況下看到當前的被動指示牌。但是，在看到該標誌的人中，有100%遵循該標誌。因此，這項研究表明，如果人們能夠並願意看到緊急告示系統，它們將非常有效。使用具有與標準標誌相同的視覺特徵的動態標誌系統，將緊急標誌的可識別性提高了103%。

## 3. 智慧型動態導引系統與傳統避難標示設備之比較

一般的出口標示燈和避難方向指示燈通常是靜態的，只能固定指引逃生方向。然而，當火災發生在緊急出口位置時，這些燈具無法及時發

<sup>13</sup> EU FP7. (2011). GETAWAY Project, Generating simulations to Enable Testing of Alternative routes to improve WAYfinding in evacuation of overground and underground terminals, THEME SST. 2010.4.1-1, grant agreement 265717.

<sup>14</sup> Galea, E.R., Xie, H., and Lawrence, P.J., Intelligent Active Dynamic Signage System: Bringing The Humble Emergency Exit Sign Into The 21st Century, Fire Safety Engineering Group, University of Greenwich.

出警告，可能導致人們誤闖危險區域。相比之下，動態導引系統能夠更吸引人們的注意力，讓疏散速度更快，有效降低人員傷亡。這種系統適用於各種場所，也可以與傳統的逃生燈具混合使用，使建築物的安全性得到簡單的升級。動態導引系統與傳統逃生號誌疏散流程如表 2-7 所示：

表 2-7 動態導引號誌與傳統逃生指示燈比較

	圖示	特色	引導方式	預感知	歐盟 FP7 研究
傳統避難標示		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 常亮，備用電源</li> <li>2. 檢修容易，成本低</li> <li>3. 只發火災警報訊號。</li> <li>4. 火災初期偵測能力不足。</li> <li>5. 無法得知火場實況。</li> <li>6. 無辨識、研判火場危險區域之能力。</li> </ol>	固定指示方向	無	<p>99%近距離逃生</p> <p>26.8%依號誌逃生</p>
動態導引號誌		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依據火場狀況，即時運算規劃疏散路線。</li> <li>2. 可經過模擬演練，驗證效能。</li> <li>3. 安全疏散路徑規劃指示安全疏散方向與出口。</li> <li>4. 設備自檢與異常自動回報功能。</li> <li>5. 偵測火災潛在因子。</li> <li>6. 應用場域：火災、地震等疏散導引。</li> </ol>	動態變更指示方向	有	<p>不須人員導引</p> <p>76%依號誌逃生</p>

資料來源：本研究整理

## (二) 智慧疏散系統國際發展

火場智慧疏散系統逐漸發展，然而各國現有的產品種類繁多，對於智

慧疏散系統的導引設計要求也不盡相同<sup>15</sup>。例如，英國的Evac Lite動態號誌是採用區域規劃方式，根據火場情況進行分析後，由管理人員手動選擇路徑。而德國INOTEC和中國眾多廠商的智能疏散系統則多採取預先規劃不同區域的起火點及相對應的逃生路徑。

表 2-8 國際智慧疏散系統比較

	台灣廠家	德國廠家	英國廠家	中國眾多廠商 /2011年
智慧疏散	即時演算系統：根據場情況，自動規劃最佳逃生路線	預案型：根據事先規劃的逃生路線觸發，考慮到可能存在多個火點的情況	依據現場情況進行分析，最後由人員手動選擇逃生路徑	預案型：人工預先規劃多條逃生路徑，於火災時選擇其中一條相對安全的路徑。
逃生規劃	全域規劃：根據整體建築物的結構和火勢擴散情況，即時調整路線	全區規劃：考量多點，但不會隨火勢改變而即時變更	區域規劃、手動控制下的避難路線選擇	區域規劃：僅針對特定區域，設計該區域的逃生路線
路徑模擬驗證	有	無	無	無
無線傳輸技術	無	無	無	無
主機介面	圖面顯示、觸控面板、操作簡單	沒有螢幕的複雜控制方式	需參考多樣系統主機操作複雜	一般電腦型式，介面不清楚明瞭

資料來源：HEXSAVE—瑞德消防雜誌

### (三) 案例、實績與成效

- (1) 歐盟EU-FP7 針對靜態號誌與動態號誌導引效果進行研究<sup>16</sup>，於西班牙巴塞隆納的聖庫加特車站實施真人疏散實驗。實驗主要分為兩大項：
- 1.使用傳統號誌（傳統燈具）；
  - 2.使用動態導引系統，結果發現使用傳

<sup>15</sup> 游坤明，鄭紹材，連振昌（2015），智慧型避難引導結合廣播及標示系統之研究，科技部 GRB 編號：PG10402-0046，內政部建築研究所委託研究報告，中華大學，新竹市。

<sup>16</sup> Nilsson, D., Frantzich, H., Saunders, W. (2008). "Influencing Exit Choice in the Event of a Fire Evacuation.", Fire Safety Science – Proceedings of the ninth Symposium, IAFSS, pp 341-352.

統號誌（傳統燈具）的情境中，即使 38% 的逃生者注意到了靜態號誌，但 99% 的逃生者皆使用了「最近出口」進行逃生；於使用動態導引系統的情境中，引入閃爍光流的動態信號燈可以將人們的關注度提高至 76%。

- (2) 根據歐盟「The EU FP7 GETAWAY Project」研究<sup>17</sup>，動態導引號誌提升 2 倍群眾注意力。進行 20 種延伸模擬後，傳統靜態號誌情境中造成人員誤闖火場的傷亡數量約為動態導引系統的 1.89 至 2.18 倍。
- (3) 透過動態導引系統的引導，有助於 60% 的逃生民眾找到指定的安全出口，相較之下，傳統靜態號誌僅有 21% 的效能，其動態導引系統有效疏散人數高出傳統靜態號誌將近 3 倍<sup>18</sup>。

## 參、研究工具及方法介紹

### 一、避難驗證模擬軟體介紹與比較

避難驗證和模擬方面，常用的軟體主要用來模擬人群疏散行為、火災發生時的動線、以及建築物內的疏散效率。以下是幾款常見的避難驗證模擬軟體及其比較：

---

<sup>17</sup> Xie, H., Filippidis, L., Galea, E.R., Blackshields, D., Lawrence, P.J. (2012). “Experimental analysis of the effectiveness of emergency signage and its implementation in evacuation simulation”, *Fire and Materials*, Vol 36, pp367-382.

<sup>18</sup> Sime, J.D. (1985). “Movement toward the familiar: Person and place affiliation in a fire entrapment setting. *Environment and Behavior*”, 17(6), 697-724.

表 3-1 避難驗證模擬軟體比較<sup>19</sup>

軟體名稱	特點
PATHFINDER	全視窗介面，易於操作。 模擬引擎強大，快速得到成果。 年紀、速度、密度、逃生路線等。 人員配置可分為指定分配或是均勻分配。 可加入電梯作為情境模擬項目。可設定模擬人員性別。
BULIDING EXODUS	視窗介面易學，模擬速度較快 模擬避難時人與人之間之互動。 分析火場空間配置所影響之成效。 以生動之 3D 立體畫面呈現人員之避難情形。
SIMULEX	考慮到個體的超越或倒退等行為。 能夠模擬出口處人群阻塞的情況。 能根據性別區分避難人員的不同體型。 支援匯入 AUTOCAD 的圖形檔案資料以建立模型。
EVAC	可與 FDS 結合，同時分析火場的煙熱流現象。 可設定避難人員對開口的熟悉程度，或指定對應開口進行避難。 可依男性、女性、成人、兒童、老人等五類人員個別設定避難速度。

資料來源：張邦立，大規模地下空間避難弱者之情境模擬及避難疏散策略

Pathfinder 與其他常用的避難模擬軟體（如 BUILDING EXODUS、SIMULEX、FDS-EVAC）的比較結果如圖 3-1 所示。圖中橫軸（X 軸）代表時間，縱軸（Y 軸）則表示建築物內的人員數量。從模擬結果可以看出，各軟體在時間推移過程中，人員數量減少的斜率變化穩定，這顯示 Pathfinder 以及 Building Exodus、Simulex、FDS-EVAC 等軟體均具備相當的穩定性和可靠性。根據不同模擬軟體之間的比對，並修正安全係數。圖 3-1 亦可以發現 Pathfinder 與 FDS-EVAC 的模擬結果相當接近，顯示其安全係數相似。

<sup>19</sup> 張邦立，湯潔新，張尚文，郭彥谷，曾淑芬（2012），大規模地下空間避難弱者之情境模擬及避難疏散策略，內政部建築研究所委託研究報告，中央文化大學，新北市。

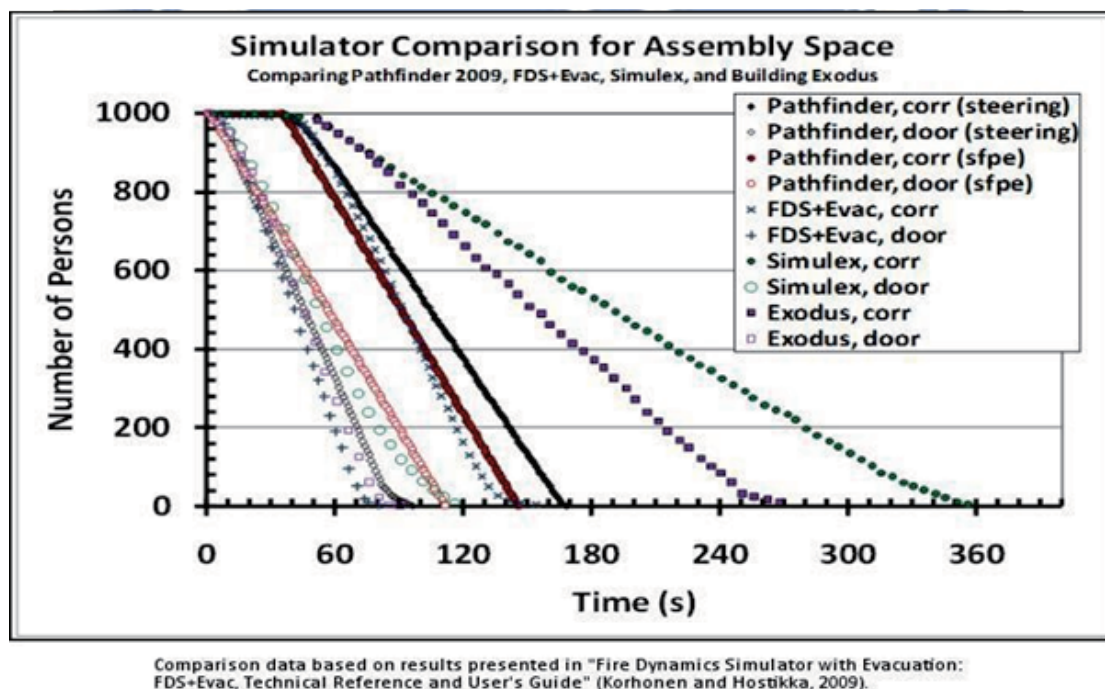


圖 3-1 電腦模擬軟體比較圖

(資料來源：Pathfinder 官方網站 <http://www.thunderheadeng.com/pathfinder/>)

## 二、Pathfinder 避難疏散模擬軟體介紹<sup>20</sup>

本研究採用 Thunderhead Engineering 公司的模擬軟體 Pathfinder 進行人員疏散模擬，評估軟體使用上限制及配合動態導引系統於實地演練造成移動效果的成效性。有關情境模擬所需輸入的模型和避難人員移動速度等相關資料，係利用資料收集及實際測量方式，參考文獻參數作為基礎，並在合理範圍內作調整假設。其中 Pathfinder 特點介紹如下：

- (一) 操作介面全視窗化，易於操控。模擬引擎功能強大，能快速產生結果。
- (二) 可以設定模擬人員的性別、年齡、移動速度、密度以及逃生路線等。另人員配置可以按需指定或均勻分配。
- (三) 提供支援特定 3D 人體模型的 3D 模型輸入，用以描述模型配置。模型特徵設定包括速度和肩寬等選項。

<sup>20</sup> 雷明遠 (2016)，智慧型火災避難導引與互聯網技術之整合應用，建築研究簡訊第 92 期，中華民國內政部建築研究所，新北市。

- (四) 可將電梯納入情境模擬項目。判斷人員是否可使用樓梯、電梯進行疏散。
- (五) 啟用單向通行方式或允許隨意通行。且能夠在自動手扶梯上行走。

### 三、動態導引系統規劃軟體

不同於一般動態導引系統採用人工規劃有限的預設路徑，本研究所採用動態導引系統，根據實際火場情況即時執行演算<sup>21</sup>。同時在燈板顯示動線、出口擴散之各節點與出口的距離與受火影響程度的運算上進行新一代更新，可更加精確地找出最短且最安全的逃生路徑。此外，演算法支援多點起火運算，更可整合常閉式防火門開關狀態、防火鐵捲門開關產生之動線變化，使火場避難疏散更趨完善。

#### (一) 主動式防災機制

1. 物聯網網路
2. 大數據資料收集
3. AI 運算分析
4. 風險推播警示

#### (二) 動態導引系統路徑演算方式

1. 節點到節點 (Node to Node)  
適用於單一防火區劃內，於單一平面樓層上進行水平疏散。
2. 區域到區域 (Zone to Zone)  
根據實際案場的防火區劃、路徑規劃劃分區域，藉由危險值傳遞，及分配出口節點之權值，進而影響逃生動線，即時動態切換路徑。
3. 樓層到樓層 (Floor to Floor)：垂直逃生路徑
  - (1) 一般狀態：當梯間未發生危險時，整棟樓的該梯間都可以通行。
  - (2) 梯間連動：當梯間發生危險時，整棟樓的該梯間封閉、無法通行。
  - (3) 上二下一：有加裝「音聲閃滅」消防燈具之場域，導入上二下一的路徑計算。

### 四、自衛消防編組應變演練規劃

提供各消防機關對工廠管理權人之自衛消防編組應變能力驗證機制，以強化緊急應變組織運作及處理程序，並加強人員對安全防護器具之應用及緊急情況之

---

<sup>21</sup> 瑞德感知科技股份有限公司 (2023)，動態導引系統分析報告，臺北市。



應變能力。其應變處理流程規劃如下表所示：

表 3-2 自衛消防編組應變處理流程

架構	說明
情境演練目標	1.瞭解場所軟硬體安全措施之實際性能為何？ 2.評估場所在滿載時段、深夜/人力較少的情況下，如何以現有防滅災/應變對策及作為，侷限災害危害範圍並降低人命危害，以發揮其最大效能。
災害風險辨識及溝通	透過擇定的代表性情境演練，檢視腳本中記載分工應變事項的合理性、可及性與有效性，並註記風險因子及應注意事項。
設定模擬情境	依場域特性模擬規劃情境。
演練設定	設定起火後能即時發現並通報，及自助控制火勢範圍之各項緊急應變作為。
演練內容	較不利之災害地點及情境設定、事故規模分級、火警確認及通報、及人身安全之緊急應變作為之合理性/有效性評量。
救災資源	動員支援人力、區域聯防、緊急應勤裝備及器材、關鍵物資及外部臨時疏散集結地點等數量及分布位置。
輔助圖表	事故規模分級表、災害示意圖、災情模擬圖、就地避難據點、疏散避難動線圖、外部救災分布圖、化學品危害辨識平面圖。

## 五、情境設定

### (一) 各情境變數設定：

#### 1. 各時段收容人數改變：

平時或巔峰滿載時段員工人數改變，滿載係指平時最多人使用之時段。

#### 2. 動線隨機、自編人員引導或動態標示引導

- (1) 避難路徑未受災害波及：不受限制，人員選擇最短路徑，往最近逃生路徑疏散。
- (2) 若避難路徑遭受災害波及，避難動態引導系統運用演散方式改變避難路徑，遠離災害點。
- (3) 消防自衛編組人員引導，探討介入時機，與 ERT 編組機制。

#### 3. 分流機制：

- (1) 分區疏散：將建築物或場地劃分為若干個獨立的區域，每個區域有獨立的疏散通道和出口。各區域的疏散路徑應避免相互交叉，以減少人

員在疏散過程中產生的擁堵。

- (2) 分層疏散：依照建築物的不同樓層進行疏散，各樓層有獨立的疏散通道和出口。
- 4. 避難動線失效：加入 Worst case，不利但合理會發生的火災情境，造成不利逃生避難之高風險危害。
- 5. 火源位置改變：火源之選定係依場勘方式及火災災例選定高風險區域及起火原因假設。

**(二) 模擬情境設定**

- 1. 無火源情境：探討慣用梯、管制門出入影響；動態導引|分流動線規劃之分析
- 2. 火源設定 1：探討步行速度、分區及分層疏散之規劃。
- 3. 火源設定 2：火災模擬情境與實兵演練之情形對照。

**(三) 模擬情境：**

本研究共計規劃 13 個軟體模擬情境，及辦理一場實兵演練，各模擬情境流程如下圖及下表所示。

表 3-3 情境設定

情境	廠區員工人數	避難應變	動態引導	火源
1-1	滿載（巔峰）	X（隨機疏散）	X（傳統燈具）	—
情境 1-1：巔峰的人員隨機疏散				
1-2	滿載（巔峰）	O（自編輔助）	O（動態引導）	—
情境 2：巔峰的人員疏散（動態導引 分流規劃，並加入自衛消防編組人員輔助）				
2-1	巔峰/滿載	X（隨機疏散）	X（傳統燈具）	火源設定 1 一處樓梯失效
情境 2-1：火災造成某隻樓梯不能逃生情形下，直接疏散逃生 （假設為用餐時段，人員分布位置皆集中於一樓餐廳）				
2-2	巔峰/滿載	O（自編輔助）	O（動態引導）	火源設定 1 一處樓梯失效
情境 2-2：火災造成某隻樓梯不能逃生情形下，動態引導逃生，並輔以自編人員引導（假設為用餐時段，人員分布位置皆集中於一樓餐廳）				

情境	廠區員工人數	避難應變	動態引導	火源
3-1	平時	X (隨機疏散)	X (傳統燈具)	火源設定 1 1.4m/s
情境 3-1：火災於步行速度 1.4m/s 下，A 梯未封閉直接疏散逃生 (假設為辦公時段，人員分布位置皆集中於辦公室) – Worse case				
4-1	平時	O (自編輔助)	O (動態引導-分區)	火源設定 1 1.4m/s
情境 4-1：火災於步行速度 1.4m/s 下，A 梯未封閉，動態引導之分區疏散逃生，並輔以自編人員引導(假設為辦公時段，人員分布集中於辦公室) – Worse case				
5-1	平時	O (自編輔助)	O (動態引導-分層)	火源設定 1 1.4m/s
情境 5-1：火災於步行速度 1.4m/s 下，A 梯未封閉，動態引導之分層疏散逃生，並輔以自編人員引導(假設為辦公時段，人員分布集中於辦公室) – Worse case				
3-2	平時	X (隨機疏散)	X (傳統燈具)	火源設定 1 1.4m/s
情境 3-2：火災於步行速度 1.4m/s 下，A 梯封閉直接疏散逃生 (假設為辦公時段，人員分布位置皆集中於辦公室) – Worse case				
4-2	平時	O (自編輔助)	O (動態引導-分區)	火源設定 1 1.4m/s
情境 4-2：火災於步行速度 1.4m/s 下，A 梯封閉，動態引導之分區疏散逃生，並輔以自編人員引導(假設為辦公時段，人員分布集中於辦公室) – Worse case				
5-2	平時	O (自編輔助)	O (動態引導-分層)	火源設定 1 1.4m/s
情境 5-2：火災於步行速度 1.4m/s 下，A 梯封閉，動態引導之分層疏散逃生，並輔以自編人員引導(假設為辦公時段，人員分布集中於辦公室) – Worse case				
3-3	平時	X (隨機疏散)	X (傳統燈具)	火源設定 2 1.4m/s
情境 3-3：火災於步行速度 1.4m/s 下，直接疏散逃生 (假設為辦公時段，人員分布位置皆集中於辦公室)				
4-3	平時	O (自編輔助)	O (動態引導-分區)	火源設定 2 1.4m/s
情境 4-3：火災於步行速度 1.4m/s 下，動態引導之分區疏散逃生，並輔以自編人員引導(假設為辦公時段，人員分布位置皆集中於辦公室) – Worst case				
5-3	平時	O (自編輔助)	O (動態引導-分層)	火源設定 2 1.4m/s
情境 5-3：火災於步行速度 1.4m/s 下，動態引導之分層疏散逃生，並輔以自編人員引導(假設為辦公時段，人員分布位置皆集中於辦公室) – Worst case				

資料來源：本研究製作

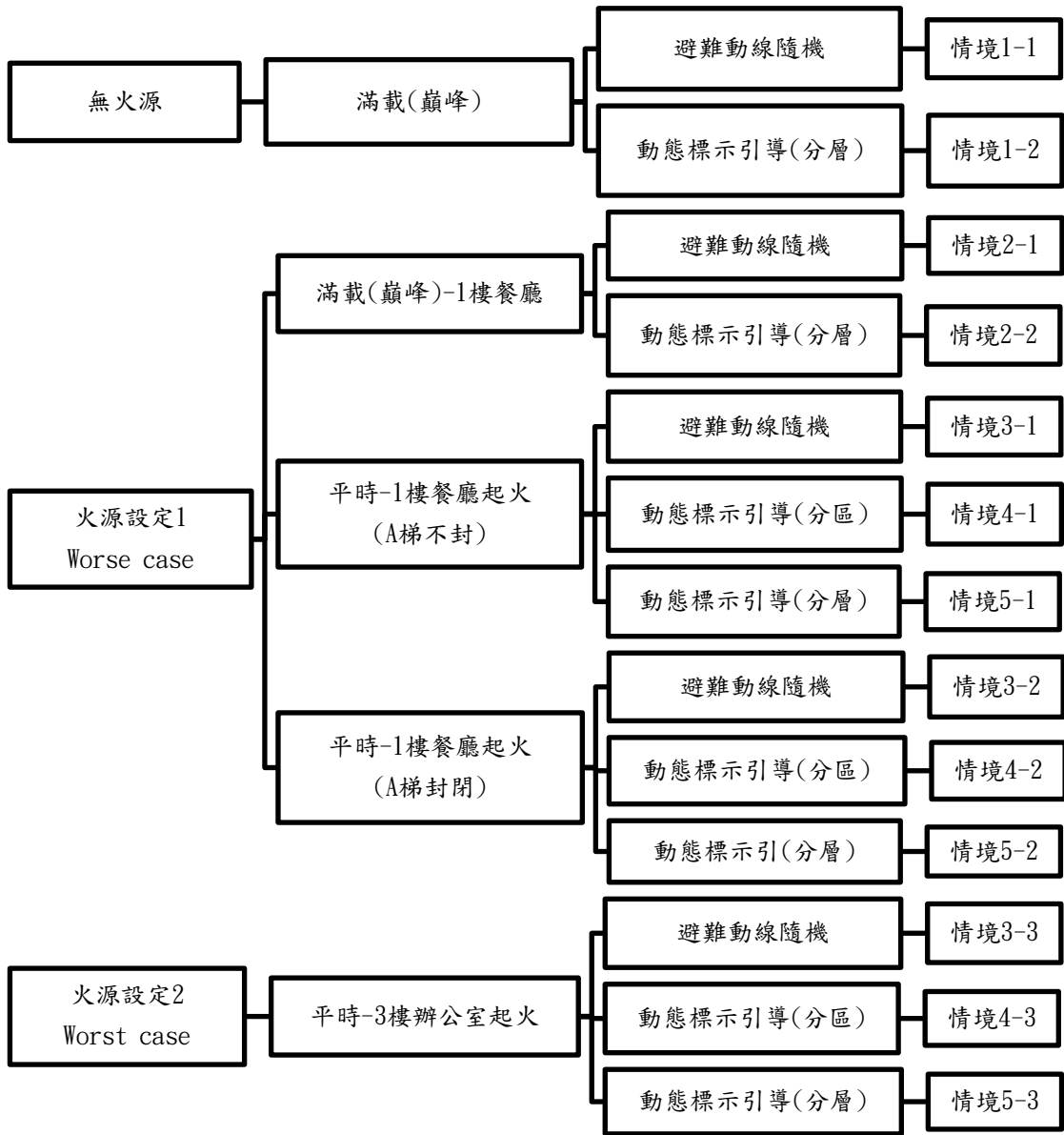


圖 3-2 模擬情境流程圖

(資料來源：本研究製作)

#### (四) 火源設定背景說明

本研究針對 1F 餐廳廚房、3F 辦公區 CPU 室，針對人員聚集之處，及高風險起火處所發生火災時，各樓層人員逃生避難之探討。

## (五) 燈具及出入使用情境設定：比較分析靜態號誌及動態導引號誌差異如下表。

表 3-4 燈具及出入使用情形說明

	燈板使用情形	電梯使用情形	樓梯使用情形
靜態號誌	最近距離出口，採曼哈頓（棋盤式走法）距離推算	皆不使用電梯	使用所有樓梯通道進行逃生
動態導引號誌	遵循動態導引號誌指引路線	皆不使用電梯	除非最近的防火門通道無法通行，否則皆使用防火門通道進行逃生

## (六) 逃生出入口規劃

1. 辦公時段：非用餐時段，人員集中於辦公處所，1 樓相對無人，故將人員分流至 1 樓疏散。

表 3-5 辦公時段各樓層人員慣用梯及出入口

	型態	樓層	1F	2F	3-8F	
		區域				
優先至 1 樓疏散	隨機疏散	AB 梯側	南出口	大門口出 (部分 A 往 1F)	至 2F→大門口出	
		CD 梯側	北出口	大門口出 (部分 D 往 1F)	至 2F→大門口出	
	人員引導	AB 梯側	南出口	A：1F 南出口 B：大門口出	A：1F 南出口 B：至 2F→大門口出	
		CD 梯側	北出口	C：大門口出 D：1F 北出口	C：至 2F→大門口出 D：1F 北出口	
	型態	樓層	1F	2F	3-8F	
		區域			奇數樓層 (3.5.7F)	偶數樓層 (4.6.8F)
	動態引導	AD 梯側	1F 南/北 出口	大門口出	至 1F 南/北 出口出	
		BC 梯側	1F 南/北 出口	大門口出	-	至 2F→大門 口出

資料來源：本研究製作

2. 用餐時段：人員集中於 1 樓餐廳，故將人員分流至 2 樓大門口疏散，用

餐時段慣用梯及出入口如表 3-8 所示。

表 3-6 用餐時段各樓層人員慣用梯及出入口

型態	樓層		1F	2F	3-8F	
	區域					
優先至 2 樓疏散	隨機疏散	AB 梯側	南出口	大門口出	至 2F→大門口出	
		CD 梯側	北出口	大門口出	至 2F→大門口出	
人員引導	人員引導	AB 梯側	南出口	大門口出	至 2F→大門口出	
		CD 梯側	北出口	大門口出	至 2F→大門口出	
型態	樓層區域	1F	2F	3-8F		
				奇數樓層 (3.5.7F)	偶數樓層 (4.6.8F)	
動態引導	AD 梯側	1F 南/北出口	大門口出	至 1F 南/北出口出		
	BC 梯側	1F 南/北出口	大門口出	-		

資料來源：本研究製作

## 六、避難逃生各項條件參數設定

本研究範圍逃生避難梯共有四座，根據場所各樓層人員資訊，探討經常居留人數及比例，進行逃生速度及避難動線熟悉度等參數設定：

### (一) 人員特性與年齡分布

人員工作特性及比例：逃生速度及避難動線熟悉度設定。

表 3-7 人員特性比例與年齡分布

人員特性	男生所佔人數/百分比	女生所佔人數/百分比
人數 / 比例	50%	50%
年齡分布大多落在 28~55 歲		

資料來源：本研究製作

### (二) 作業活動人數：人員分佈依實際場所狀況設定。

為能夠更審慎計算廠內所能容納之人數，故由場所提供各樓層經常居留人數，期望可得到與實際情境更為相近之人員密度數據，並藉以模擬極端狀況及最大滿載假設，用餐時段人員主要集中於 1 樓用餐空間；然而辦

公時段人員主要集中於中高樓層辦公用途空間。根據統計，用餐時段與辦公時段之巔峰總人數差異約 500 多人，係因部分人員會外出用餐，故有些微之落差。下表 3-8 為各時段經常居留之活動人數，並顯示各樓層所排定避難引導班人員，藉以探討協助引導避難疏散情形。

表 3-8 各樓層活動人數

樓層	用餐時段人數	辦公時段人數	各樓層常駐避難引導班人數
1F	早餐時段約 200 人 中餐時段約 1370 人 晚餐時段約 200 人	—	NA
2F	189 人	378 人	4
3F	421 人	602 人	3
4F	467 人	668 人	2
5F	576 人	960 人	2
6F	670 人	1117 人	2
7F	608 人	869 人	4
8F	559 人	799 人	3
總人數	4860 人	5393 人	20

資料來源：本研究製作

## 肆、結果分析與討論

### 一、實兵演練結果分析

#### (一) 現場示範演練

經場所公告於 11 月 24 日至 11 月 30 日期間辦理一場無預警演練。本案選定於 11 月 30 日 15 時 30 分 3 樓 ROC 室因電線走火引發火災，119 勤指中心接獲通報，立即派員前往處理並橫向聯繫府內單位前往協助救援。

#### 1. 應變機制：

- (1) 本研究場域因實務上考量及人員誤警報機制，起火後多一層防災中心人員至災害地點確認狀況啟動全區鳴動之流程。

- (2) 應變人員需確認火災並回報，確認火災資訊後將立即啟動全區鳴動，若 10 分鐘內未回報，於 10 分鐘後仍會進行全區鳴動。第一次警報後，自編人員於聽聞廣播後立即至各引導位置就定位，防災中心人員確認火災後發出第二次警報，並啟動全區鳴動，自編人員開始引導疏散。
  - (3) 導入自編人員引導之情境，並根據場所演練時段自編人員於各樓層安排人數、啟動機制，及介入時間進行紀錄，以檢視應變管理機制。
2. 火災情境：起火後，應變人員至現場確認，透過警報系統或從監控螢幕取得現場實際狀況，確認火災是否發生：
- (1) 若為誤動作：則現場將設備復歸，關閉火警警鈴，使火警自動警報設備恢復正常使用狀態
  - (2) 若確認為真實火災：即立即以無線電回報應變中心，應變中心人員在指揮官指揮下，進行緊急廣播，請整棟建築物內人員緊急疏散。
3. 變數說明：因 7 樓 C 梯側會議室整修中，該辦公區域人員共計 100 人不列入此次避難疏散。
4. 情境演練分析：
- (1) 於 15 時 30 分警報，15 時 35 分 30 秒人員開始避難。
  - (2) 演練總人數 3302 人：疏散撤離演習合共約 3302 名人員參與。
  - (3) 各出入口第 1 名人員避難及最後 1 名人員避難之時間如表 4-1 所示。

表 4-1 各出入口避難狀況說明

1 樓出入口	北	D*	C	B	A*	南
第一個接觸	3:35:53	3:35:47	3:36:40	3:36:20	3:36:35	3:36:40
最後一個接觸	3:41:47	3:41:43	3:38:00	3:37:50	3:47:00	3:47:19
避難時間	約 12 : 15					
2 樓出入口	大廳門口	D*	C	B	A*	
第一個接觸	3:35:00	3:35:35	3:35:36	3:35:48	-	
最後一個接觸	3:47:00	3:45:35	3:41:36	3:38:48	-	
避難時間	約 12 分鐘					
3F ROC 房						
第一個避難	3:35:38					
自編人員介入	3:36:30					
最後一個避難	3:37:05					

資料來源：本研究製作



## (二) 實兵演練結果探討：

透過辦理無腳本情境演練，測試員工應變能力，以符合實際災害現場，惟於實兵演練發現以下問題進行說明：

1. 廠區為特定人員，熟悉場域情形，傾向使用離出口最近梯座，導致樓梯使用不平均。
2. 人員未確實依動態引導走，忽略標誌燈號導引，未達預期成效。
3. 出口燈音量較小，未能有效引起注意。
4. 人員還是傾向使用慣用梯，導致 BC 最早淨空。
5. 實際進行逃生避難演練，分析比對整棟樓避難逃生時，樓梯使用狀況及動態引導使用成效之分析，發現現行分流機制較符合分區分流之疏散。

## 二、Pathfinder 模擬結果分析

為了避免慣用樓梯與樓梯口壅塞的情況出現，動態引導的方式會採用分層引導，使得人員可以平均分散在各個樓梯口，以及減少樓梯口的壅塞，因此奇數樓層會使用 AD 梯；而偶數樓層則是使用 BC 梯，動態引導人員分流情況動態引導方向如下圖 4-1 所示。

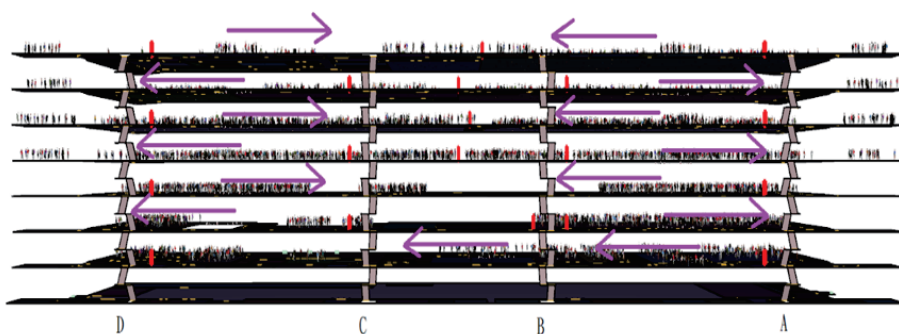


圖 4-1 動態引導人員分流圖

(資料來源：本研究製作)

## (一) 人員滿載無火源（防震避難）

1. 整體疏散時間：
  - (1) 情境 1-1：非火災隨機疏散，總時間 1986 秒
  - (2) 情境 1-2：非火災動態引導避難，總時間 1352 秒
2. 說明：

- (1) 情境 1-1：隨機疏散時較少人使用 B 梯，因其距離出口較遠且動線不友善，造成 B 梯相對不擁擠。再者因南北側出口最近，人員集中使用 A、D 梯為慣用梯；B 梯因距離左側出口相對 C 梯較遠，使用率較低。最終模擬可發現 B 梯最早淨空，其次是 C 梯，再來是 A、D 梯。
  - (2) 情境 1-2：利用分層分流將人流規劃進行垂直動線平均規劃，左右分散，減少壅塞。與前者之差別在於動態引導將人流規劃至 B 梯，提升整體疏散能力。
3. 結果分析：取隨機避難與動態引導（含自編人員輔助）在避難開始後的第 660 秒示意圖
- (1) 情境 1-1：660 秒時 B 梯已淨空，人員主要集中在 A、D 梯，部分人使用 C 梯離開，B 梯使用率最低。結果發現人員傾向選擇慣用梯及認知上離他最近出口。
  - (2) 情境 1-2：660 秒時已有適度分流，B、C 梯優先規劃至 2 樓出口，低樓層無壅塞情形。由此可知導入動態引導系統輔助，可改變人員慣用動線，平均使用各樓梯。

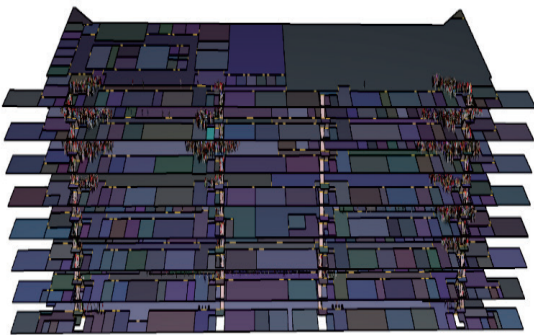


圖 4-2 情境 1-1 於 660 秒示意圖  
(資料來源：本研究製作)

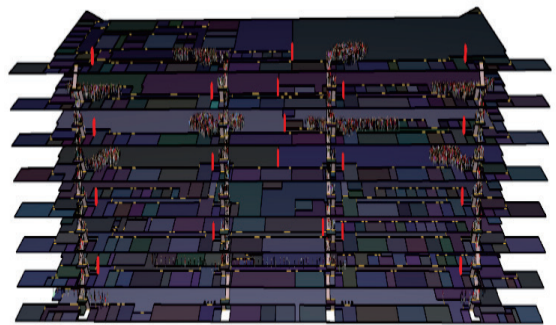


圖 4-3 情境 1-2 於 660 秒示意圖  
(資料來源：本研究製作)

#### 4. 分析比較：

- (1) 避難完成時間分析：巔峰人數無火源避難下，情境 1-1 與情境 1-2 的避難時間差異為 634 秒，減少 31.9%，動態引導系統更有效疏散人群。
- (2) 樓梯使用情形分析：動態引導輔助可有效改善各樓梯使用率，達到平均疏散效果。
  - A. 情境 1-1：四座樓梯使用比例分別為 36%、12%、22%及 30%。
  - B. 情境 1-2：動態引導系統下，樓梯使用比例分別為 26%、26%、26%

及 22%。

表 4-2 情境 1-1 與情境 1-2 樓梯使用情形分析表

情境	樓梯使用人數			
	樓梯 A	樓梯 B	樓梯 C	樓梯 D
情境 1-1	1811 人	596 人	1112 人	1486 人
情境 1-2	1317 人	1267 人	1317 人	1104 人

資料來源：本研究製作

## (二) 人員滿載 1 樓起火 (火災避難)

### 1. 整體疏散時間：

(1) 情境 2-1：1 樓起火隨機疏散，總時間 2206 秒

(2) 情境 2-2：1 樓起火動態引導避難，總時間 1893 秒

### 2. 說明：

#### (1) 情境 2-1：

- A. 隨機疏散模式下，火災發生後依火災鳴動原則上 2 下 1 先行避難。
- B. 無動態引導導入，無法預知火源位置，150 秒火煙進入 A 梯導致封閉不得使用，人員只能從原始避難路徑返回 2 樓出口。
- C. 300 秒後其他樓層開始疏散，但下方 1-3 樓人員尚未完成避難，導致擁堵。中後期大部分人員會轉往 D 梯避難，造成 D 梯擁堵。

#### (2) 情境 2-2：

- A. 動態導引系統早期預警，人員可及早知悉火源位置，避免擁堵。火災初期即引導人員避開 A 梯，往 B、C、D 梯避難。
- B. 300 秒後，其他樓層人員避難時，1-3 樓人員已避難完成，減少擁堵。
- C. 明確引導減少人員轉向造成的擁堵，避免 D 梯擁堵現象，提升疏散效率。

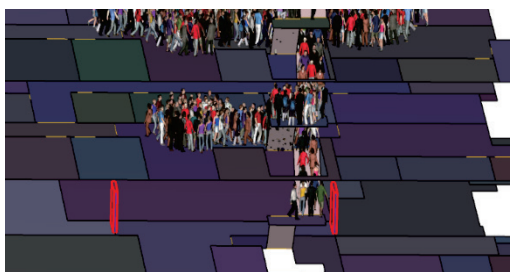


圖 4-4 情境 2-1 於 150 秒 A 梯疏散示意  
(資料來源：本研究製作)

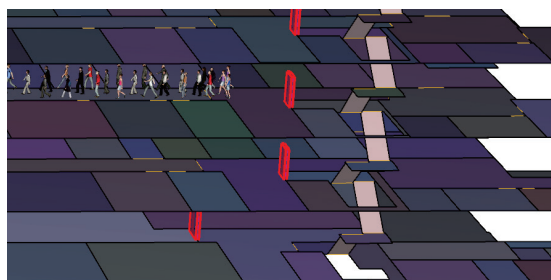


圖 4-5 情境 2-2 於 150 秒 A 梯疏散示意圖  
(資料來源：本研究製作)

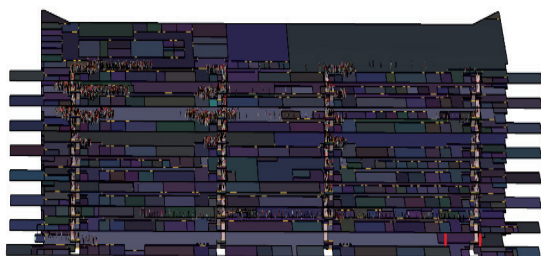


圖 4-6 情境 2-1 於 300 秒全棟疏散示意圖  
(資料來源：本研究製作)

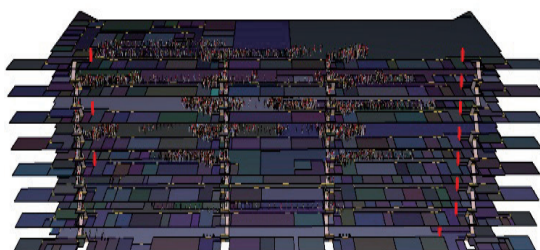


圖 4-7 情境 2-2 於 300 秒全棟疏散示意圖  
(資料來源：本研究製作)

### 3. 分析比較：

- (1) 避難完成時間分析：巔峰人數 1 樓火源情境下，動態引導系統縮短 313 秒，時間減少 14.2%，更有效疏散人群。
- (2) 使用危險樓梯：於整座梯失效的不利狀況，動態導引系統透過預警傳送信號，避免人員使用危險樓梯。使用危險樓梯的比例由 12%降低至 0%。

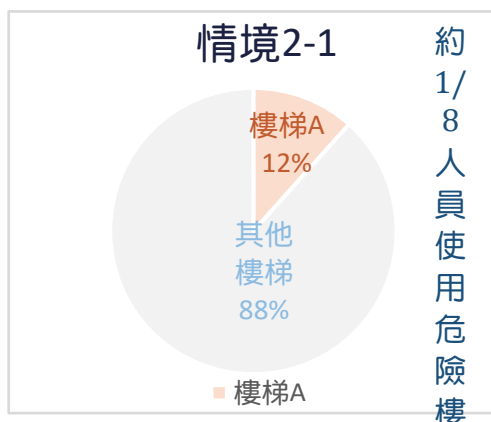


圖 4-8 情境 2-1 使用危險樓梯比率  
(資料來源：本研究製作)

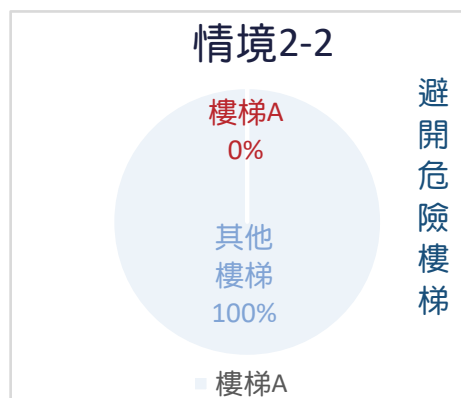


圖 4-9 情境 2-2 使用危險樓梯比率  
(資料來源：本研究製作)

### (三) 辦公時段 1 樓起火 (A 梯未封閉)

#### 1. 整體疏散時間：

- (1) 情境 3-1：1 樓起火隨機疏散，總時間 1118 秒
- (2) 情境 4-1：1 樓起火動態引導避難（分區疏散），總時間 795 秒
- (3) 情境 5-1：1 樓起火動態引導避難（分層疏散），總時間 783 秒

#### 2. 說明：

- (1) 情境 3-1：人員得知 A 梯附近起火，選擇其他樓梯逃生，中高樓層人員因不確定 A 梯是否能用而避開，導致左側出口擁堵。
- (2) 情境 4-1：設定各區防火門進出管制，達到分區疏散效果。避難初期較快，但中後期因人數分配不均出現差異。
- (3) 情境 5-1：動態導引因 A 梯未受火煙影響，初期人員可使用，其後期疏散量會與分區效果逐漸接近且更於優化。

#### 3. 分析比較：

##### (1) 避難完成時間分析

在辦公時段 1 樓起火四座樓梯疏散量下，動態引導分流效果比隨機疏散更快完成逃生，分區與分層差異僅少許。由總避難時間上差異分析，動態導引規劃分區分流避難完成時間相較一般隨機避難減少 28.9%；而分層分流較一般隨機避難減少 29.9%。

##### (2) 樓梯使用分布

情境 3-1 樓梯使用不均，A 梯 115 秒淨空；情境 4-1 分區疏散較平均，

447 秒 C 梯淨空；情境 5-1 分層疏散最為平均，561 秒 A 梯淨空，維持四座樓梯使用，疏散效果最有效。

(3) 疏散機制影響

- A. 1 樓起火樓梯未封閉情境，步行速度調整至 1.4m/s 符合實際狀況。
- B. 避難初期因主要避難人數集中，路線一致，出現三線重疊現象。
- C. 初期至中期階段，分區疏散量較快，隨機與分層 300 秒前效果相似，318 秒後分層優於隨機。分區與分層 763 秒後效果交錯，最終分層效果最佳，持續維持四座樓梯平均使用。

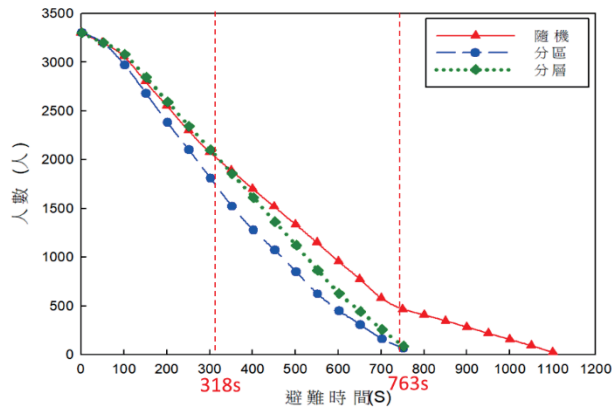


圖 4-10 情境 3-1、情境 4-1 及情境 5-1 疏散時間—人數分析表

(資料來源：本研究製作)

(四) 辦公時段 1F 起火 (A 梯封閉)

假設 1 樓餐廳廚房火災且 A 梯失效，探討動態導引與樓梯多寡影響及隨機疏散和動態引導疏散模式的比較。步行速度調整至 1.4m/s，探討避難成效。

1. 整體疏散時間：

- (1) 情境 3-2：隨機疏散，總時間 1205 秒。
- (2) 情境 4-2：動態引導分區疏散，總時間 1112 秒。
- (3) 情境 5-2：動態引導分層疏散，總時間 1002 秒。

2. 說明：

- (1) 情境 3-2：隨機疏散造成慣用樓梯壅塞，避難時間增加約 8%。
- (2) 情境 4-2：動態引導分區疏散，初期因 A 梯封閉往左側樓梯疏散，造成中後期低樓層尚未疏散完成而壅塞。
- (3) 情境 5-2：動態引導分層疏散，人員避難呈現穩態之情況，其後期疏散



量已持續引導分流進行達平衡狀態，而會與分區效果更於優化明顯。

### 3. 分析比較：

- (1) 避難完成時間分析：情境 5-2 比情境 3-2 縮短 203 秒，減少 16.8%；情境 4-2 比情境 3-2 縮短 93 秒，減少 7.8%。
- (2) 樓梯數量影響：樓梯減少時，分區與分層疏散效果差異明顯。
- (3) 分流機制影響：
  - A. 隨機疏散初期與分層疏散相似，但分層疏散後期效果更佳。
  - B. 分層疏散穩態效果優於分區疏散，平均引導人流更有效。

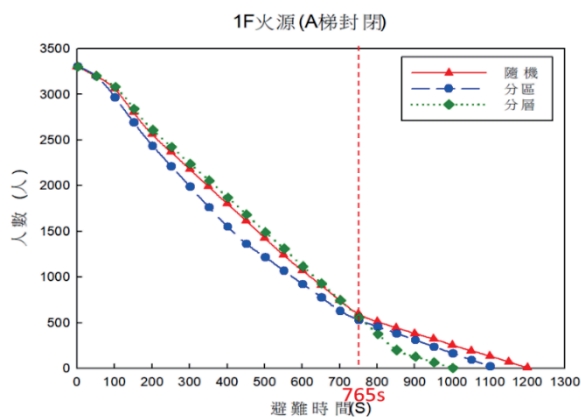


圖 4-11 情境 3-2、情境 4-2 及情境 5-2 疏散時間—人數分析表  
(資料來源：本研究製作)

### (五) 辦公時段 3 樓起火 (不利情境)：

辦公時段人員集中於中高樓層辦公區域，又假設 3 樓 CPU 室起火燃燒火載量大而造成慌亂，導致中高樓層於避難中會受三樓人員壅塞在樓梯間之影響甚鉅，形成不利情境，透過情境設定與實兵演練進行分析，探討避難之成效。

#### 1. 整體疏散時間：

- (1) 情境 3-3：隨機疏散，總時間 1076 秒。
- (2) 情境 4-3：動態引導分區疏散，總時間 885 秒。
- (3) 情境 5-3：動態引導分層疏散，總時間 791 秒。
- (4) 實兵演練：分區疏散，總時間 709 秒。

#### 2. 說明：

- (1) 情境 3-3：隨機疏散因缺乏明確目標，樓梯擁塞。

- (2) 情境 4-3：動態引導分區疏散，於路徑選擇上會有遲疑之現象，故時間拉長到中後期階段就會開始產生使用不均及輕微壅塞之現象。
- (3) 情境 5-3：動態引導分層疏散，每一樓層人員因有明確 2 個選擇目標減少遲疑時間，中高樓層人員因分流規劃而能持續且平均引導人流，提升整體疏散量。

3.分析比較：

- (1) 避難完成時間分析：情境 5-3 比情境 3-3 縮短 285 秒，減少 26.5%；情境 4-3 比情境 3-3 縮短 191 秒，減少 17.8%。
- (2) 分流機制影響：分區和分層疏散在人數分布不均的情況下效果差異大。
- (3) 逃生路徑分析：分區疏散存在分配不均，分層疏散有明確選擇目標，減少遲疑。

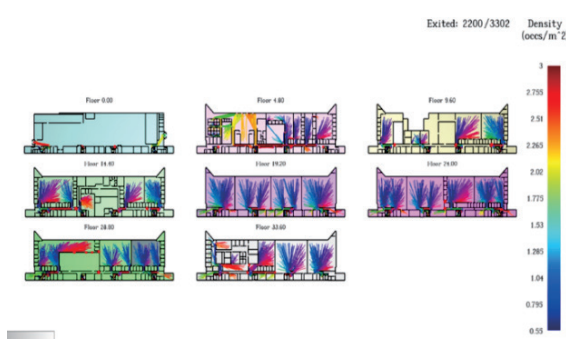


圖 4-12 情境 4-3 逃生路徑密度分析  
(資料來源：本研究製作)

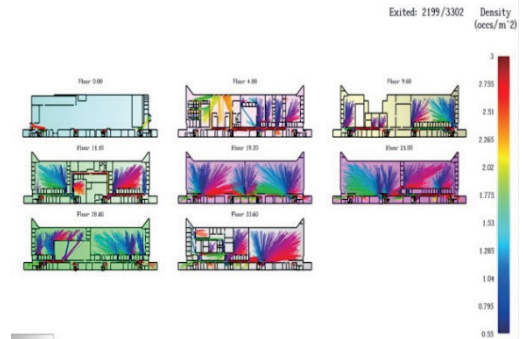


圖 4-13 情境 5-3 逃生路徑密度分析  
(資料來源：本研究製作)

三、小結

本研究針對 Pathfinder 軟體模擬共計 13 個情境，主要藉由假設尖峰及辦公時段人數的不同、樓梯數量的差異，以及分區或分層分流避難動線的變化，使得避難完成時間有程度上的差異。探討各情境之避難完成時間如下表所列：



表 4-3 模擬巔峰時段人數表

情境	人數	避難完成時間	時間差異	步行速度	起火點	情境敘述
情境 1-1	5393 人	1986 秒	-	1.19m/s	無火源	巔峰、隨機
情境 1-2	5393 人	1352 秒	1-1vs. 1-2 634 秒 (減少 31.9%)	1.19m/s	無火源	巔峰、動態 (分層分流)
情境 2-1	4860 人	2206 秒	-	1.19m/s	1 樓起火	巔峰、隨機
情境 2-2	4860 人	1893 秒	2-1vs.2-2 313 秒 (減少 14.2%)	1.19m/s	1 樓起火	巔峰、動態 (分層分流)
情境 3-1	3302 人	1118 秒	-	1.4m/s	1F 起火- A 梯不封	平時、隨機
情境 4-1	3302 人	795 秒	4-1vs.5-1 12 秒 (差距 1.5%)	1.4m/s	1F 起火- A 梯不封	平時、動態 (分區分流)
情境 5-1	3302 人	783 秒	5-1vs.3-1 335 秒 (減少 29.9%)	1.4m/s	1F 起火- A 梯不封	平時、動態 (分層分流)
情境 3-2	3302 人	1205 秒	-	1.4m/s	1F 起火- A 梯封閉	平時、隨機
情境 4-2	3302 人	1112 秒	4-2vs.5-2 110 秒 (差距 9.8%)	1.4m/s	1F 起火- A 梯封閉	平時、動態 (分區分流)
情境 5-2	3302 人	1002 秒	5-2vs.3-2 203 秒 (減少 16.8%)	1.4m/s	1F 起火- A 梯封閉	平時、動態 (分層分流)
情境 3-3	3302 人	1076 秒	-	1.4m/s	3F 起火	平時、隨機
情境 4-3	3302 人	885 秒	4-3vs.5-3 94 秒 (差距 1.06%)	1.4m/s	3F 起火	平時、動態 (分區分流)
情境 5-3	3302 人	791 秒	5-3vs.3-3 285 秒 (減少 26.5%)	1.4m/s	3F 起火	平時、動態 (分層分流)
實兵 演練	3302 人	709 秒	-	-	3F 起火	平時、動態 (分區分流)

資料來源：本研究整理

## 伍、結論與建議

### 一、結論

動態引導系統應用於模擬結果中可以得知火災發生時，智慧型避難燈具具預警及優先疏散危險區域之效能，比傳統型更有效率引導，減少約 22% 整體避難時間，以下為模擬情境分析之結論：

#### (一) 防震避難：

在無火源的情境對照下，情境 1-2 在動態引導輔助下可有效平均各樓梯使用率，降低人員壅塞達到平均疏散效果，透過系統優化可減少 496 秒避難時間。

#### (二) 火災預警與減災：

在情境 2-1 及情境 2-2 有火源的情境下，因模擬整座梯失效的不利狀況，動態導引系統透過預警功能傳送燈具信號到失效的出口，讓使用危險樓梯之比例由 12% 降低至 0%。

#### (三) 分區及分層差異性：

情境 3、4、5 隨機、分區、分層情境，在四座梯同時可使用時，分區及分層效果相差約 1% 差異性小，惟當某座梯失效時，因人員集中分布在辦公區域各居室非平均分散，導致分層效果較佳，可有效提升 9.8% 疏散時間。

#### (四) 實兵演練比較分析：

分析比對整棟樓避難逃生時，樓梯使用狀況及動態引導使用成效之分析。並藉由實兵演練調整設定模擬參數之平均步行速度，當移動速度設定值越高，則避難完成時間會越低，進行相互驗證得出實體演練避難時間 709 秒優於嚴格之模擬時間 791 秒，其避難時間優於嚴格之規定，表示目前避難規劃演練較為有效。

### 二、建議

#### (一) 短期建議

##### 1. 軟體情境模擬設計：

增加不同火災情境的疏散演練，分析比較分區分流和分層分流在尖

峰、離峰及夜間人數多寡下的影響，並探討樓梯數量對疏散機制的之影響成效。

## 2. 輔導訓練規劃：

持續推動情境式緊急應變演練，光電廠內部多為不同部門人員出入，建議加強內部員工以及相關單位的消防教育訓練，包括工廠操作人員、安全人員等第一線工作人員，以確保在火災發生時能夠迅速協助指引人員避難。

## 3. 分流機制調整：

人員目前主要以四區劃進行分區分流，惟場域內各居室有人數分配不均問題，若採四區劃分流，應規劃各區域如何有效劃分，建議調整人員疏散位置，並透過教育訓練進行分流機制的優化。同時，應考慮避難動線受阻時，人員分流的問題，以確保避難疏散動線的有效性和安全性。

## 4. 夜間、假日有效應變措施：

該場所夜間人數約為尖峰 1/4 至 1/5 倍，針對光電廠夜間的人力狀況，應加強自衛消防編組訓練與演練，並提高動態導引系統的使用成效，以確保避難動線的清晰度。

## 5. 動態導引聲響設計改善：

於實兵演練中發現其出口燈音量較小，會影響人員未注意現場燈號引導情形，期能改善動態導引聲響設計，以提升整體疏散效能，並強化應變資源運用。

# (二) 中長期建議

## 1. 地震災害疏散：

建議未來可應用地震震度評估地震對該場域之影響，並依據地震強度細部規劃各級數之疏散機制及相關應變措施。

## 2. 多樣化人群設定：

目前場域皆為特定人士，建議未來模擬中加入不特定人士的變數，可進行身障人員分析和比較，模擬中應包含不同速度的人群，於避難過程中可能需要特別設計的無障礙通道和輔助設施，可藉以探討廠區內專門設置之避難路徑和設備。並針對廠區內人員特色（年齡、年資、工作類別及所在位置），以及製程特色進行細部討論分析比較。以探討在工廠

環境下，不特定人士與特定人士的反應差異及其對整體安全的影響。

### 3. 動態導引系統的特殊功能：

導入智慧避難系統時，應考慮這些系統能否識別並引導行動不便者至最近的安全出口，並在路徑選擇上提供最少障礙的路徑。

### 4. 自衛消防編組反應時間分析：

建議針對自衛消防編組的反應時間，分析其長短及人員介入的時間差異。比較與動態引導系統路徑相同時的人員疏散時間差，以及動態引導預警系統優先於廣播疏散前同步通知全場域人員的反應時間變化。未來研究中可考慮將警報及反應時間計入，並比較動態引導前段時間與一般廣播避難時間，以評估動態引導的優化程度。

## 參考文獻

台灣趨勢研究股份有限公司（2020），光電材料及元件製造業發展趨勢，TTR 台灣趨勢研究報告，檢自：

<https://www.twtrend.com/trend-detail/optoelectronic-materials-and-components-manufacturing-2019/>

洪傳譜，陳俊勳（2005），「高科技廠房先進救災設備配合緊急應變程序之研究」，國立交通大學工學院產業安全與防災學程，碩士論文，13-15 頁。

黎俊鑒（2023），半導體無塵室火災風險分析暨防火工程性能設計之研究，國立陽明交通大學工學院產業安全與防災學程，碩士論文。

邱晨瑋（2022），工廠自主安全管理及火災風險調查評估機制期末報告，財團法人中華民國消防技術顧問基金會委託研究計畫書，47-48 頁。

內政部消防署（2023），既存工廠火災安全管理精進對策推動方案，新北市。

吳秉宸，蕭嘉俊（2008），國內民眾防火避難認知調查之研究，內政部建築研究所研究報告，新北市，10-13 頁。

Proulx, G. (1994). "The Time Delay to Start Evacuating Upon Hearing a Fire Alarm", Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting, Vol. 2, Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, CA, USA, Volume 38, Issue 14, 811-815.

<https://doi.org/10.1177/15419312940380140>

臺北市政府都市發展局（2016），臺北大巨蛋公共安全專案報告，臺北市，檢自：

<https://www.udd.gov.taipei/assets/162-8848/Documents/1050419%E5%A4%A7%E5%B7%A8%E8%9B%8B%E5%85%AC%E5%AE%89%E8%AA%AA%E6%98%8E.pdf>

FEMA, EKL0146. (2022). HSEEP: Homeland Security Exercise and Evaluation Program Course, Student Manual, Pennsylvania Emergency Management Agency.

Sinclair, H., Doyle, E.E., D.M. Johnston, Patton, D. (2012). “Assessing emergency management training and exercises, Disaster Prevention and Management”, Volume 21 Issue 4, 21(4): 507–521.

<http://dx.doi.org/10.1108/09653561211256198>

內政部消防署（2021），自衛消防編組應變能力驗證要點附錄三，新北市。

王榮豪，吳佳隆（2022），智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究，內政部建築研究所委託計畫報告，財團法人工業技術研究院，新竹縣。

EU FP7. (2011). GETAWAY Project, Generating simulations to Enable Testing of Alternative routes to improve WAYfinding in evacuation of overground and underground terminals, THEME SST.2010.4.1-1, grant agreement 265717

Galea, E.R., Xie, H., and Lawrence, P.J., Intelligent Active Dynamic Signage System: Bringing The Humble Emergency Exit Sign Into The 21st Century, Fire Safety Engineering Group, University of Greenwich.

游坤明，鄭紹材，連振昌（2015），智慧型避難引導結合廣播及標示系統之研究，科技部 GRB 編號：PG10402-0046，內政部建築研究所委託研究報告，中華大學，新竹市。

Nilsson, D., Frantzich, H., Saunders, W. (2008). “Influencing Exit Choice in the Event of a Fire Evacuation.”, Fire Safety Science – Proceedings of the ninth Symposium, IAFSS, pp 341-352.

<http://dx.doi.org/10.3801/IAFSS.FSS.9-341>

Xie, H., Filippidis, L., Galea, E.R., Blackshields, D., Lawrence, P.J. (2012). “Experimental analysis of the effectiveness of emergency signage and its implementation in evacuation simulation”, Fire and Materials, Vol 36, pp367-382.

<http://dx.doi.org/10.1002/fam.1095>

Sime, J.D. (1985). "Movement toward the familiar: Person and place affiliation in a fire entrapment setting. *Environment and Behavior*", 17(6), 697–724.

<https://doi.org/10.1177/0013916585176003>

張邦立，湯潔新，張尚文，郭彥谷，曾淑芬（2012），大規模地下空間避難弱者之情境模擬及避難疏散策略，內政部建築研究所委託研究報告，中央文化大學，新北市。

雷明遠（2016），智慧型火災避難導引與互聯網技術之整合應用，建築研究簡訊第92期，中華民國內政部建築研究所，新北市。

瑞德感知科技股份有限公司（2023），動態導引系統分析報告，臺北市。