

# 建築物火災模擬與避難疏散分析

范育鉸(Yu-An Fan)

中華大學土木工程學系

范德威(Te-Wei Fan)

中華大學土木工程學系

## 摘要

火災造成人事物的損傷，在現今建築構造複雜之建築物日益增多，建築物高度也逐漸增高，當火災發生時，人員逃生、救難亦顯複雜，大樓中每層樓所遇到的火災情況不一樣，致使可能會花更多的時間來逃生及救難，且每起火災所發生的狀況可能多有不同，例如火源位置，因此將提升火災救難的困難度。

本文藉由建築資訊模型之建立，應用火災動態模擬軟體 Fire Dynamics Simulator (FDS) 以及 FDS 的圖形用戶界面 PyroSim，模擬火災發生情況，並評估與分析建築物在發生火災時的溫度、能見度、一氧化碳濃度。因人員疏散時，會受到一些因素而影響到逃生過程，本文藉由溫度、能見度、一氧化碳濃度來了解對人員逃生影響之程度，並應用人員逃生模擬軟體 Pathfinder 得知逃生的情況及所需之時間。統整所模擬的狀況後，分析評估並建議如何解決這些火災造成的問題。

**關鍵字:**火災模擬、疏散模擬、BIM

## Abstract

Fire causes damage to people and things. Nowadays, there are more and more buildings with complex structures. And building height also gradually increased. When the fire occurs, the escape and rescue of people are complicated. Each floor of the building has a different fire situation, which may cause more time to escape and rescue. Moreover, the situation of each fire may be different, such as the location of the fire source, so it will increase the difficulty of fire rescue.

This paper is built by building information model, and works with Fire Dynamics Simulator(FDS) and Fire Dynamics Simulator(FDS) graphical user interface PyroSim. Simulate the fire situation and evaluate and analyze the temperature, visibility and carbon monoxide concentration of the building during the fire. Due to evacuation, people will be affected by some factors to escape, this paper by temperature, visibility, carbon monoxide concentration to understand the extent of the impact on the escape of people, and by the escape simulation software Pathfinder to

learn the escape situation and the time required. After integrating the simulated conditions, analyze, evaluate and recommend solutions to the problems caused by these fires.

**Keywords:** Fire simulation, Evacuation simulation, BIM

## 一、前言

火災的發生造成嚴重的損害，且每一件火災事故之肇因可能各不相同，因此其影響層面與結果亦具不同之樣態。發生火災時，可能因為人的生理、心理或者是建築物的阻礙等狀況造成逃生時間的減少。相較於一般住宅，大型的建築物如體育場或學校建築物於火災發生時，逃生疏散的方式、路線會更趨複雜，致使更加減少的逃生時間，且因建築物較大、構造較複雜，所以救難人員於救災時，所花費的時間與困難度相較於一般住宅其挑戰更為嚴峻。

現代科技愈趨發達，已經可以電腦為工具來模擬火災發生的情況，以此性能分析來了解火災對特定建物所產生的影響。本文所模擬火災情況是利用建築資訊模型（Building Information Modeling）工具軟體 Revit 來建立模型，搭配火災動態模擬軟體 Fire Dynamics Simulator（FDS）、FDS 的圖形用戶界面 PyroSim、以及人員疏散模擬的 Pathfinder，來評估分析建築物在發生火災的溫度、能見度、火災產生的煙的濃度來模擬火災情況。

## 二、主要內容

### 2.1 文獻回顧

盧有能[盧有能，2009]透過 FDS 來模擬民宿發生火災時的情況，以調整火源的位置以及通風狀況，來看各個不同的火災情形、消防安全設備對通報消防單位在火災現場時間的影響、模擬火災現場的溫度、一氧化碳、能見度、氧氣等等的參數，統整再加以分析以及比較，提出結論與建議，在結論方面，以模擬來得知火災現場的溫度、一氧化碳濃度、氧氣濃度等等的，並呈現出來，可以評估危險性。

黃志平[黃志平，2009]透過 FDS(Fire Dynamics Simulator)來模擬龍潭透天民宅火災情況，以模擬到的火災現場的溫度場、濃度場的影響變化，以及藉由改變不同的參數來模擬不同的情況，了解發生的影響變化。在建議方面之一，建議在住家的隔間材料可以使用耐火的材質，避免放置大量的可燃物，以免會造成燃燒時會瞬間產生高溫與大量有毒濃煙氣體。

劉陽[劉陽，2012]利用 Pyrosim 建立建築 3D 模型，且參考國內外一些火災經驗數據，設定保守的最不利的原則來設定火場參數及火場狀況，且用 FDS 來模擬火災情況，亦用 Pathfinder 來模擬人員疏散的情形，來計算出必須安全疏散時間。整理統整以及對比分析，進行評估，尋找出火災的危險因素，提出合理的

建議。在結論方面，其用 FDS 所模擬結果跟實際上發生火該的結果大致上是相符的。

徐國龍[徐國龍，2012]採用 FDS(Fire Dynamics Simulator)來模擬台中市金沙國際商業大樓的火場狀況，模擬中火場溫度場、濃度場的影響變化，以及改變不同的參數來得到影響改變的結果，統整整理來提供參考。在貢獻方面之一，經本案例的模擬分析之後，不燃性較高的建築材料來使用在高層樓建築上，可以降低人員的傷亡在火災方面。

張文政[張文政，2007]採用 FDS 來模擬桃園縣中壢市大同路民宅建築火災現場情形，改變不同的參數，例如火災現場不同情況易燃物數量、隔間材質不同等等的，所模擬的結果可以用溫度以及一氧化碳濃度來看，經整理分析來改善。在建議方面，像是易燃物數量越少會越好，還有化合物的物品盡量要少用，還有建築物的隔間材質是水泥隔間材質會較好等等。

洪辰諭[洪辰諭，2009]採用火災場模式模擬軟體分析模擬中興新村眷村的火災現場。研究分析模擬中的溫度場、濃度場的改變變化，以及改變不同的參數，來看不同的參數結果對火災現場的影響改變，幫助了解對逃生人員的影響變化。在貢獻方面，針對本案例所模擬的，經統整整理分析結果，能使用不燃性較高的材質的話，可以降低火災對人員的損害。

在發生火災時，逃生人員會有一定所能承受的極限，可以紐西蘭設計指南(Fire Engineering Design Guide)以及 NFPA130[Michael Spearpoint, 2008] [National Fire Protection Association, 2000]來評估溫度、一氧化碳濃度以及能見度的極限值。

表 1、人所能承受的危險程度極限範圍

	所能承受的極限(在 1.8m 逃生空間內)
熱對流	<60° (基準值是不能曝露超過三十分鐘的極限值)
一氧化碳濃度	<1400ppm(基準值是不能曝露超過三十分鐘的極限值)
能見度	>10m

## 2.2 火災模擬

起始溫度常溫設 25 度 C。火源位置:一樓。火源尺寸:長 90 公分，寬 120 公分，高 100 公分。火源材質:木材。模擬時間:900 秒。圖 1 是發火源的位置。

1 樓的分析結果:

在 900 秒的時候的一氧化碳濃度為 0.65ppm，沒有達到危險標準(圖 2)。在能見度方面，在 138 秒時會達到危險標準(圖 3)。在溫度方面，在 111 秒的時候，達到危險標準(圖 4)。

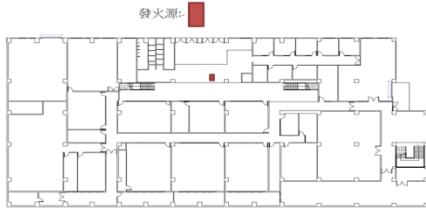


圖 1、發火源在 1 樓

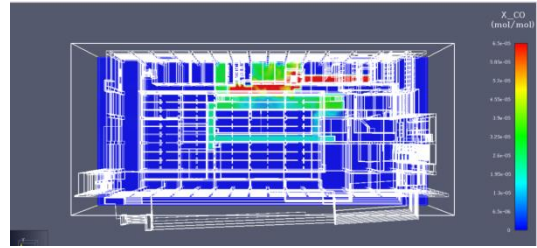


圖 2、一氧化碳濃度 900 秒

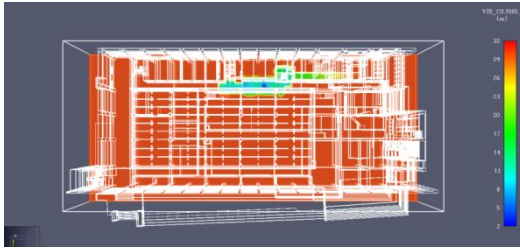


圖 3、能見度 138 秒

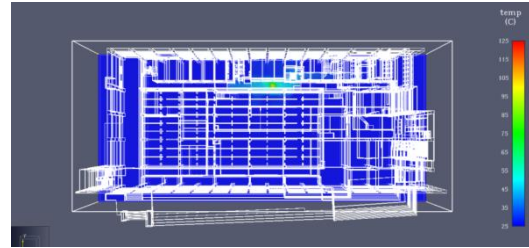


圖 4、溫度 111 秒

## 2 樓

2 樓的分析結果：

一氧化碳濃度方面，在 900 秒時沒有達到危險的標準(圖 5)。在能見度方面，在 222 秒的時候，能見度達到危險標準低於 10 公尺(圖 6)。在溫度方面在第 226 秒的時候，溫度已經達到危險標準的 60 度 c(圖 7)。

人員逃生模擬所使用的是 Pathfinder(圖 8)

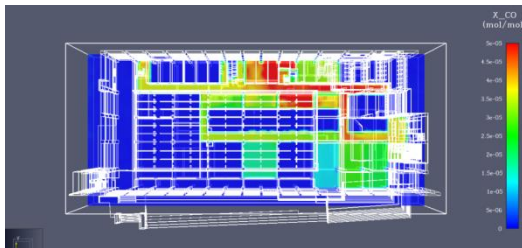


圖 5、一氧化碳濃度 900 秒

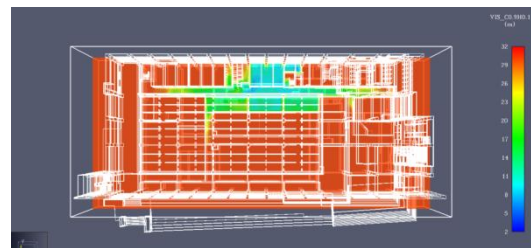


圖 6、能見度 222 秒

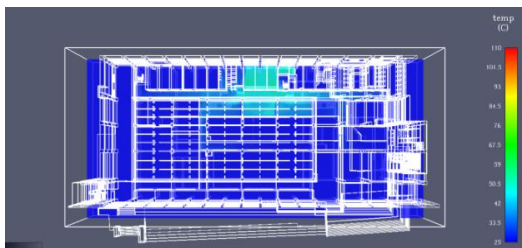


圖 7、溫度 226 秒

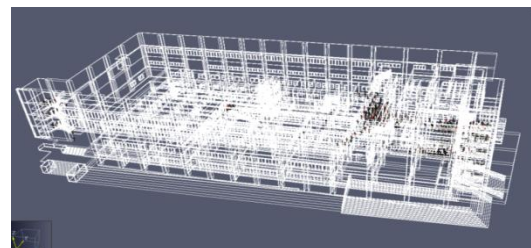


圖 8、逃生在 50 秒的情形

搭配疏散完畢時間及安全疏散可利用時間來算是否有在安全內，是否有在可利用的時間逃生完畢。

[劉陽，2012] $T_{ASET} > T_{RSET}$

其中  $T_{REST}$ : 疏散完畢時間

$T_{ASET}$ : 安全疏散可利用時間

表 2、1 樓、2 樓所模擬的情形

樓層	所能承受極限 規範	$T_{ASET}$ : 安全疏散可 利用時間(秒)	$T_{REST}$ : 疏散 完畢時間 (秒)	是否符 合規範
1 樓	溫度	111	296	不符合
1 樓	能見度	138	296	不符合
1 樓	一氧化碳濃度	900	296	符合
2 樓	溫度	226(此時達到危險標準的地方沒人，所以是安全的)	275	符合
2 樓	能見度	222(此時達到危險標準的地方沒人，所以是安全的)	275	符合
2 樓	一氧化碳濃度	900	275	符合

### 三、結論

在火災模擬當中，1 樓的溫度以及能見度是不符合規範的，而在 1 樓、2 樓的其他分析結果則符合規範，不符合規範部分可能造成人員受到無法承受的危害程度。

在模擬中當人員疏散到同一個位置如樓梯時，會造成壅擠的現象，多人同時疏散造成疏散時間增長。

火源擺放不同的位置，所造成的危險標準也會不同。對於建築物每一層樓的火災情況都會不同，有些樓層的火災危害程度較為嚴重，其他樓層的火災危害程度則較小。

在各層樓的火災危害到達人無法承受的程度之時間每層樓亦不相同，部分層樓較快到達人無法承受的程度，部分樓層較慢到達。

藉由 FDS 模擬火災情況再配合人員疏散模擬 Pathfinder，可評估並理解建築物各樓層於火場中所遭遇的狀況。

#### 四、參考文獻

1. 石世祐等人，「建築資訊模型運用於火災避難設計之個案研究」，營建管理季刊 97 期，第 1-11 頁(2014)。
2. 劉陽，「基於 FDS 的建築火災數值模擬及安全疏散研究」，碩士論文，遼寧工程技術大學安全技術及工程，遼寧(2012)。
3. 盧有能，「民宿場所火災模擬分析」，碩士論文，國立屏東科技大學土木工程系，屏東(2009)。
4. 黃志平，「龍潭透天民宅火災模擬分析」，碩士論文，元智大學機械工程研究所，桃園(2009)。
5. 徐國龍，「台中市金沙國際商業大樓模擬研究」，碩士論文，元智大學機械工程研究所，桃園(2012)。
6. 張文政，「桃園縣中壢大同路民宅火災模擬」，碩士論文，元智大學機械工程研究所，桃園(2007)。
7. 洪辰諭，「中興新村光榮西路眷村火場模擬」，碩士論文，元智大學機械工程研究所，桃園(2009)。
8. Michael Spearpoint, Fire Engineering Design Guide, Third Edition, New Zealand Centre for Advanced Engineering, New Zealand (2008)。
9. National Fire Protection Association, NFPA 130, 「Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems」, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, The United States (2000)。