

第二章 文獻探討

第一節 都市火災特性

一、建築物火災特性

(一) 建築物室內火災之溫度變化過程

建築物之室內起火後，其擴展之過程可用溫度之時間變化說明之，如圖 2-1-1 所示，由 O 至 A 為「起火」之階段，在此階段中，室內之溫度尚不太高，而其時間之長短，亦隨火源與著火物種類之不同有鉅大之差異。火源點燃可燃物起火後再擴燃至家俱、板壁等媒介可燃物時，已與起火種類無關，而係隨該室之條件燃燒，擴展火勢。圖中之 A 點即相當於內部裝璜材料著火之時刻，此後溫度就急遽上昇。火焰由板壁垂直上竄，當到達天花板後即改向水平方向急速擴展。不久，整個室內頓時陷入火海(此亦稱為閃燃)。此時室內溫度亦達最高點(最高約為 $1100^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$)即圖中之 B 點。B 點以後，火焰不斷在室內迴旋，一切可燃物繼續燃燒，待大部份之可燃物焚燒殆盡後，火勢亦開始衰退，溫度亦由 C 點向 D 點緩慢下降。D 點以後，只剩下一時燒不掉的大塊木料餘燼堆置地面，則現場附近將可長時間繼續維持溫度在 $200^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 左右，不易下降【1】。

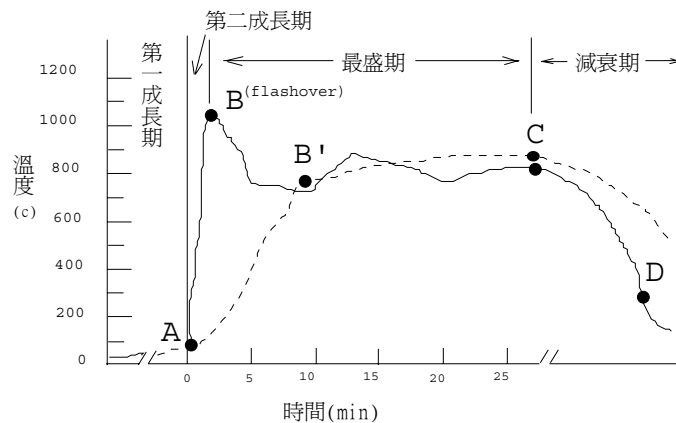


圖 2-1-1 一般室內火災溫度與時間變化關係圖

由起火以至最盛期，最後燒落為止，其時間之長短，與起火原因、火源大小、開口部是否開啟、牆壁之材質(木板或石壁)，以及建築物之構造，風速之大小具有密切之關係。火災若能在 A 點之前被發現，民眾若有受過基本消防訓練，並有簡易滅火設備，火災應可有效獲得控制；且火勢若能在 A 點之前通報消防單位，或消防單位能在 B 點之前做有效救災，則火勢才有可能被侷限在起火空間範圍內。

(二) 火災中的溫度

依據日本東京大學第一次實體木造建築物之火災實驗，及之後各地實體火災實驗之結果，並非完全一致，但由所有實驗記錄整理後，定出一條標準曲線，作為耐火木材加熱試驗之資料，及防火構造之基礎。此曲線稱為「木造建築物火災溫度標準曲線」如圖 2-1-2 所示。亦即一般火災消防單位若能在十分鐘之內做有效救災，則火勢才有可能被極限在起火空間範圍內。

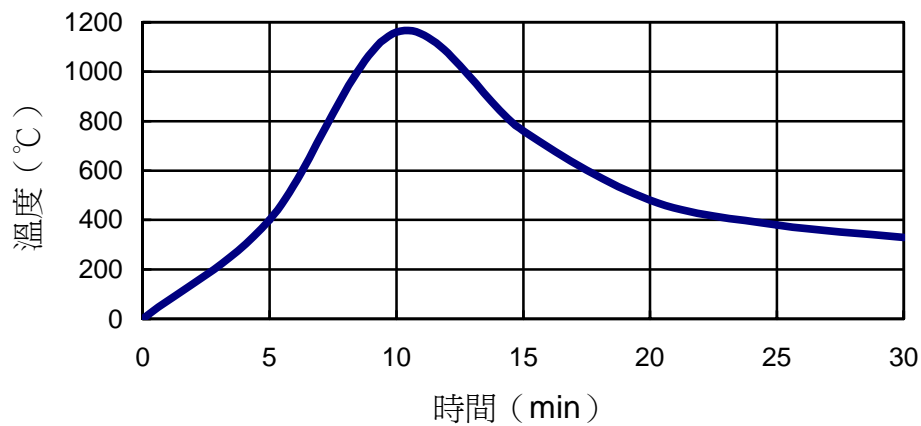


圖 2-1-2 木造建築物火災溫度標準曲線圖


(三) 閃燃 [Flashover]

火災從起火原因、成長期至下一階段之全盛期之瞬間會發生所謂閃燃 [Flashover] 現象【2】。如果火場內的溫度升至攝氏六百度或以上時，火場內所有物件都會自動燃燒，在臨近閃燃點時，材料因熱分解所產生的可燃性氣體在室內高處蓄積，一旦該氣體與空氣之混合氣體濃度到達燃燒界限時，且溫度已達多數材料之引燃點或以上，則會產生瞬間爆發使整個室內頓時陷入火海之中；亦即使局部燃燒瞬間擴大至整體燃燒。由於閃燃發生後會使溫度急速上昇、濃煙及炙熱氣體量激增、壓力變化等現象，若人仍在室內則難以存活，所以所有人員應在閃燃發生之前逃避至安全之處。基於此點，在建築物火災避難計畫中決定避難容許時間的目標上，閃燃點具有極重要意

義。因此，即便能使到達閃燃時間延長 1 秒鐘的措施也可謂重要。此階段亦與下列材料因素有關：

- 〔1〕材料之著火性；
- 〔2〕表面燃燒性；
- 〔3〕曝露面大小；
- 〔4〕可燃物量等。

此時，天花板、牆面的裝修材料若具有耐燃性能，則至少火勢成長速度較緩，也較無煙毒為害，可爭取到多一點的逃生避難時間與機會。



若室內天花板以不燃材料作為裝修材料（例如石膏板、矽酸鈣版等不燃材料），火焰前端延燒天花板時，因為天花板不燃，火焰前端需伸長取得必須供給自身燃燒之氧氣，亦會向下產生輻射，不過天花板本身為不燃材料，不會產生燃燒現象，相同的，其熱量不增加，自身的輻射熱量不如易燃天花板來的大，所以能延遲燃燒現象，增加逃生避難時間，有利人員順利逃出火場。但室內裝修〔飾〕材料的選擇上，應該採用防焰材料及耐燃材料是消防人員無法選擇的【3】。

無論如何當閃燃發生，這空間內溫度將遽增，而在如此環境中人員仍然能在如此空間內尚存，那絕對是不可能。因此從

火勢形成後到閃燃發生之前，這段期間是受困者可能逃出該區域的時間，亦是消防人員介入滅火拯救人命是惟一能救助該空間內人員生命之時段【4】。

閃燃發生所需之時間(Time it takes for flashover) 火勢成長中至產生閃燃所需之時間到底是多少？於美國國家標準局(現改為 NIST)以一般建築物地下室房間作實體火災屋試驗，而這房間可能做為客廳、機械房、休憩室、辦公室等，然而在這些火災屋試驗裡，火勢不到 4 分鐘就猛烈地火焰已形成在空間整個高度，到 6 分鐘後，空間內平均氣體溫度經量測為 700°C。在獨棟式住宅之客廳火災屋試驗，從開始起火後，到 3 分 41 秒時閃燃轟然形成。在一般住宅之臥房從第一起火物引燃後到達 2 分 12 秒閃燃即來臨。

如能在火勢未發展到閃燃之前，能介入從事滅火是較相對容易且危害將較小，而在閃燃後之火災搶救，則需較大滅火資源與大火伴隨較大危害度；實際上改變火災現場環境，以延長閃燃發生的時間，增加消防隊反應部署的時間，以避免建築物閃燃現象發生，事實上是消防不可能辦到的。雖然一般人認為改變消防隊如此快速反應到火災現場，以預防建築物閃燃發

生，亦是不可能的。但我們仍必須另外尋找解決之方法，很明顯地我們消防人員仍需要在閃燃發生之前趕到火災現場。

(四) 爆燃 「Backdraft」，又稱回燃、復燃【5】【6】【7】。

爆燃多在火警發生的中、後期產生，在密閉空間內，由於空氣不流通，尤其是當火勢已維持了一段時間，可燃性氣體便會積聚。這些氣體不一定會著火，特別是在氧氣不足的情況下。然而，當有足夠的空氣引入火場內時，如救災人員打開(破)門，溫度升高至 400-500°C 玻璃熔化，空氣進入，便與濃烈的可燃氣體混和，極易引起爆燃。當氣體遇上火源(原來即有高熱)，燃燒便會猛烈地發生，並引發出一股爆發性的火焰擴散，朝著空氣入口衝出室外，這個現象稱為「爆燃」。此時室內又重新劇烈地燃燒起來，它並不是真正的爆炸，而是在一個濃煙瀰漫的火域空間中，由於新鮮空氣的加入，使可燃性氣體產生快速點燃的現象【8】。基於此點，爆燃點在建築物火災搶救計畫中決定救災容許時間的目標上，具有極重要意義。消防單位必須加強救災技能認識與訓練，方能避免火災中爆燃現象的發生，亦即消防人員必須認識爆燃發生的徵候，與掌握極短時間並能做有效的攻擊，才能防止其發生，否則，不正當的方法，將會造成救災人員傷亡及加速火勢蔓延。

二、都市中常見火災類別及火災特性【9】

都市中常發生的建築物火災類型，本研究整理分類為老舊眷村火災、騎樓火災、地下室火災、鐵皮室倉庫火災、高樓及集合住宅火災、高科技廠房火災等六大類，以下為各類型火災之火災特性。

(一) 老舊眷村火災特性

1、木造房屋延燒迅速：

老舊眷村建築多為木造平房房屋，一般內部多以木材等易燃材料裝修並有搭蓋鐵皮等共同特點，建築物內電源配線老舊，使建築物發生火災之危險因素，比其他建築物高出了許多，且眷村中各戶一般皆為連通屋頂，或僅有木板做為隔間，一旦不小心發生火災極易造成火勢燃燒迅速並擴大延燒的現象。

2、巷道狹窄、搶救不易

眷村內之巷道多為狹小巷弄，部份僅約一至二米寬，發生火災時，常造成消防車無法迅速進入及靠近起火建築物，造成搶救不易。

3、居住人口密度高（年齡層老化）

老舊眷村內之住戶人口密度高，且住戶年齡層較高，多為

行動不便之老人，常因熟睡等因素，降低警覺心，致防火警覺不足，若發生火災，往往因無法順利逃生而釀成災情。

(二) 騎樓火災特性【10】

1、多為機車火災

台灣有一千萬輛機車，平均每二人就有一輛。機車平常就擺在住家的前面或是騎樓下，而停放在騎樓下的情形最多，有時甚至是雙排停放，據張旭富於建築騎樓主要可燃物燃燒行為研究-機車燃燒行為研究中指出，125c.c 塑膠殼機車之座墊與塑膠外殼燃燒所產生的最大熱釋放率峰值分別為 619.0kW 與 1268.0 kW，總發熱量為 68.49MJ 與 210.0MJ，而單輛機車內所有塑膠材料之發熱量約佔機車整體可燃物發熱量的 71.2%，可見機車停放於騎樓，若發生火災將燃燒迅速，並波及附近建築物。

2、容易造成延燒

都市中之騎樓多為店家所佔用，除廣告物、廣告招牌等易燃物外，部份騎樓亦有設有天花板裝潢，一旦發生火災火勢容易延騎樓廣告看板或裝潢擴大延燒。

3、波及建築物後產生煙囪效應

停放於騎樓之機車發生火災擴大燃燒後，若遇僅有單一通

道或單一樓梯出口之建築物，火勢往往會沿著通道或樓梯間向上竄燒，此時即容易形成煙囪效應，造成延燒及阻礙逃生

【11】。

(三) 地下建築物火災特性

1、濃煙密佈

地下建築物發生火災時，濃煙密佈，充滿有毒氣體，因開口部較少，空氣不足，更易產生大量之濃煙。

2、高溫灼熱

地下建築物因四周完全封閉之故，火災發生時，熱量無法消散，燃燒蓄積之結果，自然形成高溫、高熱，火災溫度常超過 1000°C 以上。

3、迅速延燒

地下建築物火災有迅速向上延燒之特性，地下層一旦起火，地面層以下各層頓時陷入危險，火勢容易沿管道間或樓梯間向上竄燒。

4、逃生不易

地下建築物由於空間大，內部構造複雜，火災發生時漆黑無光，加上隔間、通道、門戶或雜物之阻礙，在濃煙高熱中逃生時極容易迷失方向。

5、搶救困難

地下建築物火災，因受上升之濃煙與高熱之壓迫，搶救工作困難重重。有時消防人員進入地下層時，必須攜帶空氣呼吸器始能入內，故無法長時間滯留其內，燃燒狀況判斷困難，無法採取有效之搶救作為，且有時因新鮮空氣之突然侵入，而造成易燃氣體之復燃，釀成極端之危機【12】。

(四) 高層及集合住宅建築物火災特性

經由無數的火災案例證實，在各種防火條件大致相同的條件下，高層建築比單層建築或多層建築火災危害性更大，而且火災發生後更容易造成重大損失及傷亡事故，其火災特性分述如下【13】：



1、火勢蔓延途徑多且危害大：

高層建築物的樓層間、電梯管道、電線管道、空調管道及排水管道等豎向管道，如沒有考慮防火區劃或防火區劃措施處理不當，火災發生時，猶如一座座高聳的煙囪，通風作用大，即成為火勢蔓延的途徑。

2、因疏散困難而容易造成重大傷亡事故：

高層建築的特點，一是層數多，垂直距離遠，需要較長的

疏散時間；二是人員比較集中，疏散時容易出現擁擠的情況；三是發生火災時的煙氣和火勢往豎向蔓延快，給安全疏散帶來困難，而平時使用的電梯由於不防火煙和斷電等原因停止使用。所以火災時，高層建築物的安全疏散主要靠樓梯，如果樓梯間不能有效地防止火、煙侵入，則煙氣就會迅速灌滿樓梯間，而嚴重阻礙人們的安全疏散，甚至威脅人們的生命安全。

3、消防設備不夠完備導致搶救困難：

搶救高層建築物火災主要立足於建築物內消防給水設備，由於受到建築結構及消防安全設備條件的限制，常常給搶救工作帶來不少困難。例如，大面積火災時，建築物內消防水源就不一定夠用，便無法及時有效控制火勢蔓延；又如消防水泵等建築物內消防給水設備發生故障，就得靠消防車利用本身裝載之水源或抽吸建築物外消防水源進行搶救，但是消防水帶並無法承受巨大壓力，往往由於水壓過大，使得水帶破裂，延誤救災時機。

4、用途複雜而起火因素多：

一些面積大、層數多的高層建築物，其特點在於：內部功能複雜，使用單位多，管理制度鬆散，火災防護漏洞多，

容易引起大的火災事故。有些建築物使用單位多，人員集中，管理不良，在疏散走道、樓梯平台甚至門口附近，堆放大量可燃物，在部份房間內，有的存放貴重設備，有的作為實驗室使用，存放多種危險物品，無形中已增加火災發生危險性。

5、各種管道密佈：

高樓內部設有各種管路系統，包括空調系統、電線系統、電梯系統、排煙系統以及供水、排水等水管。這些管路不但平面分佈於各角落，且上下連貫，形成網路。火災時，這些管路乃成為火煙向上延伸之最佳孔道。尤其下層發生火災時，整棟大樓將立即陷入煙霧之中。

(五) 高科技廠房火災特性【14】

1、廠房寬廣，人員分佈密度小

高科技廠房為配合不同性質用途、不同流程設備儀器之擺設及便於修改使用方式等需求，各廠之廠房均十分寬敞高大以便於應用，由於工廠寬廣，加上運用高度自動化的儀器及設備，使得廠房人員分佈的密度變的極小，且每個工作人員熟知的工作區域極為有限，一旦災害發生，萬一探測裝置或警報設備故障的話，勢將難以發現並及時進行應變。

2、區劃設計特殊

高科技廠房內之無塵室多為一封閉之區劃空間，門、窗量很少，一旦起火，大量的煙、熱會聚集在內，難以排除。在廠房設計之分，為了避免一旦有一個區域受到污染波及其他區域，當確定有狀況發生時，整棟無塵室的空調通風系統會自動關閉，使得煙、熱更不易排到室外。此外，為了減少空氣的流動及污染源的侵入，所有人、車、器材及設備進入無塵室時，均需經過嚴密的換鞋、更衣、盥洗及吹淋等步驟。而為達成上述目的，通常會使建築內的平面佈置較為曲折，由外入內須通過重重電子管制門，延遲應變人員進入搶救時間。

3、各種管線錯綜

高科技廠房內充滿各種連接儀器、機械、化學氣體及化學液體之管路，其中不乏易燃、易爆的液體或氣體，如矽甲烷及氫氣等，這些管線的承載量大，經常連續運轉，而且有的管道就設置在牆內，萬一發生洩漏，將難以及時發現處理；萬一洩漏出的易燃（爆）氣體聚集到爆炸下限時，就有可能會引起起火或爆炸。各種有毒化學氣體及火流亦將順管道迅速蔓延至廠區各處。而且廠內管路四處通竄，其穿透處及管路本身，若未

能有效的予以填充洩漏或裝設閘門，將成為煙熱在廠區中流竄的最佳途徑。

4、伴隨化學物質火災

高科技廠房製程中充滿了高危險性物品，例如處理晶片氧化過程中所需要的純氧、蝕刻過程中的各種強酸及進行氧化氣相沉積（Chemical Vapor Deposition，簡稱CVD）成膜時的極端易燃與高腐蝕性物質等。這些物質的大量存積，加上半導體廠多屬於二十四小時不停的運轉生產，使得其內部幾乎是處處暗藏危機。不僅如此，倘若災害事故一發生，大量危險的化學物質便可能迅速外洩，進而危害到第一線的搶救人員，及四周的環境安全。

（六）鐵皮倉庫火災特性【15】

1、結構不堅固

一般鐵皮倉庫之樑柱多由鋼骨或C型鋼所造，其屋頂及牆壁皆以鐵皮搭蓋，一旦火場大火溫度達 600°C 以上，即會破壞鋼性，而一般火場溫度皆高達 1000°C 以上，鋼骨即容易受熱彎曲，整間鐵皮屋即會因重心不穩，失去平衡而塌陷。

2、火勢成長迅速

鐵皮倉庫因空間利用及光線取得，加高加大空間設計，致使火初、中期即充沛氧氣供應，利於燃燒進行且因室溫成長使壓力增高，空間氣體膨脹形成對流快速，火勢成長相對較快。

3、倉庫內無防火區劃

鐵皮倉庫內通常無防火區劃，一旦小火形成，如於初期無法控制，在預燃相乘效應，輕質可燃物分解加速，致命之閃燃現象往往在消防隊介入時就已發生，增加了消防搶救困難。

4、火災猛烈度大

鐵皮倉庫火載量與火災猛烈度比一般住宅型態大，若倉庫內堆積易燃性原料、半成品及成品，當堆積燃料相鄰燃燒，致高能量電磁波相互吸收，高溫高熱經由輻射、對流、傳導、能量不斷回饋，促進燃料快速分解，輻射能回饋效應顯著。二樓地板為鐵板或木板，其材質不但無法阻隔熱，且空間特性使火災燃燒之熱煙流持續囤積在屋內，形成巨大火爐現象。

第二節 火災搶救任務特性及勤務分析

一、消防勤務內容

依據消防法第一條規定消防三大任務為預防火災、搶救災害及緊急救護【16】。另依消防勤務實施要點內容，消防勤務包括下列各項勤務，而本文僅就火災搶救任務探討【17】。

- (一) 防災宣導：實施災害之防救宣導。
- (二) 備勤：服勤人員在勤務執行單位內，整裝隨時保持機動待命，以備災害發生時之緊急出勤救災、救護及災害調查。
- (三) 消防安全檢查：包括消防安全設備、防火管理、消防安全設備檢修申報、防焰規制及危險物品安全管理。
- (四) 水源調查：針對轄區內各種消防用水源予以列管檢查。
- (五) 搶救演練：演練項目包括體技能訓練、裝備器材操作訓練、消防救災救護演練及其他應變演習訓練。
- (六) 值班：由服勤人員於值勤台值守之，負責通訊連絡、傳達命令、接受報案及維護駐地安全。
- (七) 裝備器材保養：執勤項目包括試車、試水、試梯及其裝備器材之保養、檢查。
- (八) 待命服勤：服勤人員保持機動待命，以備執行救災、救護、災害調查或其他臨時派遣勤務。

二、火災搶救策略需求(Resources Needed) 【18】

時間是個主要問題所在，消防隊反應時間(包含到達火場時間在內)是否能在建築物內燃燒物之火勢發展到轉為致命之臨界點前及時應用滅火劑(如水、泡沫等)搶救抑制火勢?從起火之時刻到火勢熄滅時刻，這是一個時間序列的問題，在 Resford Wilson(1994)，指出從起火到火勢熄滅可分為 9 個階段：

1. 發火源
2. 第一起火物引燃
3. 察覺火勢
4. 通知(指揮中心受理登記作業、派遣管轄單位救災)
5. 消防隊出勤人員召集動員(Turn-out)
6. 車輛至火場行進途中(Travel)
7. 火場部署水線(setup)
8. 搶救與救助
9. 火勢熄滅原因調查

在這時間序列裡，以下依序做探討：

- 1、從發火源、第一起火物引燃至察覺火勢，及察覺後的處置，是一般不特定民眾所為，無論發火源的特性或察覺後的處置，其差異性甚大，消防人員得由預防宣導教育、消防設備管理、防

火管理制度加以改善，但無法在火災發生當時由消防人員完全掌控它的時間。

2、通知 → 火場部署水線

(1) 民眾利用 119 撥出或通知到消防局勤務指揮中心之過程時間，
加上

(2) 消防局勤務指揮中心隊處理登記警報或轉告之時間，加上

(3) 消防分隊緊急動員召集出勤人員至車輛出動之時間，加上

(4) 車輛至火場途中車輛之行進時間，加上

(5) 到達火場，車輛尋找適當位置、部署水線，設定攻擊線開始射水滅火之時間。以上各項合計，除了車輛行進途中時間外，一般人認為大部份時間幾乎相差不多，時間變化少，是無法再壓縮的，可視為一固定值，不需特別注意之項目。但我卻認為這才是我們消防人員唯一能掌控的時間，本研究部份探討如何縮短這段時間的方法。

3、搶救與救助

這與救災車輛、裝備的規劃與性能、消防戰術及每個救災人員技能息息相關。

4、火勢熄滅原因調查

這段時間並非需分秒必爭，與救災無關，本研究不加以探討。

三、火災搶救任務之特性


火災搶救任務為具突發性、變異性、緊急性、危險性之工作。火災發生是無法預知的，任何時段都隨時可能發生，依統計資料顯示亦無明顯差距，所以它具有突發性，救災人力應均衡含蓋每一時段。而每一次火災發生狀況（時間、地點、位置、原因、大小、及附近環境）亦都不同，且隨時間不斷成長變化，所需之救災人力亦隨時間而增加，所以它具有變異性。又因燃燒可產生連鎖反應之特性，在非常短時間內即可蔓延迅速，危害也立即擴大，所以它具有緊急性。又因火災具有閃燃、爆燃等特性，搶救過程救災人員隨時具有危險性，且愈慢搶救，火勢愈大，危險性亦愈大。所以火災搶救任務為一種團體行為，是最經濟條件最短時間集合最多專業人力實施救災的工作【19】。

三、勤務方式分析

消防搶救與救助工作範圍，從為民服務之捕蜂抓蛇、送水、清洗路面、電梯受困…，至救溺、急病、車禍、空難、山難、海難…等意外事故救助，及火災、地震、颱風水難、危險化學物品事故之大規模災害搶救工作等等，民眾無不希望消防人員能在最短時間內趕抵現場展開搶救。而各種災害均具突發性、變異性、緊急性與危險性，消防人員無論何時何地均需不畏生命危險立即

投入災害現場，來拯救瀕臨死亡之人民生命財產安全，所以消防勤務是應廿四小時接替，無法中斷的工作。消防人員長期承受壓力衝擊、睡眠障礙、緊張疲勞狀況下，易出現專業的心力交瘁感。為了讓消防人員能全力投入消防工作，又能得到妥適的休息週期，以做為體能與壓力之自我調整，來舒緩緊繃的心情，避免不必要負面累積。所以，既符合人性又具工作效率及能得到充分休息之勤務輪值制度是各國消防機關所亟欲追求的，但因各地國情、財政等因素之不同而有不同之勤務輪值制度。以下就歐、美、亞幾個主要城市的消防勤務輪值制度做探討【20】：

(一) 英國倫敦



倫敦消防局勤務輪值為連續二日白天各 9 小時服勤 (09:00—18:00)，再連續二日夜間各 15 小時 (18:00—09:00)，然後連續四日輪休，平均每週服勤 42 小時。

(二) 德國漢諾威

漢諾威消防局勤務輪值為勤一休一、二或三之交替制，即連續服勤 24 小時後休息 24 小時或 48 小時或 72 小時，全年預先排定，21 天為 1 週期，平均每週服勤 56 小時。

(三) 美國紐約

紐約消防局勤務輪值為每日二班制，白天班(09:00—18:00)服勤 9 小時，夜間班(18:00—09:00)服勤 15 小時，服勤二天白天班休息 48 小時，服勤二天夜間班休息 72 小時，可換班連續服勤 24 小時，平均每週服勤 48 小時。

(四) 日本東京

東京消防局勤務輪值為勤一休一或二之交替制，即連續服勤 24 小時後休息 24 小時或 48 小時，21 天為 1 週期，另加一天日勤，平均每週服勤 60 小時。

(五) 新加坡

新加坡民防局 (SCDF) 消防人員勤務輪值制度，皆為服勤 24 小時後休息 48 小時之勤一休二制，平均每週服勤時數為 56 小時。但在休假日仍視需要參與訓練，或災害等單位認有需要時仍需返隊參與。

(六) 香港

香港消防事務處消防人員勤務輪值制度，皆為服勤 24 小時後休息 48 小時之勤一休二制，平均每週服勤時數為 56 小時。

(七) 台北市

台北市消防局勤務輪值為二班交替制，連續服勤一日 24 小時後休息 24 小時之勤一休一制，平均每週服勤時數為 84 小時。

第三節 都市地理環境及建築結構特性

一、都市地理環境特性

(一) 建築物密集、人口集中

台灣地區地小人稠，人口集中在都市的情形更為嚴重，至民國 92 年為止，劃定為都市計畫地區為 441,669.06 公頃，占全台面積的 12.26%，但都市計畫地區人口為 16,721,500 人，已高達全台人口的 77.11%，且都市地區大都分布在西半部。都市中集合住宅林立，集合住宅社區形成的主因，在於都市經濟形態與結構的快速成長，大量的就業機會與商機而導致人口急劇膨脹並聚集於大都會區之中；促使建築密度持續地增加，也使得一般民眾所居住活動的生活空間相對地縮減。在這超量的聚居環境之下，使得現有的老舊集合住宅因改建、翻修不易，而必須接受非預期性之納能改變；相較之下亦產生許多災變，例如：火災、傳染性疾病、公安事故等。參酌消防署歷年統計資料顯示，台灣地區平均每年發生火警約八千四百件，因火災而死亡的人數約二百十一人，受傷三百九十人，損失的財

物高達二十八億元以上，是所有災害當中對人民生命財產損失最大的，且相關調查資料顯示火災中十之六、七是發生於都市老舊的集合住宅社區。

(二) 車輛眾多、交通擁塞

健全的都市發展是經濟繁榮的重要基礎。都市發展面臨的問題很多，諸如房屋問題，排水、給水問題，空氣污染問題，公共衛生問題等等。就開發中國家而言，交通問題實在佔了都市發展中最大比重。因為健全的交通系統不僅維持都市的生存，而且有加速都市發展的力量；對於地面的建設與經濟的發展，將產生巨大的推動力，都市人們日常的生活，莫不藉交通以達成其工作、就學、購物、娛樂等目的。惟有完善之交通供應與設施，才能充份滿足這些基本的需要。近年來由於經濟繁榮，人口集中，都市的發展遠超過當初設計的含量，增加過速的經濟活動愈來愈暴露了都市交通問題的嚴重性，道路交通量之過度負荷，造成都市交通之擁塞與紊亂，流動機能之降低，交通事故，交通公害之日增等問題，而都市的急速發展，促使鄰近鄉鎮與市中心城市之間，交通流量日益頻繁，短短時間內，增加了好幾倍，這一急速增加的交通需求，使得以往不足的交通設施，更難能承負，交通問題益形嚴重。

(三) 巷道狹窄、救災車輛進出不易

都市居住人口密度極高，家庭經濟狀況佳，住戶擁有私家轎車的比例極高。由於早期開發的鄰里巷道較為狹窄，加上老式的大樓亦未設置地下室停車場，民眾常將汽機車停放於住家附近之狹小巷弄內。老舊社區巷弄原本狹窄、復因加蓋及路邊停車，致各型消防救災車輛無法順利駛抵，影響人命救助與火災搶救的進行。台灣數十年都是社區發展過於迅速，所興建的公寓，施工品質問題重重，尤其未考慮巷道出入的安全性，火災發生救援十分困難。92年8月31日台北縣蘆洲大囍市社區火災造成13人死的慘劇，巷口違規停車、道路狹窄是原因之一，亦即造成消防車輛無法迅速進入搶救。

(四) 犯罪容易、縱火問題嚴重

縱火是威脅社會的不定時炸彈，也是一種嚴重的犯罪行為，隨時會對民眾生命、財產造成嚴重的傷害。被視為是都市文明病的縱火犯罪一直讓世界各大都會傷透腦筋，以94年台灣高達568件縱火案來看，等於每天有將近1.5件的縱火案在各地發生。縱火通常和經濟不景氣有關，縱火案件中又以汽機車縱火較多。車縱火犯可能有交通工具，犯案者常騎乘機車做案，也可能有同伴壯膽，在短短廿分鐘內，就可以製造五至八

個起火點。連續縱火犯會觀察哪裡好放就放火，在社會形成「四處放火」的印象，對一般群眾心理威脅很大。縱火案多半是選擇半夜人們睡覺時做案，居民逃生不易，而汽機車被燒時雖有時會傳出爆炸聲，但聽到時已來不及，常常剛好燒在公寓的樓梯口，甚至因為公寓門沒有關，就有人跑到公寓內點火，唯一的出入口如被放火封死，常造成更大的慘劇。縱火犯來去匆匆，讓人難以捉摸。有些縱火犯提到他們是在電視上看到如何製作汽油彈，以及一些人縱火丟擲的情形；有些人則是當時正在抽煙，看見桌上有打火機，才勾起縱火的念頭；也有人在縱火前正在玩酒精燈；也有人提到自殺沒有成功，卻在桌上看到打火機，就想到可以用火燒死自己，沒想到卻燒死其他人；也有人表示是因為幻想；但也有人表示以前就想縱火，想燒掉亂停的機車，因為燒燬是最簡單的破壞手法。

美國聯邦調查局於1992年出版的「犯罪分類手冊」(Crime Classification Manual)，將縱火犯罪行為的動機分類的較為完備【21】。依據該分類手冊，縱火行為的動機有下列各項：

- 1、破壞性縱火：基於惡意的損壞、同儕團體的壓力等而縱火。
- 2、興奮性縱火：基於尋求刺激、引起關注、為使成名、尋求性興奮等縱火。

- 3、報復性縱火：基於對他人的報復、對社會的報復、對機構的報復、對團體的報復等而縱火。
- 4、隱匿犯罪而縱火：基於隱匿他種犯罪，如謀殺、破壞侵入、詐欺、竊盜、損毀紀錄文件等而縱火。
- 5、謀利性縱火：基於謀利而縱火，例如詐領保險金、受僱對他人實施縱火、偽造貨物損失的縱火、生意競爭的縱火等。
- 6、偏激性縱火：基於政治因素、感受種族歧視、恐怖暴動等而縱火。
- 7、系列性縱火：不需要什麼特別理由，例如有縱火癖者。

上述各項動機，每一項背後都可能有著不同的成因。例如基於報復而縱火者，由於對特定的個人、團體或機構不滿，縱火燒燬這個人、團體或機構的住宅、車輛或其他所有物，以為發洩；此類不滿多半起於自尊受到傷害，或利益受到損失而引起。不過縱火的動機雖有多種，其中危害最大且人數最多者，應屬基於怨恨報復動機而縱火者。

二、建築結構特性

近年來都市工商業進步，人口集中，地小人稠，建築物趨向高層多元化、大型化、地下化及密集化，使用複雜化，且違建建築物多，致現代化都市火災型態及火災問題趨於嚴重而複雜【22】。

1. 建築物型態：高層化、大型化、地下化、密集化。

(1) 高層化建築如：集合住宅、百貨公司等。

(2) 大型化建築如：高科技廠房、大賣場、百貨商場等。

(3) 地下化建築如：地下街、地下停車場等。

(4) 密集化建築如：老舊眷村、集合住宅等。

2. 使用型態：多元化、複雜化、多違建。

(1) 多元化建築如：複合用途建築物、廠辦大樓等。

(2) 違建建築物如：鐵皮倉庫、頂樓鐵皮加蓋、佔用防火巷、騎樓建築等。

第四節 新竹市地理氣候屬性及火災特性分析

一、新竹市地理氣候

新竹市地理位置位於台灣西北隅，面向台灣海峽，為新竹縣所環繞。新竹市地勢呈東南向西北傾斜，山區多集中在東南部約佔全市面積三分之二，其餘三分之一屬新竹沖積平原，西面台灣海峽，新竹市東南部屬雪山與中央山脈，山勢高聳呈東北西南走向，西北部海岸線，也是呈東北西南走向，而頭前溪、客雅溪與鳳山溪所沖積成的開闊三角洲則為西北東南走向。頭前溪下游河谷猶如一個喇叭，新竹市正位於喇叭口的位置，每當東北季風盛行，氣流於山谷中相互擠壓作用，形成聞名的「新

竹風」持續吹向新竹，每當冬季東北季風與夏季西南季風盛行，為全省之冠，所以有「風城」之稱。因新竹的沖積平原由東南向西北呈「喇叭狀」開敞。新竹沿海一帶冬季季風甚強，風害甚烈。新竹屬於亞熱帶季風型氣候，全年平均最低氣溫為一月 14.8°C ，最高氣溫為七月 28.8°C ，如圖 2-4-1 所示。新竹氣候溫和穩定，自然環境多變動植物生態豐富。新竹市行政區域分為 3 區（東區、北區、香山區）、121 里、1947 鄰等。新竹市人口數為 391348 人（95 年 2 月），因本市有清大、交大等六所大專院校，又有食品工業研究所、經濟部專業人員研究中心、國立工業技術研究院、國科會精密儀器中心、科學園區等國內高科技產業區的相繼設立，帶動本市人口質的提高與量的增加。

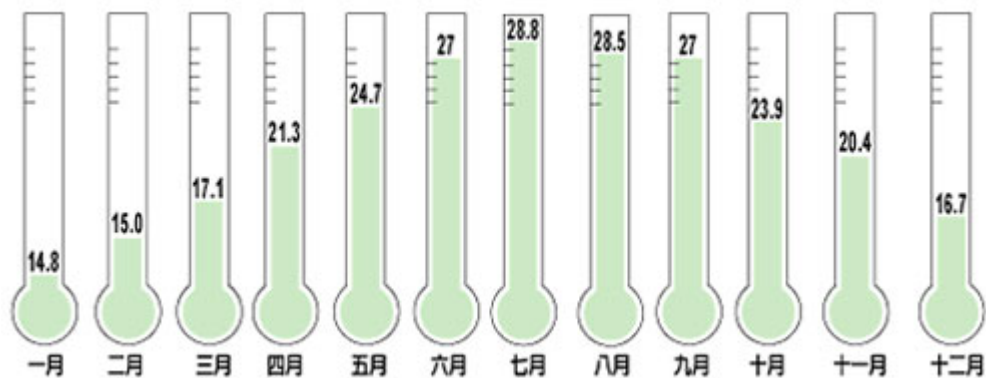


圖 2-4-1 新竹市月平均氣溫圖（攝氏）

二、新竹市建築物狀況分析

就現況的發展發現，建築物的量體與其街道紋理、街廓尺度等有著極為緊密的因果關係，新竹市其建築物在量體的尺度上的聚集效果

而言，呈現出地區上的分佈。就建築物用途而言，東新竹園區高科技廠房，使用多種高危險化學物品；香山傳統工廠，設備陳舊；市區舊城建築物密集年代久、眷村等舊有宿舍多；城區新開發地區大樓林立；南新竹丘陵地多，野草叢生。新竹市地形分佈如圖2-4-2所示。

(一) 高層化、大量體之建築

建築物逐漸高層化、大量體傾向的地區為市中心地區之部分街廓，例如國賓飯店(新光三越)、風城購物中心、中信飯店、SoGo百貨公司等，這些建築物的用途為商業性質。此外，竹科園區與香山工業區則皆屬大量體建築物景觀地區。

(二) 低層中庭住宅

此類建築景觀主要聚集於青草湖風景區、茄苳景觀大道等所夾之地區，以及分散於香山丘陵地區中，其建築物的高度皆在3層樓以下，整體來說屬低層連棟住宅。

(三) 簇群式建築

此類建築主要是以校園建築為主，特別是屬於面積較大且建築物數量較具規模之大學院校，如清華大學、交通大學、中華大學、玄奘人文社會學院、元培科學技術學院等。

(四) 其他建築

其餘地區主要則為住宅建築為主，中高層的住宅主要分布在中華路(經國路至四維路附近)、東大路(空軍國宅)、光復路(水源街至建功路附近：即公學新村與其鄰近地區)、武陵路附近等地區；此外，其餘地區大多數以 3-5 層之住宅為主。

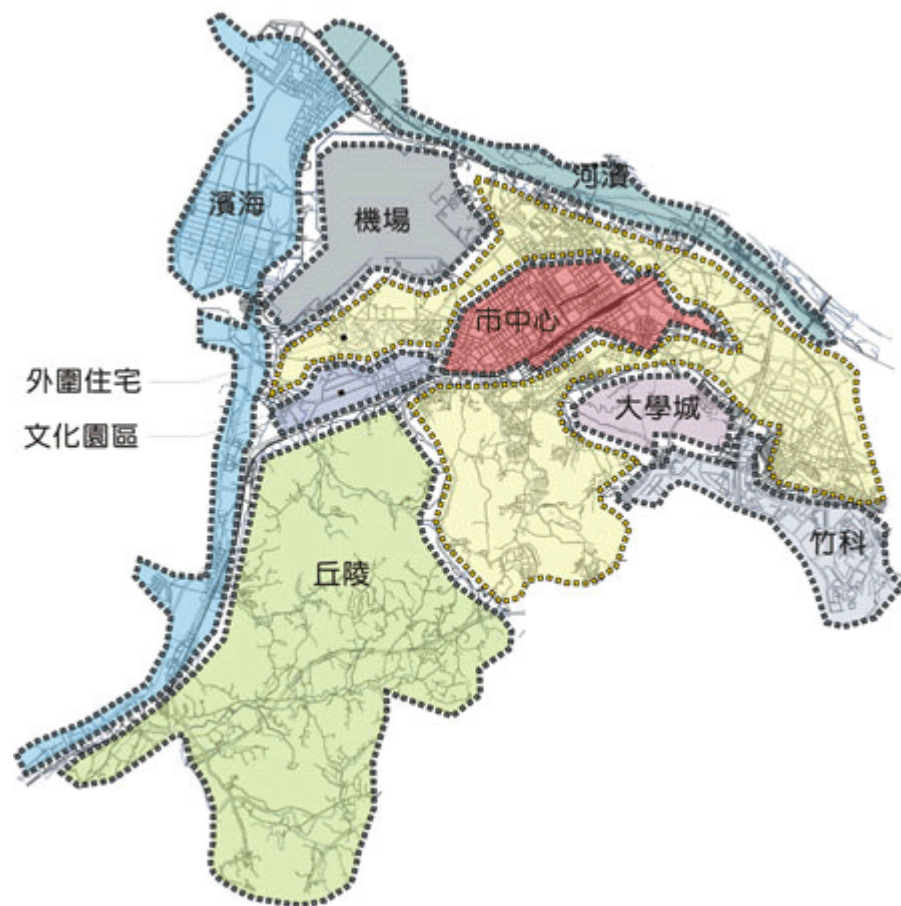


圖 2-4-2 新竹市地形分佈圖

三、新竹市交通狀況

新竹市交通狀況並不理想，每千人汽車持有率在 25 個縣市中排名第三，僅次於台中市及新竹縣，排序第四為桃園縣，新竹市及鄰近往來縣市之高汽車持有率，不論在道路交通及停車上皆面臨

更大壓力。新竹市目前上、下午尖峰時間較為擁塞之路口大致上為東大路沿線與經國路、北大路、中華路等相交之路口；光復路沿線與公園路、南大路、建功路、交大、清大、科學園區、工研院等之相交路口；中華路與中正路、林森路、經國路、西大路、內湖路等之相交路口；寶山路食品路口等，如圖 2-4-3 所示。

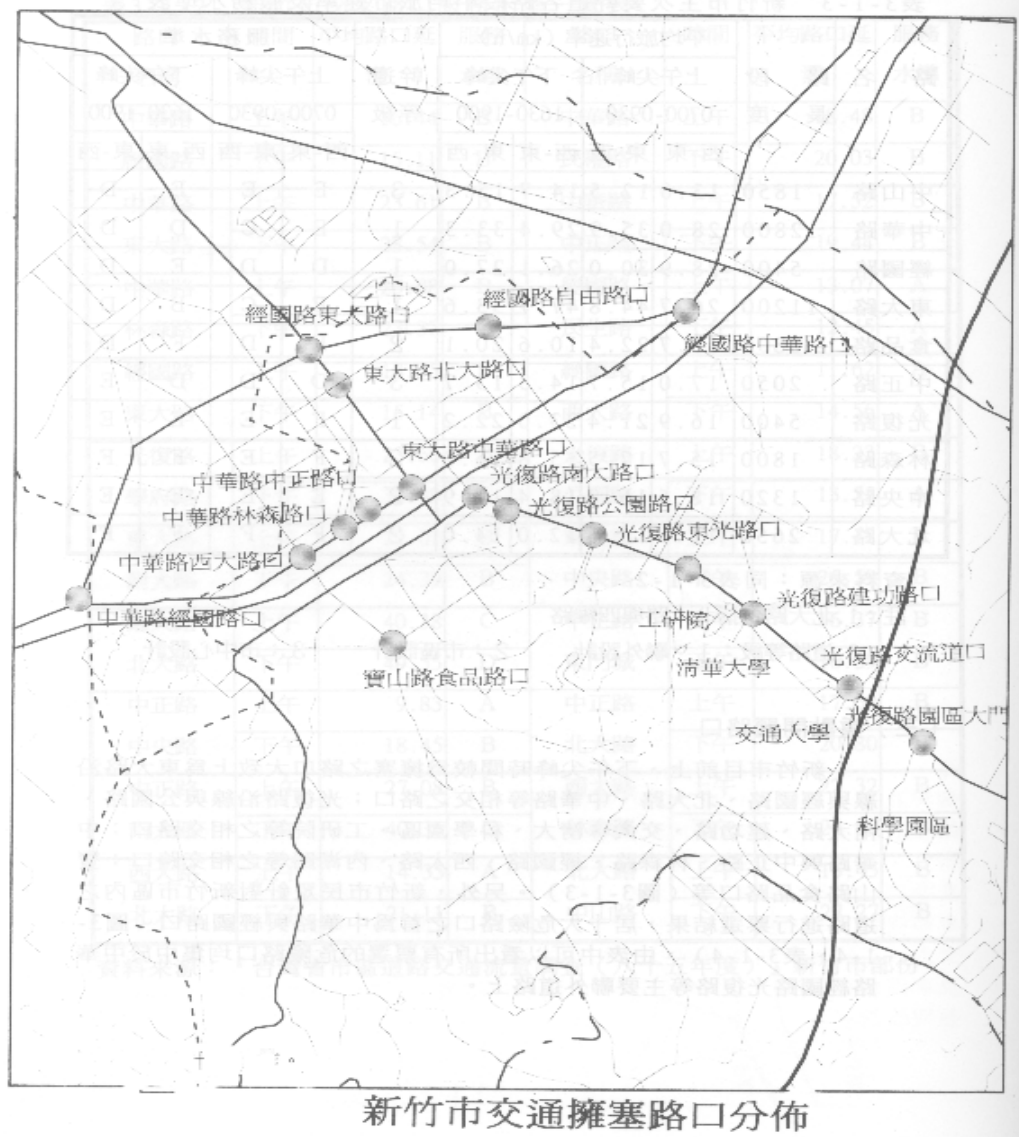


圖 2-4-3 新竹市擁塞路口分佈圖

四、新竹市火災之特性

(一) 園區、工研院及大學實驗室化學災害多：

化學火災一直以來是救災單位最不想面對的災害之一，因為影響程度深且廣，一旦沒有在初期作好控制，很容易一發不可收拾，救災人員也必須曝露在危險的環境下，容易產生人員及環境的傷害。近來許多大學的化學實驗室都分別傳出火警，造成不少生命財產之的損失，更突顯出實驗室防範火災和爆炸之重要性。

新竹市內可能發生化學災害的場所除了工廠以外尚有園區、工研院及大學等實驗室，實驗室化學火災不同於工廠，其化學品數量少而種類多，不能使用同一種滅火藥劑來滅火，更增加救災困難，且實驗室內多昂貴的設備器材，容易造成高額損失，唯有配合實驗室人員了解內部化學品種類及選用正確的滅火藥劑才能事半功倍。實驗室之火災危害因子潛藏於一般研發機構內，容易令人聯想於學校之實驗室，一般實驗室中難免儲存實驗藥品，此實驗藥品之存量雖少，但其危害卻不容忽視，尤其屬於六大類危險物品，更應注意；當實驗室所存放之實驗藥品受火焰燃燒後，基於種種無法控制之變因，其所產生之危害相當大，原於常溫下穩定之化合物，受熱燃燒後，亦更

難處理，而進入實驗室前，不僅需有完善之裝備，更需瞭解實驗室內所存放之物品種類，畢竟一般學校實驗室之火災其燃燒範圍並不廣，而處理「正確」比「快」、「量大」來得重要。

(二) 風大搶救不易：

因新竹的沖積平原由東南向西北呈「喇叭狀」開敞，每當東北季風盛行，氣流於山谷中相互擠壓作用，形成聞名的「新竹風」持續吹向新竹，每當冬季東北季風與夏季西南季風盛行，為全省之冠，所以有「風城」之稱。風大對於救災是一大不利，就火災而言風勢極易提供大量空氣助長燃燒，火勢可縮短達到閃燃的時間，一旦閃燃後火場內部即不可能有人員生存，且風勢也會使延燒更為容易，就化學災害而言，風勢會將洩漏且可揮發的化學品快速擴散至下風處，這使得救災更加困難，災區迅速擴大，後續除污更是困難。

(三) 舊城巷道狹小，搶救困難：

新竹市區開發早，市區建築稠密，住宅區為了多蓋房子而將道路縮減至極限，常見僅容許一部車子通過的寬度，因此狹小巷弄的普遍也是新竹市的特色之一，老舊建築如眷村等因早期規劃並無考慮汽車工業蓬勃發展下，車輛數量會大幅提升，眷村內道路均約5~6米寬度，救災為節省人力物力，儘可能可

以越靠近災害現場越好，而若有車輛停放於路旁則救災時將是一項阻礙，不但無法靠近災害現場，需花更多人力才能將救災戰力運送至災害現場，如此救災效率將減低，也會增加民眾損失。而公共交通工具使用率低，也是新竹市的特色之一，民眾擁有自用車輛比率高，原本狹小的巷弄又停放自用汽車，造成救災車輛更難以通行。

(四) 外來及流動人口眾多，防災不易：

台灣現代化以來，因都市就業機會多且投資報酬率高，因此人口移動都由鄉村移往都市，隨著都市商業及工業不斷發達也造成外來及流動人口眾多，鄉村就業不易，產業僅侷限於農業及新興的觀光產業，對於無資產的社會新鮮人並無吸引力，紛紛投向都市內多樣化的生活，一年復一年就造成都市內外來及流動人口眾多，新竹市人口約 39 萬左右，但每日外來及流動人口約可達到 10 萬人之多，主因為新竹市鄰近新竹科學園區及清大、交大等六所大專院校，又有食品工業研究所、經濟部專業人員研究中心、國立工業技術研究院、國科會精密儀器中心等國內高科技產業區的相繼設立，提供大量的工作機會吸引外來人口，及提供大量的就學機會，而

這些人口大多居住在新竹市區，成為外來及流動人口之一，也帶動本市人口質的提高與量的增加。

(五) 東西鐵路阻隔，影響救災調度：

台灣早期交通動脈—鐵路，貫穿了新竹這個城市，鐵道將新竹劃分成東西兩部份，現僅靠東光、東大、四維高架路橋及西大地下道做為東西兩邊的主要通道（其餘消防車不易通行），車站附近建築密集區缺乏東西連貫通道，若非在高架路橋或地下道附近，否則對側車輛必須繞道才能抵達。火災搶救是靠整體戰力之聯合救災，鐵路阻隔除影響市民生活便利外，更造成消防救災車輛調度之困難。

第五節 國內外大都市火災搶救消防戰力探討

我國消防組織民國八十四年自警察系統分隸後，現有消防戰力配置原則以行政轄區、面積或人口數來配置消防單位及消防車輛，再由消防車輛來配置消防人數，惟又因受制於人事經費，各單位編制員額大多較預算員額高出許多，又因人員培養進用因素，實際員額與預算員額目前仍有些許落差，但我國因長期消防人力不足或缺額嚴重，為防止遇有重大災害發生時救災人力不足，平日即有規劃仰賴義消協助之機制。而世界各主要都市至今亦無共同之科學邏輯方法來規劃設計消防戰力，一般以風險評估程度、災害應變時間需求、財政成本分析

及當地勤務制度等為考量因素，來設計規劃消防人力及配置消防據點，並依該據點轄區特性與實際風險配置消防車輛裝備，再經管理機制與彈性調度，讓現有的正式消防救災資源發揮最大效能。以下就歐、美、亞幾個主要城市的消防人力、災害反應到達現場時間與消防車輛裝備設置概況做探討【23】：

（一）英國倫敦

倫敦市面積有 1569 平方公里，人口約 7,380,000 人，設有 112 個消防分隊，全職消防人員有 5845 人，沒設義消制度，即約每一千二百六十人口置一名消防人員。

（二）德國漢諾威

漢諾威市面積有 204 平方公里，人口約 520,000 人，設有 5 個火災搶救及搜索救生隊，及 17 個義務消防隊，職業消防人員有 580 人，義消有 654 人，即約每九百人口置一名消防人員，德國訂有都市區域五分鐘、鄉村區域僅八分鐘到達災害現場的目標，平日出勤時間管制甚嚴（據參訪時口述約 30 餘秒）；一般一個火災搶救及搜索救生隊均配有消防幫浦車二輛、雲梯車一輛、器材車一輛，指揮車一輛，車輛規格大致相同，並少有特殊規格車輛。

（三）美國紐約

紐約市面積有 830 平方公里，人口約 8,168,000 人，約有 175 個消防分隊、五個救助分隊、七個 SQUAD 分隊，各任務消防人員計有 15158 人，未設義消制度，每一消防人員救災任務明確，約每五百四十人口即置有一名消防人員，不管白天或夜晚，出勤速度要求六十秒內；紐約市的消防車輛分類專業，但一個消防分隊的車輛並不多，因紐約市水源充足，到處可見消防栓，並且為立式大口徑 4.5 吋或 6 吋，消防車大多數為「水帶車」，水量頂多一、二噸。

(四) 日本東京

東京市面積有 1750.48 平方公里，人口約 12,461,818 人，設有 10 個消防本部下含 80 個消防署(207 個消防分隊)之消防救災單位，內設有各種(機動、水難、山岳、化學、航空)特別救助部隊，消防人力共 17,988 人，約每七百人即置有一名消防人員，各型消防車輛種類多總計有 1864 台。

(五) 新加坡

新加坡國土包括本島及附近海域上的 58 個小島，總面積有 646 平方公里，人口數約 3,040,000 人，1989 年民防、消防合併，併入緊急救護成為民防部隊，下設 16 個消防局，沒設義消制度，消防人員員額約有 2400 人，即約每一千二百六

十人口置一名消防人員，消防局下有三個隊，勤務採勤一休二制，三隊輪替，新加坡劃定出勤五分鐘及八分鐘後應到達災害現場之界限範圍【24】。

(六) 香港

香港總面積有 1,103 平方公里，人口約 6,800,000 人，設有 74 個消防局，31 處救護站，6 處滅火輪，消防人員員額約有 9347 人，即約每七百二十人口置一名消防人員，各型消防車輛總計有 364 台，訂立六分鐘到達災害現場之目標。

(七) 台北市

台北市面積有 271.8 平方公里，人口約 2,616,600 人，設有 42 個分隊，消防人員編制員額有 1761 人，即約每一千五百人口置一名消防人員，現有員額有 1481 人，各型救災消防車輛種類多總計有 209 台。

依據「直轄市縣市消防車輛裝備及其人力配置標準(91.11.20)」中規定(如附錄二)：

第四條

直轄市、縣(市)消防機關車輛、裝備配置如下：

一、消防車：

直轄市、市、縣轄市及五萬人以上之鄉(鎮)每一萬人配置消防車一輛；三萬人以上不滿五萬人之鄉(鎮)每一萬五千人配置消防車一輛；不滿三萬人之鄉(鎮)配置消防車二輛。

消防車之種類，由直轄市、縣(市)視該地區實際需要狀況配置。

二、救災車、消防勤務車、消防直昇機：

救災指揮車：直轄市、縣(市)政府消防局局本部配置二輛或三輛，大(中)隊配置一輛或二輛。

機車：依消防機關編制員額每滿三人配置一輛。

其他救災車、消防勤務車、消防直昇機之型式、數量，由直轄市、縣(市)視該地區實際救災需要配置。

三、消防裝備，由直轄市、縣(市)消防機關按業(勤)務需要配置。

第五條

直轄市、縣(市)消防機關配置之消防車輛及裝備，得配置適當之消防

隊員如下：

一、雲梯消防車：每車配置八人至十人。

二、水塔消防車：每車配置六人至八人。

三、化學消防車、水箱消防車、水庫消防車、泡沫消防車、幫浦消防車：每車配置五人或六人。

四、救助器材車、排煙車、照明車、空氣壓縮車、災情勘查車、化學

災害處理車、火災現場勘驗車、緊急修護車：每車配置二人。

五、救災指揮車：每車配置一人或二人。

六、其他消防車輛、消防直昇機、消防裝備各按其性能與操作需要配置員額。

前項員額得視實際勤務編配狀況，按勤休比例增置。

而火災現場通常要多少人力才足夠，一個火警通常會派遣 2 到 4 個分隊出動，而這主要是涉及人力的問題，依照原有的設計，一部消防車應配置五到八人，當民眾報案有火警發生之後，在考慮到人力調派的問題，勤務中心通常會多派車輛，讓趕到現場搶救的人力可以足夠；因為火災的面積是與時間成正比，以早期日本木造房屋多的時候，其消防隊的佈署與消防車的配置有一個「8 分鐘消防理論」。也就是說，在這個理論下，消防隊從接到報案後到消防車抵達火災現場並拉好水線為止，要在八分鐘以內完成，這樣就只需要 4 部消防車應該就可以控制住火勢，4 部車則是各守住木造房屋的一面同時進行滅火；否則火勢將可能難以控制，也許 16 部車也不足以控制火勢。早期的日本是以這個理論來配置消防單位及消防車。