

自動化倉儲防火規定之研究

內政部建築研究所研究報告

中華民國 98 年 12 月

自動化倉儲防火規定之研究

計畫主持人：李玉生

計畫協同主持人：張邦立

研究員：陳玠佑

林文興

研究助理：陳盈月

黃守謙

內政部建築研究所研究報告

中華民國 98 年 12 月

目 次

目 次.....	I
表 次.....	III
圖 次.....	VII
摘 要.....	IX
第一章 緒 論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究範圍與內容.....	5
第三節 研究方法與流程.....	7
第四節 蒐集資料與文獻分析.....	10
第五節 研究成果.....	18
第二章 倉儲類型與儲存物品分類.....	19
第一節 自動化儲存倉庫類型.....	19
第二節 國內外儲存物品之分類方式.....	26
第三章 儲存倉庫相關防火規定.....	41
第一節 各國儲存倉庫防火規範.....	41
第二節 各國倉儲防火規定之比較.....	69
第四章 自動化倉儲調查與國內外火災案例分析.....	77
第一節 國內自動化倉儲調查.....	77
第二節 國內外火災案例調查.....	82
第三節 國內外火災案例研析.....	89
第五章 自動化倉儲之火災特性與軟體 (CFD) 模擬.....	99
第一節 火災特性.....	99
第二節 軟體模擬 (CFD).....	103
第六章 結論與建議.....	143
第一節 結 論.....	143
第二節 建 議.....	146

第三節 未來研究建議	150
附錄一、研究團隊會議紀錄	153
附錄二、專家學者座談會會議記錄	157
附錄三、期初審查委員意見處理情形	165
附錄四、期中審查委員意見處理情形	167
附錄五、期末審查委員意見處理情形	173
參考書目	183

表 次

表 1-1 傳統儲存倉庫與自動化儲存倉庫之比較	12
表 1-2 自動儲存倉庫適用行業 [10].....	15
表 2-1 倉儲的貨架型式及特性	28
表 2-2 新加坡危害物分類等級	38
表 3-1 探測器裝設高度規定	43
表 3-2 密閉式撒水頭與探距離相關規定.....	45
表 3-3 密閉式撒水頭裝置溫度規定.....	46
表 3-4 探測器裝設高度規定	47
表 3-5 大陸 GBJ 16-87 建築物構件燃燒性能和耐火時效 [23]	53
表 3-6 高層儲存倉庫最大建築面積與最大防火區劃面積	54
表 3-7 大陸 GB 50084 倉庫系統設計基本參數.....	56
表 3-8 大陸 GB 50084 倉庫設計基本參數	56
表 3-9 新加坡防火系統所保護之最大樓地板面積	57
表 3-10 新加坡防火系統之有害物類別.....	57
表 3-11 新加坡無自動撒水系統之救難通道長度規定.....	59
表 3-12 新加坡有自動撒水系統之救難通道長度規定.....	59
表 3-13 新加坡一般倉庫之防火分區大小及儲存高度.....	65
表 3-14 新加坡一般煙霧控制要求	66
表 3-15 新加坡儲存之種類與格架高度規定	67
表 3-16 新加坡儲存之種類與格架高度規定	67
表 3-17 新加坡無自動撒水系統之煙霧排出口要求.....	67
表 3-18 新加坡消防用水水流率相關規定.....	68
表 3-19 各國相關防火規定之簡要比較.....	73
表 4-1 國內自動化倉儲實地調查表.....	77
表 4-2 台灣地區 87-97 年火災死傷人數、財物損失統計表	84
表 4-3 台灣地區 87-97 年建築物火災起火分類統計表.....	85

表 4-4 美國防火協會 1984~1989 年倉儲類火災原因、損失金額統計表.....	86
表 4-5 美國工業風險學會 (IRI) 於 1997 年針對倉儲類火災統計表.....	86
表 4-6 英國於 1981~1990 年倉儲類建築物火災件數與損失金額.....	87
表 4-7 英國於 1981~1990 年倉儲類建築物火災發生原因百分比.....	87
表 4-8 英國於 1981~1990 年倉儲類建築物火災引燃物種類.....	88
表 4-2 國內外災例.....	97
表 5-1 自動化儲存倉庫防火方式之評估.....	105
表 5-2 模擬 II-現況撤水頭設定.....	112
表 5-3 模擬 (II-A) 撤水頭作動時間.....	113
表 5-4 模擬 (II-B) 撤水頭作動時間.....	114
表 5-5 模擬 III-調整貨架高度後撤水頭參數設定.....	117
表 5-6 模擬 (III-A) 撤水頭作動時間.....	120
表 5-7 模擬 (III-B) 撤水頭作動時間.....	120
表 5-8 模擬 (III-C) 撤水頭作動時間.....	122
表 5-9 模擬 (III-D) 撤水頭作動時間.....	122
表 5-10 模擬 IV-調整撤水頭放水壓力及反應時間參數設定.....	123
表 5-11 模擬 (IV-A) 撤水頭作動時間.....	125
表 5-12 模擬 (IV-B) 撤水頭作動時間.....	125
表 5-13 模擬 (IV-C) 撤水頭作動時間.....	127
表 5-14 模擬 (IV-D) 撤水頭作動時間.....	128
表 5-15 模擬 V-撤水頭增加數量與可燃物間距參數設定.....	129
表 5-16 模擬 (V-A) 撤水頭作動時間.....	131
表 5-17 模擬 (V-B) 撤水頭作動時間.....	131
表 5-18 模擬 (V-C) 撤水頭作動時間.....	134
表 5-19 模擬 (V-D) 撤水頭作動時間.....	134
表 5-20 模擬 VI-增加撤水頭數量及能力並調整與可燃物間距參數設定.....	135
表 5-21 模擬 (VI-A) 撤水頭作動時間.....	137
表 5-22 模擬 (VI-B) 撤水頭作動時間.....	137

表 5-23 模擬 (VI-C) 撒水頭作動時間 139

表 5-24 模擬 (VI-D) 撒水頭作動時間 140

表 5-25 各種模擬情境下貨架鋼柱之最高溫度 142

格式化: 字型: 粗體

刪除: 139

刪除: 140

刪除: 142

圖 次

圖 1-1 一體式自動化儲存倉庫建築結構示意圖	3
圖 1-2 一體式自動化儲存倉庫貨架與建築結構共用.....	3
圖 1-3 一般傳統儲存倉庫貨架與建築結構各自獨立情形 [11].....	4
圖 1-4 一般傳統儲存倉庫貨架與走道堆放貨物之情形 [11]	4
圖 2-1 庫架分離式示意.....	20
圖 2-2 庫架合一式示意.....	21
圖 2-3 開放式料架.....	23
圖 2-4 棧板料架	23
圖 2-5 懸臂式料架.....	24
圖 2-6 重力流動重型架.....	24
圖 2-7 駛入式料架.....	25
圖 2-9 日本物流倉儲類建築物之分類基準.....	40
圖 5-1 虛擬點熱源距離.....	100
圖 5-2 挑空空間內之氣流特性	102
圖 5-3 高溫下建築結構用鋼材之降伏強度 F_y 、極限強度 F_u [36].....	105
圖 5-4 模擬倉庫之 FDS 模型剖透視圖	106
圖 5-5 模擬倉庫之 FDS 模型立面圖	106
圖 5-6 倉庫平面圖及模擬位置圖	107
圖 5-7 模擬倉庫 2F 平面配置圖.....	108
圖 5-8 模擬倉庫 A-A'剖面示意圖.....	108
圖 5-9 各層貨物與撒水頭淨空間示意圖.....	109
圖 5-10 鋼柱溫度測點示意圖.....	109
圖 5-11 情境 1:倉庫外牆側貨架模擬示意圖.....	109
圖 5-12 情境 2:倉庫中心貨架模擬示意圖.....	109
圖 5-13 模擬鋼柱溫度測點編號示意圖.....	110
圖 5-14 第二層撒水頭位置編號示意圖.....	110

圖 5-15 第四層撒水頭位置編號示意圖	110
圖 5-16 模擬 (I-A) 鋼柱溫度時間曲線圖	111
圖 5-17 模擬 (I-B) 鋼柱溫度時間曲線圖	112
圖 5-18 模擬 (II-A) 鋼柱溫度時間曲線圖	113
圖 5-19 模擬 (II-B) 鋼柱溫度時間曲線圖	114
圖 5-20 模擬 (III-A) 鋼柱溫度時間曲線圖	119
圖 5-21 模擬 (III-B) 鋼柱溫度時間曲線圖	119
圖 5-22 模擬 (III-C) 鋼柱溫度時間曲線圖	121
圖 5-23 模擬 (III-D) 鋼柱溫度時間曲線圖	121
圖 5-24 模擬 (IV-A) 鋼柱溫度時間曲線圖	124
圖 5-25 模擬 (IV-B) 鋼柱溫度時間曲線圖	125
圖 5-26 模擬 (IV-C) 鋼柱溫度時間曲線圖	127
圖 5-27 模擬 (IV-D) 鋼柱溫度時間曲線圖	127
圖 5-28 第二層貨架撒水頭改變位置及數量	129
圖 5-29 第四層貨架撒水頭改變位置及數量	129
圖 5-30 模擬 (V-A) 鋼柱溫度時間曲線圖	130
圖 5-31 模擬 (V-B) 鋼柱溫度時間曲線圖	131
圖 5-32 模擬 (V-C) 鋼柱溫度時間曲線圖	133
圖 5-33 模擬 (V-D) 鋼柱溫度時間曲線圖	133
圖 5-34 模擬 (VI-A) 鋼柱溫度時間曲線圖	136
圖 5-35 模擬 (VI-B) 鋼柱溫度時間曲線圖	137
圖 5-36 模擬 (VI-C) 鋼柱溫度時間曲線圖	138
圖 5-37 模擬 (VI-D) 鋼柱溫度時間曲線圖	139

摘 要

關鍵詞：自動化、儲存倉庫、防火規定

一、研究緣起

隨著生產製造物品之種類不斷增加、供給數量急遽攀升及土地資源有限，購買土地成本偏高等現象交互影響情況下，倉儲業者為儲存更多式樣、更大量之物品，儲存倉庫之規模不斷地朝向大型化發展。換言之，儲存貨架面積之總和愈來愈多，儲存倉庫建築物本體愈蓋愈高。在儲存倉庫規模趨於大型化情況下，為降低存取物品所需時間、為減少揀選或儲存物品之失誤率、為減少人力成本以及為克服貨架高度過高不利於人員或傳統堆高機具搬運等多項目的，自動化儲存倉庫及其相關 AS/RS 系統 (Automated Storage / Retrieval Systems) [1] 因應而生。目前儲存倉庫市場中，自動化系統已經逐漸形成儲存倉庫之主流，自動化儲存倉庫之需求量持續增加。再者儲存倉庫為串連我國內需市場與外銷市場之重要環節，為了因應國內物流產業之需求，自動化儲存系統為經濟部推動自動化設備獎勵項目之一。料盒式、棧板式及一體式 (存放物品之貨架，即為建築結構之一部份) 等自動化儲存倉庫近年來已廣泛被業界採用。

二、研究方法及過程

本研究主要透過相關文獻資料蒐集與回顧、國內外相關法規研析、研究團隊腦力激盪、歸納分析專家座談與訪談資料及實際案例電腦模擬等方法，進行相關標的與議題之研究。

1. 文獻資料蒐集與法規研析。
2. 歸納分析。
3. 學者專家訪談及座談會。
4. 火災情境模擬。

本研究將以文獻收集、國內現況調查、研究團隊研究討論、資料彙整與分析及電腦模擬等方法，執行本計畫。除此之外，本研究更以專家學者訪談及座談會等方式，增加本研究之廣度與深度，本計畫之研究步驟，如下所示：

1. 進行文獻收集。
2. 國內自動化儲存倉庫調查。
3. 草擬防火對策、替代原則及模擬情境參數設定。
4. 舉行兩次產官學專家學者座談會，並以專家學者提出之意見，修訂防火對策、替代原則及設定模擬情境參數。
5. 進行電腦軟體模擬 (CFD) [2] 。
6. 提出結論與建議。

三、重要研究發現

經過文獻整理、專家座談與市場現況調查與訪談，得知目前業界採用 ASRS 系統之自動化儲存倉庫，數量龐大且各倉庫配屬之 ASRS 系統廠牌種類眾多而複雜。因此，若要針對各廠牌甚至該廠牌所屬類型之 ASRS 自動化儲存倉庫一一加以分析與研究，於有限時間與有限研究經費等等條件之下，實屬不易。

其次，流通於市面上之物品（不論是原料、零件、半成品或成品）數以千萬計，若要針對每一樣儲存於自動化儲存倉庫之物品分別加以分析研究，除不易討論外，研究標的將變得非常複雜並且無法聚焦。因此本研究僅根據目前國內自動化儲存倉庫儲存物品之現況加以研究與分析，然為了擴大日後適用範圍、藉以協助政府訂定相關法規所需，並供作業界應用參考之依據，本研究將以彙整國際間常用且具有代表性之分類方式與實際應用情況，進行相關分析與研究。

1. 國際間針對儲存倉庫之分類方式，大多依據各國國情加以分類。
2. 各國相關儲存倉庫之防火規定亦不相同，大多依據民眾需求、國情需要及政府既定政策加以訂定。
3. 分析比較各國相關規定後得知，美國 NFPA [3] 之規範較為完備，但相對地限制及適用規定多，故其規範種類較為繁瑣且嚴格。

4. 針對一般傳統倉儲，各國大多利用防火設施及消防設備兩種手法，藉以降低儲存倉庫火災危險度並提高儲存倉庫之防火性能。
5. 國際上先進國家訂定之消防安全設備及建築設施之防火安全法令或規定大多以倉庫類或倉儲類為對象，僅針對自動化儲存倉庫之相關規範則付之闕如。
6. 自動化儲存倉庫使用人力資源較低，若不幸發生火災人員傷亡人數將低於一般傳統儲存倉庫。
7. 以健全之管理機制、嚴格管制儲存物品類型、有效環境監控及完善維修保養機制，將可有效降低自動化儲存倉庫火災發生機率。
8. 若排除人為縱火之因素，自動化儲存倉庫由內而外之火災發生機率將低於由外而內之火災發生機率。因此，加強自動化儲存倉庫自身防火管理制度與機制，將可有效降低自動化儲存倉庫火災發生機率。
9. 國內「各類場所消防安全設備設置標準」 [7] 針對「倉庫」之相關規定，已詳列於第 4 條、第 12 條、第 17 條、第 46 條、第 49 條、第 50 條、第 57 條、第 58 條、第 160 條以及第 190 條。然而，針對「自動化儲存倉庫」卻未見其相關規定。站在保障人民生命與財產安全之觀點上，針對此日益蓬勃發展之新興產業，其機具設備以及建築設施之防火安全性能，政府相關單位應予以深入且廣泛探討。
10. 自動化儲存倉庫，進、出、搬運或儲存物品都依賴機械化設備，並以電腦管理系統全程控制，其防火安全性優於一般傳統儲存倉庫，即使不幸發生火災，對於工作人員的危害程度，可以預期地亦低於一般傳統儲存倉庫。
11. 針對自動化儲存倉庫火災發生後，如何確保建築物結構安全性此一議題，經由本研究發現，其防護手法首重初期滅火，避免火勢擴大與蔓延。換言之，庫架合一式的自動化儲存倉庫，因結構構件無法施做防火被覆，設自動灑水設備是必要的防護手段之一。且應避免儲存於自動化儲存倉庫之大量可燃物品，全面引燃。一旦自動倉儲儲存之物品全部引燃時，再多再完善之自動消防安全設備，亦無法挽救。最後，也只能進行拆除與清理工作而已。

12. 為達到上述「初期滅火」之首要目的，必須嚴格管控之「重要影響因子」，包括即時發現火災、撒水頭及時進行有效滅火行動，自動撒水設備應具備足夠量能。而決定「重要影響因子」是否發揮功能，是否能夠達到初期滅火，避免火勢擴大與蔓延等多項重要目的，其關鍵因素，包括：設備因素與管理因素兩大類。

A. 設備因素：

- (1) 撒水頭動作時間。
- (2) 撒水頭放水壓力。
- (3) 撒水頭設置數量（密度）。
- (4) 是否具備足夠滅火水源。

B. 管理因素：

- (1) 撒水頭與存放物品之有效距離。
- (2) 作業人員管理。
- (3) 機具設備維修、保養及安全檢驗查核機制。

四、主要建議事項

本研究根據文獻回顧、專家學者座談、研究團隊腦力激盪、實地參訪及電腦軟體（FDS）模擬與分析結果，提出以下具體建議。並區分為立即可行建議及中長期建議兩種。

立即可行之建議：

主辦機關：經濟部商業司

協辦機關：各地方縣市政府

要求自動化儲存倉庫業者或工會，擬定自動化儲存倉庫作業管理辦法，有效管制物品存取流程、人員操作步驟、儲存空間運用、擬定人員進出儲存庫區管制規定、機具（如叉車或汽、材油式堆高車、電器設備及機電設備）、消防安全設備定期維修及保養之標準作業程序（SOP）以及建構自動化儲存倉庫防火安全性能標準。

格式化: 縮排: 左: 0.99 cm

格式化: 項目符號及編號

中長期建議：

主辦機關：經濟部商業司

協辦機關：各地方縣市政府

應培訓專業查核人員，定期或是不定期考核自動化儲存倉庫相關作業程序與軟硬體設備安全性，藉以有效降低系統化錯誤之發生機率。就如同消防安全檢查人員必須具備相關專業證照及定期訓練，才能不斷吸收日新月異之專業知識，才能有效防止建築物發生火災，保障工作人員生命安全及確保儲存物品免受火災侵襲，可將損失降至最低，進而達到零災害之目標。

← 格式化: 縮排: 左: 0.99 cm

← 格式化: 項目符號及編號

中長期建議：

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

由於自動化儲存倉庫相關機具及附屬設備種類繁多，且多屬高科技產業，不論機具設備或是建築物本體之建構技術及程序均相當精密且複雜。再者儲存於自動化儲存倉庫之物品大多屬於高經濟產品且種類眾多。因此建議遵循「建築技術規則」「總則編」「第三條」相關規定，將可以有效解決政府執法單位以及經營業者，兩造對於「自動化儲存倉庫」此類型建築物其建築構造防火安全性能之質疑與困擾。並應著手進行自動化倉庫實體防火實驗，藉以瞭解已配置自動撒水設備之自動化儲存倉庫之火災性能。

← 格式化: 縮排: 左: 0.99 cm

← 格式化: 項目符號及編號

Summary

Keyword: Automation, store warehouse, fire prevention stipulation

1. Reasons:

The quantity and kinds of products increasing, the land limited, the higher cost for buying land, those reasons influence each other, the more products are stored by the warehouse proprietor, the maximal warehouse are built. In other words, the more storing shelves are, the higher store warehouse built. When the store warehouse towards to maximization, for spending less time to taking products, for reducing mistakes to picking or storing products, for hiring employee less, for overcoming inconvenient because of higher shelves, there is related system of AS/RS (Automated Storage / Retrieval Systems) [1] developed and built. The automated system has already formed the mainstream of the warehouse gradually, the demand for the warehouse increases continuously. Moreover the warehouse is the important link of the domestic market between import and export. For demand of logistics industry, automation store systems promote the automation equipment to reward one of the projects by the Economic Department. Box type, board type and one whole type (shelves for products are a part of the structure of the building) those automation warehouses have already been worked by the warehouse proprietor extensively.

2. Processes and method:

This research study by collecting relevant documents and materials, by analyzing domestic and international relevant regulations, by group's mental work, by analyzing expert interview materials and real case computer simulation, etc.

1. Collecting documents and materials and analyzing the regulation.
2. Sum up and analyses.
3. Interviewing the scholars and experts.
4. Simulating the fire situation.

The study method of this research is by collecting documents, investigating domestic present situation, making group discussion, analyzing materials and computer simulation, etc. In addition, this research visits and refers with experts and scholars discussion meetings to increase the scope and depth of this research; the step of this research as below:

1. Collect documents.
2. Investigate the domestic automation warehouse.

3. Draw up the fire prevention measures, substitution and set up simulation situation parameter.
4. Hold the experts and scholars discussion meetings, the suggestion that the experts and scholars put forward, to revise the fire prevention measures, substitution and set up the simulation situation parameter.
5. Computer software simulation (CFD).[2]
6. Propose the conclusion and suggestion.

3. Results:

Through documents filing, the present marketing situation investigation and the expert interviewing discussion, it is learnt that the warehouse proprietor uses the automation of ASRS system, the quantity is huge. And the kinds of ASRS systematic factory brands for warehouse are numerous and complicated. So, it is difficult to analyze and study one by one on ASRS automation warehouse, which is under the condition in limited time and limited research funds.

Secondly, there are above ten millions of articles circulating on the market (no matter raw materials, part, semi-manufactured goods or finished product). It is unable to focus on if each product in automation warehouse is analyzed. So this research is studied and analyzed only according to the present situation of stored products in the warehouse. But in order to expand the future scope of application, to help the government to stipulate relevant regulations, to provide the warehouse proprietor for management, this research will be gathering the situation on international representative categorization to carry on relevant analysis and study.

1. The storing categorization of the warehouse, mostly according to national conditions of various countries.
2. The fireproofing stipulation of the warehouse in various countries, mostly according to demands of people, national conditions need and government's policy is different.
3. After analyzing various countries' relevant regulations, the norm of U.S.A. NFPA [3] is comparatively complete, but limit and covered by the regulation it more relatively, so it standardizes the kind comparatively tedious and strict.
4. The general traditional storage, various countries mostly utilize fire prevention facilities and fire-fighting equipments, to reduce fire hazard degree in the warehouse and improve the fireproofing performance.

5. Fire-fighting equipments and fireproofing stipulations in advanced countries in the world are mostly for buildings and warehouses. The relevant stipulations for automation warehouse are not much.
6. The workers in automation warehouse are less than the general tradition warehouse; therefore if the fire takes place unfortunately the injured people will be lower.
7. Perfect management, controlling and storing the type of articles, effective environmental monitoring and perfect fixing management, those could reduce fire happened in automation warehouse effectively.
8. Get rid of artificial factor, the probability to get fire inside of automation warehouse is lower than outside. To strengthen fire prevention management system in automation warehouse, it can reduce the probability to get fire in automation warehouse effectively.
9. Domestic relevant regulations ' the standards in all kinds of place about fire-fighting equipments ', the ' warehouse ' stipulations is already rank in details at article 4, article 12, article 17, article 46, article 49, article 50, article 57, article 58, article 160 and article 190. But there is no stipulations for ' automation warehouse '.
10. No matter inputting, outputting, carrying or storing articles in automation warehouse, there are all rely on the mechanized equipment, and with the whole control of administrative system of the computer. So the fires prevention in security is superior to the general tradition warehouse, even the fire takes place unfortunately, the injury staff members can be lower than the general tradition warehouse.
11. When the fire happened in the automation warehouse, how to guarantee the structure security of the building, to put out the fire in the first place and prevent the fire expanding and spreading. In other words, the structure component in automation warehouse is unable to cover by materials of fire prevention; therefore the automatic sprinkle water equipment is one of the essentials, then to avoid storing a large number of combustible materials in the automation warehouse.
12. In order to achieve above-mentioned ' put out a fire in initial stage ', ' the important influence factor ' must be controlled strictly, including find the fire immediately, sprinkle water equipment function in time. The key factor of those relations above is equipment and management.

A. Factor of the equipment:

- (1) The peak time of the sprinkle water equipment function.
- (2) The water pressure of the sprinkle water equipment flood.
- (3) The quantity (Density) of the sprinkle water equipment set up.
- (4) Enough source of water to put out a fire.

B. Management of the factor:

- (1) Effective distance between the sprinkle water equipments and storing products.
- (2) Workers management.
- (3) Maintenance of machines, examining safety.

4. Suggestions:

This research is reviewing documents, holding experts and scholars discussion meeting, group's mental work and computer software (FDS) simulation and analysis. There are immediately feasible propose and medium or long terms propose related below:

1. Immediately feasible suggestion:

A. Main government institutions:

Department of Commerce of MOEA

B. Assistant government institutions:

Local County and Municipal governments

Requiring the automation warehouse proprietor or the trade union to draft the automation warehouse management standards in the warehouse, including to control the procedure of depositing and withdrawing products, personnel's operating sequence, the store space using, draft personnel pass in and out the store area stipulations, machines (oil type car, electric equipment and electromechanical equipment), set up the standard operation procedure that the fire-fighting equipments are maintained regularly (SOP) , fire prevention safe performance standard build in the automation warehouse.

2. Medium or long terms propose:

A. Main government institutions:

Department of Commerce of MOEA

B. Assistant government institutions:

Local County and Municipal governments

Training the specialist examines automation the relevant operation procedure of the warehouse and software and hardware equipment security fixedly or irregularly, in order to reduce systematized mistakes probability effectively.

3. Medium or long terms propose:

A. Main government institutions:

Construction and Planning Agency of Ministry of the Interior

B. Assistant government institutions:

Architecture and Building Research Institute of Ministry of the Interior

There are various machines and accessory equipments, Hi-Tech industries, in automation warehouse, procedure quite accurate and complicated. Following ' building technology rule ' 'general provisions ' 'article 3 ' relevant regulations, it can solve the confusion of government and warehouse proprietor about fire prevention safety of warehouse building construct. Also to understand the automatic sprinkle water equipments can function in automation warehouse by setting up a whole warehouse fire prevention experiment.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

隨著社會進步與發展，各類型經濟活動與日俱增。製造與生產業者除了提供民眾維生所需之物品外，更不斷地製造與生產各式各樣商品，藉以滿足廣大民眾多樣化、多量化及舒適化等需求。為使各類原物料、零件、半成品及成品，能夠供貨穩定不虞匱乏。不論是小型直銷業者或經銷規格化、量產商品之大型業者，均需要大小不一之儲存場所，藉以達到配送、銷售、轉運及儲存等多項目的。因此各類型儲存倉庫如雨後春筍般蓬勃發展。

其次隨著生產製造物品之種類不斷增加、供給數量急遽攀升及土地資源有限，購買土地成本偏高等現象交互影響情況下，倉儲業者為儲存更多式樣、更大量之物品，儲存倉庫之規模不斷地朝向大型化發展。換言之，儲存貨架面積之總和愈來愈多，儲存倉庫建築物本體愈蓋愈高。在儲存倉庫規模趨於大型化情況下，為降低存取物品所需時間、為減少揀選或儲存物品之失誤率、為減少人力成本以及為克服貨架高度過高不利於人員或傳統堆高機具搬運等多項目的，自動化儲存倉庫及其相關 AS/RS 系統 (Automated Storage / Retrieval Systems) 因應而生。目前於儲存倉庫市場中，自動化系統已經逐漸形成儲存倉庫之主流，自動化儲存倉庫之需求量持續增加。再者儲存倉庫為串連我國內需市場與外銷市場之重要環節，為了因應國內物流產業之需求，自動化儲存系統為經濟部推動自動化設備獎勵項目之一[8]。料盒式、棧板式及一體式 (存放物品之貨架，即為建築結構之一部份) 等自動化儲存倉庫，近年來已廣泛被業界採用。

根據相關文獻資料得知，建構自動化儲存倉庫時，考量自動化儲存倉庫之特性，若該儲存倉庫已設置自動撒水設備時，得免為防火構造建築物，惟自動撒水設備是否適用於各類型貨品，是否為有效滅火設備，是否足以維護建築物結構安全，除自動撒水設備外是否仍須其他配套措施等課題，均必須藉由深入研究與探討，才能夠擬定有效防火對策。並在考量安全性之前提下，解決政府主管機關及業者於實務操作上之困難。

貳、研究背景

由於儲存倉庫經常堆放各式各樣可燃物品貨物且數量龐大，為避免儲存倉庫發生火災時危害到儲存倉庫建築物本體結構、內部工作人員以及其周遭環境（包括居民與鄰近建築物）之安全性，「建築技術規則建築設計施工編」[9](民國 98 年 05 月 08 日修正)「第三節 防火構造」第 69 條明訂：屬於工廠或倉儲類 (C 類) 使用用途之場所，其總樓地板面積超過 1,500 平方公尺時，該建築物應為防火構造建築物。且第 70 條明訂：防火構造之建築物，其主要構造之柱、樑、承重牆壁、樓地板及屋頂應具有防火時效。

然而，自動化儲存倉庫之 ASRS 系統乃由精密自動控制設備、電腦資訊系統及無數細小金屬與非金屬構件組構而成。因此，上述之條文規定，對於自動化儲存倉庫業界（包括：一體式 ASRS 系統、料盒式 ASRS 系統及棧板式 ASRS 系統）[10] 均造成極大困擾，尤其對於貨架即為建築物結構一部份之一體式 ASRS 系統之影響更是嚴重。

地方政府為了執行建築技術規則相關法令，因而要求倉儲業者必需滿足第 69 條及 70 條相關規定，然而基於現有流通設備、倉儲業界應用一體式 ASRS 系統技術及倉儲業者實際營運現況來看，如圖 1-1 及圖 1-2 所示。為了滿足建築技術規則建築設計施工編第 70 條規定之防火時效時，對於總樓地板面積超過 1,500 平方公尺之一體式自動化儲存倉庫貨架，施作防火被覆或是防火塗裝，於實際操作層面上防火被覆或防火塗裝，將因檢選或存取貨物之過程中遭受破壞或毀損，而無法達到保護建築結構之目的。在無法達成相關法令規定情況下，經營業者因此而無法取得建築執照。基於上述原因除導致經營自動化儲存倉庫之業者投資意願低落外，經銷廠商或者是製造廠商購置自動化儲存倉庫之計畫亦呈現裹足不前情況，且常常被迫倒向購置存取物品效率較低、投資報酬率較差（考量購買土地初期成本/儲存容量時）人力成本花費較高之一般儲存倉庫。此一狀況不僅造成業界損失，亦使政府促進產業升級增加國際競爭力，全力促進經濟活動發展之政策，遭受到責難與打擊。

站在經營業者立場上，不應只有想到如何減少建築結構購置成本，如何增加儲存倉庫內部空間活用性、順暢性及實用性，亦應該審慎思考萬一不幸發生火災，應如何降低內部工作人員傷亡，如何將財物損失降至最低。站在政府立場上，除了應考量如何維護公共安全，如何降低民眾傷亡與財產損失，

如何防止火災災害擴大外，亦應思考在遵循上述原則之前提下，該如何協助業者解決當前面臨之各種問題。

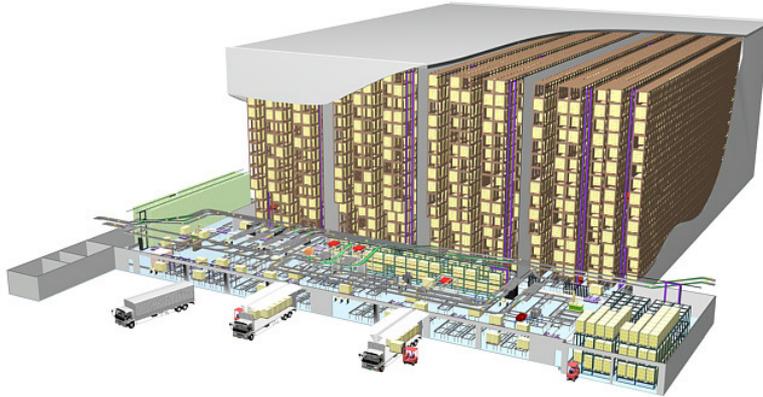


圖 1-1 一體式自動化儲存倉庫建築結構示意圖

(資料來源：2008-2009 臺灣大福高科技設備股份有限公司)

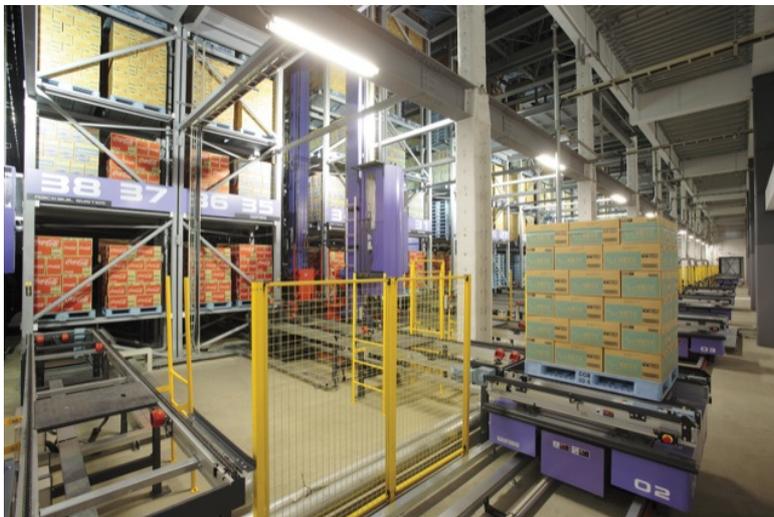


圖 1-2 一體式自動化儲存倉庫貨架與建築結構共用

(資料來源：2008-2009 臺灣大福高科技設備股份有限公司)



圖 1-3 一般傳統儲存倉庫貨架與建築結構各自獨立情形 [11]

(資料來源：The Fire Protection Research Foundation)



圖 1-4 一般傳統儲存倉庫貨架與走道堆放貨物之情形 [11]

(資料來源：The Fire Protection Research Foundation)

第二節 研究範圍與內容

壹、研究範圍

經過文獻整理、專家座談與市場現況調查與訪談，得知目前業界採用 ASRS 系統之自動化儲存倉庫，數量龐大且各倉庫配屬之 ASRS 系統其廠牌種類眾多而複雜。因此若要針對各廠牌甚至該廠牌所屬類型之 ASRS 自動化儲存倉庫一一加以分析與研究，於有限時間與有限研究經費等等條件之下，實屬不易。

其次，流通於市面上之物品（不論是原料、零件、半成品或成品）數以千萬計，若要針對每一樣儲存於自動化儲存倉庫之物品分別加以分析研究，除不易討論外，研究標的將變得非常複雜並且無法聚焦。因此本研究僅根據目前國內自動化儲存倉庫儲存物品之現況加以研究與分析，然為了擴大日後適用範圍、藉以協助政府訂定相關法規所需，並供作業界應用參考之依據，本研究將彙整國際間常用且具有代表性之分類方式與研究方法，進行分析與研究，特例或特殊情況將不在本研究範圍內。

至於，公共危險物品之包裝、儲存與放置方式，應依政府現行相關法令執行，不在本研究範圍內。

由於本計畫之研究人員，多為建築與土木方面專長，對於消防安全設備之專業知識較不熟悉，若要針對消防安全設備進行理論探討、評估、分析與規劃設計，唯恐發生過多疏漏。然為使本計畫之研究成果更趨於完善，使得研究成果能對目前政府相關單位與自動化儲存倉庫業界有所助益。本研究另聘請具有消防安全設備專長人員一名，進行必要之情境模擬與應用分析。

本計畫將研究範圍限縮在自動化儲存倉庫之防火安全規定，防護之原則以建築物設施為主，消防安全設備為輔。如此在研究分析過程中，較能發揮應有的專業素養，而達成預期研究目的。至於自動化儲存倉庫研究對象包括下列兩大主要項目：

1. 倉庫結構與儲存貨架各自獨立（自立式）(Independ structure)
 - A. 料盒式 ASRS 系統 (Bulk Storage)。
 - B. 棧板式 ASRS 系統 (Rack Storage)。

2. 倉庫結構與儲存貨架相互依存（一體式）(Depend structure)
 - A. 料盒式 ASRS 系統 (Bulk Storage)。
 - B. 棧板式 ASRS 系統 (Rack Storage)。

貳、研究內容

本研究為進行「自動化倉儲防火規定之研究」，研究內容包括以下八個主要項目：

1. 研析自動化倉儲類型與儲存物品之分類方式。
2. 自動化倉儲相關防火規定收集與彙整。
3. 自動化倉儲現況調查與彙整。
4. 自動化倉儲國內外火災案例分析。
5. 自動化倉儲之火災特性與軟體（CFD）模擬。
6. 自動化倉儲之防護對策建議與替代原則擬定。
7. 法規或草案之研擬與建議。

第三節 研究方法與流程

壹、研究方法

本研究主要透過相關文獻資料蒐集與回顧、國內外相關法規研析、研究團隊腦力激盪、歸納分析專家座談與訪談資料及實際案例電腦模擬等方法，進行相關目標與議題之研究。

1. 文獻資料蒐集：
 - A. 蒐集國外防火構造相關論文、著作、期刊。
 - B. 蒐集國內外自動化倉儲防火安全管理相關規定。
 - C. 探討該類型建築物防火構造相關規定。
2. 資料歸納分析：
 - A. 收集國內外文獻及規範並加以歸納彙整。
 - B. 調查彙整國內自動化儲存倉庫之應用情況。
 - C. 研究分析國外自動化儲存倉庫相關建築構造防火性能規範。
 - D. 調查分析國內一體式自動化儲存倉庫之型式。
 - E. 研究分析國內自動撒水設備應用於本研究之可行性。
 - F. 探討自動化儲存倉庫存放物品之特性。
 - G. 提出初步之替代原則。
 - H. 以替代原則，作為擬定火災發生時之模擬參數。
 - I. 修訂自動化儲存倉庫模擬參數，並持續進行火災模擬分析。
3. 學者專家訪談及座談會：
 - A. 本研究將邀請國內產、官、學界，學有專精之專家學者，針對自動化儲存倉庫防火相關規定，舉辦座談會。
 - B. 實際訪談各界專家學者，討論自動化儲存倉庫火災情境模擬之內容與方向，以便藉由訪談及座談會適時修正電腦模擬參數，期更符合自動化儲存倉庫火災實際狀況。
 - C. 請專家學者提供有關自動化儲存倉庫建築構造，防火性能規格之建議，藉以作為增列或修訂自動化儲存倉庫，防火性能替代原則之參考。

4. 火災情境模擬與分析：
 - A. 依據學者專家座談會之建議，修正模擬情境，並彙整學者專家之意見修訂報告書內容。
 - B. 依據學者專家意見，修正自動化儲存倉庫防火性能替代原則。
 - C. 本研究依照修正後之情境進行模擬參數設定，並利用美國 NIST 所發展之電腦模擬軟體（FDS, Fluid Dynamics Simulator），進行電腦模擬。
 - D. 藉由電腦模擬驗證自動化儲存倉庫防火性能之適用性，並據以研提可行之替代原則。
 - E. 研究與分析國內相關建築法令及消防安全設備設置規定，建議法規修訂草案。

貳、研究流程

本研究將以文獻收集、國內現況調查、研究團隊研商討論、資料彙整與分析及電腦模擬等方法，執行本計畫。除此之外，本研究更以專家學者訪談及座談會等方式，增加本研究之廣度與深度，本計畫之研究流程，如圖 1-3 所示。本計畫之研究流程，如下所示：

1. 進行文獻收集。
 - A. 國內防火規範。
 - B. 國外防火規範。
 - C. 相關文獻回顧。
2. 國內自動化儲存倉庫調查。
3. 草擬防火對策、替代原則及設定模擬情境參數。
4. 舉行兩次產官學專家學者座談會，並以專家學者提出之意見，修訂防火對策、替代原則及設定模擬情境參數。
5. 進行電腦軟體模擬 (CFD)。
6. 提出結論與建議。

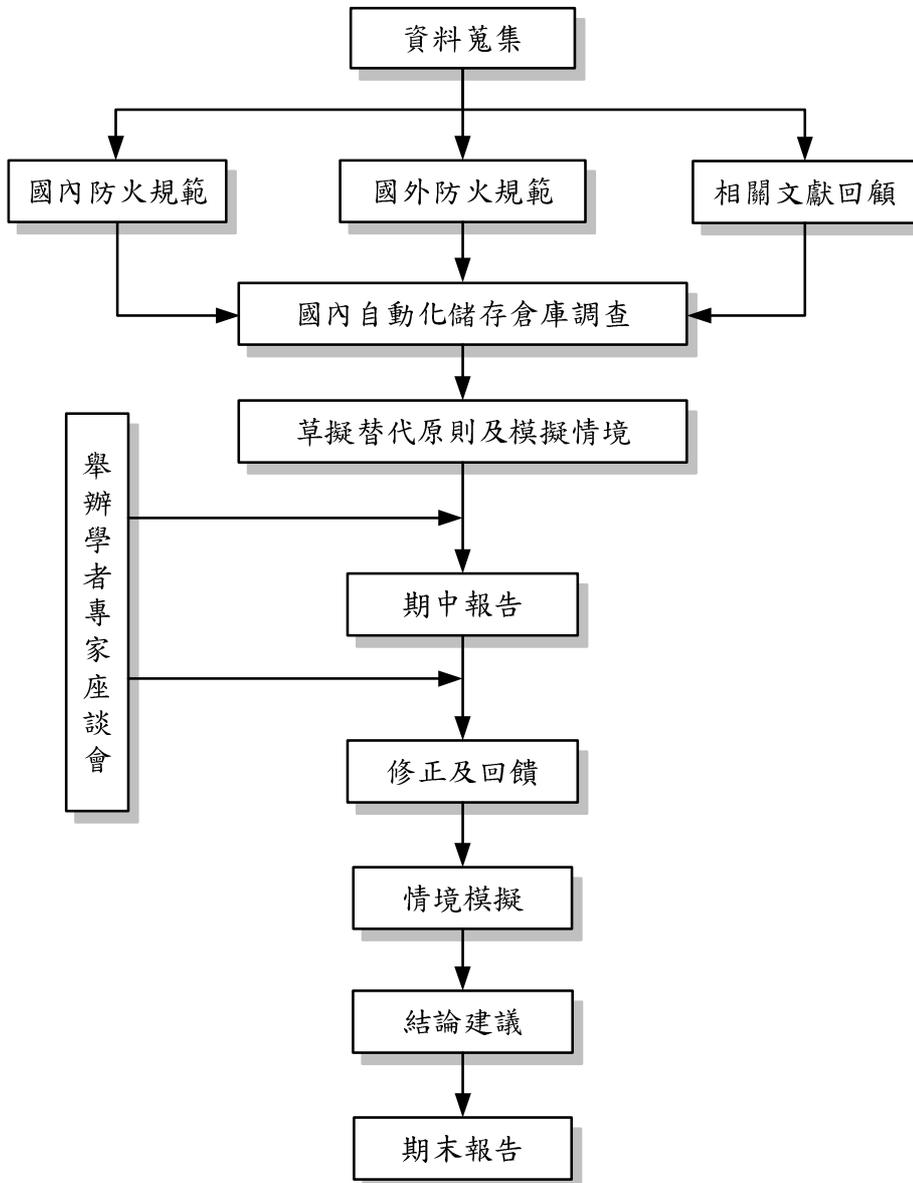


圖 1-3 研究流程圖

(資料來源：本研究整理)

← 格式化: 靠左

第四節 蒐集資料與文獻分析

本研究為進行自動化倉儲防火規定之研究，蒐集之資料包括「高架儲存倉庫消防安全設備設計規範」（邱文豐）[12]及「物流倉儲類建築物防火安全評估基準之研究」（葉世文）[13]等等相關專題研究報告。這些專題研究報告針對其關注的議題深入研究，但亦提供本研究相當多寶貴資訊，並頗具參考價值。除了專題研究報告之外，亦包括「各國儲存倉庫防火規定及分類方式」、「網路公開資訊」、「學位論文」及「國內外期刊論文」等。上述文獻會隨著客觀條件、不同的研究主題、不同研究方向，甚至研究者的專業背景與知識，而呈現出不同的研究成果與貢獻。因此，若只想要以文獻資料來完成本研究各項研究主題，乃緣木求魚。換言之，必須針對本研究計畫之特性、設定主題與探討方向，審慎揀選出本研究所需之資訊。就如同自動化倉儲揀選功能一般，必須將揀選錯誤率降到最低，並達到快速及經濟等目的。

壹、自動倉儲概述

自動化倉儲除必須具備一般倉庫基本功能（儲存）以外，其有別於傳統儲存倉庫主要內容，為自動儲存倉庫以自動控制系統（AS/RS）執行下列各項機能，並隨時以資訊管理系統查核與記錄各項已執行之動作，在設計與建造過程中，以不使用人力資源為最高指導原則。然而於特殊轉換位置（倉庫/搬運卡車），或於特殊環境而必須應用人力作業情況下，亦以使用最少人力、作業時間最短，精確度最高及確保安全無虞（Safety and Security）為設計建造之基本條件。

1. 卸貨 (Unloading)。
2. 分類 (Sorting)。
3. 入庫 (Put-away)。
4. 儲存 (Storage)。
5. 揀選 (Order-picking)。
6. 出庫 (Staging)。
7. 裝載 (Loading)。

為達成上述功能，自動化儲存倉庫應具備堆放物品設備、物品由外進入或由內輸出之搬運設備、紀錄並查核各項作業過程之資訊系統及統籌、協調、串聯、控制各設備與各系統界面之管理系統 Warehouse Management System (WMS) [14]。一般而言，自動化儲存倉庫主要構成要件包括下列四個項目：

1. 儲存貨架 (Storage rack)。
2. 出入庫系統 (Input/Output system)。
3. 儲存與取出設備 (Storage and Retrieval (S/R) equipment)。
4. 電腦管理系統 (Computer management system)。

因聘僱人力成本不斷攀升、土地資源有限，購買或承租土地價格偏高等兩大不利因素影響下，經營業者或建構廠商在考量各項支出成本情況下，已逐漸以自動化儲存倉庫取代傳統儲存倉庫。其原因為自動化儲存倉庫具下列一般儲存倉庫無法取代之優點：

1. 高架立體化及自動化之儲存倉庫，可以節省車道、機具迴轉空間、暫存空間、上下貨品轉運空間以及堆疊作業空間，大大提高土地之使用效率。
2. 機具自動化可克服工資高漲及隨意罷工或怠工等不利情況。亦可以藉由機具自動化取代不足之人力。
3. 收貨、發貨、物品儲存數量、物品儲存貨架位置、編號、進貨數量、銷售數量、物品品名、物品成本、物品尺寸、物品重量、保存期限、製造廠商、銷售價格、產地、性質、功能及使用產品應注意事項等相關資訊，皆可利用電腦管理系統予以紀錄並可即時呈現正確資訊。
4. 藉由正確之即時資訊，決策者可隨時調整物品儲存數量、銷售價格、購入貨物數量及銷售數量。對於經營業者而言，可藉由系統資訊而靈活調度公司資金，減少資金積壓，便於統籌與管理公司財務。
5. 自動化儲存倉庫管理資訊，可以藉由網際網路與營運總部管理資訊相連通，而成為企業自動化經營之重要工具。企業高層可隨時掌握最新且即時資訊，作為進行重要決策時之參考。傳統儲存倉庫無法達成上述功能。

6. 改善工作環境及倉儲環境、提高作業效率進而提升產業之競爭力。

傳統儲存倉庫與自動化儲存倉庫之比較如表 1-1 所示。

表 1-1 傳統儲存倉庫與自動化儲存倉庫之比較

項目	傳統儲存倉庫	自動化儲存倉庫
土地資源	<ol style="list-style-type: none"> 1. 儲存相同數量之貨品，土地使用面積較大。 2. 堆放貨物無法向高處發展，空間利用率低。 3. 公用設施（車道、機具迴轉與暫存空間）面積大。 4. 須要更多暫存空間、上下貨品轉運空間以及堆疊作業空間。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 儲存相同數量之貨品，土地使用面積較小。 2. 堆放貨物向高處發展，空間利用率高。 3. 公用設施（車道、機具迴轉與暫存空間）面積小。 4. 暫存空間、上下貨品轉運空間以及堆疊作業空間，可降至最低。
人力資源	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作人員多人力成本高。 2. 管理難度高，存在休假、福利、退休金、情緒、破壞、偷竊、勞資關係問題。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作人員少，人力成本低。 2. 自動機具作業，無休假、福利、退休金、情緒、破壞、偷竊等勞資問題。
作業過程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 物品出入庫過程中，需人員陪同進行紀錄與檢查作業，耗費人力 2. 堆高機配合作業，工作時間長，物品出入庫速度較為緩慢。 3. 物品搬運過程中，既費時又費力，搬運效率不佳。 4. 物品搬運過程中，容易發生碰撞損害、掉落情況。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電腦系統自動控制機器運搬，無需人員陪同進行紀錄與檢查作業，節省人力 2. 機器自行完成物品出入庫動作，工作時間短，物品出入庫速度較為快速。 3. 機器自動運搬物品，既省時又省力，搬運效率佳。 4. 以自動設備運送，物品於規劃之路徑運行，不易發生碰撞損害、掉落情況。
安全管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人員出入庫房頻繁，管理不易 2. 貨架高度較低，物品容易遭竊 3. 工作人員可近距離靠近貨架，防竊難度高。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人員出入庫房頻率低，易於管理。 2. 貨架高度較高，不易遭竊。 3. 工作人員僅能於取貨/送貨區活動，無法直接進入庫房內部，防盜安全性高。

表 1-1 傳統儲存倉庫與自動化儲存倉庫之比較 (續)

資訊管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人工統計與分類易生錯誤且時間長、效率差。 2. 無法隨時瞭解即時之庫存資訊。 3. 物品必須儲放於固定之貨架，藉以便於揀選或儲存相同物品。該貨架因而無法儲放其他物品。貨架之轉用率極低。 4. 以人工逐區、逐層及逐項，調查庫存現況，費時費力。 5. 先入庫之物品常會置放於下層，而後入庫物品卻置放於上層。進而造成貨物先入後出之情況。容易導致物品過期而成廢料，或因不易取出而成為呆料。 6. 進行盤點時作業，必須停止入庫、儲存、移動與出庫等作業，影響層面大。 7. 利用人工及表單盤點耗費時間，人工進行分類、統計及數量計算困難，容易發生疏失與錯誤。 8. 盤點過程中，必須物品必須移動甚至必須上下料架，易發生錯置與危險。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 管理系統隨時紀錄物品出入庫情況，相關資訊能即時且精確掌握。 2. 可設定管理系統，定期查核與呈現相關資訊、節省人工統計及計算時間。 3. 管理系統以相對位置取代絕對位置觀念，物品存放位置只要經過登錄，即可記錄於管理系統中。因此只要有空位，物品可任意存放於該空位上，貨架不需預留空位，可充分利用物架，物品儲存、遞補及流動率高。 4. 可利用管理系統直接查詢即時庫存情況，資訊傳遞迅速且確實。 5. 利用管理系統，達到先進先出之功能，可降物品過期而成廢料之情況發生。即時且確實庫存資訊，可避免重複進料，進而避免發生呆料情況。 6. 管理系統可以同時進行盤點、統計、入庫、儲存、移動與出庫，無需因盤點而暫停其他作業。 7. 物品可自動運搬至盤點區，人員於固定區位進行查核與清點過程迅速、省力、準確。 8. 無需藉由人工運搬物品，可避免物品上下料架過程中，發生錯置與危險。
------	--	--

(資料來源：天賦自動化倉儲設備股份有限公司，本研究整理)

自動化儲存倉庫除應具備卸貨(Unloading)、分類(Sorting)、入庫(Put-away)、儲存(Storage)、揀選(Order-picking)、出庫(Staging)、裝載(Loading)七項基本功能外，一般自動化儲存倉庫應具備下列功能，藉以達到靈活管理、節省作業時間、節省人力及節省機具設備作業成本(油電費)。

1. 合併物品入庫：

有別於整座棧板或儲存料盒完全輸入，乃將同質性或具有關連性之物品，分別從不同存放貨架位置呼叫於合併工作區，藉由人工揀選或自動化機械設備揀選(robotic)方式，將兩項(或多項)物品同時置於同一棧板或儲存料盒內，重新設定電腦紀錄，再將合併物品後之棧板或儲存料盒，傳送入庫，並放置於貨架適當之位置。

2. 揀選物品出庫：

有別於整座棧板或儲存料盒完全輸出。其動作順序乃藉由儲存倉庫之自動化管理系統找出僅需部分出庫(輸出)之物品，並將該物品呼叫至揀選工作區，藉由人工揀選或自動化機械設備揀選(robotic)方式，揀選出必須出庫(輸出)之物品後，重新設定電腦紀錄，再將經過揀選物品後之棧板或儲存料盒，傳送入庫，並且放置於貨架適當之位置。

3. 取貨/送貨處理區搬運：

取貨/送貨處理區可依需要設置於各樓層適當位置或輸送動線前後端點位置。為取代電梯或堆高機，取貨/送貨處理區應具備直接搬運功能。該處理區並應具備「回收」及「補給」空棧板(空料盒)之功能。

4. 機動調整物品儲存貨架位置：

根據隨市場供需機能或季節性商品之銷售狀況，自動化儲存倉庫應具備隨意調整存放位置之能力。舉例來說，當季若為夏季，則應將冬季商品，存放於遠離出貨工作區之貨架上。反之應將熱賣商品或當季之暢銷商品，由遠離出貨工作區之位置，調整至接近出貨工作區之貨架上。

貳、自動儲存倉庫適用行業

自動化倉儲系統(或稱 AS/RS 系統),簡言之為一種結合揀選物料系統、自動控制系統及管理資訊系統,進而可以達到準確及快速搬運及儲存物品之整合系統。各個系統可為手動控制系統或為獨立自動系統。但各個系統間,界面應相互整合,藉以建構並完成:自動化倉儲系統整合,物品配送控制、儲存及揀選等多項功能。

表 1-2 自動儲存倉庫適用行業 [10]

一體式	性 能	<ul style="list-style-type: none"> A. 儲存密度高 B. 貨架即為建築物結構之一部份,因此受建築物梁柱影響較小 C. 構建費用較低 D. 應用於立體儲存倉庫
	優 點	<ul style="list-style-type: none"> A. 提高貨物流通率 B. 有效利用土地資源 C. 精準控制物品出入庫 D. 可同時多方進行儲存與揀選 E. 倉庫設計彈性化,便於日後擴建或增建 F. 減少人力資源 G. 提高作業人員安全性 H. 儲存物品密度高 I. 無關於倉庫梁、柱設置位置 J. 構建費用較低
	適用行業	<ul style="list-style-type: none"> A. 大型配送中心 B. 冷藏或冷凍倉庫
	需求條件	<ul style="list-style-type: none"> A. 安裝新設備 B. 發生儲存空間不足情況。 C. 需要更多的生產空間。
	示意/實例 相片	

表 1-2 自動儲存倉庫適用行業 (續) [10]

棧板式	性 能	<ul style="list-style-type: none"> A. 作業過程中噪音低 B. 可控制搬運速度 C. 搬運速度快、準確度高 D. 模組化設計具有擴充性
	優 點	<ul style="list-style-type: none"> A. 有效利用土地資源 B. 精準控制物品出入庫 C. 可快速及穩定進行儲存與揀選作業 D. 提高生產力 E. 減少物品損壞 (或損害) F. 作業操作簡易 G. 機具系統維修保養護容易 H. 提高作業人員安全性
	適用行業	<ul style="list-style-type: none"> A. 服裝 B. 汽車 C. 美容及化妝品 D. 書籍及出版物分銷 E. 電子產品 F. 食品與飲料 G. 家用電器 H. 藥品及醫療保健 I. 零售業 J. 半導體
	需求條件	<ul style="list-style-type: none"> A. 大量暫存原料或成品 B. 大量儲存原料或成品 C. 臨時大型貨物之儲存 D. 可取代或變更一般靜態料架或通道狹窄料架
	示意/實例 相片	

表 1-2 自動儲存倉庫適用行業 (續) [10]

料 盒 式	性 能	A. 靜音操作 B. 變速控制 C. 人性化工作站
	優 點	A. 提高貨物流通率 B. 有效利用土地資源 C. 精準控制物品出入庫 D. 可快速及穩定進行儲存與揀選作業 E. 模組化設計具有擴充性 F. 減少人力資源 G. 提高作業人員安全性
	適用行業	A. 服裝 B. 汽車 C. 美容及化妝品 D. 書籍及出版物分銷 E. 電子產品 F. 食品與飲料 G. 家用電器 H. 藥品及醫療保健 I. 零售業 J. 半導體 K. 紡織
	需求條件	A. 發生儲存空間不足情況 B. 貨物量少且多樣 C. 貨物出入庫頻繁 (使用週期短) D. 搬運物品時, 設備噪音大 E. 需要進行多段運輸, 必須經過多個揀選區域 F. 考量機具、設備及人員安全性
	示意/實例 相片	 

(資料來源:2008-2009 大福株式會社, 本研究整理)

第五節 研究成果

壹、完成之工作項目及具體成果

1. 完成之工作項目：
 - A. 文獻資料蒐集。
 - B. 資料歸納分析。
 - C. 學者專家訪談及座談會。
 - D. 火災情境模擬與電腦模擬及分析。
 - E. 提出結論與建議。
2. 具體成果：
 - A. 倉儲類型與儲存物品之分類。
 - B. 相關防火規定收集與彙整。
 - C. 現況調查與彙整。
 - D. 國內外火災案例分析。
 - E. 火災特性探究與軟體（CFD）模擬。
 - F. 防護對策建議與替代原則擬定。
 - G. 法規或草案之研擬。

貳、對於自動化儲存倉庫防火安全性之貢獻

1. 顧及公共安全條件下，提出符合一體式自動化倉儲需求之安全規定及替代原則。
2. 研究成果可供政府及業者參考，進而減少自動化儲存倉庫，於興建實務上之困擾。
3. 降低民眾傷亡與財產損失並維護公共安全。
4. 可提高自動化倉儲業者投資報酬率及降低人力成本。
5. 提高自動化倉儲業者之投資意願。
6. 促進產業升級，增加國際競爭力。
7. 政府促進經濟發展之政策得以落實。

第二章 倉儲類型與儲存物品分類

自動化倉儲利用高貨架儲存貨物。這種倉庫利用多種物料搬運機械進行搬運、堆疊和存取作業。倉庫貨架是多層的而且很高，所以空間利用率較高，適用於多種類貨物的儲存。利用電腦系統控制自動化倉儲的貨物入庫、存取、出庫等過程。倉庫作業全面自動化，促使自動化倉儲不只再是單純地保管和收發貨物的場所，而成為公司調整商品生產、出庫及儲存的重要部門。

第一節 自動化儲存倉庫類型

自動化倉儲按其建築構造形式，可以區分為庫架分離式（自立式）以及庫架合一式（一體式），茲分述如下：

2.1.1 庫架分離式（自立式 Free Stand）

當貨架結構自成一個單元而與建築物結構體無關的倉庫，則稱之為庫架分離式倉庫。庫架分離式倉庫，常出現在貨架高度在 12m 以下之情況，一般採用側向堆疊起重機、三向式堆疊起重機、橋式堆疊起重機或是巷道式堆疊起重機堆疊貨物。

1. 因與建築結構無關，所以利用建築物內部一角隅，就可建設一小型倉庫，也可把現有建築物改造成為倉庫。
2. 當建築物地面之抗壓能力達 3 t/m^2 、不平度介於 30~50 mm 時，只要經過簡單處理，即可以建造庫架分離式倉庫，費用約占總經費之 5%~15%。庫架合一式倉庫，其建築物基礎強度及要求地面平整度之精度較高。
3. 庫架合一式倉庫的興建時間，依廠房大小而有所不同。一般而言，需 1.5 年~2 年，較庫架分離式倉庫的時間長。
4. 庫架分離式倉庫的貨架、巷道式堆疊起重機及自動化控制機械設備容易實現標準化、規格化及量化生產之目的，而可降低建造成本。

基於上述因素，於國外小型庫架分離式倉庫的發展速度，相較於大型之庫架合一式倉庫，更為迅速約占總量的80%。而大型庫架合一式倉庫，隨著科技和生產技術改進，逐漸朝向系統化、自動化、無人化發展。除此之外，庫架合一式倉庫之管理，更呈現電腦化、網路化之發展趨勢。不但要求庫架合一式倉庫自身經濟效益須日益提升，更希望能為企業整體效益有所貢獻。

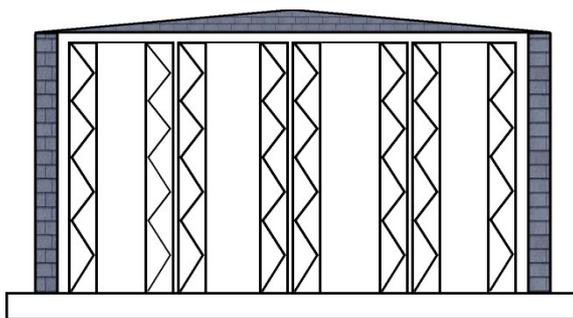


圖 2-1 庫架分離式示意

2.1.2 庫架合一式(一體式 Rack Building)

庫架合一式倉庫，是指倉庫的貨架，除了承受貨物的荷載外，貨架亦為建築物的骨架。換言之，貨架亦為建築物結構，貨架需支撐屋頂及牆面。故庫架合一式倉庫的關鍵技術是貨架系統之設計構想、製造技術、安裝手續等相較於庫架分離式倉庫，較為複雜困難。而庫架合一式倉庫的堆疊機系統、控制管理系統、周邊輸送系統與庫架分離式倉庫亦不盡相同。

1. 庫架合一式倉庫可有效的利用空間。庫架分離式倉庫其高度受廠房結構限制及堆高機作業能力，一般不能過高。而庫架合一式倉庫能承受較大的風載，建築物較高，能夠有效合理利用空間。目前國內最高的庫架合一式倉庫之高度已達 36m。
2. 於倉庫設計過程中最忌諱的是倉庫內的結構立柱，它的存在使倉庫貨架使用空間縮小，且無法靈活運用有限土地資源，當結構立柱在貨格內，將會浪費整排貨架區位；如立柱在貨架與貨架之間，為了預留機具存取動線，將使倉庫建造面積因此增加。庫架合一式倉庫於庫內無立柱結構，可免除上述缺點，靈活運用有限土地資源。

3. 因庫架合一式倉庫之貨架、建築物結構、C 型鋼、倉庫前、後區位之結構、基礎、外牆及屋頂，共同形成一個完整結構體。因此提高其抗震能力。由於日本及臺灣地區地震頻繁，因此較適合興建庫架合一式倉庫。
4. 庫架合一式倉庫外觀雄偉、美觀且呈現出現代化氣息。
5. 庫架合一式倉庫，庫內設備安裝容易、施工便利，工程進度快速。庫架合一式倉庫施工之順序依次為：基礎安裝—貨架安裝—堆疊機安裝—牆面安裝—屋頂安裝。而有別於庫架分離式倉庫，在廠房內（意即有屋頂情況下）安裝堆疊機等大型機具設備，使得吊裝顯得更加不易。
6. 庫架合一式倉庫之基礎受力比較均勻，基礎設計比較簡單。而庫架分離式倉庫常以 H 型鋼構作為結構立柱，基礎受力不均勻。因此，必須利用特殊基礎予以配合。

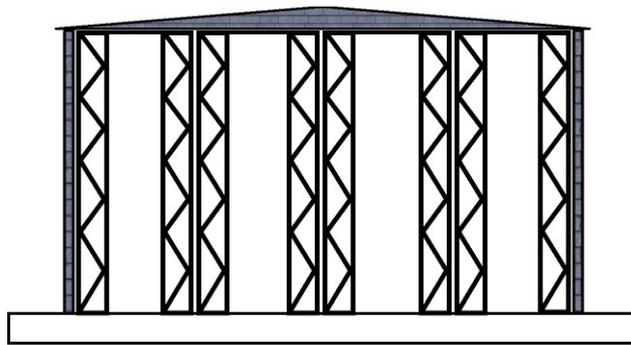


圖 2-2 庫架合一式示意

2.1.3 其他形式

目前市面上常見之自動化儲存倉庫類型，若以倉庫本體結構、存取物品方式、存取貨物系統或儲存倉庫使用貨架之形式，加以區分，可區分為下列數種類型：

1. 依倉庫本體結構區分
 - A. 高層倉儲系統 (High-rise Warehouse System)
 - B. 輕負荷倉儲系統 (Miniload System)

- C. 循環旋轉鋼架倉儲系統 (Rovolving Carousels System)
 - D. 高層密集式倉儲系統 (High-density System)
2. 依存取物品方式區分
- A. 單位式系統 (Unit Loads System)
 - B. 撿選式系統 (Order Picking System)
 - C. 混合式 (Unit Loads and Order Picking Mixed System)
3. 依存取貨物系統區分
- A. 水平循環系統 (**Horizontal Carousels**)
 - (1) 儲存容器以水平方式移動，使用此系統之儲存容器內，大多為小型零件（如汽車）或生產線上之半成品。
 - (2) 常利用自動裝置藉以加快傳送速度。
 - B. 垂直循環系統 (**Vertical Carousels**)
 - (1) 提高存貨空間之儲存密度。
 - (2) 常利用自動裝置藉以加快傳送速度。
 - (3) 儲存容器以垂直方式移動，使用此系統之儲存容器內，大多為小型零件（如汽車）或生產線上之半成品。
 - C. 輕量型自動進出貨系統 **Storage / Retrieval (S/R) Machines**
 - (1) 大多用來儲存小型零件或小型物品。
 - (2) 一般此系統之揀選物品區，設置於存貨區兩端點；或設置於存貨區兩側。
4. 依儲存倉庫使用貨架之形式區分
- A. 棧板式自動倉儲。
 - B. 塑膠箱式自動倉儲。
 - C. 冷凍式自動倉儲
 - D. 特殊規格自動倉儲
5. 目前市面上儲存倉庫，常見之貨架形式及其特性，如下所示：資料來源：DC Mall Logistics Service 2004.[15]
- A. 開放式料架 (Opening Shelving)

- (1) 容器（料盒）可穩固地放置於貨架上。
- (2) 可大幅提高儲存倉庫之儲存密度。
- (3) 開放式料架如下圖所示。

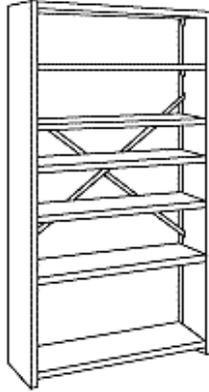


圖 2-3 開放式料架

B. 棧板料架（重型料架）(Pallet Racks)

- (1) 料架多以複層形式加以規畫。
- (2) 可大幅提高儲存倉庫之儲存密度。
- (3) 可有效降低碰撞、掉落或刮傷貨物之機率。
- (4) 棧板料架如下圖所示。

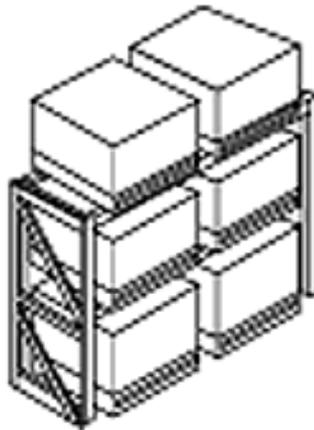


圖 2-4 棧板料架

C. 懸臂式料架 (Cantilever-style Racks)

- (1) 具有有一組（兩套）懸臂裝置。
- (2) 適合存放水管、套筒等管狀物品。

- (3) 適合長條形狀之建材或貨物。
- (4) 懸臂式料架如下圖所示。

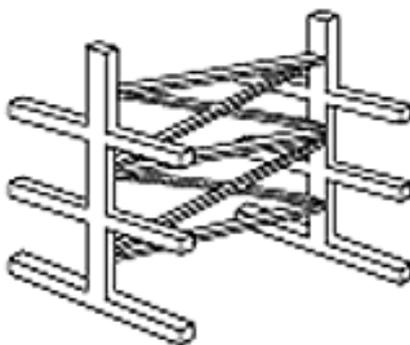


圖 2-5 懸臂式料架

D. 重力流動重型架 (Gravity-lane Storage Racks)

- (1) 出貨時，棧板或料盒之貨物，整棧板或一個料盒，完整且自動地滑向出貨端之檢貨區。
- (2) 進貨時，由後方送入貨架。
- (3) 可大幅提高儲存倉庫之儲存密度。
- (4) 重力流動重型架如下圖所示。

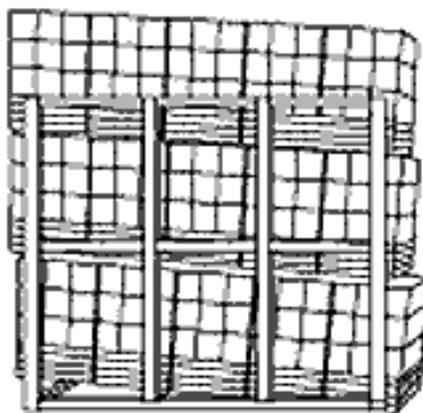


圖 2-6 重力流動重型架

E. 駛入式料架 (Drive-in Racks)

- (1) 料架縱身較長且多以複層形式建構料架。
- (2) 可大幅提高儲存倉庫之儲存密度。

- (3) 每一棧板（或料盒）具有專屬存貨空間。
- (4) 駛入式料架如下圖所示。

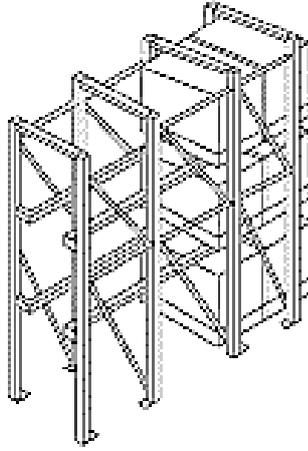


圖 2-7 駛入式料架

第二節 國內外儲存物品之分類方式

2.2.1 我國分類

倉儲類建築物之倉庫貨架及其儲存物品類型種類多樣且複雜，例如民生用品、機械零組件、食品、家電器具與物料等皆為倉儲所儲存的項目，此類建築物火災潛在危險程度，所需的消防安全設備與防火避難設施之設計相形較複雜，成本亦相對提高。高架儲存倉庫火災預防與防制的重點，在於如何針對所存放物品做適當的分類，以減低火災發生頻率，並適當設置滅火設備以抑制火災之嚴重度，茲將國內外相關法規對於儲存物品的分類原則與方式說明如下：

1. 我國各類場所消防安全設備設置標準[7]之分類：
 - A. 依據 97 年 05 月 15 日公布之各類場所消防安全設備設置標準，將倉庫列為第十二條，乙類，第十一目場所。
 - B. 第十七條第一項及第四十六條之規定，我國對高架儲存倉庫之定義為樓層高度超過 10 公尺且樓地板面積在 700 平方公尺以上之倉庫。對其儲存物品，主要分為下列二大類：
 - (1) 儲存棉花類、塑膠類、木製品、紙製品或紡織製品等易燃物品。
 - (2) 儲存 (1) 以外之其他物品。
2. 我國公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法[16]之分類方式如下所示：
 - A. 此辦法於民國 88 年 10 月 20 日公布，最新修正時間為民國 97 年 10 月 17 日。
 - B. 主要將公共危險物品的範圍分為以下六類，並對其設置、構造及設備訂定相關的安全管理辦法。
 - (1) 第一類：氧化性固體。
 - (2) 第二類：易燃固體。
 - (3) 第三類：發火性液體、發火性固體及禁水性物質。
 - (4) 第四類：易燃液體。
 - (5) 第五類：自反應物質及有機過氧化物。
 - (6) 第六類：氧化性液體。

3. 我國經濟部商業司物流倉庫設備手冊[17]，對貨架型式之分類：
- A. 高架儲存倉庫之貨架型式概略可區分為棧板貨架、倍深棧板貨架、移動式貨架、後推式貨架、流動式貨架、駛入/出式貨架、旋轉式貨架、立體倉儲貨架
 - B. 其他特殊式貨架。
 - C. 其細項分類及特性摘述如下列圖、表。

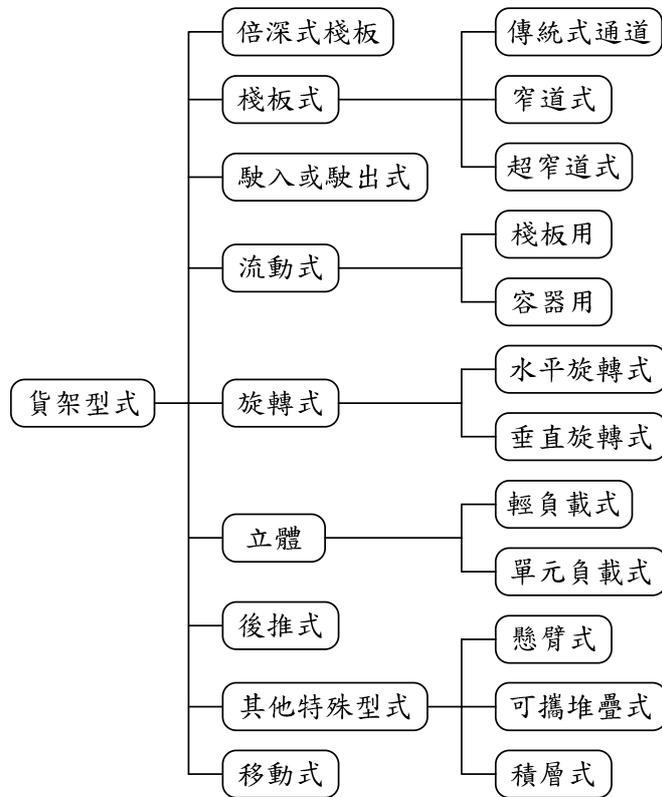


圖 2-8 倉儲之貨架類型

表 2-1 倉儲的貨架型式及特性

倉儲貨架型式	特 性
棧板式貨架	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高度通常在 6 m 以下，可分 3~5 層存放。 2. 儲存密度低，需有良好的通道設計。 3. 貨品可用推高機存放，並隨機調整組合。
駛入/出式貨架	<ol style="list-style-type: none"> 1. 儲存性高但存取受限制。 2. 貨架以 3~5 列為原則，高度可達 10 m。
流動式貨架	<ol style="list-style-type: none"> 1. 存放與取出分開設置。 2. 容器儲存者，搬動迅速、容易進行。 3. 棧板儲存者，高度約 6 m 以下，每一流動路徑存放一種物品。
移動式貨架	<ol style="list-style-type: none"> 1. 空間使用性高達 80%。 2. 貨架需配置機電驅動設備，維修成本高。 3. 貨架高度可達 12 m，適合存取頻度低之貨品。 4. 貨架可水平移動，消防設備之設計較為困難。
旋轉式貨架	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分為水平放置及垂直放置二種。 2. 可多層設計，操作簡單且效率高。
後推式貨架	<ol style="list-style-type: none"> 1. 貨品相互推入，無法以先入先出設計存放。 2. 存放空間加大但存取性較差。
立體倉儲貨架	<ol style="list-style-type: none"> 1. 控制方式分為全自動、半自動及手動三種。 2. 消防設備設計應考慮電動設備引起之火災。
倍深式棧板貨架	<ol style="list-style-type: none"> 1. 貨架可二列並置，存放量增加。 2. 應使用加深型推高機操作。 3. 存取方便性較低。
其他特殊型式貨架	<ol style="list-style-type: none"> 1. 懸臂式貨架：儲存高度約在 6 m 以下，空間使用率約 50%。 2. 可攜式堆疊貨架：以不規則或易碎物品儲存為多，置放高度受限制。 3. 積層式貨架：通常上層存放箱類及散品類，下層為棧板用途居多，且做為上層支撐用。

2.2.2 美國分類

1. 美國國家防火協會 [3] (NFPA-13, 2002 年版) 之分類：

- A. 美國國家防火協會於 2002 年 7 月 19 日，將原來 NFPA-231C [4] 規範有關倉庫儲存物品分成四類，並納入 NFPA-13 之中，於 2002 年 8 月 8 日起生效。
- B. 美國國家防火協會針對一般日用品共分為四級，說明如下：

(1) 第 I 類物品：

為將不燃性的物品直接放置在木質貨板上；或不論有無用厚紙板及有無棧板分隔而放置於單層瓦楞紙盒上；或不論有無棧板而用收縮包裝膜或紙包裝者，常見的此類物品，食品、玻璃產品，金屬產品（例如：馬達、乾電池、洗衣機、乾燥機等）等。

(2) 第 II 類物品：

為將不燃性物品存放於棧板木質板箱、固狀木質箱、多層瓦楞紙或相當之可燃包裝材並存放在木質棧板上者，常見的此類物品如無線電用的線圈箱、白熾或螢光燈泡、存放於木質容器之酒類（酒精含量在 20% 以下）等。

(3) 第 III 類物品：

為木、紙、天然纖維衣物以及 C 群塑膠或相關產品，有或無放置於紙板盒、箱以及條板箱置放於木質棧板上者，該類物品允許含有限量之 A 群或 B 群塑膠製品，常見的此類物品如皮革類產品、紙張類產品、紡織品、木製品（門、窗、家具）等。

(4) 第 IV 類物品：

為物品有或無放置於棧板上，並達到部份或全部由 B 群塑膠製造，或是由自由流動的 A 群塑膠組成，或是本身或包裝內包含相當數量（重量達 5%~15% 或體積達 5%~25%）

的 A 群塑膠製品，常見的此類物品如塑膠類零組件、合成紡織品、衣物、乙烯樹脂製地磚、木材或打字機等。

上述各群塑膠製品定義如下：

a. A 群塑膠製品：

- 丙烯晴—丁二烯—苯乙烯，三元聚合物 (ABS)
- 乙酸醛
- 丁基橡膠
- 天然橡膠 (膨脹型)
- 晴橡膠
- 聚酯合成橡膠
- 有機玻璃
- 乙/丙烯橡膠 (EPDM)
- 玻璃纖維強化聚酯 (FRP)
- 聚丁二烯
- 熱塑聚酯 (PET)
- 聚碳酸酯
- 聚乙烯 (PE)
- 聚丙烯 (PP)
- 聚苯乙烯 (PS)
- 聚乙烯丙烯晴 (SAN)
- 聚氯乙烯 (PVC；高塑化性)
- 聚亞胺酯 (PU)
- 苯乙烯—丁二烯橡膠 (SBR)

b. B 群塑膠製品：

- 氯丁橡膠
- 纖維素
- 天然橡膠 (不膨脹型)
- 矽橡膠
- 尼龍

- 氟化塑膠 (ECTFE、ETFE、FEP)

c. C 群塑膠製品：

- 氟化塑膠 (PCTFE、PTFE)
- 三聚氰胺
- 酚類 (酚醛樹脂)
- 聚氯乙稀 (PVC；硬或輕塑膠化如配管及管配件)
- 尿素 (尿醛樹脂)
- 聚偏二氯乙稀 (PVDC)
- 聚偏二氟乙稀 (PVDF)
- 聚氟乙稀 (PVF)

2. 美國國家防火協會 [3] (NFPA101) 之分類：

A. 美國國家防火協會於 NFPA101 中規定，依照建築物內部裝修物品的延燒特性，分為低度、中度、高度危險的內部裝修物品。

B. 美國國家防火協會 (NFPA101) 之分類方式如下所示：

- (1) 低度危險：不會自動漫延火勢的低可燃性內部裝修物品，歸類為低度危險。
- (2) 中度危險：可能會以一般速度延燒或發出很多煙之內部裝修物品，歸類為中度危險。
- (3) 高度危險：可能會形成極迅速之延燒或爆炸的內部裝修物品，歸類為高度危險。

3. 美國工商業保險公司之一美國 FM (Factory Mutual) 定義之倉儲設施存放物品之規定為不可燃物 (採木棧板)、1~4 類物品以及塑膠物品三類，並說明如下 [5], [6]：

A. 不可燃物：指防護自由流體、粉體或顆粒物、鈍性物質者，並採木棧板存放者。

B. 1~4 類物品：

(1) 第 1 類物品：

- a. 不可燃性物品放在木質棧板上。
- b. 不可燃性物品以一般瓦楞紙箱包裝(最大的紙箱板厚 3mm) 有或無單層厚度分隔板，或一般紙包覆物等置放在木質棧板上。

(2) 第 2 類物品：

為第 1 類物品存於條板箱，固體木製盒，多重厚度瓦楞紙箱或同等可燃包裝材料，並置放在木棧板上。同樣地，當其危險程度因產品外形及包裝而減低時，第 3 類物品可被歸類為第 2 類物品。

(3) 第 3 類物品：

第 3 類物品為包裝或者非包裝的木質品，紙或天然纖維布，或者產品製造原自這些材料，並置放在木棧板上。如此包含第 1、2、3 類物品內容中，不足 5% 重量或體積之塑膠物品。

(4) 第 4 類物品：

第 4 類物品是第 1、2 或 3 類物品，於他們自己本身或者他們的包裝含體積未超過 25% 或者重量未超過 15% 的膨脹或非膨脹之塑膠或聚亞安酯，並置放在木質棧板上。

C. 塑膠物品：

(1) 熱塑性和熱固性塑膠：

熱塑性塑料於充分加熱時變軟，且於冷卻後硬化；熱固性塑膠於製造中受熱、受壓後永久變形，再熱亦不再軟化。

(2) 非膨脹型和膨脹型的塑膠材料：

非膨脹型塑膠是一個固體高密度的產品；膨脹型塑膠是一個低密度產品，一般稱之為發泡塑膠，膨脹型塑膠材料密度低，燃燒速度快，熱釋放率大，非膨脹型塑膠材料反之。

- (3) A 群塑料：
A 群塑膠產品為具有較一般可燃物高之燃燒熱的合成塑膠材料，且其燃燒度高於 B 群塑料。
- (4) B 群塑料：
B 群塑膠產品為具有較一般可燃物高之燃燒熱的合成塑膠材料，但低於 A 群塑料。
- (5) C 群塑料：
C 群塑膠產品為具有與一般可燃物類似之燃燒熱和燃燒速度的合成塑膠材料。
- (6) PU 聚亞安酯：聚亞安酯比其他測試過塑膠材料有不同化學性質。

2.2.3 英國分類

- 1. 依據英國 FOC 之規定，針對倉儲設施存放物品分為四個種類。
- 2. 英國 FOC [18] 之分類方式如下所示：
 - A. 第 I 類 (Category I)：
 - (1) 普通類可燃性物質(不可燃性物質存放在可燃性包裝箱內)。
 - (2) 將第 II、III、及 IV 類存放在散裝或貨架棧板之上，且高度超過 4m 者。
 - B. 第 II 類 (Category II)：
 - (1) 捆包之軟木及廢紙。
 - (2) 易燃性液體存在不燃性容器中、油氈產品、非發泡式塑膠類、木材料等。
 - C. 第 III 類 (Category III)：
 - (1) 蠟紙、瀝青紙、發泡塑膠。
 - (2) 橡膠成品、易燃性液體存放可燃性容器中、捲紙及紙漿類、發泡塑膠包裝之物品等

D. 第 IV 類 (Category IV) :

- (1) 任意型式之發泡塑膠及橡膠。
- (2) 發泡塑膠或橡膠成捲片狀。

2.2.4 大陸分類

1. 大陸 2005 年版 GB-50084 (自動噴水滅火系統設計規範) [19] 參考 NFPA 231 規範規定，對高架式倉庫可燃物分成 I 級、II 級、III 級三個等級。
2. 大陸 2005 年版 GB-50084 之分類方式如下所示：
 - A. I 級：分為 1、2 類貨品，與 NFPA 第 I 類、第 II 類物品相當。
 - (1) 1 類貨品，紙箱包裝的不燃貨品，例如：
 - a. 不燃食品和飲料：
 - 不燃容器包裝的食品。
 - 冷凍食品、肉類。
 - 非塑料制托盤或容器盛裝的新鮮水果和蔬菜。
 - 無塗蠟層或塑料覆膜的紙容器包裝牛奶。
 - 不燃容器盛裝，但容器外有紙箱包裝的酒精含量為 20% 的啤酒或葡萄酒。
 - 玻璃製品。
 - b. 金屬製品：
 - 包括塑料覆面或裝飾的桌椅。
 - 金屬外殼家電。
 - 電動機、乾電池、空鐵罐、金屬櫃。
 - c. 其他：

變壓器、袋裝水泥、電子絕緣材料、石膏板、惰性顏料、固體農藥等。
 - (2) 2 類貨品，包括木箱及多層紙箱或類似可燃材料包裝的 1 類貨品，例如：
 - a. 紙箱包裝的漆包線線圈。
 - b. 日光燈泡。

c. 木桶包裝的酒精含量不超過 20% 的啤酒和葡萄酒。

B. II 級：分為 3、4 類貨品，與 NFPA 第 III 類、第 IV 類物品相當

(1) 3 類貨品：木材、紙張、天然纖維紡織品或 C 組塑料及製品，

含有限量 A 組或 B 組塑料的製品，例如：

- a. 皮革製品：鞋、皮衣、手套、旅行袋等。
- b. 紙製品：書報雜誌、有塑料覆膜的紙製容器等。
- c. 紡織品：天然與合成纖維及製品，不含發泡類塑料橡膠的床墊。
- d. 木製品：門窗及傢俱、可燃纖維板等。
- e. 其他：紙箱包裝的煙草製品及可燃食品，塑料容器包裝的不燃液體。

(2) 4 類貨品

- a. 紙箱包裝的含有一定量 A 組塑料的 1、2、3 類貨品。
- b. 小包裝採用 A 組塑料、大包裝採用紙箱包裝的 1、2、3 類貨品。B 組塑料和粉狀、顆粒狀 A 組塑料，例如：照相機、電話、塑料傢俱。
- c. B 組塑料和粉狀、顆粒狀 A 組塑料，例如：照相機、電話、塑料傢俱。
- d. 含發泡類塑料填充物的床墊。
- e. 含有一定量塑料的建材、電纜、塑料容器包裝的物品。

上述各群塑膠製品定義，與美國國家防火協會規定的分類原則相同，如下所示：

i. A 群塑膠製品：

- 丙烯晴—丁二烯—苯乙烯，三元聚合物 (ABS)
- 乙酸醛
- 丁基橡膠
- 天然橡膠 (膨脹型)
- 晴橡膠
- 聚酯合成橡膠
- 有機玻璃

- 乙/丙烯橡膠 (EPDM)
- 玻璃纖維強化聚酯 (FRP)
- 聚丁二烯
- 熱塑聚酯 (PET)
- 聚碳酸酯
- 聚乙烯 (PE)
- 聚丙烯 (PP)
- 聚苯乙烯 (PS)
- 聚乙烯丙烯睛 (SAN)
- 聚氯乙烯 (PVC；高塑化性)
- 聚亞胺酯 (PU)
- 苯乙烯—丁二烯橡膠 (SBR)

ii. B 群塑膠製品：

- 氯丁橡膠
- 纖維素
- 天然橡膠 (不膨脹型)
- 矽橡膠
- 尼龍
- 氟化塑膠 (ECTFE、ETFE、FEP)

iii. C 群塑膠製品：

- 氟化塑膠 (PCTFE、PTFE)
- 三聚氰胺
- 酚類 (酚醛樹脂)
- 聚氯乙烯 (PVC；硬或輕塑膠化如配管及管配件)
- 尿素 (尿醛樹脂)
- 聚偏二氯乙烯 (PVDC)
- 聚偏二氟乙烯 (PVDF)
- 聚氟乙烯 (PVF)

2.2.5 新加坡分類

1. 新加坡消防法規 [20] 之危害物質分類方式，如下所示：
 - A. 爆炸性物質(1.1 to 1.6)
 - B. 易燃性氣體
 - C. 非易燃壓縮氣體
 - D. 有毒氣體
 - E. 易燃及可燃性液體
 - F. 可燃性固體
 - G. 易於自發性燃燒之物質
 - H. 禁水性物質
 - I. 氧化劑
 - J. 有機過氧化物
 - K. 有毒物質
 - L. 傳染性物質
 - M. 放射性物質分類 I
 - N. 放射性物質分類 II
 - O. 放射性物質分類 III
 - P. 腐蝕性物質
 - Q. 其他有害物質(危險較低物質)
 - R. 危害物分類等級，如下表所示：

表 2-2 新加坡危害物分類等級

危害物分類		危害物等級				
		4	3	2	1	0
液體	第 3 類	分類 1 & 2 閃火點： < 23° C	分類 3 閃火點： 23 - 60° C	分類 4 閃火點： 60 - 150° C	閃火點： > 150° C	有火焰 支撐才 會燃燒
固體物質	第 4 類	極容易引燃 且燃燒快速	可引燃 且燃燒快速	燃燒快	燃燒速度中等	有火焰 支撐才 會燃燒
氧化劑	第 5.1 類	class 4 極強氧化劑 (幾乎可視 為爆炸性物 質)	class 3 強氧化劑	class 2 弱氧化劑	-	-
有機 過氧化物	第 5.2 類	class I	class II	class III	class IV	class V

2. 新加坡一般倉庫貨物防火安全需求之分類

「一般倉庫」定義為一個空間使用於儲存各種不同種類的貨物或材料。包括下列類別：

- A. 儲存化學物品之倉庫 (必須符合化學倉庫之要求)。
- B. 新鮮/易腐敗食品 (冷凍庫)等。
- C. 百貨商場、超級市場及儲存高度超過 4m (具備自動撒水系統保護)或 2.5 m (無自動撒水系統保護) 之倉庫，都必須遵照本指引及用途分類 V (像零售商) 之防火安全法規要求。
- D. 儲存場所樓地板面積超過 100 m² 應歸類為倉庫(使用分類 VIII)，必須遵守本指引之要求。
- E. 儲存場所樓地板面積等於或小於 100 m²，仍需要遵守 CP 52 表 21 (A) & (B) 之儲存高度限制 (詳細請參考表 1A 及 1B)。儲存空間若無自動撒水系統保護，則儲存高度不可大於 4 m。

2.2.6 日本分類

依 2002 年 10 月 日本倉庫業法施行規則 [21]，依四種儲存倉庫類型之存放特性，分為八類物品，作為物流倉儲類建築物之分類基準。

註解 [MSOffice1]:

格式化: 字型: Times New Roman, 12 點, 字型色彩: 黑色, (中文) 中文 (台灣), (其他) 中文 (台灣)

1. 普通倉庫：
 - A. 第一類倉庫：除危險物等外，保管物品無特別限制的倉庫。
 - B. 第二類倉庫：不具防火性能，保管物品有限制的倉庫。
 - C. 第三類倉庫；不具防火性能、防潮性能及隔熱性能，保管物品有限制的倉庫。
 - D. 野積倉庫：於戶堆積保管水泥製品及土石等倉庫。
 - E. 貯存糟倉庫：於戶外堆積保管水泥製品及土石等倉庫
 - F. 危險品倉庫：保油、化學藥品等危險物質或高壓氣體的倉庫（可能為土地）。
2. 冷藏倉庫：保管宜保管於 10°C 以下的冷凍水產物、倉用肉品等的倉庫。分為 C 級與 F 級。
 - A. C 級倉庫(Chilled)：C3、C2、C1 級...+10°C ~-20°C 以上
 - B. F 級倉庫(Frozen)：F3、F2、F3、F4 級...-20°C 以下 ~-50°C 以上
3. 水面倉庫：於水面上保管原木的倉庫
4. Trunk Room；託管非商品的物品的倉庫（指保管個人或法人等的家具、衣物、美術品、文件類、磁性記憶媒品、軟片等非流通商品，具有底溫低濕防塵機能的倉庫。）

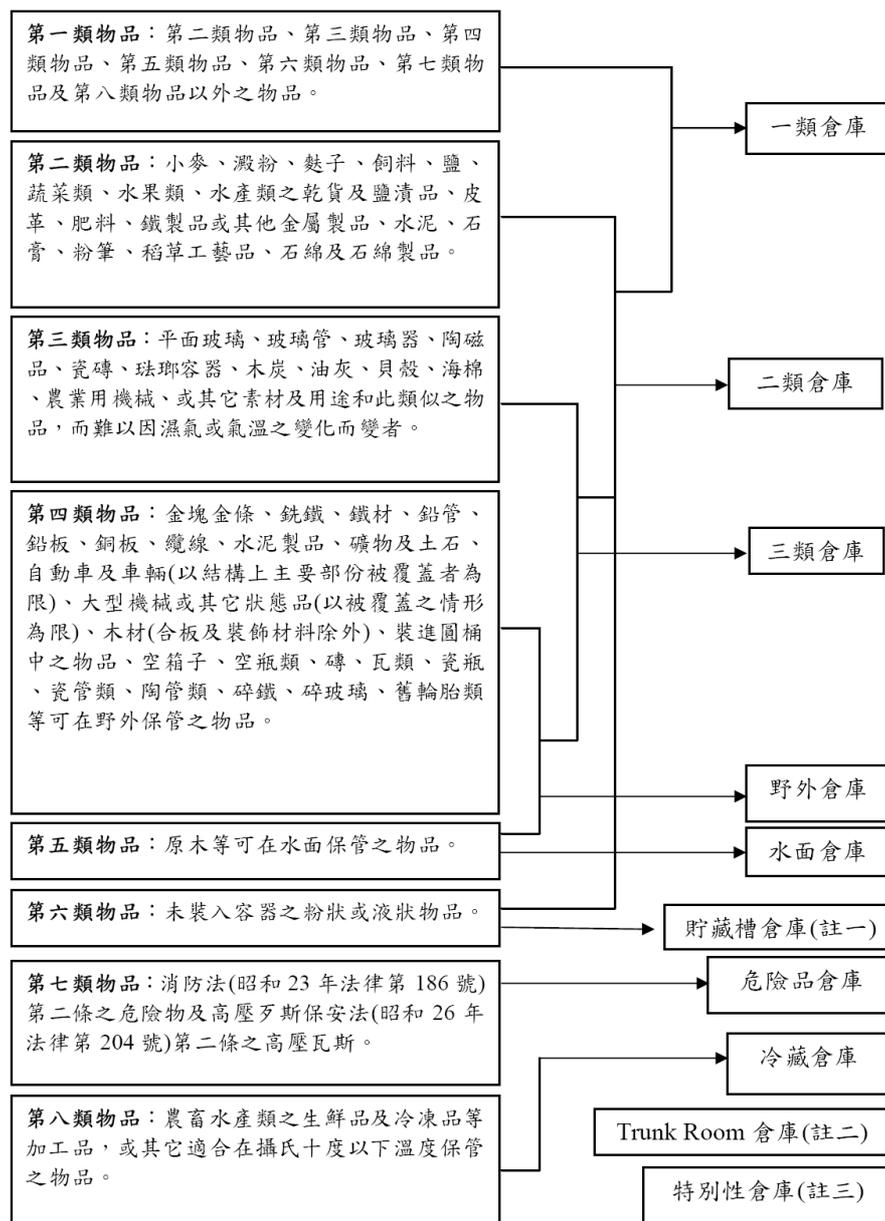


圖 2-9 日本物流倉儲類建築物之分類基準

(資料來源：康城顧問公司提供，[日本倉庫業法施行規則](#))

註一：保管第一類物品及第二類物品中的散裝物品及第六類物品之倉庫。

註二：分隔成一個一個的層架空間讓客人分租放置物品的倉庫。

註三：關於為災害救助或其它維持公共福祉而認為物品保管為必為，由國土交通大臣規定之倉庫。

格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文)標楷體, 12 點, 字型色彩: 黑色, (中文)中文(台灣)

第三章 儲存倉庫相關防火規定

第一節 各國儲存倉庫防火規範

本研究主要之研究課題為自動化倉儲防火規定之研究，為使研究成果能符合本計畫設定方向，更具有實用價值且對國內自動化倉儲業界有所助益，本研究首先積極蒐集國際間，相關於儲存倉庫各種規定或規範，並將蒐集到的資料加以彙整分析，藉由國際間儲存倉庫相關規定之研究及剖析等方法，進而著手草擬符合國內自動化倉儲所需之防火安全規定。

本研究蒐集之主要文獻資料包括：我國「各類場所消防安全設備設置標準」、「建築技術規則建築設計施工編」、「舊有建築物防火避難設施與消防設備改善辦法」、美國 NFPA 規定、英國 FOC 規定、中國大陸 GB 規定及新加坡防火安全規定等。主要內容包括：一般倉庫防火安全要求、一般倉庫之防火分區大小及儲存高度、一般倉庫煙霧控制要求、無自動撒水系統保護建築物之煙霧排出口要求及濕式立管系統之消防水供應要求等相關規範。

3.1.1 我國規定

1. 我國各類場所消防安全設備設置標準 [7]
 - A. 該設置標準於民國 78 年 7 月 31 日公佈，歷經數次檢討與更正，目前最新版本為民國 97 年 05 月 15 日之版本。
 - B. 民國 97 年 05 月 15 日版本之第十二條、依使用用途將「倉庫」列為乙類第十一目場所，倉庫之消防安全規定因此修訂而變得較為詳盡。
 - (1) 對「高架儲存倉庫」設置撒水系統時之貨架撒水頭配置方式有下列設置規定：
 - a. 第十七條第一項第六款：
 - i. 任一點至撒水頭之水平距離，應在二點五公尺以下，並以交錯方式配置。

- ii. 儲存棉花類、塑膠類、木製類、紙製品或紡織製品等易燃物品時，應每四公尺高度至少設置一個；儲存其它物品時，應每六公尺高度至少設置一個。
 - iii. 儲存之物品會產撒水障礙時，該物品下方亦應設置。
 - iv. 設置符合第四十七條第二項規定之集熱板，但使用經中央消防主管機關認可之貨架撒水頭者，不在此限。
 - v. 設在天花板或樓板之撒水頭，任一點至撒水頭之水平距離應在二點一公尺以下。
- b. 第四十六條 集熱板之設置定：
- i. 集熱板應使用金屬材料，且直徑在三十公分以上。
 - ii. 集熱板與迴水板之距離，在三十公分以下。
- c. 放水量
- i. 撒水頭之放水量，設於高架倉庫者，應為一百四十公升以上。
 - ii. 撒水頭之放水壓力，設於高架倉庫者，應在每平方公分一公斤以上或 0.1MPa 以上。
- d. 第五十八條 水源應連結加壓送水裝置，並依下列各款擇一設置：
- i. 幫浦出水量，依規定核算之撒水頭數量，高架儲存倉庫者，乘以每分鐘一百三十公升。
 - ii. 高架儲存倉庫者，撒水頭放水壓力應在每平方公分十公斤以下或 1MPa 以下。
- e. 第一百十四條 探測器應依裝置場所高度，就下表選擇探測器種類裝設。但同一室內之天花板或屋頂板高度不同時，以平均高度計。

表 3-1 探測器裝設高度規定

裝置場所 高度	未滿四公尺	四公尺以上 未滿八公尺	八公尺以上 未滿十五公尺	十五公尺以上 未滿二十公尺
探測器種類	差動式局限型、差動式分佈型、補償式局限型、定溫式、離子式局限型、光電式局限型、光電式分離型、火焰式。	差動式局限型、差動式分佈型、補償式局限型、定溫式特種或一種、離子式局限型一種或二種、光電式局限型一種或二種、光電式分離型、火焰式。	差動式分佈型、離子式局限型一種或二種、光電式局限型一種或二種、光電式分離型、火焰式。	離子式局限型一種、光電式局限型一種、光電式分離型一種、火焰式。

(資料來源：各類場所消防安全設備設置基準)

註：依上述定義高架儲存倉庫樓高超過 10 公尺，可選擇設置之探測器為差動式分佈型、離子式局限型一種或二種、光電式局限型一種或二種、光電式分離型、火焰式。

(2) 對「一般倉庫」之消防安全設備之設置規定如下所示：

- a. 第十四條、乙類場所總樓地板面積 150 平方公尺以上應設滅火器。
- b. 第十五條、應設室內消防栓設備且為第一種室內消防栓設備
 - i. 五層以下建築物，乙類場所任一層樓地板面積在 500 平方公尺以上。
 - ii. 六層以上建築物，乙類場所任一層樓地板面積在 150 平方公尺以上。
 - iii. 前項應設室內消防栓設備之場所，依本標準設有自動撒水（含補助撒水栓）、水霧、泡沫、二氧化碳、乾

粉或室外消防栓等滅火設備者，在該有效範圍內，得免設室內消防栓設備。但設有室外消防栓設備時，在第一層水平距離四十公尺以下、第二層步行距離四十公尺以下有效滅火範圍內，室內消防栓設備限於第一層、第二層免設。

- c. 第十七條、應設自動撒水設備之場所或樓層：
 - i. 乙類（11）樓高超過 10 公尺，且樓地板面積在 700 平方公尺以上之高架儲存倉庫。
 - ii. 前項應設自動撒水設備之場所，依本標準設有水霧、泡沫、二氧化碳、乾粉等滅火設備者，在該有效範圍內，得免設自動撒水設備。
- d. 第十九條、應設火警自動警報設備之場所：
 - i. 五層以下之建築物，供乙類場所使用，任何一層樓地板面積在五百平方公尺以上者。
 - ii. 六層以上十層以下之建築物，任何一層樓地板面積在三百平方公尺以上者。
 - iii. 前項應設火警自動警報設備之場所，除供甲類場所、地下建築物、高層建築物或應設置偵煙式探測器之場所外，如已依本標準設置自動撒水、水霧或泡沫滅火設備（限使用標示攝氏溫度七十五度以下，動作時間六十秒以內之密閉型撒水頭）者，在該有效範圍內，得免設火警自動警報設備。
- e. 第二十條、下列場所應設置手動報警設備
 - i. 三層以上建築物。
 - ii. 任何一層樓地板面積在二百平方公尺以上者。
- f. 第二十三條、下列場所應設置標示設備：
 - i. 各類場所均應設置避難指標。
 - ii. 但設有避難方向指示燈或出口標示燈時，在其有效範圍內，得免設置避難指標。
- g. 第四十七條 撒水頭之位置，依下列規定裝置：

- i. 撒水頭軸心與裝置面成垂直裝置。
- ii. 撒水頭迴水板下方四十五公分內及水平方向三十公分內，應保持淨空間，不得有障礙物。
- iii. 密閉式撒水頭之迴水板裝設於裝置面(指樓板或天花板)下方，其間距在三十公分以下。
- iv. 密閉式撒水頭裝置於樑下時，迴水板與樑底之間距在十公分以下，且與樓板或天花板之間距在五十公分以下。
- v. 密閉式撒水頭裝置面，四周以淨高四十公分以上之樑或類似構造體區劃包圍時，按各區劃裝置。但該樑或類似構造體之間距在一百八十公分以下者，不在此限。
- vi. 使用密閉式撒水頭，且風管等障礙物之寬度超過一百二十公分時，該風管等障礙物下方，亦應設置。
- vii. 密閉式撒水頭側面有樑時，依下表裝置。

表 3-2 密閉式撒水頭與樑距離相關規定

撒水頭與樑側面淨距離 (公分)	74 以下	75 以上 99 以下	100 以上 149 以下	150 以上
迴水板高出樑底面尺寸 (公分)	0	9 以下	14 以下	29 以下

(資料來源：各類場所消防安全設備設置基準)

- viii. 前項第七款之撒水頭，其迴水板與天花板或樓板之距離超過三十公分時，依下列規定設置集熱板。
 - 集熱板應使用金屬材料，且直徑在三十公分以上。
 - 集熱板與迴水板之距離，在三十公分以下。

- h. 第四十八條、密閉式撒水頭，應符合密閉式撒水頭認可基準之規定，並就裝置場所平時最高周圍溫度，依下表選擇一定標示溫度之撒水頭。

表 3-3 密閉式撒水頭裝置溫度規定

最高周圍溫度	標示溫度
三十九度未滿	七十五度未滿
三十九度以上六十四度未滿	七十五度以上一百二十一度未滿
六十四度以上一百零六度未滿	一百二十一度以上一百六十二度未滿
一百零六度以上	一百六十二度以上

(資料來源：各類場所消防安全設備設置基準)

- i. 第五十條、撒水頭之放水量，每分鐘應在八十公升（設於高架倉庫者，應為一百十四公升）以上，且放水壓力應在每平方公分一公斤以上或 0.1Mpa 以上。但小區劃型撒水頭之放水量，每分鐘應在五十公升以上。放水型撒水頭之放水量，應達防護區域每平方公尺每分鐘五公升以上。但儲存可燃物場所，應達每平方公尺每分鐘十公升以上。
- j. 第五十八條 依前條設置之水源應連結加壓送水裝置，並依下列各款擇一設置。消防幫浦，應符合下列規定：
- i. 幫浦出水量，依前條規定核算之撒水頭數量，乘以每分鐘九十公升（設於高架儲存倉庫者，為一百三十公升）。但使用小區劃型撒水頭者，應乘以每分鐘六十公升。另放水型撒水頭依中央消防機關認可者計算之。
- ii. 前項加壓送水裝置除應準用第三十七條第二項第一款、第二款及第五款規定外，撒水頭放水壓力應在每平方公分十公斤以下或 1MPa 以下。

- k. 第一百四十四條、探測器應依裝置場所高度，就下表選擇探測器種類裝設。但同一室內之天花板或屋頂板高度不同時，以平均高度計。

表 3-4 探測器裝設高度規定

裝置場所高度	未滿四公尺	四公尺以上 未滿八公尺	八公尺以上 未滿十五公尺	十五公尺以上 未滿二十公尺
探測器種類	差動式局限型、差動式分布型、補償式局限型、定溫式、離子式局限型、光電式局限型、光電式分離型、火焰式。	差動式局限型、差動式分布型、補償式局限型、定溫式特種或一種、離子式局限型一種或二種、光電式局限型一種或二種、光電式分離型、火焰式。	差動式分布型、離子式局限型一種或二種、光電式局限型一種或二種、光電式分離型、火焰式。	離子式局限型一種、光電式局限型一種、光電式分離型一種、火焰式。

(資料來源：各類場所消防安全設備設置基準)

2. 我國建築技術規則建築設計施工編 [9]

- A. 民國 34 年 2 月 26 日公佈，歷經數次檢討與修正，最新修訂版本為民國 97 年 5 月 8 日。
- B. 最新修訂版本之倉儲類建築物相關規定如下所示：
- (1) 第六十九條規定建築使用類組 C 類 (工業、倉儲類) 工廠建築，作業廠房樓地板面積，合計超過五十平方公尺者，其主要構造，均應以不燃材料建造；另外規定樓層三層以上，樓層及樓地板面積之和為 150 平方公尺以上 (C-1)，總樓層地板面積為 1,500 平方公尺以上 (C-2; 工廠除外) 應為防火構造。

- (2) 第八十八條規定建築物之內部裝修材料 C 類 (工廠、倉儲類)，供該用途不限樓地板面積，居室或該使用部分應為耐燃三級以上，通達地面之走廊及樓梯應為耐燃二級以上。
- (3) 第七十九條之一第一項第二款之規定，防火構造建築物供為 C 類 (工廠、倉儲) 之生產線部分，無法以區劃分隔者，應以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備與該處防火構造之樓地板自成一個區劃。而其防火設備應具有一小時以上之阻熱性。
- (4) 第八十二條第一項第一款之規定，非防火構造建築物供 C 類 (工廠、倉儲) 之生產線部分，無法區劃分隔者，應以具有半小時以上防火時效之牆壁、樓板及防火門窗等防火設備自成一個區劃，其天花板及面向室內之牆壁，以使用耐燃一級材料裝修者，不在此限。

3. 我國原有合法建築物防火避難設施與消防設備改善辦法 [22]

- A. 民國 84 年 2 月 15 日公佈，最新修訂為民國 96 年 5 月 16 日。
本辦法適用之舊有建築物為民國 73 年 11 月 7 日，建築法修正公佈施行前興建完成之建築物。
- B. 原有建築物防火避難設施與消防設備改善辦法，與倉類建築物相關之規定如下所示：

刪除: 95

刪除: 舊

- (1) 建築物內部之室內裝修、室內消防栓、火警自動警報設備、緊急廣播設備、標示設備、緊急照明設備、瓦斯漏氣火警自動警報設備、排煙設備、滅火器、緊急電源配線等，皆需依現行法令規定辦法改善。
- (2) 建築物內部之分間牆、避難器具等，則免辦理檢討改善。
- (3) 建築物內部之避難層出入口則需有一處以上高度 1.8 公尺以上，寬度為 90 公分以上，若樓地板面積為 500 平方公尺以上時，則需有二處以上不同方向之出入口；走廊內部應改以不燃材料裝修，若以原有走廊修改時，一側為外牆情形

下，淨寬應為 75 公分以上，若新設走廊，則淨寬應為 90 公分以上。

- (4) 建築物若為防火構造物者，直通樓梯應改為防火構造，且內容以不燃材料裝修，增設之直通樓梯應為安全梯，且淨寬為 90 公分以上，所增加之面積不得大於原建築面積之 1/10，或 30 平方公尺，高度不超過原有建築物高度加 3 公尺，亦不計入建築物容積計算；原有緊急昇降機不受樓地面積 10 平方公尺之限制，若單獨增設緊急昇降機時，面積不得超過 20 平方公尺，且高度不得超過原有建築物高度加 3 公尺，亦不計入建築物容積計算。另外，避難層若有二個不同方向之出入口者，得免設防火間隔。

3.1.2 美國 NFPA 規定 [3]

美國 NFPA 有關倉儲物品之規定，包括：「撒水系統標準」，「存放浮質加工物之規範」；「儲存與處理纖維硝化膜物之標準」；「儲存、使用、處理高壓氣體與低溫液體在固定物或槽之標準」；「製造、儲存、處理液化石油氣之標準」；「儲存液體和固氧化劑規範」；「儲存過氧化氫有機物之規範」；「儲存殺蟲劑之規範」；「儲存硝酸氫之規範」；「儲存、處理、使用於消毒和熏蒸環氧乙烷之規範」，「製造、運輸、儲存、銷售之爆竹煙火物品之規範」，彙整如下：

1. NFPA 13

撒水系統標準/Standard for the Installation of Sprinkler Systems (含儲存物品之撒水系統標準)

2. NFPA 30B

存放浮質加工物之規範/Code for the Manufacture and Storage of Aerosol Products

3. NFPA 40

儲存與處理纖維硝化膜物之標準/Standard for the Storage and Handling of Cellulose Nitrate Film

4. NFPA 55

儲存、使用、處理高壓氣體與低溫液體在固定物或槽之標準
/Standard for the Storage, Use, and Handling of Compressed Gases and
Cryogenic Fluids in Portable and Stationary Containers, Cylinders, and
Tanks

5. NFPA 59A

製造、儲存、處理液化石油氣之標準/Standard for the Production,
Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)

6. NFPA 430

儲存液體和固氧化劑規範/Code for the Storage of Liquid and Solid
Oxidizers

7. NFPA 432

儲存過氧化氫有機物之規範/Code for the Storage of Organic Peroxide
Formulations

8. NFPA 434

儲存殺蟲劑之規範/Code for the Storage of Pesticides

9. NFPA 490

儲存硝酸氮之規範/Code for the Storage of Ammonium Nitrate

10. NFPA 560

儲存、處理、使用於消毒和熏蒸環氧乙烷之規範/Standard for the
Storage, Handling, and Use of Ethylene Oxide for Sterilization and
Fumigation

11. NFPA 1124

製造、運輸、儲存、銷售之爆竹煙火物品之規範/Code for the
Manufacture, Transportation, Storage, and Retail Sales of Fireworks and
Pyrotechnic Articles

針對一般儲存物品之消防設備防護之規定明載於 NFPA13 內，例如一般日用品 I ~ IV 級及存放橡膠日用品者。

1. 針對一般日用品 I ~ IV 級者，若儲存倉庫屬性為鋼結構，則鋼構造柱之防火性能，規定如下：
 - A. 任何鋼構柱，應以 1 小時防火時效防護或於側壁於距離上方每 15 英尺 (4.6m) 設置撒水頭於柱之一側，或於鋼構柱頂部設置撒水頭。
 - B. 水量必須滿足撒水頭所需，包括設計需求與損失。
2. 針對存放橡膠日用品者，其鋼構柱之防火性能規定有以下之規定：
 - A. 儲存超過 15 英尺 ~ 20 英尺 (4.6m ~ 6m) 的高度，於柱側每 15 英尺 (4.6m) 設置撒水頭。
 - B. 儲存超過 20 英尺—需設置二處撒水頭，一處設於側壁距離上方每 15 英尺 (4.6m) 處，另一設置於柱頂部。

3.1.3 英國 FOC 規定 [18]

英國 FOC 僅就倉儲設施之滅火設備予以規範，其撒水設備設置規範並且與 NFPA13 等法規相似，強調利用陣列方式設置撒水頭於天花板或倉庫棚架下方，並於貨架內設置撒水頭，其規定說明如下：

1. 儲存 6m 以下的高度：針對僅設置天花板撒水者，應依存放物品之特性及貨架高度，參考對照表設計撒水頭放射需求密度及最大動作面積。
2. 儲存超過 6m 以上的高度：強制需設置貨架撒水系統以補天花板撒水之不足。

3.1.4 大陸 GB 規定

大陸 GBJ 16-87 「建築設計防火規範」(2001 年) [23] 第四章：倉庫，將儲存倉庫依儲存物火災危險性分成甲、乙、丙、丁及戊五大類；且對於自動倉儲的定義是：貨架高度超過 7m，且為機械化操作或自動化控制的貨架倉庫，有其防火構造及撒水設備之規定，相關規定如下：

1. 火災危險性分類：

A. 甲類：

- (1) 閃點小於 28°C 的液體。
- (2) 爆炸下限小於 10% 的氣體，以及受到水或空氣中水蒸汽的作用，能產生爆炸下限小於 10% 氣體的固體物質。
- (3) 常溫下能自行分解或在空氣中氧化能導致迅速自燃或爆炸的物質。
- (4) 常溫下受到水或空氣中水蒸汽的作用，能產生可燃氣體並引起燃燒或爆炸的物質。
- (5) 遇酸、受熱、撞擊、摩擦以及遇有機物或硫磺等易燃的無機物，極易引起燃燒或爆炸的強氧化劑。
- (6) 受撞擊、摩擦或與氧化劑、有機物接觸時能引起燃燒或爆炸的物質。

B. 乙類：

- (1) 閃燃點大於等於 28°C，但小於 60°C 的液體。
- (2) 爆炸下限大於等於 10% 的氣體。
- (3) 不屬於甲類的氧化劑。
- (4) 不屬於甲類的化學易燃危險固體。
- (5) 助燃氣體。
- (6) 常溫下與空氣接觸能緩慢氧化，積熱不散引起自燃的物品。

C. 丙類：

- (1) 閃燃點大於等於 60°C 的液體。
- (2) 可燃固體。(難燃物品、不燃物品的可燃包裝重量超過物品本身重量 1/4 時，應為丙類)

D. 丁類：

- (1) 難燃燒物品，如自熄性塑膠及其製品。
- (2) 酚醛泡沫塑料及其製品，水泥刨花板。

E. 戊類：

- (1) 不燃物品，如鋼材、鋁材、玻璃及其製品。
- (2) 陶瓷製品，岩棉、陶瓷棉、礦棉、石膏及其紙製品。

(3) 水泥。

2. 構造耐火時效要求，如表 3-5 所示：

表 3-5 大陸 GBJ 16-87 建築物構件燃燒性能和耐火時效 [23]

耐火等級 時效(h)		耐火等級 (小時)			
		一級	二級	三級	四級
構件	防火牆	不燃燒體	不燃燒體	不燃燒體	不燃燒體
		4	4	4	4
	承重牆	不燃燒體	不燃燒體	不燃燒體	難燃燒體
		3	2.5	2.5	0.5
	非承重外牆	不燃燒體	不燃燒體	不燃燒體	難燃燒體
		1	1	0.5	0.25
	房間隔牆	不燃燒體	不燃燒體	不燃燒體	難燃燒體
		0.75	0.5	0.5	0.25
柱	支撐多層柱	不燃燒體	不燃燒體	不燃燒體	難燃燒體
		3	2.5	2.5	0.5
	支撐單層柱	不燃燒體	不燃燒體	不燃燒體	燃燒體
		2.5	2	2	
梁	不燃燒體	不燃燒體	不燃燒體	難燃燒體	
	2	1.5	1	0.5	
樓板	不燃燒體	不燃燒體	不燃燒體	難燃燒體	
	1.5	1	0.5	0.25	
屋頂承重構件	不燃燒體	不燃燒體	燃燒體	燃燒體	
	1.5	0.5			
疏散樓梯	不燃燒體	不燃燒體	不燃燒體	燃燒體	
	1.5	1	1		

(資料來源：大陸 GBJ 16-87，建築設計防火規範)

3. 高層倉庫耐火等級、層數及最大允許建築面積、防火區劃面積之規定，如表 3-6 所示。

表 3-6 高層儲存倉庫最大建築面積與最大防火區劃面積

儲存物類別		構造耐火等級	倉庫最大建築面積 (m ²)	最大防火區劃面積 (m ²)	地下室半地下室防火區劃面積 (m ²)	樓層數
甲類	3、4	一級	-	-	-	1
	1、2、5、6	一、二級	-	-	-	1
乙類	1、3、4	一、二級	-	-	-	3
		三級	-	-	-	1
	2、5、6	一、二級	-	-	-	5
		三級	-	-	-	1
丙類	1	一、二級	-	-	150	5
		三級	-	-	-	1
	2	一、二級	4000	1000	300	不限
		三級	-	-	-	3
丁類	一、二級	4800	1200	500	不限	
	三級	-	-	-	3	
	四級	-	-	-	1	
戊類	一、二級	6000	1500	1000	不限	
	三級	-	-	-	3	
	四級	-	-	-	1	

(資料來源：大陸 GBJ 16-87，建築設計防火規範)

註 1：高架倉庫耐火等級不應低於二級。

註 2：倉儲內設置自動滅火系統時，每座倉儲最大允許佔地面積與最大防火區劃面積可按規定增加 1.0 倍。

大陸 GB 50084 自動噴水滅火系統規範(2001)，針對倉庫之規定如下：

1. 設置場所火災危險等級劃分，應符合下列規定：
 - (1)輕危險級
 - (2)中危險級：分 I 級、II 級

- (3)嚴重危險級：分 I 級、II 級
- (4)倉庫危險級：分 I 級、II 級、III 級
- 2. 設置場所的火災危險等級，應根據其用途、容納物品的火災荷載及室內空間條件等因素，在分析火災特點和熱氣流以驅動撒水頭開放及噴水到達的難易程度後確定。
- 3. 下列場所應採用設置快速影響早期抑制撒水頭的自動噴水滅火系統（ESFR）：
 - (1)貨品堆積高度大於或等於 4.5m 的倉庫危險級 I 級、II 級倉庫；
 - (2)貨品堆積高度大於或等於 3.5m 的倉庫危險級 III 級倉庫；
 - (3)儲存發泡類塑膠與橡膠的倉庫危險級 III 級倉庫。
- 4. 存在較多易燃液體的場所，宜按下列方式之一採用自動噴水泡沫聯用系統：
 - (1)採用泡沫滅火劑強化密閉式系統性能；
 - (2)噴淋系統前期噴水控火，後期噴泡沫強化滅火效能；
 - (3)噴淋系統前期噴泡沫滅火，後期噴水冷卻防止復燃。
- 5. 設置自動噴水滅火系統的倉庫，系統設計基本參數應符合下列規定：
 - (1) 堆積儲物倉庫不應低於表 5.0.5-1、表 5.0.5-2 的規定；
 - (2) 當 I 級、II 級倉庫中混雜儲存 III 級倉庫的貨品時不應低於表 5.0.5-6 的規定。
 - (3) 貨架儲物倉庫應採用鋼製貨架，並應採用通透層板，層板中通透部分的面積不應小於層板總面積的 50%。
 - (4) 採用木制貨架及採用封閉層板貨架的倉庫，應按堆積儲物倉庫設計。
 - (5) 倉庫採用 ESFR 撒水頭的系統設計基本參數不應低於表 5.0.6 的規定。
 - (6) 貨架儲物倉庫的最大淨空高度或最大儲物高度超過表 5.0.5-1～表 5.0.5-6、表 5.0.6 的規定時，應於貨架內置撒水頭。宜在自地面起每 4m 高度處設置一層貨架內置撒水頭。當撒水頭 $K=80$ 時，動作壓力不得小於 0.20MPa；當 $K=115$ 時，動作壓

力不得小於 2m。計算撒水頭數量不應小於表 5.0.7 的規定。貨架內置撒水頭上方的層間隔板應為實層板。

表 3-7 大陸 GB 50084 倉庫系統設計基本參數

火災危險等級	最大淨空高度 (m)	貨品最大堆積高度 (m)	撒水頭強度 (L/min · m ²)	作用面積 (m ²)	撒水頭壓力 (MPa)
倉庫危險級 I 級	9	4.5	12	200	0.1
倉庫危險級 II 級			16	300	
倉庫危險級 III 級	6.5	3.5	20	260	

(資料來源：大陸 GB-50084，自動噴水滅火系統設計規範)

註：系統不利點處之動作壓力，不應低於 0.05 MPa

表 3-8 大陸 GB 50084 倉庫設計基本參數

火災危險等級	最大淨空高度 (m)	貨品最大堆積高度 (m)	配水支管上撒水頭或配水支管之間距 (m)	作用面積內開放撒水頭 (m ²)	撒水頭最低動作壓力 (MPa)
倉庫危險級 I 級、II 級	9	7.5	3.7	12	0.34
倉庫危險級 III 級 (非發泡類)	9	7.5	3.3	12	0.34
倉庫危險級 I、II、III 級 (非發泡類)	12	10.5	3	12	0.5
倉庫危險級 III 級 (發泡類)	9	7.5	3	12	0.68

(資料來源：大陸 GB-50084，自動噴水滅火系統設計規範)

3.1.5 新加坡規定 [20]

1. 化學製品倉庫之防火安全需求

A. 規模限制

- (1) 化學物品或危害物質倉庫儲存第 3、4 及 5 類之有害物質，
防火系統所保護之最大樓地板面積及有害物類別如下：

表 3-9 新加坡防火系統所保護之最大樓地板面積

危害物等級	最大防火分區面積 (m ²)			
	K1	K2	K3	K4
3 及 4	≤ 50 m ²	≤ 200 m ²	≤ 600 m ²	≤ 900 m ²
2	≤ 100 m ²	≤ 400 m ²	≤ 2400 m ²	≤ 3600 m ²
1	≤ 400 m ²	≤ 2000 m ²	**	**

(資料來源：新加坡消防法規)

註** 無特別限制但須符合一般倉庫之防火規定

表 3-10 新加坡防火系統之有害物類別

種類	消防系統要求	
K1	相對小空間及低火災風險	DECAMS 之手動報警機
K2	自動監視	DECAMS 之火警偵測系統
K3	自動滅火系統	DECAMS 之自動撒水系統 (CP52)
K4	自動滅火系統(泡沫系統)	DECAMS 之自動泡沫系統

(資料來源：新加坡消防法規)

註1：參考表 1 之分類等級。

註2：消防系統限於使用於化學倉庫之防火分區，無論如何火警探測器（連接到 DECAMS）應該圍繞防火分區周圍的牆，若此化學倉庫沒有自動滅火系統保護（此規定僅適用於倉庫內經過建築物內部之出入口連接到其他區域）。

註3：不管任何消防系統之形式，防火分區牆之防火等級至少需 2 小時以上。第 3 類危害物儲存除了天花板可使用符合 M&E 要求的防火板之外，其他應為石造建築（所有地板應為石造結構且防火等級至少需 2 小時以上）。

- 註4：不同類別且不相容之化學物質，應以 2 小時防火時效牆分開儲存。
- 註5：地下室不可儲存有害物質。
- 註6：第 2 類有害物質需遵循危害等級 1 之要求規定，防火分區大小及防火設備種類。
- 註7：防火鐵捲門不可使用於防火分區之隔間，出入口之防火鐵捲門需與附近偵煙系統或/及建築物之火警偵測系統連動：

- (2) 壓縮氣體 (第 2 類)、可燃性液體 (第 3 類)、可燃性固體 (第 4.2 及 4.3 類)、氧化劑(第 5.1 類)及有機過氧化物(第 5.2 類)之儲存除了其他規定外，應只能儲存於建築物的地面層且至少一面牆對外開放。
- (3) 可燃性固體(第 4.1 類)允許儲存於地面層以上但高度不可超過 24 m 且儲存量不可大於 200 kg/m²之樓地板面積。
- (4) 壓縮氣體鋼瓶(第 2 類)，若車輛引道可讓 24 噸消防車可直接救援至儲存區域，則允許儲存於地面層以上但高度不可超過 24m。
- (5) 第 2 類危害物質，儲存時必須平放於地板上且不可堆疊。
- (6) 壓縮氣體 (第 2 類)之儲存、使用及處理必須符合 NFPA 55 之規定，且可能允許儲存於地面層以上之樓層。
- (7) 自動撒水系統保護之倉庫，若為單層之倉庫，其儲存高度不可大於 18m；若為多樓層建物，其第一層之儲存高度不可大於 15m。第 3 類危害物質其儲存高度必須符合 NFPA 30 (依危害物質之閃火點而定) 3.6m 之管制。
- (8) 氧化劑 (第 5.1 類，固體或液體)之儲存，必須符合 NFPA 430 或 AS 4326 之規定
- (9) 有機過氧化物 (第 5.2 類) 之儲存，必須符合 NFPA 432 or AS 2714 之規定。
- (10) 無隔間之化學物品或危害物質倉庫應該包含一個樓層以上。
- (11) 物質安全資料表 (MSDS) 之建議事項必須遵守。

(12) 經認可之危害物倉庫/儲存布置方式 (參照 TFP/FSC 之規定) 必須容易檢查且在程序書內標示清楚。

B. 救難通道之提供

(1) 消防車通道必須提供給消防工作使用。通道的長度基於整個倉庫的立體寬度，必須符合下表規定：

表 3-11 新加坡無自動撒水系統之救難通道長度規定

無自動撒水系統保護	
範圍	通道長度
< 7,100m ³	1/6 perimeter (min 15m)
< 14,200m ³	1/4 perimeter
< 28,400m ³	1/2 perimeter
< 42,400m ³	3/4 perimeter
> 42,400m ³	island site access

(資料來源：新加坡消防法規)

表 3-12 新加坡有自動撒水系統之救難通道長度規定

自動撒水系統保護	
範圍	通道長度
< 14,200m ³	1/6 perimeter (min 15m)
< 28,400m ³	1/4 perimeter
< 42,400m ³	1/2 perimeter
< 56,800m ³	3/4 perimeter
> 56,800m ³	island site access

(資料來源：新加坡消防法規)

(2) 倉庫至少一面外牆必須直接面對開放空間 (例如草坪) 至少寬 2m。由消防車進入通道, 沿著倉庫外牆每 30m (K1 類) 或 15m (K2 類) 至少要有一個出入口, 以便消防隊容易進入滅火。

- (3) K3 及 K4 類之防火分區，至少一面外牆必須直接面對消防車進入通道。沿著倉庫外牆每 15m 至少要有兩個出入口（最少距離 15m），以便消防隊容易進入滅火。
- (4) K2、K3 及 K4 類防火分區之裝貨及卸貨（此區域也許有屋頂）必須面對開放空間區域實施。
- (5) K1 類防火分區，裝貨/卸貨區域（也許有屋頂）距離防火分區之進出門不可超過 10m（無自動撒水系統保護之建築物）及 15m（有自動撒水系統保護之建築物）；第 3 類危害物質，其液體危害物每一分區最大儲存量不可超過 3,000L（無自動撒水系統保護之建築物）或 5,000L（有自動撒水系統保護之建築物）。
- (6) 第 4.1 類危害物質地面上之儲存，消防車通道及相關之 FAPs 必須圍繞整個儲存區。

C. 自設消防栓之水源

- (1) 消防栓之水源必須符合下列規範：
 - a. K1 及 K2 類防火分區之消防栓水源，允許由公設消防水系統供給。此水源供給系統，必須符合消防法規 4.4.2 (a) 款之規定。
 - b. K3 及 K4 類防火分區必須具備專設消防泵、消防栓及儲存設施。此水源供給系統必須符合消防法規 4.4.2 (a) 款附表之規定維持至少 3.5 bars 之運轉壓力（必須依照個別緊急應變計畫及 SOP 設計）。
- (2) 儲存危害物質倉庫之溢流控制及滯水池必須符合 SS 532，NEA 及 NFPA 30 之規定。要求由此二次圍阻（如防液堤）必須在安全區域設計閘閥，以便消防隊員在緊急時，可操作此閘閥，將危害物質直接引流到安全區域或排水管。

D. 機械通風系統

- (1) 第 3 類危害物質儲存倉庫之通風系統必須符合 SS 532 之規定，其煙霧控制系統必須符合一般倉庫之要求。

- (2) 第 2 類危害物質儲存倉庫之通風系統必須符合 NFPA 55 之規定。
- (3) 排除蒸發氣體之機械通風系統必須與煙霧控制系統連鎖，以確保彼此不會受到另一系統動作之影響。
- (4) 通風系統必須設計到能提供防護區內所有區域之空氣流通以避免蒸發氣體累積，且必須避免通風系統發生短路現象。
- (5) 新鮮空氣吸氣口及排氣口必須依據氣體或蒸發氣體之特性，決定適當的位置，以便有害氣體能被排出。
- (6) 危害物質儲存區域之空調系統及 M/V 系統不可與其他區域共用。

E. 滅火器

- (1) 滅火器之設置必須符合 CP 55、SS532 及其他相關標準之規定。亦可參考相關 MSDS 及製造廠家或供應商之建議。
- (2) 外加可移動之 50 kg ABC (泡沫或乾粉) 滅火器，其藥劑放射軟管至少需 6 m 長，以便能夠防護危害物第 2、3、4 級之 K2、K3 及 K4 類防火分區之裝貨/卸貨區域。由裝貨/卸貨區域任何地點(包括停車場區域)到 50 kg 滅火器之距離，不可大於 15 m。
- (3) K1 類防火分區，若其所有有害物儲存區域大於 100 m²時，則需設置可移動之 50 kg 滅火器。

F. 決定出口需求

- (1) 化學物品/危害物質倉庫步行距離之決定必須依照消防法規表 2.2 A，無自動撒水系統保護之建築物為 10 m/20 m、有自動撒水系統保護之建築物為 20 m/35 m。
- (2) 所有進出口門之兩側必須標示適當之危險及警告之標示。

2. 一般倉庫防火安全要求

A. 防火分區

(1) 防火分區大小不可超過本指引表 1 之最大允許尺寸，此尺寸取決於倉庫之消防系統種類及位置。

(2) 防火分區之尺寸限制，也許可以藉由使用防火鐵捲門而達成。應安裝防護區域偵煙探測器以引動防火鐵捲門。建築物之火警自動警報系統亦需連動防火鐵捲門，以作為後備引動系統。

註：防護區域煙霧偵測系統，必須提供蜂鳴聲響以分區警示於主火警盤，無論如何，不需引動一般之火災警報聲響。

(3) 倉庫及裝貨/卸貨區域(或臨時儲存區)必須以防火分區分隔(遵守第 3.2 款之要求)除了：

a. 倉庫為單層單用途或多層單用途者，其裝貨/卸貨區域鄰接外部空間；或

b. 裝貨/卸貨(或臨時臺架)上方屋頂區域鄰接外部空間不超過 3m。

註：在裝貨/卸貨區域及倉庫儲存區之間之天花板，必須具備由向下垂懸 1m 之防火牆，除了第 3.3(ii) 款以外。

(4) 防火分區大小限制，規定於表 1，應包括裝貨/卸貨(或臨時臺架)區域，若倉庫區域到裝貨/卸貨(或臨時臺架)區域無防火分區分隔；整個倉庫包括裝貨/卸貨(或臨時臺架)及汽車道區域有自動撒水系統保護及煙霧控制系統保護之倉庫不適用於表 1。

註：此條款不適用於裝貨/卸貨(或臨時臺架)上方屋頂區域，鄰接外部空間不超過 3m 之狀況

B. 自動撒水系統保護

(1) 若倉庫之防火分區尺寸超過本指引表 3-11 之最大允許尺寸，則必須裝設自動撒水系統。

(2) 在高架儲存倉庫之自動撒水系統必須延伸涵蓋出入平臺。倉庫平臺的支撐結構其防火時效必須與倉庫之結構一致。

C. 儲存高度管控

- (1) 依照 CP52，倉庫牆面上必須具有指示標誌(包括裝貨/卸貨或臨時臺架區域)以便於控制最大允許儲存高度並且維持撒水頭下之最小空間。
- (2) 圍繞倉庫周圍的牆面上必須劃上 50mm 寬的紅線並標示“儲存高度不可高於此線”。沿著紅線之文字標示間隔不可大於 30m。
- (3) 文字標示之字樣大小，不可小於 100mm。
- (4) 儲存高度限制必須清楚標示於平面圖上。為易於符合此條款，合格之人員需向倉庫所有人及倉庫管理人告知撒水頭下之最小空間及儲存高度限制，以利倉庫的使用。
- (5) 裝貨/卸貨(或臨時臺架)區域之臨時貨物需遵守 CP52 表 21(A) 儲存高度之限制。對於無自動撒水系統保護之倉庫，儲存高度限制為 2.5m。

D. 煙霧控制

- (1) 煙霧控制，必須符合本指引表 3-12 之規定，如煙霧排出、煙霧沖淨或設計煙霧控制系統，必須依照防火分區大小及消防系統之型式而決定。
- (2) 煙霧排出
 - a. 煙霧排出(參考表 2) 需為永久且有效的開口，必須遵守表 2 或表 2A.之規定，使用玻璃或壁板作為煙霧排出口時，必須設計為自動啟動式，才能被接受。
 - b. 垂直煙霧排出口之最小尺寸為 400 mm (長) X 600 mm (高) 及水平煙霧排出口(屋頂或天花板) 必須大於 0.25m^2 。
 - c. 倉庫內任一區域，由任何水平或垂直煙霧排出口量測，在規定距離內必須有一煙霧排出口(參考表 2 或表 2A)。
 - d. 所有的煙霧排出口必須沿著倉庫周圍最高且無阻礙物處設置。

(3) 煙霧沖淨系統

- a. 自動撒水系統保護之倉庫允許由煙霧沖淨系統取代煙霧排出。
- b. 煙霧沖淨系統必須符合消防規定 7.1.9 條款。

(4) 設計式煙霧控制系統

- a. 若倉庫各自之防火分區之樓地板面積大於 5,000 m² 或平面層以外之樓層樓地板面積大於 2,000 m²，則必須使用設計式煙霧控制系統。
- b. 設計式煙霧控制系統必須符合防火法規或經 FSSD 認可之同等標準設計及安裝。
- c. 設計式煙霧控制系統設計計算時使用之火災大小必須經 SCDF 同意

E. 滅火器

- (1) 必須依照 SS CP55 提供滅火器。
- (2) 倉儲之危害物分類必須依照 SS CP52 表 21(A)及表 21(B) 之規定，且依儲存物高度及倉儲高度而定。在 SS CP52 之一般危害物分類應該與 SS CP55 之中等危害物相當。

- F. 其他防火安全要求：其他防火安全要求，如避難方式，建築結構上的防火措施，外部消防戰力的準備，消防立管，水帶軟管系統，火災警報系統，緊急照明，避難指標，緊急通訊系統，火警控制指揮中心，消防隊專用電梯及緊急電力供應系統等，必須依照消防法規設置。

表 3-13 新加坡一般倉庫之防火分區大小及儲存高度

倉庫位置	項目	自動撒水系統保護	無自動撒水系統保護*	
		儲存危害物	儲存危害物	
		All	Normal	High
單樓層倉庫	每分區最大地板面積	12,000 m ²	3,000 m ²	2,000 m ²
	每分區最大容積	NC	12,000 m ³	7,500 m ³
	最大儲存高度	18 m	+Ref Table 21(A) &(B) of P52	12 m
倉庫位於多樓層倉庫之第一層	每分區最大地板面積	12,000 m ²	3,000 m ²	2,000 m ²
	每分區最大容積	NC	12,000 m ³	7,500 m ³
	最大儲存高度	15 m	+Ref Table 21(A) & (B) of CP52	12 m
多樓層倉庫 有行車引道 最小之負載 重量為 24 噸 有乾式立管	每分區最大地板面積	9,000 m ²	3,000 m ²	2,000 m ²
	每分區最大容積	NC	12,000 m ³	7,500 m ³
	最大儲存高度	15 m	+Ref Table 21(A) & (B) of CP52	12 m
多樓層倉庫 無行車引道	每分區最大地板面積	6,000 m ²	3,000 m ²	2,000 m ²
	每分區最大容積	NC	12,000 m ³	7,500 m ³
	最大儲存高度	15 m	+Ref Table 21(A) & (B) of CP52	12 m
地下層倉庫	每分區最大地板面積	3,000 m ²	NP	NP
	每分區最大容積	12,000 m ³	NP	NP
	最大儲存高度	12 m	NP	NP

(資料來源：新加坡消防法規)

註1：NC = 不管制，NP = 不允許

註2：* 必須完全符合消防法規 3.2.7(a) 及 1.2.39(d) 條款之規定。

註3：+ 儲存高度不可超過各種不同分類之一般危害物保護規定（可參考下列之表 1A 或表 1B）

表 3-14 新加坡一般煙霧控制要求

倉庫位置	防火分區大小	提供自動 撒水系統	需要煙霧控制系統
地面層 以上	≤ 100 m ²	no	NR
	>100 m ² and ≤ 400 m ²	no	a Smoke vent (最小開口百分比依表 2A 規定)
	>400 m ² to size limit of Table 1	no	b Smoke vent (20% / 12m)
	≤ 700 m ²	yes	NR
	>700 m ² and ≤ 5,000 m ²	yes	cSmoke vent or + purging system
	>5,000 m ²	yes	設計煙控系統
地面層 以下 (*地下層)	≤ 2,000 m ²	yes	cSmoke vent or + purging system
	>2,000 m ²	yes	設計煙控系統

(資料來源：新加坡消防法規)

註1：NR = 不需要。

註2：基於樓地板面積之最小煙霧排出口大小如表 2A。

註3：煙霧排出口之大小至少為樓地板面積之 20%，且倉庫內任何區域在 12m 距離內必有一煙霧排出口。

註4：煙霧排出口必須符合防火法規第 7.4.2 條款（沿著防火分區或地下層的周圍適當及平均的分佈）。

註5：+ 煙霧沖淨系統必須符合消防規定 7.1.9 條款。（在防火分區或地下層內適當及平均的分佈）。

註6：* 煙霧控制系統除了受保護的避難樓梯、電梯豎井及機電豎井外，必須提供到整個地下層區域。

表 3-15 新加坡儲存之種類與格架高度規定

儲存之種類	整體格架高度(m)	
	非包裹性的儲存	包裹性的儲存
1	4.0	3.00
2	3.0	2.25
3	2.1	1.60
4	1.2	0.90
專有名詞“貯藏”及“儲存”包括入庫或臨時放置之貨物或進行加工之材料。		

(資料來源：新加坡消防法規)

表 3-16 新加坡儲存之種類與格架高度規定

儲存之種類	整體格架高度(m)	
	非包裹性的儲存	包裹性的儲存
1	3.5	2.7
2	2.6	2.0
3	1.7	1.3
4	1.2	0.9
專有名詞“貯藏”及“儲存”包括入庫或臨時放置之貨物或進行加工之材料。		

(資料來源：新加坡消防法規)

表 3-17 新加坡無自動撒水系統之煙霧排出口要求

依樓地板面積核算之最小排煙口大小	倉庫內任何區域在此距離內必有一煙霧排出口(由任何水平或垂直煙霧排出口量測，均需包含倉庫內所有區域)
2.5%	12 m
5.0%	15 m
10.0%	18 m
15.0%	21 m
20.0%	24 m

(資料來源：新加坡消防法規)

3. 水量需求

濕式立管系統之消防水供應

- (1) 防火安全及避難部門(FSSD)近來著手研究濕式立管系統之消防水供應。重新探討之主要目的為決定濕式立管系統實務上所需的消防水流率及最大的消防水儲存容量，包括多層儲存的立管系統。基於實際上建築物設置的濕式立管系統，如自動撒水系統及在火場佈署數個消防水管，此研究顯示目前SSCP 29 的消防泵流量及消防水儲存容量可以再減少。減少消防水供應要求將導致較小的空間要求並且減少建築物結構之負載。
- (2) 因此，工程師可以應用以下的消防水供應要求，來設計濕管系統。
- (3) 最小之消防水儲存容量必須能夠供應下表所述之流量維持SSCP 29 指定之時間

表 3-18 新加坡消防用水水流率相關規定

樓層數	非住宅建築物之水流率	住宅建築物之水流率
1	38 l/s	27 l/s
2	57 l/s	40.5 l/s
3	76 l/s	54 l/s
4 及以上	95 l/s	67.5 l/s

(資料來源：新加坡消防法規)

- (4) 本公告之內容提供濕式立管系統安裝於新的或既存建築物之替代設計方法之規定且應立即生效。

第二節 各國倉儲防火規定之比較

火災的初期，不論燃燒現場之溫度或範圍為何，掌握滅火時效及時進行滅火動作，皆可輕易且快速地撲滅火災；如未能即時處理，導致火災擴大後，因燃燒高溫而伴隨之熱輻射，對於未燃燒可燃貨物之預熱效應，將加速火災蔓延及擴大，危害程度往往相當劇烈。因此倉儲庫房之消防目標，係將火災消滅於初期，將火災引起之人員傷亡與財物損失減至最小。各先進國家設定倉儲庫房火災搶救，其主要之手法，係依靠倉儲庫房自身之消防滅火設備。

一般倉儲庫房自身之滅火設備包含：

1. 消防水源。
2. 消防泵 (pump)。
3. 消防管線系統。
4. 消防栓。
5. 自動撒水系統。
6. 消防送水口。
7. 消防車。
8. 滅火器。
9. 泡沫系統。
10. 消防搶救必要裝備 (如空氣呼吸器、消防衣等)。

一般消防搶救單位到達後，於火場可提供支援的緊急應變器材與設備，如下所示：

1. 水箱消防車、化學消防車、消防船。
2. 移動式消防砲塔。
3. 各式泡沫原液及各式乾粉滅火藥劑。
4. 消防機械及車輛 (屈折式雲梯車、高效能消防車、水箱車、高低壓車、切斷器等)。
5. 救護車、急救箱、氧氣桶等救生設備。
6. 碳石吸收劑、木屑吸收劑、油柵、浮柵、鹼式中和劑、酸式中和劑。

7. 消防衣、攜帶型空氣呼吸器、空氣供應式呼吸器、防毒口罩、防毒面具、有機或毒性濾毒罐、偵測儀、防護衣。
8. 挖土機、起重機、推土機等。

3.2.1 美國倉儲庫房消防設備設置規範

1. 泡沫滅火系統：針對防護對象物進行設置與區分。
2. 撒水滅火系統：針對空間分類設置與區分。
3. 水霧滅火系統：
 - A. 易燃性氣體和易燃性液體。
 - B. 電氣危害（如變壓器、油開關、電動機、電纜托盤和電報等設備之運轉過程中）。
 - C. 一般可燃物（如紙、木頭和紡織品）。
 - D. 危險固體，如火箭固體燃料（propellants）、製造煙火原料等。
 - E. 潛在爆炸危險區域

3.2.2 日本倉儲庫房消防設備設置規範

1. 日本總務省消防廳，對於倉儲庫房之儲存、使用、處理危害物等，若有發生危險之虞者，除消防法中有明文規定外，另制訂其他相關法規。
2. 其他相關法規包括：石油工業區災害防止法、石油工業區災害防止法施行令、高壓氣體保安規則及氣體事業法等。
3. 以上法規中對於危險物之設置規範皆有明文規定。

3.2.3 國內現行規定與國外規定之比較

1. 美日與國內消防安全設備設置規定之比較
 - A. 在美國方面，NFPA 訂定相關消防安全設備設置規定，其中包括泡沫滅火系統、撒水滅火系統、水霧滅火系統等。
 - B. 在日本方面，消防安全設備設置管理之相關法規，包括消防法、消防法施行規則、消防法施行令與石油工業區災害防止法施行令等。

- C. 國內對消防安全設備設置與管理，主要以各類場所消防安全設備設置標準為主。

2. 美日與國內防救災體系比較

- A. 美國其與工業廠房相關之「火災爆炸防止」規範，主要訂定在 NFPA 11, NFPA 13, NFPA 15, NFPA 16 及 NFPA 30。
- B. NFPA 318 規範為半導體製造廠的防護規範 (Standard for the Protection of Semiconductor Fabrication Facilities)。
- C. NFPA 471 規範為危害物質事故應變實務建議 (Recommended Practice for Responding to Hazardous Materials Incidents)。主要之內容，乃當事業單位自身發生危害物質事故時，提出實務上的建議。
- D. 日本之消防組織體系，並不隸屬於任何行政單位，而同為地方政府所轄的單位，消防行政為地方縣市政府之職責。
- E. 日本消防組織體系之特點，在於全國之消防法及組織法統一。在消防廳除了設有總務、消防、預防、防災、安全急救五課外，另設有消防科學研究所，消防大學及消防審議委員會等，三個附屬單位。
- F. 國內方面，勞工安全衛生設施規則，「第八章 爆炸、火災及之防止」，對於與工業廠房相關之爆炸、火災、腐蝕、洩漏防止，訂定必要規範。
- G. 國內之勞工安全衛生法與勞動檢查法之相關法令條文中，對於緊急應變並無任何規範，僅在危險性工作場所審查暨檢查辦法中，要求甲、乙和丙類等，危險性工作場所檢附資料中，必須包括事業單位的緊急應變計畫。
- H. 國內災害防救法規範之內容，與緊急應變相關規定息息相關。

3.2.4 倉儲類建築物構造及使用空間之特性

1. 區劃特殊、門窗數量少

倉儲類建築物多屬封閉之區劃空間，門、窗數量很少。一旦起火，大量的煙、熱會聚集在庫房內部難以排除。

2. 廠房寬廣、人員密度小

倉儲類建築物為配合不同用途、配合不同設備儀器之擺設及為便於快速儲存選取貨物等需求，廠房大多屬於寬敞且高大建築物。再者大量使用自動化儀器及設備，使得廠房內部人員密度小。由於作業人員之工作範圍，常侷限於電腦面板操作區域，或操作機械之控制區域。並不熟悉庫房其他區域。當不幸發生火災或者警報設備故障而延誤火災通報時，將無法及時發現火災，更無法進行必要之救災救護等應變行動。

3. 管線複雜、貨物數量多

倉儲類建築物存放各種連接儀器、機具設備、化學氣體及化學液體，其中不乏易燃、易爆的液體或氣體，萬一發生洩漏，將引起火災或爆炸事故。

4. 貨物密集、運轉時間長

倉儲類建築物為充分利用有限空間。因此常發生於單位面積內儲存過多數量之貨物或儲存貨物之高度過高。除逃生避難之動線，極易因此而遭受阻礙與干擾外，自動消防滅火設備及搶救設備常被過多或是過高之貨物遮蔽而喪失其應有之功能。除此之外，消防設備或搶救設備大多固定在室內，不易移動，過多或是過高之貨物造成之防護死角因此而相對增加，且易造成火災確認困難，短時間內不易找到起火點，不易立即進行滅火作業，而無法達到初期滅火及防制火勢成長之目的，進而造成火勢蔓延與擴大，而使人員傷亡及財物損失大幅增加。

3.2.5 各國倉儲防火規定之比較

彙整分析各國有關倉儲防火規定以及消防設備管理辦法後。得知各國乃依照各自特有之消防科技、建築技術、地理環境及社會風氣等，訂定出可以適用於該國風土民情之特有法令規章。

各國有關倉儲防火規定、消防安全設備以及其對應之管理辦法（包括：自動撒水設備、防火區劃、防火構造及排煙設備等），各有特色、不盡相同，而無明確統一之比較基準，可進行比對分析。再者各國之法令規範，本研究業已採用條列方式呈現於報告中，為了避免僅徒增篇幅，為了使研究成果更能凸顯出其應用與參考價值，為了使本研究成果對於解決政府及業界關切之相關問題更有助益。本研究將以原則性、特殊性及共通性等重要關鍵因子進行相關比較，進而使研究成果更趨於完備。本研究依照已經收集到之各國相關防火規定或資料，進行彙整與簡要比較，如表 3-19 所示。

表 3-19 各國相關防火規定之簡要比較

項目	我國	中國大陸	美國	新加坡
一般物品儲存及分類之規定	◎	◎	◎	◎
危險物品儲存及分類之規定	◎	◎	◎	◎
儲存貨架之規定	◎	※	◎	◎
木棧板、容器及包裝材質之規定	※	※	◎	◎
儲存塑膠與橡膠之規定	◎	◎	◎	※
儲存物品儲存高度之規定	◎	◎	◎	◎
儲存場所面積之規定	◎	◎	◎	◎
儲存場所建築構造或裝修之規定	◎	◎	◎	◎
自動撒水系統之規定	◎	◎	◎	◎
消防撒水頭之規定	◎	◎	◎	◎
火警探測設備之規定	◎	※	◎	◎
加壓送水裝置之規定	◎	◎	◎	◎
火警警報設備之規定	◎	※	◎	◎

(資料來源：本研究整理)

註：「◎」代表：已有相關規定，「※」代表：資料未收集。

綜合整理各國倉儲防火安全規定之後，得知國際間針對儲存倉庫之防護手法及著重方向，首重於儲存物品之分類。各國之分類方式，大致上區分為兩大區塊，分別為「儲存一般物品」及「儲存危險物品」。上述之分類原則，乃依照儲存物品自身之性質與特性予以分類，並根據其危險程度，給予必要之防護方法與規定；儲存危險性較低貨物者，其防護能力與防護設備數量應低於儲存危險性較高貨物者。

其次，針對儲存物品外在環境因素，給予規定及限制（例如：儲存物品之儲存高度）。有些國家（例如：美國 NFPA）對於儲存物品所使用之棧板、儲存盒，甚至包裝儲存物品之材料，皆予以詳細規範。由於儲存貨物之高度與儲存貨架之高度有關，在建築物高度受限情況下，當貨架高度愈高則單位面積內（基地面積或樓地板面積），可以容納之貨物件數相對減少。此現象影響業者儲存、轉運及配銷能力甚鉅。

如上所述，當貨架高度及建築物自身高度確定後，則單位面積內儲存之貨物數量（儲存密度），將可確立。當基地面積愈大，則可儲存之物品愈多，而儲存可燃性物品愈多，則火災危害度愈大（火災潛勢愈大）。換言之，當儲存倉庫規模過大時，若不幸發生火災，將無法於短時間內予以控制或撲滅，勢必嚴重影響廠內及周遭工作人員生命財產安全，並可能因火勢蔓延而波及鄰近之建築物，而不再是單棟建築物火災，極有可能擴大形成區域性火災，此現象不僅造成民眾心理恐慌，亦使社會資源遭受莫大損失。因此，國際間先進國家，對於儲存倉庫之「樓地板面積」及「儲存倉庫構造或裝修材料」之性質及型式，給予必要之規定與限制。

最後，藉由綜合整理各國之文獻與法規資料得知，儲存倉庫發生火災後，為降低人員傷亡數量及財物損失，國外主管防火安全之政府機關或民間機構，大多採用自動撒水系統（包括配套設備：消防撒水頭及加壓送水裝置等）為其首要之防護手法。其次才選用其他滅火系統（自動泡沫滅火系統或自動乾粉滅火系統）。基於儲存倉庫之空間過於龐大，不容易維持所需滅火濃度，不容易達到冷卻或窒息之效果。因此各國對於儲存倉庫之防護方法，較少選用 CO₂ 滅火系統或水霧滅火系統。

藉由各國防火安全相關規定得知，當儲存倉庫業者使用自動撒水系統，且自動撒水系統之數量及能力，能夠達到「初期滅火」及「有效控制火勢」之目的時，則可有條件放寬儲存倉庫之「樓地板面積」或「儲存空間體積」。目前採行放寬規定之國家，包括美國、新加坡及中國大陸。

比較分析各國儲存倉庫之相關規定得知，美國規範內容最為詳盡，且其適用對象最為廣泛。至於，新加坡之規定亦相當精簡而完備。中國大陸訂定之相關規定，大多承襲美國 NFPA 之精神與原則。然而，針對本研究課題（自動化倉儲防火規定之研究）而言，目前世界各國並無明確且專屬之法律規範可供依循，大多認定自動化倉儲歸屬倉儲類建築物，並以倉儲類建築物之相關法令予以涵蓋及規範。

第四章 自動化倉儲調查與國內外火災案例分析

第一節 國內自動化倉儲調查

本次參訪儲存倉庫之廠商位於台北市內湖區，建築本體設計為地下一樓，地上一樓（未再加以區分樓層），為儲存底片之儲存倉庫，本次參訪廠商之基本資料如下表：

表 4-1 國內自動化倉儲實地調查表

公司名稱	A 公司		
倉儲地址	台北市內湖區	建築規模	地下一樓，地上一樓
調查時間	98.06.11	建築高度	約 17 公尺高
儲存物品型式	空調 (20°C)	貨架型式	高架立體貨架
儲存物品	底片	特色	自動化儲存倉庫

(資料來源：本研究整理)

本自動化倉儲設置於民國 97 年，為庫架合一式立體倉儲，通過內政部檢測獲頒防火建築標章，外牆以烤漆鋼板及保溫材料組合而成，無特殊防火材料，內部以貨架作為主要結構。

貨架共有 17 層，每層設有複數儲物單元，並各自設有撒水設備。機械取貨叉車共有三具，接受指令取出貨物後送至艙門出口，由軌道式無人載貨車運送至卸（取）貨物區等待卸（取）貨物，機械取貨叉車及載貨車皆有紅外線感應設備，發現路徑上有異物會立即停止動作並發出警報。所使用之棧板除了機械叉車所使用之塑膠棧板外，還有金屬及木製棧板，塑膠及木材皆是易燃物品，在預防火災方面要特別注意。如附圖所示：



圖 4-1 自動倉儲外觀

(資料來源：本研究整理)



圖 4-2 軌道式無人載貨車

(資料來源：本研究整理)



圖 4-3 卸貨區輸送帶

(資料來源：本研究整理)



圖 4-4 載貨車從取貨叉車取貨

(資料來源：本研究整理)



圖 4-5 自動化機械取貨叉車

(資料來源：本研究整理)



圖 4-6 倉庫內設有緊急通報設備及消防栓

(資料來源：本研究整理)



圖 4-7 每層貨架皆設有撒水設備

(資料來源：本研究整理)



圖 4-8 貨物堆疊一覽

(資料來源：本研究整理)

第二節 國內外火災案例調查

根據內政部消防署最新的火災統計資料【內政部消防署全球資訊網站，網址：<http://www.nfa.gov.tw/index.aspx>】，台灣地區每年(87~97年)平均火災發生次數約為 9,670 件，每年平均死亡人數約 191 人、受傷人數約為 603 人，直接財物損失每年平均約為新台幣 33 億元，如表 4-2 所示；由上述火災統計結果可知，台灣地區火災事件嚴重影響國內的民生和經濟。另外，由內政部消防統計資料 87~97 年建築物火災起火分類統計，如表 4-3 所示，顯示台灣地區，平均每年約有 772 件倉庫或工廠起火事件，占總建築物起火件數之 19.57% (其中倉庫約占 7%)，可見倉儲類建築物在我國建築物起火統計中，佔有一定比例，倉儲類建築物一旦發生重大職災或工安事故時，除造成廠商自身生命與財產嚴重損失、消防搶救人員安全造成嚴重威脅以外，由於大量高價值機具、原料、半成品與成品等貨物堆放於倉庫內，一旦發生火災往往造成人員生命傷亡及財產嚴重損失，不可小覷。

美國防火協會 2001 年火災統計資料，在 47,785 件的火災事件中，倉儲類火災占 18.1%，火災死亡人數倉庫類建築占 23.4%，排名最高；當年倉儲類火災財物損失占 16.7%，排名第三。[24]

美國防火協會於 1984~1989 年六年間，針對倉儲火災 (包括車庫火災) 的起火原因與損失金額，進行統計分析如表 4-4 所示。由統計之資料發現，不論火災原因或是財物損失，皆以放火或疑似縱火為最高，值得警惕 [12]。邱文豐、張慶進、湯文烈，「高架儲存倉庫消防安全設備設計規範之研究」，財團法人中華顧問工程司，1999/12。

根據 1997 年美國工業風險學會 (IRI) 的火災統計，證實倉儲類建築物火災案例中，貨架高度與火災損失金額兩者之關係，如表 4-5 所示。由表 4-5 顯示，倉儲高度愈高，火災發生時財物損失金額愈大的趨勢 [25]。

另外，英國於 1981~1990 年十年間，針對倉儲類建築物進行相關的火災統計分析 [26]。得知，每年火災發生件數與財物損失金額，如表 4-6 所示；倉儲類建築物火災發生原因百分比，如表 4-7 所示，其中以蓄意縱火占 29% 最高；倉儲類建築物火災引燃物種類，如表 4-8 所示，一般包裝物占 27.5%，比例最高，紡織品占 13.2% 次之。

根據日本消防白皮書統計 [27]，日本的倉庫火災每年約發生 3,000 件。經分析，得知倉儲類建築物火災呈現之主要特點如下所示：

- 一、為無防火區劃之大空間，集中堆積量極大且高密度之儲存物品。物品種類繁多，如紙張、塑膠製品、日用百貨等。甚至，化學物易燃品、機電配件等，造成滅火不易及容易擴大延燒。
- 二、儲存物品即使是不燃材質，但因其收納容器、包裝材料、存放棧板等仍以可燃材料居多，火載量仍居高不下。
- 三、因為儲存物品量極大且高密度，故在火災初期很難被發現，造成火災擴大，警報系統及自動撒水設備無法有效作用，於短時間內燒毀大批貨品，造成龐大財物損失，後果極為嚴重。
- 四、儲存物品間之間隙變成煙囪效應之路徑，火焰向垂直方向急速竄燒，呈現火災急速擴大，危險性極高。
- 五、由於通路空間狹窄、自動機件設備眾多等障礙物，促使儲存倉庫內之滅火行動相當困難，加上開口少（窗、門等），所以由建築物外部之滅火行動，無法達到效果。倉庫內充滿濃煙，使避難、滅火活動變得更加困難。

表 4-2 台灣地區 87~97 年火災死傷人數、財物損失統計表

項目 年度	火災次數 總計	死亡人數	受傷人數	房屋損失 (千元)	財物損失 (千元)	合 計 (千元)
87 年	14,555	306	763	665,781	2,216,852	2,882,633
88 年	18,254	230	644	668,680	1,942,563	2,611,243
89 年	15,560	262	732	628,279	1,715,507	2,343,786
90 年	13,750	234	806	940,277	14,621,457	15,561,734
91 年	13,244	193	664	514,046	1,683,096	2,197,142
92 年	8,642	228	768	561,589	1,582,175	2,143,764
93 年	6,611	160	551	303,696	1,785,795	2,089,491
94 年	5,139	139	532	439,984	2,383,446	2,823,430
95 年	4,332	125	471	287,059	1,271,801	1,558,860
96 年	3,392	120	398	257,934	1,034,330	1,292,264
97 年	2,886	101	304	180,607	1,294,288	1,474,895
合 計	106,365	2,098	6,633	5,447,932	31,530,575	36,978,507
平 均	9,670	191	603	495,267	2,866,483	3,361,682

(資料來源：內政部統計年報) [28]

表 4-3 台灣地區 87~97 年建築物火災起火分類統計表

年度	起火總數	類型（按建築物類別分）						
		獨立住宅	集合住宅	辦公建築	商業建築	複合建築	工廠及倉庫	其它
87	5,671	2,524	1,118	76	304	123	1,153	373
88	5,969	2,495	1,279	94	357	187	1,167	390
89	5,216	2,156	1,031	85	249	136	1,172	387
90	5,075	2,095	1,157	78	255	163	964	363
91	4,499	1,961	888	89	207	170	835	349
92	3,754	1,613	692	66	206	147	748	282
93	3,340	1,363	786	65	174	86	599	267
94	3,054	1,262	771	69	155	57	519	221
95	2,746	1,104	617	63	150	36	534	242
96	2,200	889	452	54	126	38	418	223
97	1,885	791	380	44	95	41	385	149
合計	43,409	18,253	9,171	783	2,278	1,184	8,494	3,246
平均	3,946	1,659	834	71	207	108	772	295
比例	100.00	42.05	21.13	1.80	5.25	2.73	19.57	7.48

(資料來源：內政部統計年報) [28]

表 4-4 美國防火協會 1984~1989 年倉儲類火災原因、損失金額統計表

編號	起火原因	火災件數	比例(%)	損失金額(百萬美元)	比例(%)
1	放火或疑似縱火	8,100	24.5	191.2	37.0
2	明火、飛火	5,600	17.0	56.8	11.0
3	鄰房延燒	3,600	10.9	31.9	6.2
4	其他設備	3,400	10.3	69.1	13.4
5	輸配電系統	3,200	9.7	61.7	12.0
6	天然因素	2,500	7.6	35.4	6.9
7	加熱設備	2,000	6.1	33.8	6.5
8	孩童玩火	1,800	5.5	9.0	1.7
9	香煙煙蒂	1,100	3.3	8.1	1.6
10	其他熱源	700	2.1	8.3	1.6
11	器具或空調	700	2.1	9.9	1.9
12	炊具	300	0.9	1.1	0.2
合 計		33,000	100.0	516.3	100.0

(資料來源：美國防火協會，本研究整理)

表 4-5 美國工業風險學會 (IRI) 於 1997 年針對倉儲類火災統計表

序號	貨架高度 (呎)	平均損失金額 (美元)
1	0~15	96,860
2	16~25	327,000
3	26~75	1,000,000

(資料來源：美國工業風險學會美國防火協會，本研究整理)

表 4-6 英國於 1981~1990 年倉儲類建築物火災件數與損失金額

年份	1990	1989	1988	1987	1986	1985
火災件數	38	28	31	31	23	27
總損失 (單位:千鎊)	40,000	34,000	26,000	70,000	26,000	20,000
年份	1984	1983	1982	1981	總計	平均值
火災件數	23	31	39	19	290	29
總損失 (單位:千鎊)	50,000	195,000	26,000	17,000	504,000	50,400

(資料來源：Fire Safety Science-Proceedings of the Fire International Symposium，本研究整理)

表 4-7 英國於 1981~1990 年倉儲類建築物火災發生原因百分比

起火原因	火災件數	百分比 (%)
蓄意縱火	84	29.0
電線路故障	27	9.3
抽菸材料	26	9.0
空間供熱器	12	4.1
小孩玩火	4	1.4
熱處理工作	11	3.8
冷處理工作	4	1.4
螢光燈	5	1.7
燃燒廢物	9	3.1
自燃	7	2.4
其他	19	6.6
不明	82	28.3
總案件數	290	100.0

(資料來源：Fire Safety Science-Proceedings of the Fire International Symposium，本研究整理)

表 4-8 英國於 1981~1990 年倉儲類建築物火災引燃物種類

材料種類	倉儲發生火災次數	百分比 (%)
紙類	53	11.0
紡織品	64	13.2
食品	28	5.8
傢俱	51	10.6
塑膠	60	12.4
化學物品	27	5.6
家庭用品	42	8.7
木材	25	5.2
一般包裝物	133	27.5
總案件數	483	100

(資料來源：Fire Safety Science-Proceedings of the Fire International Symposium，本研究整理)

第三節 國內外火災案例研析

壹、德國漢諾威大眾汽車廠倉庫火災 [29]

德國漢諾威大眾汽車廠儲存倉庫占地面積 1400 m²，高 24m，有地下室，主要結構為鋼筋混凝土，外牆為隔熱或隔冷的雙殼型鋁合金梯形夾層薄板，主要使用聚苯乙烯為隔熱材料，還使用軟木-瀝青化合物作為牆面最終阻熱層面，忽視了可燃性。屋頂為水泥及鋼質焊條上鋪輕型水泥板，然後用瀝青紙覆蓋密封。主要存放鋁鑄件芯模、硬模及汽車衝壓板金件，儲存方式為高架貨架儲存。

1. 案例簡介：

2002 年 12 月 14 日 17:55，工廠西北部綜合大樓倉庫冒煙，後來發展成大眾載重汽車廠發展歷史上最大的一場火災，持續了 19 個小時，總計直接損失 5000 萬歐元。首先出動了工廠的 5 台消防車及漢諾威州府的 17 個志願消防隊。後來又呼叫了附近其他幾個城市的志願消防隊及有關員警，共出動 300 多人及大量消防設備，才阻止了火勢的蔓延，撲滅了火災。

2. 搶救過程：

2002 年 12 月 14 日 17:55，工廠消防隊通過內部電話報警得知，在綜合大樓的倉庫北部區域發生煙霧。於是工廠消防隊派出 2 輛輕型消防車，1 輛舉高噴射消防車及 1 輛罐式消防車，3 分鐘後到達現場。工廠消防隊長經過簡單的勘察，發現在老的辦公大樓的西側屋頂有濃烈冒煙，立即發出火警信號，呼叫漢諾威消防隊。

根據工廠消防隊呼叫，漢諾威州府防火、救護及災難指揮中心于 18:02 首先派出消防及救護站的消防車，計有 1 輛滅火救護消防車，2 輛支援罐式消防車及 1 輛帶鬥的雲梯車，於 18:06 到達火場。這時候，火焰已經蔓延到建築物中間及倉庫的正面，在場的消防隊發出了三級報警。20 分鐘後，漢諾威消防隊人員到場。

18:09 火勢已經全部漫及 24m 高的高架倉庫大廳，並且濃煙滾滾，在離火場 50m 周圍之內無法靠近，必須戴防毒面具。因此總指揮採取了下列措施：

- A. 發佈最高火警等級五級；
- B. 要求 5 個地方消防隊派員到火場；
- C. 安排後來的地方消防隊擔當空缺的消防及救護崗位；
- D. 使用特別指揮組織形式直接指揮滅火救災行動。

- (1) 因天氣乾冷且風向將濃霧吹往南方或西方的居民區，立即通知周圍 1000m 範圍內的居民，關緊門窗，留在家裏。
- (2) 消防對主要對西面、北面、東面滅火，對於 24m 高的高架倉庫，通過雲梯車上的消防設備進全力撲滅火焰。
- (3) 離火場 35m 遠的 3 號工廠是新鑄造廠，為防止延燒，從火場北面 500m 處的中部運河中取用足夠的水量保護。同時在有關技術顧問指導下，正確分析架上的貨物種類與數量，例如有鋁屑等物品，以採取正確的保護措施。
- (4) 整個大火及強烈的濃煙蔓延到南面的單層貨庫，該倉庫沒有防火材料與前述大樓分隔。消防隊試圖用移動式水槍從外側對 3200 m²的倉庫大廳滅火，在南面由鄰近城市志願消防隊人員投入滅火工作。
- (5) 仍持續滅火，但是倉庫裏的貨物本身會促使火勢蔓延，因此滅火效果仍不佳。為了加強偵察，警用直升機亦投入滅火工作。
- (6) 直到次日 14:30，火災發生後 19 小時後，火勢得到控制撲滅，交由工廠消防隊持續觀察

3. 災情與起火原因：

排除人員疏忽或蓄意縱火可能，傾向因設備技術缺陷引發火災。火災 24 m 高的貨架全部損壞。附近的大樓也有部分倒塌，外牆全部燒壞，屋頂全長 62m 也都燒壞，損失估計約 5000 萬歐元。

4. 造成火勢擴大原因：

- A. 倉庫本身原為冷凍倉庫改裝，未有充足滅火撒水設備，導致火災發生時無法在第一時間控制火場。
- B. 倉庫外牆使用材料主要為燃點低之鋁材及隔熱保溫材，忽略了可燃性，發生火災時外牆燒穿，火舌冒出將導致延燒情形發生。
- C. 鄰棟建築物亦無良好防火材料阻絕，火勢延燒一發不可收拾。

貳、中國大陸雷盛塑膠包裝有限公司倉庫火災 [30]

1. 案例簡介：

2008 年 7 月 17 日 12:20，中國大陸上海奉賢區航南公路 3858 號雷盛塑膠包裝有限公司的一個半成品倉庫發生火災。倉庫高約 8 公尺，由於周圍堆滿易燃易爆塑料物品，起火後的一個小時火勢不斷擴大，最後著火面積約 2000 平方公尺。除奉賢區當地消防隊參與搶險外，周邊各消防隊不斷增援，出動了 50 餘輛消防車，300 餘位消防人員投入滅火，火災直到 17:29 已被控制住，零星小火直到 22 時才完全撲滅。

由於火災發生在中午，公司員工無人傷亡。滅火中，廠房高處一主樑在受火焰燒烤中斷裂，砸中正在滅火的消防人員，造成 3 名消防隊員死亡，9 名消防隊員受傷。

2. 搶救過程：

2008 年 7 月 17 日 12:20，上海市公安局 119 指揮中心接報，位於奉賢區金匯鎮的雷盛塑膠包裝有限公司塑膠倉庫著火。奉賢消防中隊接獲通報後 8 分鐘內趕到現場，當時起火倉庫內火勢已十分猛烈，站在距離起火倉庫 100 公尺遠的工廠門口都可以感受到熱浪。消防隊員立即開展搶救，阻隔火勢向鄰近的倉庫蔓延，但是現場水源複雜，建築過密，給搶救作業帶來很大困難。

由於火勢濃煙猛烈，奉賢消防中隊立即請求支援，周邊各消防中隊亦開始向奉賢增援，以大型供水車和泡沫式消防車為主，消防車到場後用大口徑的水槍開始撲滅起火點，約出動了 50 餘輛消防車，300 餘位消防人員投入滅火。

起火後，下風處 220 公尺民房內的居民被迅速疏散。環保部門也派出環境監測車趕到現場，每 20 分鐘對周圍的空氣進行一次監測。雷盛公司門前的航南公路實行臨時交通管制，所有車輛禁止從航南公路通行，交通管制的路面約有 200 米長。

14:05 左右，火災現場突然發生意外，當時消防隊員正在倉庫北側滅火，庫房內一根 50 公尺長的主樑在火焰中突然塌下，部分牆體及貨物同時被壓倒，庫房內正在滅火的數員消防隊員們躲閃不及，亦被壓倒在碎片和雜物之下，送醫後 3 人不治，9 人輕重傷。由於擔心再度倒塌，現場指揮官要求消防人員每隔五分鐘退出火場，視察周圍環境是否安全才可再次進入火場滅火。而倉庫南側幾個聯結相鄰倉庫的通道已經塌下，阻礙滅火的進程。

16:40 左右，幾輛卡車裝載著挖掘機趕到，挖掘機將坍塌一半的幾個通道殘骸清理後，消防隊員得以進一步展開工作。

15:00 左右，現場依然滾滾濃煙，消防車圍在倉庫旁撲救，由於水源不足，部分消防車停靠在工廠旁的一條小河旁，從河內抽水補給。

17:29 左右，大火基本被撲滅，消防隊員逐步撲滅倉庫內的餘火。

22:00 左右，倉庫內餘火被基本撲滅，但消防人員依然在現場留守，防止火星複燃。深夜中，大火之後的倉庫廢墟，依然有黑煙在夜空中飄散。

3. 起火原因與災情：

本次火災原因疑為電線老化，著火面積約 2000 平方公尺，損失超過 2 億人民幣，1000 噸塑膠原料、半成品化為灰燼。倉庫周圍除了其他倉庫及民宅外，對街即是一間加油站，所幸皆未延燒未造成更大損失。倉庫工作人員無人傷亡，消防人員因鋼樑倒塌造成 3 員死亡、8 員輕重傷、1 員搶傷。

4. 造成本次災害原因：

- A. 倉庫週邊無消防用水水源，造成初期水源不足，須仰賴供水車送水才能進行滅火，導致未能掌握救災黃金時間。
- B. 倉庫內依法規設置灑水器具，但當火災發生時因不明原因未能發揮作用。當地業者指出，該倉庫灑水器具是由非經政府認證之廠商設置並通過審查單位驗收，消防審查單位督導不確實亦為灑水器具失效原因之一。
- C. 大陸公安調查組指出消防官兵傷亡的原因，是建築結構設計錯誤。當天下午 2 時 05 分，火災現場一根主樑突然向外整體塌落，主樑是一根長 68 米、寬 0.82 米、高 1.8 米、重約 120 噸的屋面簷口女兒牆預製構件，與牆體和立柱無任何連接和固定。

參、美國查理斯頓沙發商店火災 [31]

1. 倉庫構造說明：

沙發商店建築建於 1960 年代，構造及使用形式分為兩部份：販賣部與陳列儲存倉庫，前者佔地 1,579 m²，後者佔地 3,902 m²，兩者間有一通道連接，構造為鋼構與單層鋼板外牆。

2. 災例簡介：

2007 年 6 月 19 日，一家位於美國南加州查理斯頓的家具販賣儲存倉庫發生火災，由於該店正在對折拍賣，倉庫內儲存了比原先

更多的家具商品，使得可燃物更為充足。本案雖僅使用 3 小時多即控制住火場，但搶救過程中發生結構倒塌、人員受困傷亡等意外，被稱做美國自 911 恐怖攻擊之後最嚴重的火災。

3. 搶救過程：

2007 年 6 月 19 日晚間 19:08，連接販賣部與陳列儲存倉庫間通道發生不明起火現象。該通道除連接兩部門外，亦為包裝貨物之空間及員工休息區。起火當時家具店仍在營業中，雇員立即報警求援，19:10~19:13 內，附近消防單位人員即到達現場。

消防人員最初致力於撲滅包裝區火焰，疏散現場民眾，並阻止火焰進入陳列儲存部，以防止火災災情擴大。消防人員嘗試關閉通道與陳列儲存倉庫間的防火門以阻擋火焰，但於火源附近之防火門發生故障，經努力後仍然無法關上，造成火煙由此區劃缺口進入陳列儲存倉庫，儲存之家具旺盛燃燒。

消防人員原預定以兩條管線進入陳列儲存倉庫滅火，但由於其中一條管路過短，僅剩一條管路控制火焰不再回捲，並撤離部份消防人員連接新的管路。管路連接跨越過公路，為求水壓穩定，該段公路交通進行管制。

19:26 時，911 指揮中心接獲通報指出，儲存倉庫內有員工尚未逃出，極需救援。由於火場無法進入，消防人員使用電動工具破壞倉庫外牆，於 19:29 救出兩名受困人員，破壞點亦成為消防人員連接新管路滅火進入點。

19:32 時，至少有 16 名消防人員進入陳列儲存部滅火，此時陳列儲存部發生部分結構倒塌，有 9 名消防人員被困於建築物內，透過無線電連絡求救。當有一名消防人員 24 秒都沒有回應無線電呼叫時，其他人員開始破壞建築物開口及玻璃，嘗試做出逃生通道。大量破壞開口的情形造成大量供氧，火勢強度迅速增加。

19:38 時，現場指揮官命令所有消防人員全數撤離建築物。

19:41 時，陳列儲存部發生閃燃現象，加速結構劣化。

19:45 時，屋頂倒塌，餘燼擊中正在救火的 20 餘位消防人員與現場近百名民眾身上。

22:00 時，火勢受到控制，於建築物中心發現兩位消防人員遺骸。

23:00~23:15 時，發現五位消防人員遺骸。

04:00 時，發現兩位消防人員遺骸。

4. 起火原因：

經過現場鑑識後，發現起火點是在販賣部與陳列儲存倉庫間之通道，該通道有包裝區與員工休息區，疑似因休息區煙蒂未熄滅引發火災，由於該建築並無自動灑水設備，導致火勢漸漸蔓延。

5. 造成災情擴大原因：

A. 任意封鎖安全門：

陳列儲存倉庫逃生安全門皆被上鎖，且被放置貨物阻擋，導致火災發生時，僅能從販賣部逃生，本案中，位於倉庫之人員必須經過起火處才能逃生，嚴重不符合逃生避難動線規劃。

B. 防火門無法運作：

陳列儲存倉庫間於火災發生時，有三個防火門發生故障無法作動，造成防火區劃破壞，火勢迅速蔓延。

C. 未有使用自動滅火設備：

無論起火之休息區或儲存之倉庫，皆無使用自動滅火設備，火災初期時未能有效滅火，肇至後來的災情。

肆、小結

上述三個案例，其著火方式、儲存可燃物、構造形式皆不相同，但皆產生火勢延燒，部分案例更造成結構破壞及人員傷亡，綜整影響火勢及損失傷亡原因如下：

1. 自動滅火設備不足：

案例中自動滅火設備未裝設或故障或輸出能量不足，以致於無法在火災初期第一時間進行滅火，幾乎成為火勢迅速成長的主因。我國各類場所消防安全設備設置標準等法規中有倉儲自動滅火器設置規定，但無其噴灑強度及設置形式規定，當火載及發熱量大時，可能會如同案例中能量輸出不足導致滅火失敗。

2. 構造耐火能力不足：

案例中建築構造因耐火能力不足導致結構崩塌，人員傷亡的慘劇。當上述 1.點自動滅火設備失效後，火勢猛烈溫度提升，將可能會造成熔點較低之建材倒塌，對救災人員造成莫大的威脅。

3. 防火區劃失效

案例一中外牆燒穿火舌噴出，案例三中防火門故障無法關閉，皆為防火區劃失效之主因，火勢將蔓延至其他空間，造成更大的損失。上述第 2 點構造耐火能力不足亦為區劃失效之原因。

4. 滅火水源不足

當消防安全設備所需水源不足情況發生時，將無法即時滅火。或出現無法有效壓制火勢，無法防堵火焰蔓延現象，進而造成復燃情況發生，導致災害擴大。

5. 其他原因

如防火巷堆積可燃物、佔用巷道導致消防房舍被無法進入、逃生門封鎖堆置雜物、未依規定保養滅火設備等因素。

伍、其他災例 [32]

表 4-2 國內外災例

項次	時間	地點	案例名稱	起火原因	財產損失	傷亡人數
1	2004.06.13	台灣 台北縣三重市	衛浴倉庫 (凱撒)	不明	-	0
2	2004.10.16	台灣 桃園觀音鄉	家電倉庫	瓦斯貯槽 受不了高 溫爆炸	自付 2000 萬元以上	0
3	2004.09.20	台灣 嘉義縣	塑膠皮革 倉庫	不明	新台幣 450 萬	0
4	2005.03.19	台灣 彰化縣伸港鄉	塑膠倉儲 (定億)	火花掉落 引燃	1000 萬 新台幣	0
5	2005.07.05	台灣 高雄縣燕巢鄉	油料 倉庫	火花濺落	-	1
6	2005.09.04	台灣 台北市	汽車材料 倉庫	不明	-	3
7	2005.09.16	墨西哥	爆竹 倉庫	縱火	-	100
8	2005.12.19	巴西 聖保羅市	爆竹 倉庫	不明	-	2
9	2006.05	台灣 林口鄉	家電倉庫	鄰房火災 延燒防火 間隔不足	上億元	0
10	2006.01.19	台灣 台北縣樹林市	物流倉儲 (臻萬盛)	不明	-	0
11	2006.02.16	台灣 台中縣大肚鄉	家具 工廠	不明	-	1
12	2007.11.02	英國 沃裡克郡	-	縱火	-	4
13	2008.02.27	中國深圳	發泡 塑膠	電線短路	1400 萬 人民幣	3 人受傷 15 人死亡

項次	時間	地點	案例名稱	起火原因	財產損失	傷亡人數
14	2008.05.10	台灣 台南市	化工倉庫	不明	新台幣 50 萬	燃燒毒氣造成 50 人不適
15	2008.05.27	台灣 台中縣大雅鄉	家具倉庫	不明	新台幣 100 萬	0
16	2008.09.26	中國深圳	塑料 7 噸柴油	電線短路	-	0
17	2008.12.07	中國上海	民用 電器開關	-	一億 人民幣	0
18	2008.12.26	西班牙	百元商品 倉儲	-	200 萬 歐元	0
19	2009.02.15	台灣 高雄	園藝 倉庫	不明	新台幣 100 萬	0
20	2009.04.11	台灣 新竹縣	磁器倉庫 (大同)	電焊火花	-	0
21	2009.04.14	PINELLAS	室內飾品 儲存	縱火	300 萬 美元	0
22	2009.05.14	中國廣西	糖與冷凍箱 儲存	不明	-	0
23	2009.06.06	墨西哥	輪胎 倉庫	冷卻系統 電線短路	-	隔壁托兒所 44 人死亡

(資料來源：內政部，消防署統計資料，本研究整理)

第五章 自動化倉儲之火災特性與軟體 (CFD) 模擬

第一節 火災特性

壹、火焰高度

預計算火災危害程度，需先估算出火焰的高度，火焰高度分為連續火焰高度、間歇火焰高度及平均火焰高度，學者們曾以實驗方式導出火焰計算高度公式，以下為擷取日本「火災安全工學」[33]一書中所使用的三種方法，分別為 Zukoski, E.E.、Heskestad, G.及 MaCaffrey 等人以實驗推導所得公式：

$$1. z_{fl} = \begin{cases} 0.03 \times \left(\frac{Q}{D}\right)^{2/3} & \left(\frac{Q}{D^{5/2}} < 1,120\right) \\ 0.20 \times (Q)^{2/5} & \left(\frac{Q}{D^{5/2}} \geq 1,120\right) \end{cases} \text{----- (1)}$$

$$2. \frac{z_{fl}}{D} = 0.23 \times \frac{Q^{2/5}}{D} - 1.02 \text{----- (2)}$$

$$3. \text{連續火焰高度：} z_{fc} = 0.08 \times Q^{2/5} \text{----- (3)}$$

$$4. \text{間歇火焰高度：} z_{fi} = 0.20 \times Q^{2/5} \text{----- (4)}$$

z_{fl} ：火焰高度(m)

Q ：總熱釋放率(kW)

D ：火源直徑(m)

非圓形面的燃料， D 可用下列計算式推算：

$$D = 2 \times \left(\frac{A_f}{\pi}\right)^{1/2} \text{----- (5)}$$

A_f ：火源燃燒面積(m²)

上列三樣公式，詳細推導過程請參考火災安全工學。

貳、火災火羽流

火源上方會產生因氣體溫度上升引起的上升氣流，稱為火災火羽流。為預測真實火源火災火羽流特性，假設真實火源內的熱釋放率是由某一虛擬點之熱源釋放出來，其位置高度與真實火源，並不相同，兩者間之高度差稱為虛擬點熱源距離 z_0 ，其估算方式常用 Zukoski 和 Heskestad 的經驗公式，如下所示：

(1) Zukoski 之虛擬點熱源距離經驗公式

$$z_0 = 0.50D - 0.33z_f$$

其中， D 為火源的等效直徑，單位為 m 。 z_f 為火焰平均高度，單位為 m 。

(2) Heskestad 之虛擬點熱源距離經驗公式

$$z_0 = 1.02D - 0.083\dot{Q}^{2/5}$$

其中， D 為火源的等效直徑，單位為 m 。 \dot{Q} 為熱釋放率，單位為 kw 。

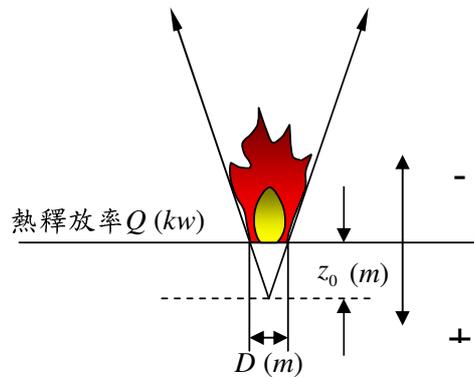


圖 5-1 虛擬點熱源距離

(資料來源：建築物火災防止成長延燒性能驗證技術手冊) [37]

參、挑高空間內火災熱氣流特性

自動倉儲內之挑高空間若為狹長型時，可能形成煙囪效應，增加發生危害的可能性。挑高空間火災氣流特性，與挑高空間高度 H 及挑高空間有效直徑 D 有關，藤口等人曾提出一些經驗公式，如下所示：

$$(1) \frac{H}{D} \leq 2.5$$

此情況下，火災火羽流的擴散程度，因受到挑高空間內牆壁之限制而變小，故因火災火羽流的擴散範圍擴大所造成之危害可予以忽略。

$$(2) \frac{H}{D} > 2.5$$

此情況下，火災火羽流的擴散程度，可視為遍佈整個挑高空間，而火災火羽流之溫升（與周圍環境溫度差）： $\Delta T(z) = T - T_{\infty}$ ，單位為 K ，可由下列經驗公式估算之：

$$\Delta T(z) = \left(1.2 + \frac{1.32}{\gamma + 0.66}\right) \times (Q_D^*)^{2/3} \times \left(\frac{z}{D}\right)^{-1/3} \times T_{\infty}$$

其中， T_{∞} 為環境溫度，單位為 K 。 D 為挑高空間水平斷面之等效直徑，單位為 m 。而 $(Q_D^*)^{2/3}$ 為無因次熱釋放率，定義為：

$$(Q_D^*) = \frac{\dot{Q}}{C_p \rho_{\infty} T_{\infty} \sqrt{g} D^{5/2}} \approx 0.9 \times 10^{-3} \times \frac{\dot{Q}}{D^{5/2}}$$

而 γ 為底部供氣開口率，定義為：

$$\gamma = \frac{S_a}{S_t} \times 100$$

其中， S_a 為挑高空間底部之供氣面積，單位為 m^2 。 S_t 為挑高空間頂層之開口面積，單位為 m^2 。

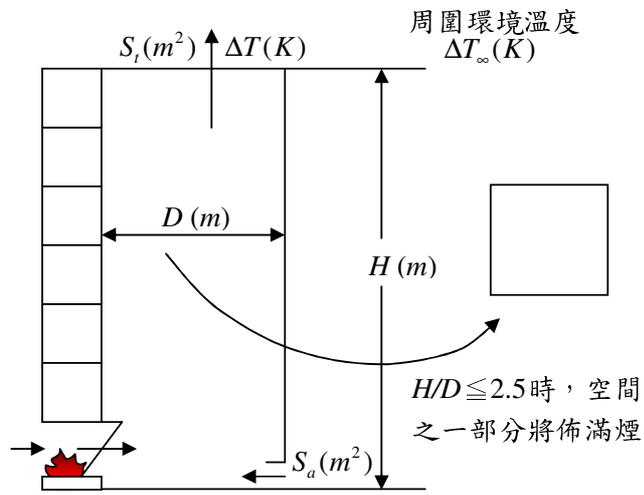


圖 5-2 挑空空間內之氣流特性

(資料來源：建築物火災防止成長延燒性能驗證技術手冊 [34])

第二節 軟體模擬 (CFD)

壹、軟體說明

現階段世界先進各國所採用的火災設計模式可區分為二大類：區域模式 (zone model) 與場模式 (field model)。前者發展較早，但由於只能夠求解高溫煙層與低溫空氣層間平均物理性質，對工程實質上幫助不大；後者由於可將建築物空間劃分為數萬、數十萬、甚至至數百萬個細小格點，較能精確地預測火災發生過程中，每個格點的速度、壓力、濃度及溫度值，因此適合於複雜形狀之建築物分析及大型建築物的火災模擬。

本研究是採用美國國家標準局 [2] (National Institute of Standards and Technology) 之建築物與火災研究實驗室 (Building and Fire Research Laboratory) 研發之電腦程式 Fire Dynamics Simulator (簡稱 FDS) 火災模擬軟體作為研究工具，FDS 於 2000 年 2 月公開發表第 1 版，目前持續改進中，本研究則採用 FDS 第 5.31 版作為評估工具。FDS 程式以 Large Eddy Simulation (LES) 為基礎，屬於場模式 (field model) 係專以模擬受火災浮力驅動氣流流動的三維數值計算流體力學軟體。FDS 以低馬赫數以及幾乎不可壓縮 (weakly compressible) 之偏微分方程式，描述火災浮力驅動之氣流流動現象，其相關方程式如下：

$$\text{連續方程式：} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \bar{u} = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{動量守恆方程式：} \rho \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \frac{1}{2} \nabla |\bar{u}|^2 - \bar{u} \times \omega \right) + \nabla p - \rho g = \nabla \cdot \sigma \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{能量守恆方程式：} \rho c_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + \bar{u} \cdot \nabla T \right) - \frac{dp_0}{dt} = q + \nabla \cdot k \nabla T \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{理想氣體方程式：} p_0(t) = \rho RT \dots\dots\dots(4)$$

其中 t 代表時間參數， ρ 為流體之密度，R 為氣體常數， \bar{u} 乃指速度向量， ω 為渦度，T 為溫度值(°C)，k 為熱傳導係數， P_0 為大氣壓力， σ 為壓縮流體之應力。

本研究所稱之火災電腦模擬係指運用 FDS (Fire Dynamics Simulator) 之分析技巧，由於火災發生時，在火場對人員致命的危害因素會妨礙人員逃生。因此，在火場中瞭解逃生之危害因子，是消防安全工作者，於事先必須面臨防範之重要課題。

隨著科技的進步，電腦的運算能力及速度已大幅增加，也逐漸發展成熟，目前已經可以執行極複雜運算。過去 20 年來，國際間已經開始採用流體力學觀念進行消防安全工程設計，並開始以流體力學技術，解決火場問題。對於特殊或較大空間的火災現象，使用流體力學技術，其預測結果與真實現象，兩者相似程度已大幅提高。換言之，電腦模擬結果已經相當可靠。

貳、火災情境模擬與設定

本研究以市場上已經存在之自動化儲存倉庫，作為模擬對象。針對現有的法規問題，以模擬驗證之方法提出因應對策。由於一體式自動化儲存倉庫，貨架即為建築物之結構體，不論是堆放、搬運或取貨過程中，設備機具將與貨架直接接觸；且為爭取最佳化儲存空間，一般貨架淨空體積以最大化設計為原則，因此，一般建築構造之防火技術（如貨架以混凝土澆置、貨架施做防火披覆或貨架塗裝防火漆），於現實情況下，實窒礙難行。

本研究主要探討自動化儲存倉庫之建築結構，受到火災高溫後之行為。並以撒水設備作為主要減災手段，自動化儲存倉庫防火方式之評估，如表 5-1 所示。由於自動化儲存倉庫，使用極少人力資源。因此火災發生時人員傷亡機率低，但自動化儲存倉庫貨物密集堆放可燃物品且數量龐大。火災發生時，對於周遭環境的影響及破壞能力，不容小覷。本研究以電腦模擬之方式進行火場危害度分析之主要目的之一，為找出消防撒水設備之最佳化配置，藉以防制建築結構受到火場高溫，而發生倒塌或破壞情況發生。意即，利用自動消防撒水設備，保障建築結構安全並將損失降至最低。

自動倉儲之貨架多以鋼材為主要結構。鋼材受熱溫度在 250°C 以下時，彈性模數與強度變化不大。受熱溫度超過 250°C 時，即發生「塑性流動」，當溫度超過 300°C 後，應力-應變曲線就沒有明顯的降伏極限和降伏平台，

溫度為 500°C 時，降伏強度約為室溫時降伏強度之一半，溫度 600°C 時，約為室溫時降伏強度之 1/4，如圖 5-3 及表 5-1 所示。我國 CNS12514「建築構造部份耐火試驗法」[35]中規定，單一鋼材受熱溫度超過 550°C 或所有鋼材平均受熱溫度超過 500°C 之破壞溫度時，該鋼構造視為喪失承重能力。本研究亦採用 550°C，作為鋼構造之臨界溫度。因此當鋼構造受火害溫度超過 550°C 時，判定自動撒水設備防護失敗。

表 5-1 自動化儲存倉庫防火方式之評估

	防火方式	可行性評估	評估結果
被動式防火 (構造防火)	噴塗防火漆	因貨物進出可能造成 防火材料碰撞掉落	×
	包覆防火披覆		×
	包覆防火泥		×
	包覆其他防火材料		×
主動式滅火 (消防設備)	自動 滅火 系統	自動撒水滅火	○
		自動泡沫滅火	○
		二氧化碳滅火	×
		其他滅火系統	---

(資料來源：本研究整理)

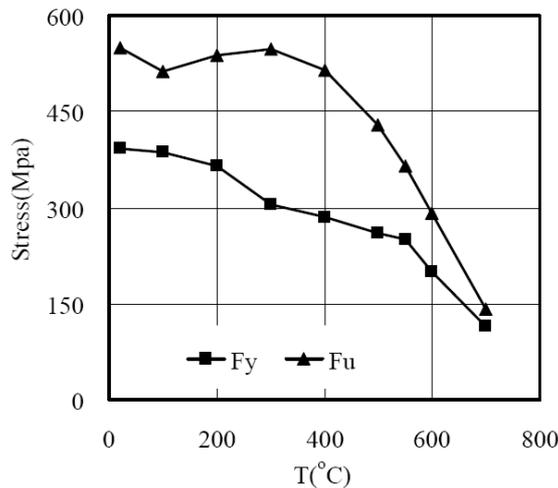


圖 5-3 高溫下建築結構用鋼材之降伏強度 Fy、極限強度 Fu [36]

(資料來源：中國鋼鐵公司網頁資訊)

1. 模擬倉庫簡介

模擬之倉庫為高約 30m，共 16 層的自動化高架倉儲，佔地約 186m × 234m，構造為自立式貨架，可存放長 1.3m、寬 1.1m、高 1.4m 大小之貨物 2,370 個，每層貨架高 151cm~193cm 不等，棧板及貨物置於貨架上。

貨架平面以長條狀配置（共 4 條貨架），並以寬 1.5m~2.6m 通道區隔，通道即為自動倉儲叉車之運輸通道。外牆為 50mm 厚複層 PU 金屬板，並以貨架為建築結構，支撐屋頂及貨物重量，如圖 5-4~圖 5-5 所示。

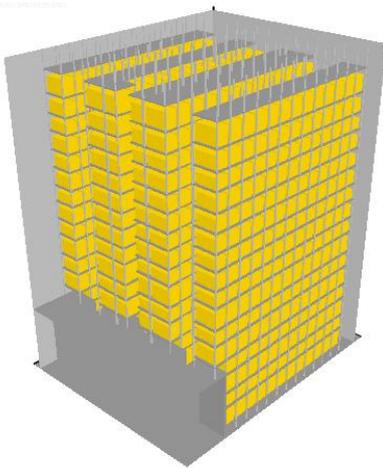


圖 5-4 模擬倉庫之 FDS 模型剖透視圖
(資料來源：本研究整理)

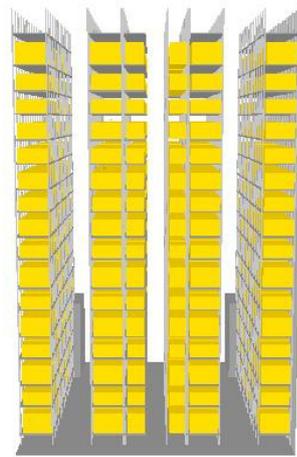


圖 5-5 模擬倉庫之 FDS 模型立面圖
(資料來源：本研究整理)

本研究 FDS 模型係按照實際倉庫尺寸建立，取兩種情境進行模擬，分別為靠近倉庫外牆側貨架的[情境 1]，與倉庫中心貨架的[情境 2]，如圖 5-6 所示。兩種情境均假設為堆滿貨物之最危險情況。起火點為一樓貨架上之物品，如圖 5-6~圖 5-8 所示。本倉庫主要存放塑膠類製品，無存放公共危險及可燃性高壓氣體，燃燒之熱釋放率乃參考 (NFPA 13 Hand Book)[37]，設定該類型塑膠聚丙烯 (PP) 其單位體積之熱釋放率為 432,000 Btu/ft³，貨物之引燃溫度介於 225°C 與 235°C 之間，取用 230°C 為貨物之引燃溫度。當貨物受熱溫度高達 230°C 以上時，貨物即設定為引燃狀態，並成為下一個未引燃貨物之引火源。藉此而達到火焰持續向外延燒之效果。模擬情境假設貨架上堆滿可燃貨物，模擬動畫中，將未燃燒貨物

設定為隱藏，待引燃後才出現。以方便觀察火焰延燒之情形。且燃燒後之貨物將持續存在不會消失。模擬區域分別為 [情境 1] -- 7×7×7m 以及 [情境 2]--7×8.5×7m，每個格點之大小為 10×10×10cm。[情境 1]與[情境 2]分別為 343,000 格及 416,500 格。因模擬倉庫之實際高度達 30m，故暫不討論煙層下降問題，僅討論火熱對貨架的破壞情況及撒水頭抑制火焰發展能力。溫度測點設置在各貨架鋼柱上，每層鋼柱分別設置上、中、下三點溫度測點，如圖 5-10 所示。

現況之撒水頭為密閉式撒水頭，作動溫度設定為 68°C，放水壓力為 1 Kgf/cm²，流量為 114 L/min，反應時間指數 RTI 為 350 (m-sec)^{1/2}。倉庫以自動撒水設備為主要之滅火設備，撒水頭每 3.4m 設置一組（兩層貨架之高度）。撒水頭水平方式為每 2.75m 設置一個撒水頭，每個撒水頭防護範圍涵蓋 6~8 個貨物。以上參數為我國現行各類場所消防安全設備設置標準，模擬之測點編號，如圖 5-13 所示。由於設置之測點數量眾多，且於現況模擬過程中發現[情境 1]與[情境 2]之最高溫，常發生於貨架鋼柱 610cm 處。因此，以下溫度-時間曲線圖，均以鋼柱 610cm 處之測點或是相互對應位置為代表溫度。全部測點之溫度-時間曲線圖，詳見附錄所示。

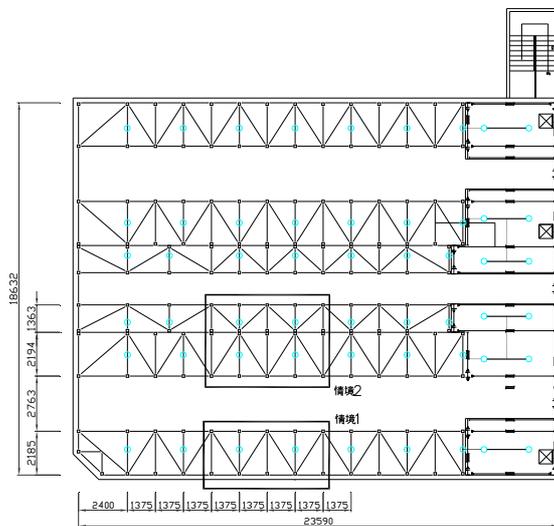


圖 5-6 倉庫平面圖及模擬位置圖

(資料來源：本研究整理)

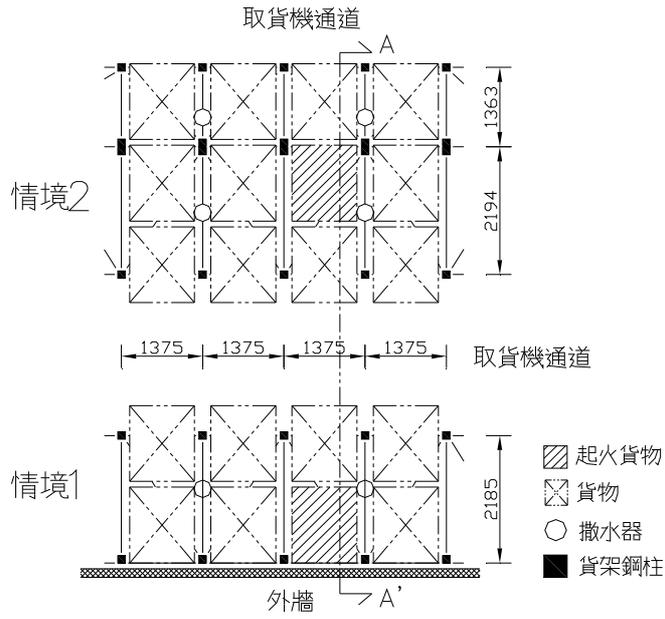


圖 5-7 模擬倉庫 2F 平面配置圖

(資料來源：本研究整理)

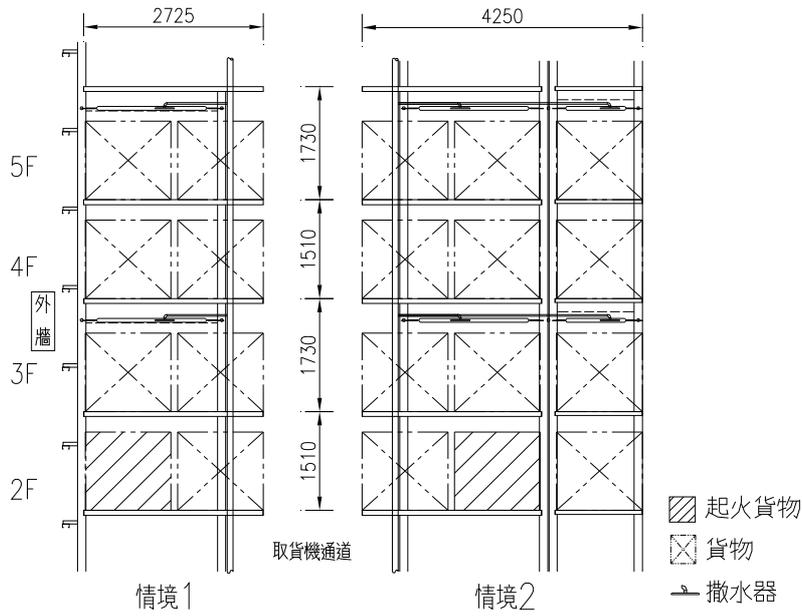


圖 5-8 模擬倉庫 A-A' 剖面示意圖

(資料來源：本研究整理)

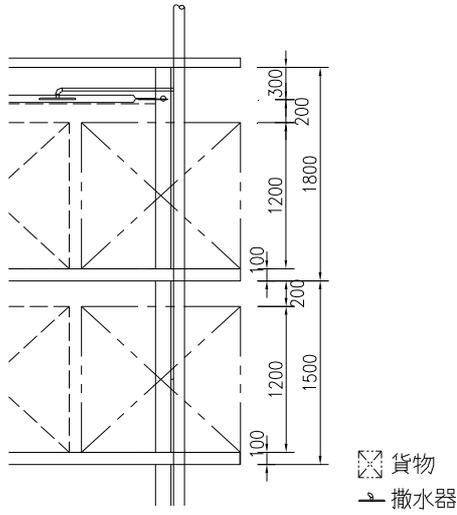


圖 5-9 各層貨物與撒水頭淨空間示意圖
(資料來源：本研究整理)

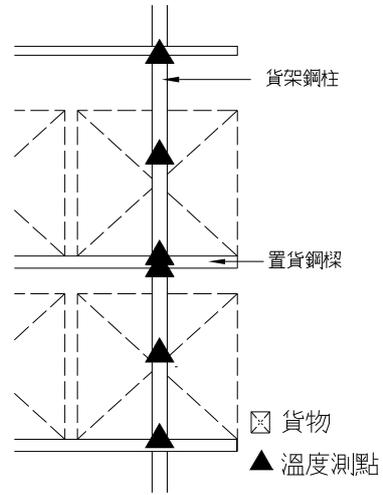


圖 5-10 鋼柱溫度測點示意圖
(資料來源：本研究整理)

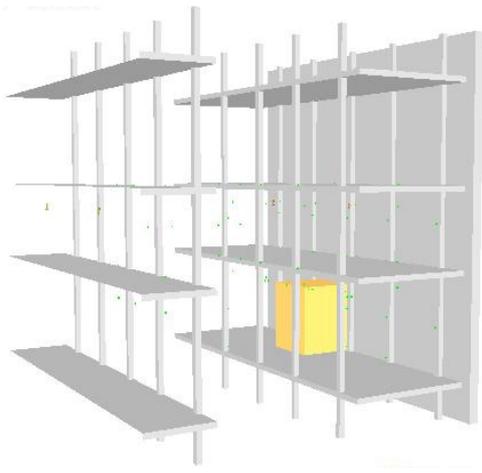


圖 5-11 情境 1: 倉庫外牆側貨架模擬示意圖
(資料來源：本研究整理)

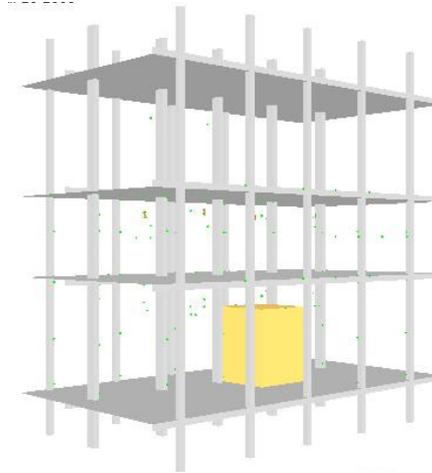


圖 5-12 情境 2: 倉庫中心貨架模擬示意圖
(資料來源：本研究整理)

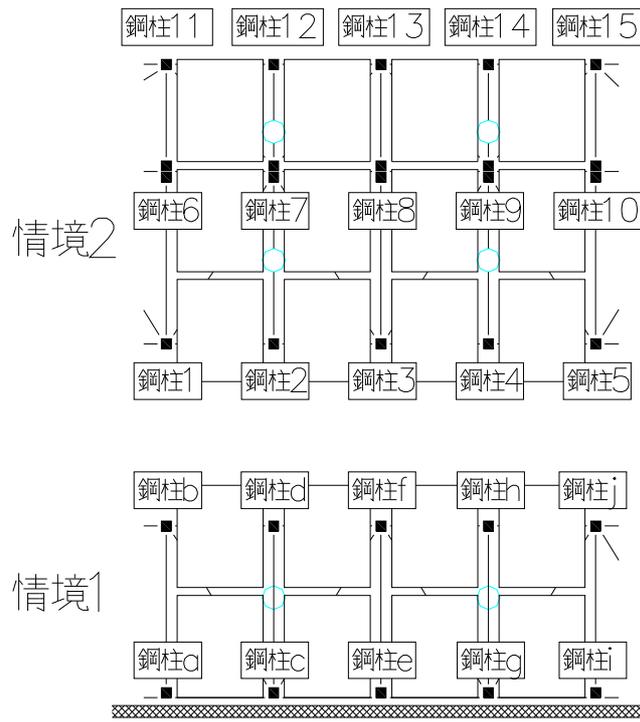


圖 5-13 模擬鋼柱溫度測點編號示意圖

(資料來源：本研究整理)

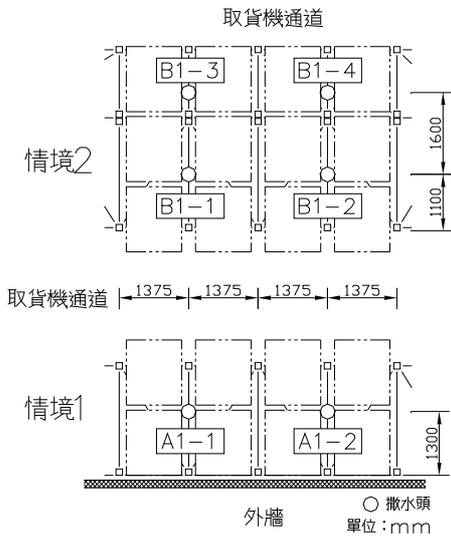


圖 5-14 第二層撒水頭位置編號示意圖
(資料來源：本研究整理)

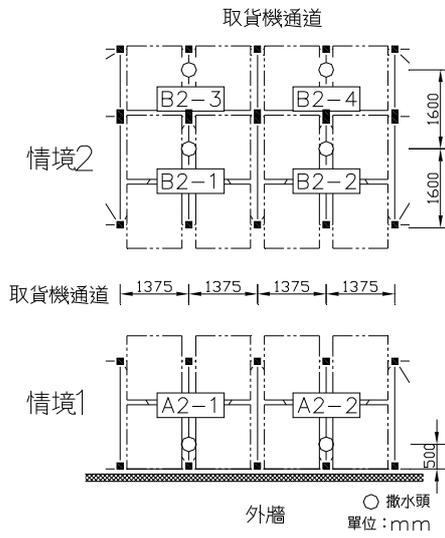


圖 5-15 第四層撒水頭位置編號示意圖
(資料來源：本研究整理)

參、模擬數據分析

1. 模擬 I 【無撒水設備】：

雖然模擬對象於實際情況已設有自動撒水設備，但本研究先行模擬無撒水設備之[情境 1]與[情境 2]貨架之鋼柱溫度，以作為原始對照組，本次模擬時間共 600 秒。

A. [情境 1] & [撒水頭與貨物距離 20 cm] (I -A)

因無任何自動撒水設備，鋼柱 e 於 180 秒時，已達破壞溫度 550°C ，其他各鋼柱亦陸續超過 550°C ，火勢猛烈。在 600 秒內，鋼柱 g，達到本次模擬之最高溫度 $1,031^{\circ}\text{C}$ ，如圖 5-16 所示。

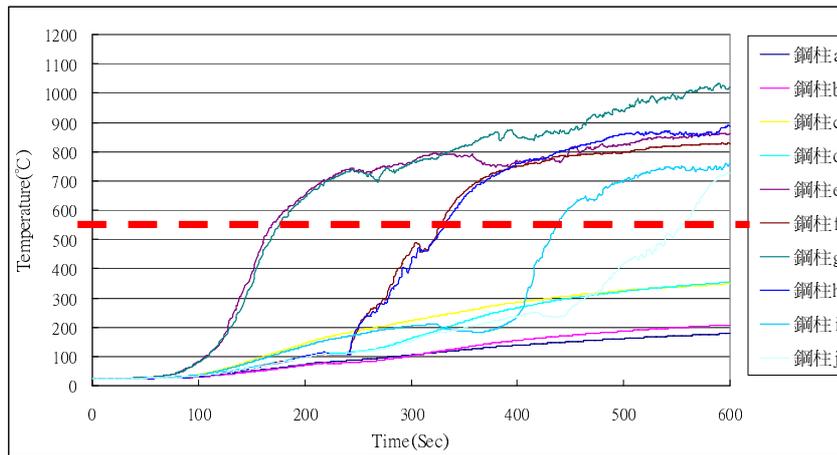


圖 5-16 模擬 (I -A) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

B. [情境 2] & [撒水頭與貨物距離 20 cm] (I -B)

因無任何撒水設備，鋼柱 8 於 182 秒時已達破壞溫度 550°C ，其他各鋼柱亦陸續超過 550°C ，火勢猛烈。在模擬時間 600 秒內，鋼柱 7 達到本次模擬最高溫度 967°C ，如圖 5-17 所示。

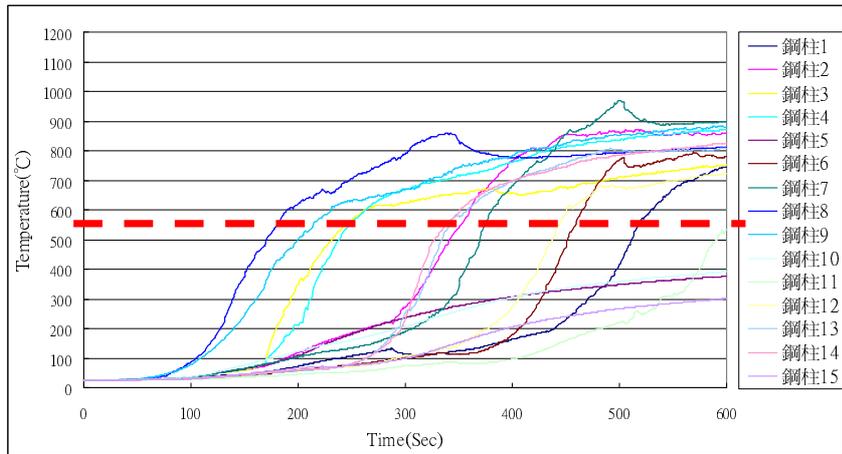


圖 5-17 模擬 (I-B) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

C. 小結

在無任何撒水設備的情形下，兩種情境皆於 180 秒左右出現破壞溫度並持續上升，最高溫皆達到 900°C 以上，一般鋼材於此高溫下將喪失強度而發生倒塌情況。

2. 模擬 II 【現況模擬】：

模擬時間共 600 秒，模擬參數設定如表 5-2 所示：

表 5-2 模擬 II -現況撒水頭設定

模擬參數	情境 1	情境 2
撒水頭數量/貨物數量	4/32	8/48
RTI	一般型 80(m-sec) ^{1/2}	
放水壓力	1 Kgf/cm ²	
流量	114 L/min	
撒水頭與貨物最近垂直距離	20cm	

(資料來源：本研究整理)

A. [情境 1] & [撒水頭與貨物距離 20 cm] (II-A)

於 41 秒時，火焰垂直向上延燒並引燃第二層貨物，於 81 秒引燃第三層貨物。設於第四層貨架頂端之撒水頭 A₂-2 於 112 秒時開始撒水，與前次相比火勢明顯被抑制住，但部份火焰，仍呈現竄燒現象。最高溫度發生在鋼柱 f，並於 591 秒時到達最高溫度 658°C，溫度低於未設自動撒水設備約 400°C。於量測時間內，鋼柱 d 亦超過鋼材臨界溫度 550°C，鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-18 及表 5-3 所示。

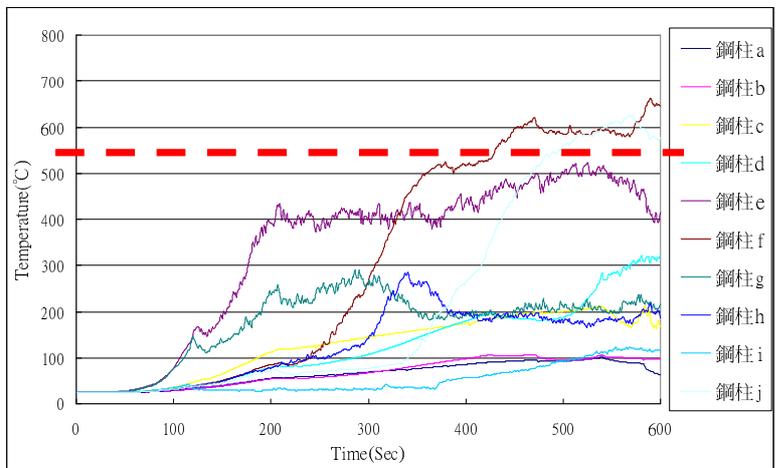


圖 5-18 模擬 (II-A) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

表 5-3 模擬 (II-A) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
A1-1	3	540
A1-2		207
A2-1	6.4	580
A2-2		112

(資料來源：本研究整理)

B. [情境 2] & [撒水頭與貨物距離 20 cm] (II-B)

於 34 秒垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 81 秒引燃第三層貨物。設於第四層貨架頂端之撒水頭 B₁-2 於 79 秒開始撒水，火勢雖有壓抑，但仍相當猛烈。鋼柱 8 於 345 秒溫度超過 550°C，鋼柱 5 於模擬時間 600 秒內之最高溫度為 757°C，相較未設撒水設備情況下低了 200°C。但 600 秒後溫度仍有繼續升高的趨勢。於 600 秒量測時間內，其他測點亦有超過鋼材臨界溫度 550°C 之情況發生，鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，分別如圖 5-19 及表 5-4 所示。

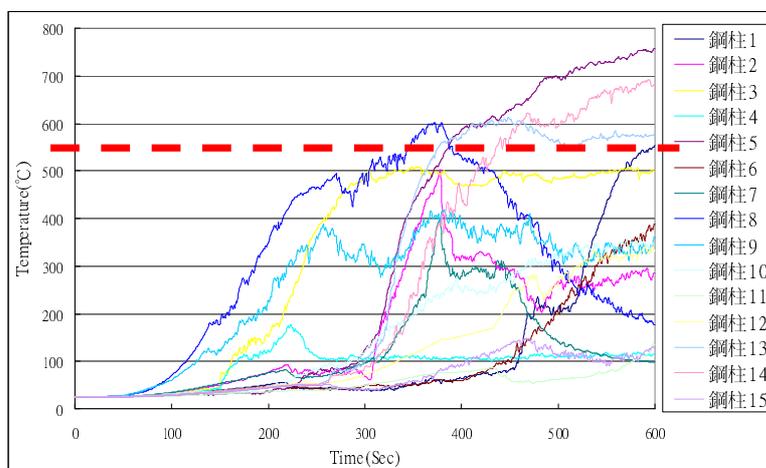


圖 5-19 模擬 (II-B) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

表 5-4 模擬 (II-B) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)	撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
B1-1	3	377	B2-1	6.4	220
B1-2		79	B2-2		128
B1-3		471	B2-3		433
B1-4		無作動	B2-4		259

(資料來源：本研究整理)

D. 小結

本研究經由模擬分析結果，發現影響一體式自動化儲存倉庫建築結構防火安全性之影響因子，包括撒水頭放水壓力、撒水頭反應時間指數 RTI、撒水頭與可燃物品之相對距離、撒水頭數量、滅火用水量及其他衍生因子（例如：加壓送水 pump、配管管徑、蓄水池容量及可燃物品性質與種類等）。茲針對本研究模擬分析過程中，嘗試尋求有效方案藉以保障建築結構防火安全性之過程中，所提出之替代方案（構想）分述如下：

(a) 撒水頭放水壓力：

模擬過程中，若撒水頭採用一般型自動撒水系統之放水壓力僅能壓抑部分區域之火勢，火勢仍會沿著可燃物品方向向外一個接一個延燒，造成火勢越來越猛烈。針對此一現象本研究將嘗試將放水壓力由一般型 1 Kgf/cm^2 提升至電氣型 3.5 Kgf/cm^2 。

(b) 撒水頭反應時間指數 RTI：

相同地於模擬之過程中，若撒水頭採用一般型自動撒水系統之反應時間指數 RTI 僅能壓抑部分區域之火勢，火勢仍會沿著可燃物品方向向外一個接一個延燒，造成火勢越來越猛烈。針對此一現象本研究將嘗試將撒水頭反應時間指數 RTI，由一般型 $80 \text{ (m-sec)}^{1/2}$ 提升至速動型 $50 \text{ (m-sec)}^{1/2}$ 。

(c) 撒水頭放水量：

由於撒水頭之放水壓力由 1 Kgf/cm^2 提升至 3.5 Kgf/cm^2 因此，放水量 (L/min) 亦應隨之調整，藉以維持應有之滅火效能。撒水頭放水量之計算公式為 $Q=K \times P^{1/2}$ 。

經由計算得知，當放水壓力提升至 3.5 Kgf/cm^2 時，則撒水頭之放水量應由 114 L/min 提升至 213 L/min ，藉以增加其抑制火災之能力。

其中：

Q：放水量 (L/min)

K：常數，為 114

P：放水壓力 (Kgf/cm²)

(d) 撒水頭與可燃物品之相對距離：

一般為使水珠能涵蓋所設定之防護範圍，撒水頭於噴撒水珠之過程中，水珠通常以特定角度向下噴撒，故水珠呈現錐狀噴灑。

因此，水珠噴撒過程中，當撒水頭與可燃性貨物兩者之距離過短時，在有限距離內只能涵蓋小面積，且距離愈短則涵蓋面積愈少。換言之，所有滅火用水，只集中於可燃物品之極小區域，造成防護涵蓋範圍縮小，僅能壓制局部火勢。此時火焰將由已燃燒物品之未涵蓋部位，延燒至其他貨物，進而造成火勢擴大。本研究將嘗試增加撒水頭與可燃物品間之距離，由 20 cm 增加至 50 cm 或 70 cm。藉以防止因兩者之間距過小，進而導致防護失效。

由於一般貨架底座呈現條狀裸空情況，因此當撒水頭與可燃物品間之距離過大時，除非火焰或高溫氣體直接接觸到撒水頭，在貨架底座裸空情況下，無法藉由蓄熱之方式啟動撒水頭立即放水。常因此導致，撒水頭作動時間太長，無法及時滅火而使火勢擴大蔓延。

(e) 撒水頭數量：

由本研究之 [情境 1] 可知，兩層貨架堆置 16 件貨物，但僅僅設置 2 具撒水頭，換言之，平均一具撒水頭需要防護 8 件貨物。再者，因撒水頭為隔層設置，引火點所在處所若無撒水頭，將無法立即作動撒水，無法撲滅火勢，火焰因此延燒至上層，當上層撒水頭數量仍不足，無法壓制火時，將造成火勢持續擴大。本研究將嘗試增加撒水頭數量，並且以單層交錯方式配置。希望藉由增加撒水頭服務量能之方法，達到防止火災擴大並防止火災高溫危害到建築物結構鋼架承載能力之情況發生。

3. 模擬Ⅲ【調整貨架高度】：

由模擬分析中可知，由於撒水頭為錐狀噴灑，若貨物與撒水頭間距過近，會造成噴撒截面積縮小，涵蓋範圍不足。各類場所消防設備安全設置標準規定，撒水頭與貨物應有 45 cm 以上淨空距離，而現況之撒水頭其水平位置位於貨物與貨物間之空隙內，與貨物約有 10 cm 間隙，撒水頭與貨物之垂直距離約 20 cm，此種配置方式，可能有擴大火勢之虞，如圖 5-9 所示。本次模擬因格點限制因素，故將模擬尺寸調整為 10 cm 的倍數，在不改變貨物高度前提下，為能增加貨物與撒水頭之垂直距離，因此進行兩種提高貨架鋼柱高度模擬，分別為 30 cm 與 50 cm。調整貨架高度後，貨物與撒水頭兩者間距由 20 cm 增加為 50 cm 與 70cm，其他設置條件與現況相同，如表 5-5 所示。

表 5-5 模擬Ⅲ-調整貨架高度後撒水頭參數設定

模擬參數	情境 1	情境 2
撒水頭數量/貨物數量	4/32	8/48
RTI	一般型 80 (m-sec) ^{1/2}	
放水壓力	1 Kgf/cm ²	
流量	114 L/min	
撒水頭與貨物最近垂直距離	50cm、70cm	

(資料來源：本研究整理)

A. [情境 1] & [撒水頭與貨物距離 50 cm] (Ⅲ-A)

於 39 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 77 秒時引燃第三層貨物，相較於撒水頭與貨物垂直距離 20 cm 情況，增加距離後撒水頭之作動時間提早。因撒水頭作動時間提早，火勢發展受到壓制，但鋼柱仍有超過 550°C 之情形發生。鋼柱 e 於 359 秒時，超過 550°C，並於 462 秒時，達到本次模擬最高溫 649°C，鋼柱最高溫度出現位置雖與距離相距 20 cm 情況略有不同，但其

模式相類似。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-20 及表 5-6 所示。

B. [情境 1] & [撒水頭與貨物距離 70 cm] (III-B)

於 39 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 82 秒時引燃第三層貨物，相較於撒水頭與貨物垂直距離 20 cm 情況，增加距離後，撒水頭之作動時間延後。再者因撒水頭與貨物兩者間垂直距離過長，部分撒水頭未動作。導致鋼柱溫度不減反增。鋼柱 e 於 235 秒時超過 550°C，並於 600 秒時，達到本次模擬最高溫度 802°C，且由分析後所呈現之圖形可知，溫度仍有持續上升趨勢，由此可知，增加撒水頭與貨物兩者間垂直距離，雖可以增加防護面積（涵蓋範圍較寬廣），但距離過大時，有可能造成更不利之情況發生。歸納其原因，大致上不外乎下列兩種因素：

- (a) 距離過大，且在無法蓄熱之情況下（貨架底座裸空），除非火焰或高溫氣體直接接觸到撒水頭，將無法藉由蓄熱之方式啟動撒水頭立即放水。常因此導致，撒水頭作動時間太長，無法及時滅火而使火勢擴大蔓延。
- (b) 距離過大，且無法及時滅火而使火勢擴大之情況下，下落之水珠未接觸燃燒物品前，已經汽化成水蒸氣對鋼柱降溫幫助不大，鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-21 及表 5-7 所示。

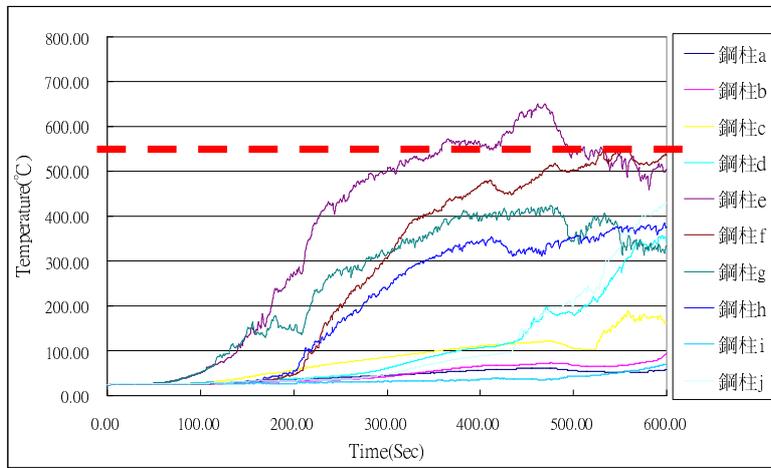


圖 5-20 模擬 (III-A) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

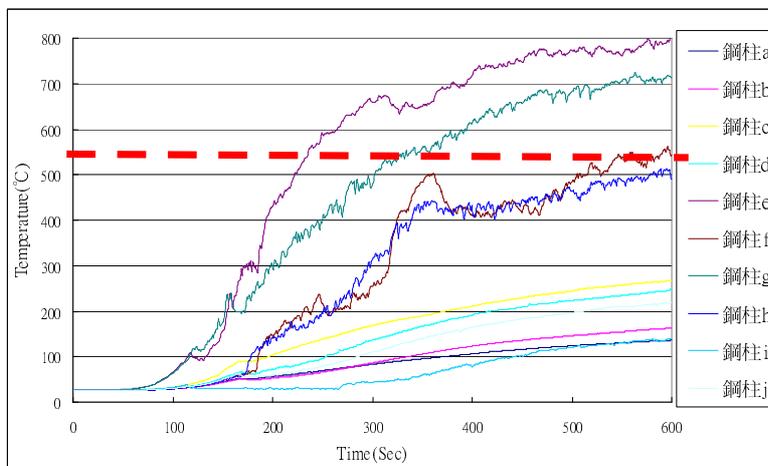


圖 5-21 模擬 (III-B) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

表 5-6 模擬 (III-A) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
A1-1	3.3	476
A1-2		165
A2-1	7	548
A2-2		111

(資料來源：本研究整理)

表 5-7 模擬 (III-B) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
A1-1	3.5	無作動
A1-2		166
A2-1	7.4	無作動
A2-2		110

(資料來源：本研究整理)

C. [情境 2] & [撒水頭與貨物距離 50 cm] (III-C)

於 32 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 106 秒時引燃第三層貨物，相較於撒水頭與貨物垂直距離 20 cm 情況，增加距離後。火勢雖在撒水頭動作後之初期有所減緩，但於 400 秒左右溫度迅速竄升，鋼柱 3 於 442 秒時超過 550°C，鋼柱 5 於 594 秒時達到本次模擬最高溫 705°C。且由分析後所呈現之圖形可知，溫度仍有持續上升趨勢。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-22 及表 5-8 所示。

D. [情境 2] & [撒水頭與貨物距離 70 cm] (III-D)

於 32 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 90 秒時引燃第三層貨物，相較於撒水頭與貨物垂直距離 20 cm 之情況，增加距離後，撒水頭之作動時間延後。在此情況下初期火勢猛烈，但

於 250 秒左右火勢開始被壓制，此現象與撒水頭與貨物距離 50 cm 之情況不同。鋼柱 8 於 245 秒時超過 550°C，並於 253 秒時達到本次模擬最高溫 572°C，超出危險值 22°C。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-23 及表 5-9 所示。

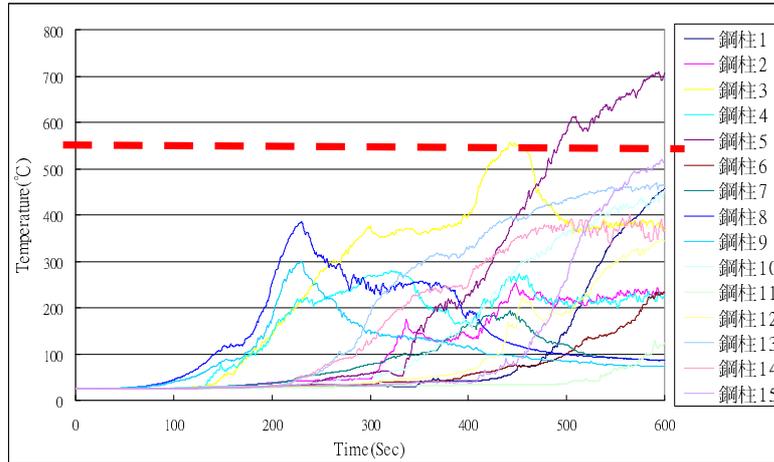


圖 5-22 模擬 (III-C) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

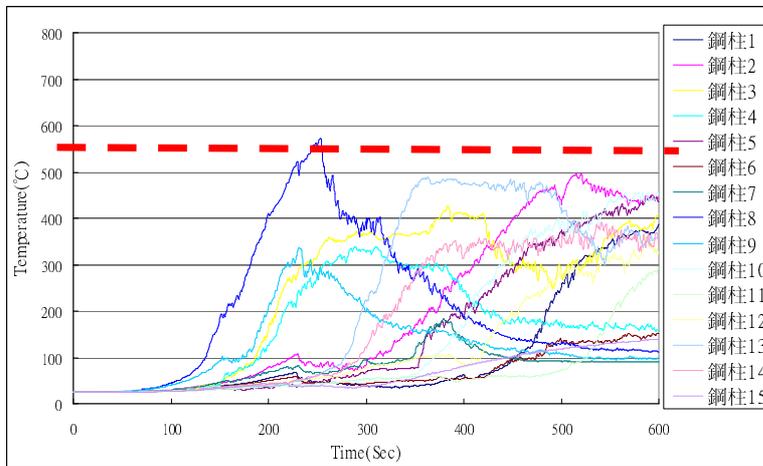


圖 5-23 模擬 (III-D) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

表 5-8 模擬 (III-C) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離 撒水器高度 (公尺)	作動時間(秒)	撒水頭編號	模型底層距離 撒水器高度 (公尺)	作動時間(秒)
B1-1	3.3	377	B2-1	7	216
B1-2		78	B2-2		128
B1-3		471	B2-3		433
B1-4		無作動	B2-4		259

(資料來源：本研究整理)

表 5-9 模擬 (III-D) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	設置高度(m)	作動時間(秒)	撒水頭編號	設置高度(m)	作動時間(秒)
B1-1	3.5	335	B2-1	7.4	218
B1-2		58	B2-2		141
B1-3		455	B2-3		384
B1-4		229	B2-4		259

(資料來源：本研究整理)

E. 小結

由本次模擬可知，撒水頭與貨物間距離確會影響撒水頭動作時間與火場溫度，適當的距離將提高撒水頭噴灑效率。當撒水頭提高距離至 50 cm 時，[情境 1] 與 [情境 2] 之鋼柱最高溫，雖與未提高者差距不大，但其他鋼柱之溫度均呈現下降現象，顯示提高撒水頭，除可以增加防護面積外，在水珠有效距離內可發揮降低鋼柱溫度之效果。[情境 1] (提高至 70 cm) 溫度大量上升，但[情境 2] (提高至 70 cm)，鋼柱溫度卻因撒水頭作動時間改變而達到大幅改善，由此可見提高至 70 cm 後，期望自動撒水系統，對於火場中承受高溫之鋼柱達到降溫效果，將因情境不同而有所不同。其次，站在經濟效益之立場上，貨架提高至 70 cm，對於業者來說，在有限土地面積及建築物高度受限情況下，不符空間

利用效益，且提高後亦無明顯及普遍性之良好成效，有時甚至會造成撒水頭動作遲緩，進而使鋼柱溫度上升。因此，於後續模擬情境中，暫不予考慮提高 70 cm 之情形。

4. 模擬IV【調整撒水頭放水壓力及反應時間指數 RTI】

撒水頭放水壓力愈大則撒水頭噴撒能力越強，越能抑制火焰。但考量附屬設備如加壓馬達量能，水管管徑佔用建築物空間、附掛牆面（天花板）能力、市場普及率及成本效益等，本模擬採用電氣設備用撒水頭，放水壓力僅設定為 3.5 Kgf/cm²。遠低於法規允許之 10 Kgf/cm²，至於撒水頭之反應時間指數 RTI，亦調整至快速動型 RTI = 50 (m-sec)^{1/2}，放水量提升至 213 L/min，模擬時間維持 600 秒，其他設定依照原有設定，如表 5-10 所示：

表 5-10 模擬IV-調整撒水頭放水壓力及反應時間參數設定

模擬參數	情境 1	情境 2
撒水頭數量/貨物數量	4/32	8/48
RTI	速動型 50 (m-sec) ^{1/2}	
放水壓力	3.5 Kgf/cm ²	
流量	213 L/min	
撒水頭與貨物最近垂直距離	20cm、50cm	

(資料來源：本研究整理)

A. [情境 1] & [撒水頭與貨物距離 20 cm] (IV-A)

於 41 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 81 秒時引燃第三層貨物，與模擬 II【現況模擬】[情境 1]相同。在撒水情況下火勢減緩，於模擬 II【現況模擬】[情境 1] 發生最高溫之鋼柱 f，於本次模擬中，鋼柱 f 之最高溫僅 446°C，相較於模擬 II【現況模擬】[情境 1] 溫度下降超過 200°C。本次模擬中，鋼柱 j 之溫度超過 550°C。鋼柱 j 於 439 秒時，超過 550°C，於 600 秒時，達到

本次模擬最高溫 668°C，並有繼續升溫趨勢。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-24 及表 5-11 所示。

B. [情境 1] & [撒水頭與貨物距離 50 cm] (IV-B)

於 39 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 77 秒時引燃第三層貨物，與模擬 III【調整貨架高度】[情境 1] 相同。在撒水情況下火勢減緩，模擬 III【調整貨架高度】[情境 1]，於 462 秒時，到達最高溫度 649°C。而本次模擬最高溫僅 215 度，降低 434°C。由此可知，提高撒水頭能力並增加撒水水量，對於降低貨架鋼材之溫度實有幫助。本次模擬中貨架鋼柱 j 於 557 秒時達到 536°C，低於臨界溫度 550°C。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-25 及表 5-12 所示。

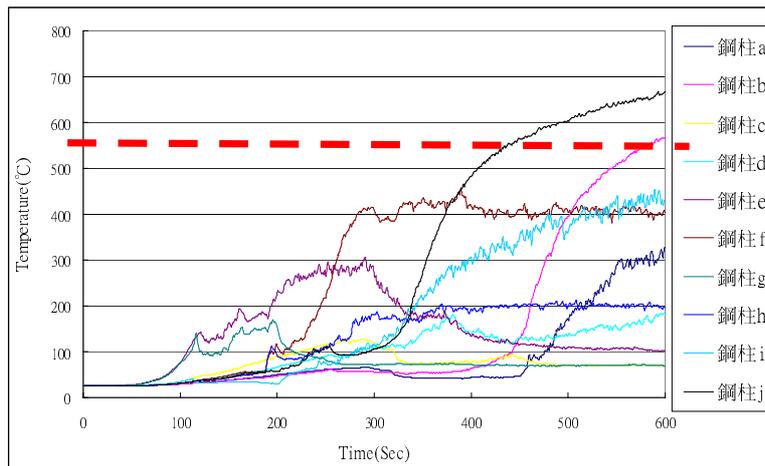


圖 5-24 模擬 (IV-A) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

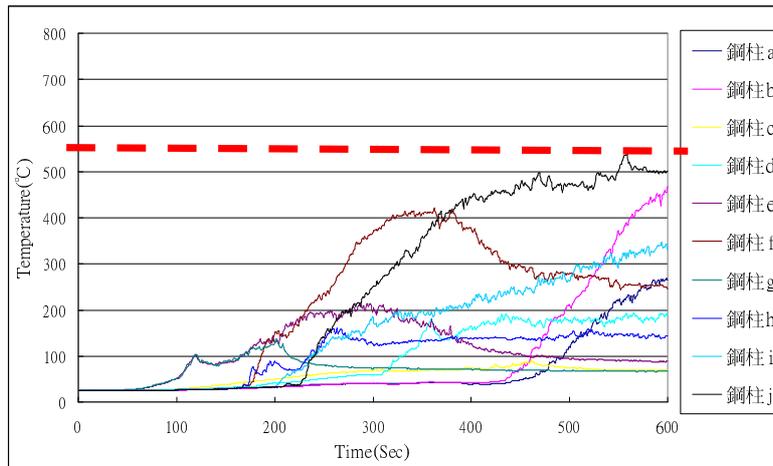


圖 5-25 模擬 (IV-B) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

表 5-11 模擬 (IV-A) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
A1-1	3	293
A1-2		112
A2-1	6.4	314
A2-2		110

(資料來源：本研究整理)

表 5-12 模擬 (IV-B) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
A1-1	3.3	359
A1-2		169
A2-1	7	390
A2-2		110

(資料來源：本研究整理)

C. [情境 2] & [撒水頭與貨物距離 20 cm] (IV-C)

於 34 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 115 秒時引燃第三層貨物，而模擬 II【現況模擬】[情境 2] 於 81 秒時，即引燃第三層貨物。提高撒水頭能力並增加撒水水量之情況下，將延緩撒水頭動作時間。本次模擬中，設於第二層貨架之撒水頭 B₁-2，雖於 71 秒時開始撒水，但此時火勢已經相當猛烈，而無法完全壓抑。雖然鋼柱 8 於 345 秒僅有 150°C，但鋼柱 5 於 312 秒時，已超過 550°C，鋼柱 5 於模擬時間 600 秒內之最高溫度為 780°C。由圖形預測 600 秒後，溫度仍呈現持續向上攀升之趨勢。於量測時間內，貨架鋼柱其他測點亦有超過鋼材臨界溫度 500°C 之情況發生，鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-26 及表 5-13 所示。

D. [情境 2] & [撒水頭與貨物距離 50 cm] (IV-D)

於 32 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 115 秒引燃第三層貨物。模擬 III【調整貨架高度】[情境 1] 之引燃時間為 77 秒。由此可知，提高撒水頭能力並增加撒水水量情況下，撒水頭動作時間延緩。再者，設於第二層貨架之撒水頭 B₁-2 於 52 秒時開始撒水，鋼柱 5 於 556 秒時，超過 550°C。於模擬時間 600 秒內，鋼柱 5 之最高溫度為 572°C，超過貨架鋼柱臨界溫度僅 22°C。但由圖形研判，超過 600 秒後鋼柱溫度仍可能持續升溫。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-27 及表 5-14 所示。

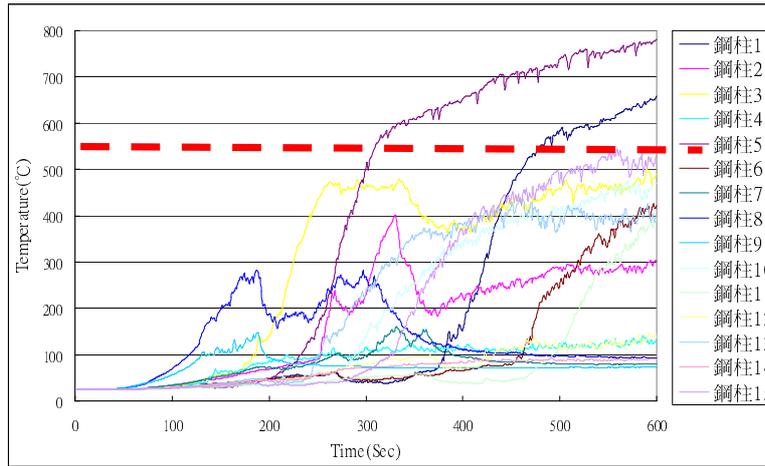


圖 5-26 模擬 (IV-C) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

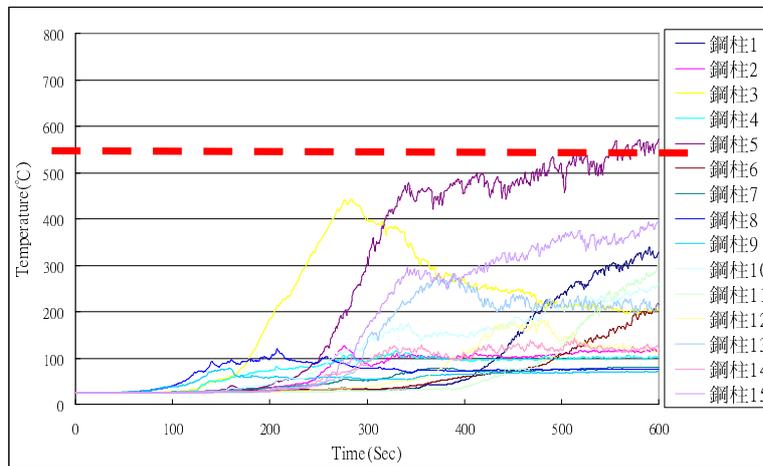


圖 5-27 模擬 (IV-D) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

表 5-13 模擬 (IV-C) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)	撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
B1-1	3	330	B2-1	6.4	268
B1-2		71	B2-2		127
B1-3		352	B2-3		362
B1-4		190	B2-4		184

表 5-14 模擬 (IV-D) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	設置高度(m)	作動時間(秒)	撒水頭編號	設置高度(m)	作動時間(秒)
B1-1	3.3	276	B2-1	7	275
B1-2		52	B2-2		130
B1-3		336	B2-3		355
B1-4		159	B2-4		204

(資料來源：本研究整理)

E. 小結

藉由模擬分析得知，即使 RTI 取用速動型 $50 \text{ (m-sec)}^{1/2}$ ，放水壓力取用 3.5 Kg/cm^2 ，流量取用 213 L/min 之情況下，自動撒水設備作動時間只提前了 120 秒，並使貨架鋼柱溫度下降。且根據模擬 IV-B 及模擬 IV-D 得知，撒水頭與貨物距離為 50cm 時較距離 20cm 為佳。但即使如此模擬 IV-A、模擬 IV-C 及模擬 IV-D 之最高溫度依然超過鋼材臨界溫度 550°C 。換言之，改善撒水頭 RTI 後，雖可使撒水頭之作動時間提前，仍無法有效抑制火勢成長。探究其原因，得知每個撒水頭需負責 6~8 個貨物，抑制能力明顯不足。綜合上述分析後，規劃以增加撒水頭數量以及維持撒水頭與貨物間之距離為 50 cm 等標的作為後續模擬工作之重點項目。

5. 模擬 V 【增加撒水頭數量，撒水頭與貨物間距為 20 cm 及 50 cm】

由前幾次模擬可知，與貨物有適當距離與增加撒水頭能力皆會使鋼柱溫度下降，但仍無法達到本研究要求，由於撒水頭放水壓力採用 3.5 Kg/cm^2 已超過應有量能，考慮設置成本、Pump 送水壓力、水管管徑及附掛等因素，不再考慮增加撒水頭效能。且由現況得知每個撒水頭需負責 6~8 個貨物，其負擔似乎過重，故後續模擬將以增加撒水頭數量來達到防護建築物貨架鋼柱之目的，期於火災發生後，貨架鋼柱火害後溫度，能低於臨界溫度 550°C 。故本次模擬採用一般型撒水頭，但增加撒水頭數量（[情境 1]與[情境 2] 撒水頭數量

分別由 4 個增加到 10 個，由 8 個增加到 20 個)，並以交錯配置之方式布置撒水頭，如圖 5-28 及圖 5-29 所示，設置如表 5-15 所示。

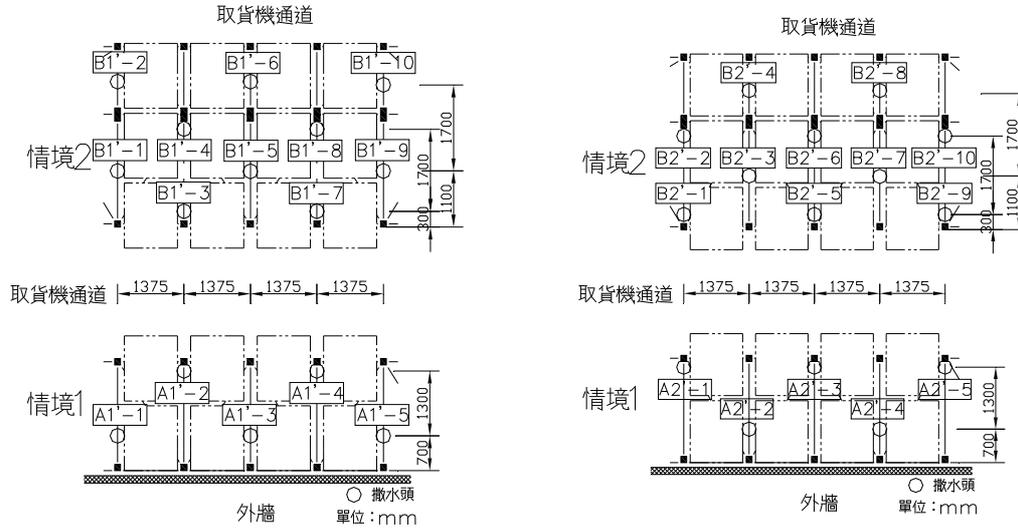


圖 5-28 第二層貨架撒水頭改變位置及數量 圖 5-29 第四層貨架撒水頭改變位置及數量
(資料來源：本研究整理)

表 5-15 模擬 V-撒水頭增加數量與可燃物間距參數設定

模擬參數	情境 1	情境 2
撒水頭數量/貨物數量	10/32	20/48
RTI	一般型 80 (m-sec) ^{1/2}	
放水壓力	1Kgf/cm ²	
流量	114 L/min	
撒水頭與貨物最近垂直距離	20cm、50cm	

(資料來源：本研究整理)

A. [情境 1] & [撒水頭與貨物距離 20 cm] (V-A)

於 41 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 81 秒時引燃第三層貨物，與模擬 II [情境 1] 情況相同。設於第二層之撒水頭 A1'-3 於 94 秒開始動作，火勢受噴出之水珠之影響而被抑制住，

模擬II [情境 1]情況下，鋼柱 f 之最高溫度為 658°C，而本次模擬鋼柱 f 之最高溫度為 239°C，減少 419°C。模擬IV [情境 1] 鋼柱 j 之最高溫度為 668°C，而本次模擬鋼柱 j 之最高溫度為 183°C，降低 485°C。本次模擬鋼柱 g 於 598 秒之最高溫度為 418°C，低於本研究設定之臨界溫度 550°C，但仍隱約呈現繼續升溫趨勢。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-30 及表 5-16 所示。

B. [情境 1] & [撒水頭與貨物距離 50 cm] (V-B)

於 39 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 77 秒時引燃第三層貨物，模擬III [情境 1]相同。設於第二層之撒水頭 A1'-3 於 106 秒開始動作，火勢受噴出之水珠之影響而被抑制住，模擬III [情境 1] 鋼柱 e 最高溫為 649°C，而本次模擬鋼柱 e 之最高溫度為 181°C，降低 468°C。模擬IV [情境 1] 鋼柱 j 之最高溫為 649°C 而本次模擬鋼柱 j 本次僅有 155°C，降低 494°C。本次模擬鋼柱 g 於 523 秒時，達到最高溫度 361°C，低於本研究設定之臨界溫度 550°C，且由分析圖形中得知，鋼柱溫度保持平穩而無上升趨勢。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-31 及表 5-17 所示。

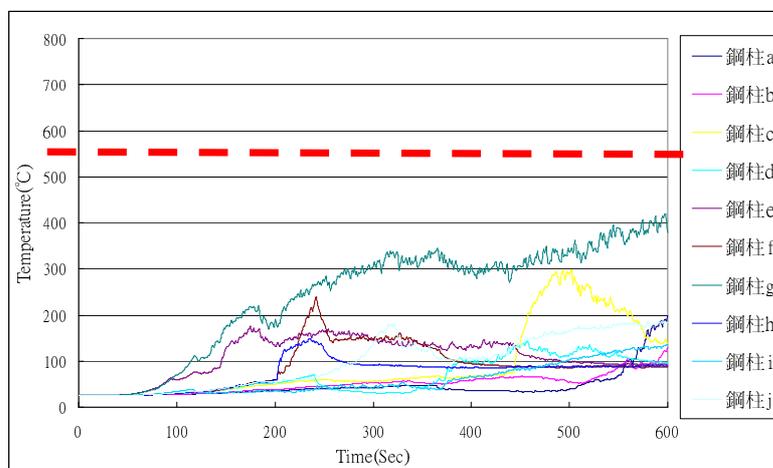


圖 5-30 模擬 (V-A) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

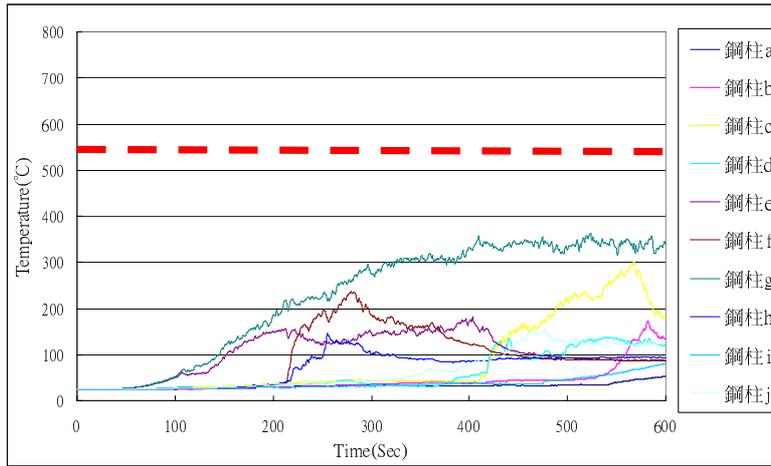


圖 5-31 模擬 (V-B) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

表 5-16 模擬 (V-A) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)	撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
A1'-1	3	無作動	A2'-1	6.4	554
A1'-2		426	A2'-2		360
A1'-3		94	A2'-3		237
A1'-4		199	A2'-4		113
A1'-5		無作動	A2'-5		317

(資料來源：本研究整理)

表 5-17 模擬 (V-B) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)	撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
A1'-1	3.3	無作動	A2'-1	7	575
A1'-2		441	A2'-2		317
A1'-3		106	A2'-3		274
A1'-4		255	A2'-4		114
A1'-5		無作動	A2'-5		363

(資料來源：本研究整理)

C. [情境 2] & [撒水頭與貨物距離 20cm] (V-C)

於 34 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 82 秒時引燃第三層貨物，與模擬 II B [情境 2] 之引燃時間相類似。模擬 II B [情境 2] 鋼柱 5 之最高溫度為 757°C。模擬 IV [情境 2] 鋼柱 5 之最高溫度為 780°C。而本次模擬鋼柱 5 最高溫度為 384°C，分別降低 373°C 及 396°C。設於第二層之撒水頭 B₁-5 於 98 秒，開始動作，於火災初期火勢在撒水控制之下似乎有所抑制，但鋼柱 14 隨著時間增加，溫度呈現緩緩上升趨勢。於 544 秒時超過 550°C，於模擬時間 600 秒內，鋼柱 14 最高溫度達 589°C。600 秒後仍有繼續升高的趨勢。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-32 及表 5-18 所示。

D. [情境 2] & [撒水頭與貨物距離 50 cm] (V-D)

於 32 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 86 秒時引燃第三層貨物，與模擬 III A 小節引燃時間類似。模擬 III [情境 2] 鋼柱 5 之最高溫度為 705°C。模擬 IV [情境 2] 鋼柱 5 之最高溫度為 572°C，與本次模擬鋼柱 5 之最高溫度 384°C 比較，分別降低 321°C 及 188°C。設於第四層之撒水頭 B₂'-7 於 85 秒開始動作，於火災初期，火勢在撒水控制之下似乎有所抑制，且由分析圖形得知，鋼柱溫度緩慢上升，直至模擬結束時，所有鋼柱均未超過 550°C。鋼柱 14 於 596 秒時達最高溫度 447°C，由分析圖形研判，超過 600 秒後，鋼柱溫度仍可能持續上升。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-33 及表 5-19 所示。

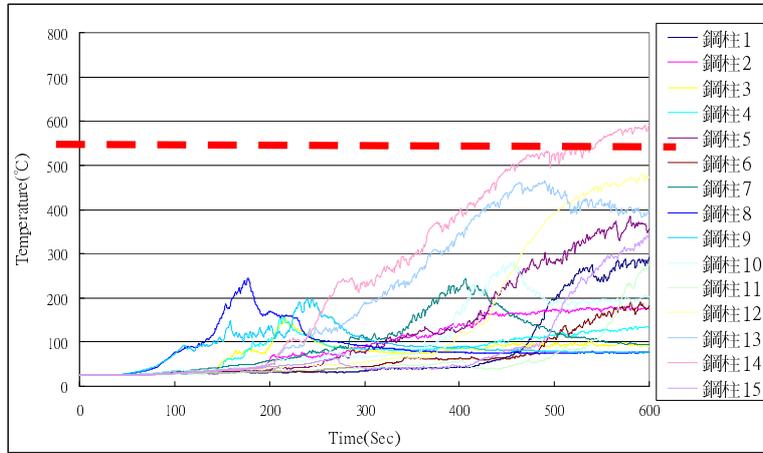


圖 5-32 模擬 (V-C) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

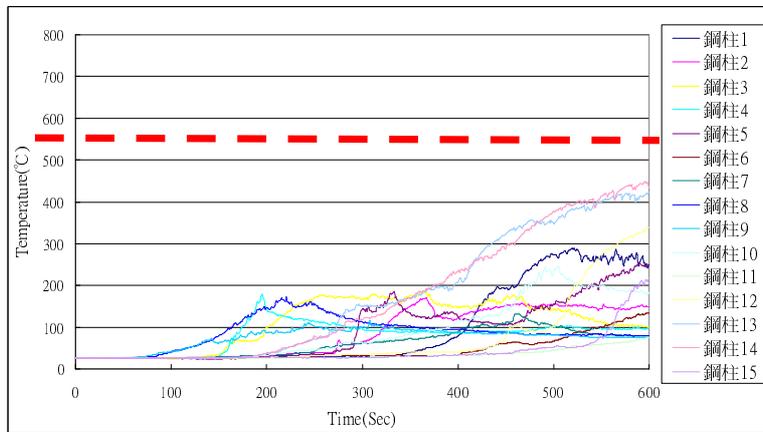


圖 5-33 模擬 (V-D) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

表 5-18 模擬 (V-C) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)	撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
B1-1	3	426	B2'-1	6.4	無作動
B1-2		512	B2'-2		357
B1-3		337	B2'-3		173
B1-4		409	B2'-4		無作動
B1-5		98	B2'-5		無作動
B1-6		230	B2'-6		175
B1-7		215	B2'-7		101
B1-8		159	B2'-8		268
B1-9		345	B2'-9		287
B1-10		455	B2'-10		340

(資料來源：本研究整理)

表 5-19 模擬 (V-D) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)	撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
B1-1	3.3	493	B2'-1	7	443
B1-2		541	B2'-2		598
B1-3		366	B2'-3		241
B1-4		464	B2'-4		436
B1-5		141	B2'-5		580
B1-6		249	B2'-6		210
B1-7		196	B2'-7		85
B1-8		92	B2'-8		205
B1-9		333	B2'-9		388
B1-10		504	B2'-10		242

(資料來源：本研究整理)

E. 小結

經模擬分析得知，增加撒水頭數量以及使撒水頭與貨架距離保持 50 cm 淨距離。當火災發生時，因撒水頭之動作，可使貨架鋼柱之溫度低於臨界溫度。換言之，可使貨架鋼柱之火害溫度低於 550°C，而落於安全範圍內。由模擬 V[情境 1]之模擬分析圖形中得知，鋼柱溫度低於 550 且無升溫趨勢。由模擬 V[情境 2]之模擬分析圖形中得知，鋼柱溫度雖低於 550°C，但仍有升溫趨勢。故規劃後續模擬，乃保持本次撒水頭之數量及分佈位置，且再次改善撒水頭之防護性能。換言之，將撒水頭由「一般型」替換為「電氣用速動型」。

6. 模擬 VI【增加撒水頭量能，撒水頭與貨物間距為 20 cm 及 50 cm】

由前次模擬分析結果可以得知，增加撒水頭數量並使撒水頭與貨物間距保持 50 cm，即可使貨架鋼柱溫度，穩定維持在 550°C 以下，換言之，低於臨界溫度 550°C。本研究再次以速動型撒水頭進行模擬分析。期藉由本次模擬分析，瞭解增加撒水頭數量及使用性能較佳之撒水頭，對於貨架鋼柱之防護性能，撒水頭相關參數，如表 5-20 所示。

表 5-20 模擬 VI-增加撒水頭數量及能力並調整與可燃物間距參數設定

模擬參數	情境 1	情境 2
撒水頭數量/貨物數量	12/32	20/48
RTI	速動型 50(m-sec) ^{1/2}	
放水壓力	3.5 Kgf/cm ²	
流量	213 L/min	
撒水頭與貨物最近垂直距離	20、50cm	

(資料來源：本研究整理)

A. [情境 1] & [撒水頭與貨物距離 20 cm] (VI-A)

於 41 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 81 秒時引燃第三層貨物，與模擬 II [情境 1] 之引燃時間相類似，火勢受噴出之水珠之影響而被抑制住，本次模擬鋼柱 a 之最高溫為 319°C，低於臨界溫度 550°C。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-34 及表 5-21 所示。

B. [情境 1] & [撒水頭與貨物距離 50 cm] (VI-B)

於 39 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 77 秒時引燃第三層貨物，與模擬 III [情境 1] 相同。火勢受噴出之水珠之影響而被抑制住，本次模擬鋼柱 i 最高溫度為 206°C，低於臨界溫度 550°C。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間如圖 5-35 及表 5-22 所示。

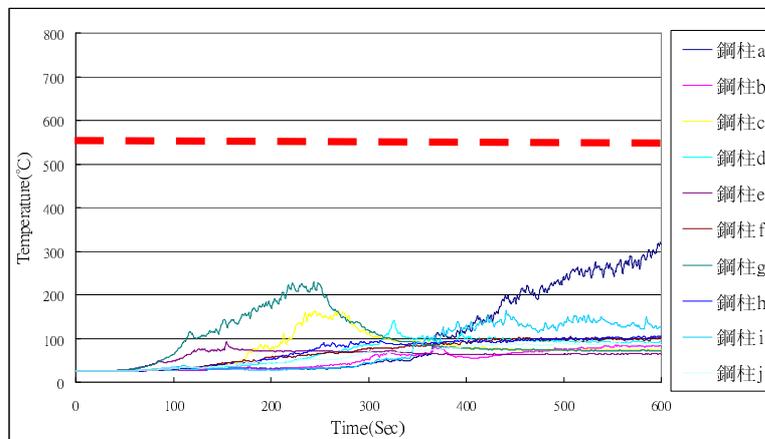


圖 5-34 模擬 (VI-A) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

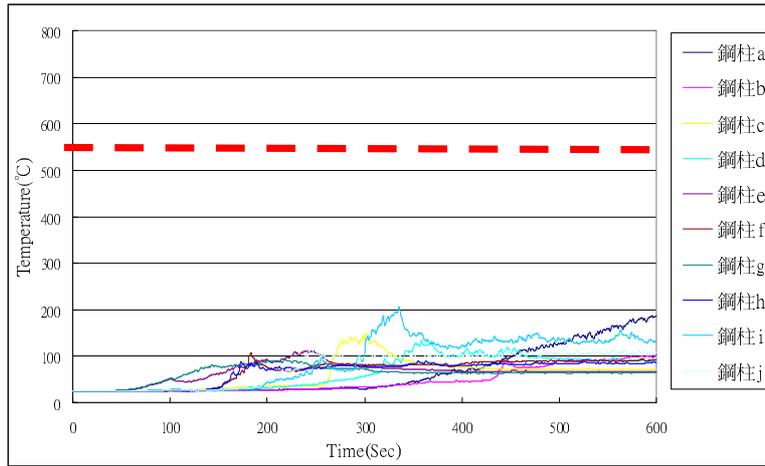


圖 5-35 模擬 (VI-B) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

表 5-21 模擬 (VI-A) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)	撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
A1'-1	3	318	A2'-1	6.4	373
A1'-2		326	A2'-2		174
A1'-3		84	A2'-3		176
A1'-4		253	A2'-4		111
A1'-5		336	A2'-5		298

(資料來源：本研究整理)

表 5-22 模擬 (VI-B) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)	撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
A1'-1	3.3	373	A2'-1	7	443
A1'-2		369	A2'-2		284
A1'-3		101	A2'-3		181
A1'-4		175	A2'-4		107
A1'-5		335	A2'-5		240

(資料來源：本研究整理)

C. [情境 2] & [撒水頭與貨物距離 20 cm] (VI-C)

於 34 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 82 秒時引燃第三層貨物，與模擬 II [情境 1] 之引燃時間相類似，火勢受噴出之水珠之影響而被抑制住，本次模擬鋼柱 14 之最高溫為 438°C，低於臨界溫度 550°C。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-36 及表 5-23 所示。

D. [情境 2] & [撒水頭與貨物距離 50 cm] (VI-D)

於 34 秒時，垂直延燒火焰引燃第二層貨物，於 82 秒時引燃第三層貨物，與模擬 II [情境 1] 之引燃時間相類似，火勢受噴出之水珠之影響而被抑制住，本次模擬鋼柱 14 之最高溫為 310°C，低於臨界溫度 550°C。鋼柱各點溫度分布及撒水頭作動時間，如圖 5-37 及表 5-24 所示。

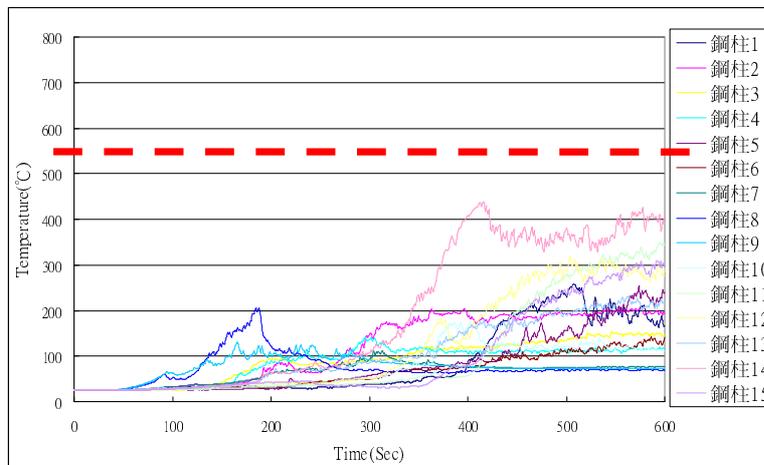


圖 5-36 模擬 (VI-C) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

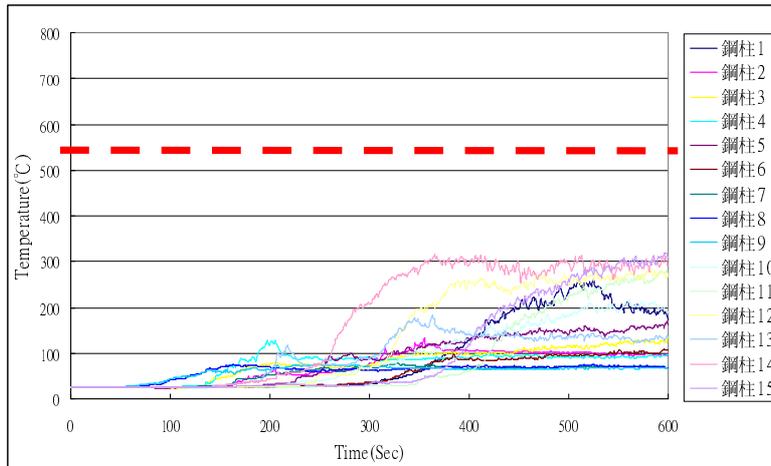


圖 5-37 模擬 (VI-D) 鋼柱溫度時間曲線圖

(資料來源：本研究整理)

表 5-23 模擬 (VI-C) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)	撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
B1-1	3	362	B2'-1	6.4	508
B1-2		399	B2'-2		331
B1-3		無作動	B2'-3		182
B1-4		284	B2'-4		無作動
B1-5		93	B2'-5		無作動
B1-6		237	B2'-6		183
B1-7		213	B2'-7		88
B1-8		165	B2'-8		239
B1-9		317	B2'-9		304
B1-10		384	B2'-10		395

(資料來源：本研究整理)

表 5-24 模擬 (VI-D) 撒水頭作動時間

撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)	撒水頭編號	模型底層距離撒水器高度(公尺)	作動時間(秒)
B1-1	3.3	346	B2'-1	7	524
B1-2		366	B2'-2		378
B1-3		245	B2'-3		200
B1-4		253	B2'-4		286
B1-5		139	B2'-5		272
B1-6		226	B2'-6		155
B1-7		247	B2'-7		77
B1-8		115	B2'-8		214
B1-9		263	B2'-9		274
B1-10		306	B2'-10		360

(資料來源：本研究整理)

E.小結

藉由增加撒水頭數量以及加強撒水頭防護能力之模擬分析後，得知使用上述兩種替代手法時，當自動儲存倉庫發生火災，自動撒水設備可以有效抑制貨架鋼柱之溫度，已能將鋼柱受火害溫度控制在 200°C~400°C 之內，未超過鋼材之臨界溫度 550°C，符合本研究需求。並藉由模擬分析結果可以得知，撒水頭與貨物兩者間距維持 50 cm 距離，其火災防護性能優於兩者間距維持在 20cm 之情況。由此可驗證各類場所消防設備安全設置標準所規定之 45 cm 以上之設置規定。

參、總結

自動化儲存倉庫之建築高度較高，倉庫內堆疊物品之貨架亦較高，貨物密集堆放、種類繁多且數量龐大。每層儲存貨架之高度，依存放貨物之種類及其需求而有所不同。本研究對象之建築物其貨架高度並無特殊之處，但因物品整體（每件物品）之高度過高，導致撒水頭與貨物兩者間距離過於接近（約 20 cm），遠小於規範之設定值（45 cm）。在此種放置條件下，將發生撒水頭防護面積過於集中，防護區域面積過小；因此而無法全面保護儲存之貨物。換言之，撒水頭於火災發生時，無法發揮撒水頭其應有抑制火勢功能。然而，當撒水頭與貨物兩者間距離過遠，若撒下水珠未達貨物表面之前，已汽化成水蒸氣，則亦無法有效抑制火勢。

由此可知，相關業者應加強查核貨物堆放情形，以免火災災害發生後，遭受重大損失。其次，藉由本研究模擬分析結果得知，撒水頭與貨物兩者間距離為 50 cm 時，為撒水頭較佳之設置高度，距離過大或過小對於降低貨架鋼柱溫度，均無法發揮其原有功效，在特殊情況下甚至會導致災害擴大。

換言之，距離過大或過小，均無法有效防護貨架鋼柱。火災發生時，鋼柱溫度將持續上升，鋼柱在無法承受貨物重量之情況下，進而產生貨架傾倒或崩塌，甚至使得整棟建築物發生毀損情況，除建築物整棟燒毀以外，尚有可能波及鄰近建築物，使火勢向外部蔓延。

撒水頭撒水能力越強，越能抑制火勢。但考量設備市佔率及附屬設備（如水管管徑及加壓送水裝置等等），效能過大的自動撒水設備，除了佔據龐大空間外，其建構初期成本亦索費不貲。因此，增加撒水頭數量並以交錯方式設置撒水頭，為目前較為可行之替代方案。經由模擬結果證實，增加撒水頭數量並以交錯排列之方式設置撒水頭，則建築物內貨架鋼柱之溫度，可控制在 550°C 以下，如表 5-25 所示。

由於 FDS 模擬軟體，於執行過程中，撒水頭噴撒之水珠無法熄滅火焰，僅能夠降低鋼柱溫度，且火源被設定為不斷發出熱能之發熱體，相對於火場溫度及實際延燒現象，FDS 模擬軟體較真實火災情況更趨於嚴苛。因此建議後續應進行實體火災實驗，藉以瞭解自動化儲存倉庫火災發生時，利用自動撒水設備之防護成效是否與 FDS 模擬軟體分析之結果一致。

表 5-25 各種模擬情境下貨架鋼柱之最高溫度

撒水頭				情境 1			情境 2		
1. 作動溫度：68 °C 2. 垂直間距： 200 mm→3,300 mm /每層 (原來方式) 500 mm→3,900 mm /每層 (建議方式) 700 mm→4,300 mm /每層 (NG 方式) 3. 水平間距： 2,750 mm /個 (原來方式) 1,375 mm /個 (建議方式)				1. 模擬區域： 7.0×7.0×7.0 m 2. 格點大小： 0.1×0.1×0.1 m 3. 格點數目： 343,000 格			1. 模擬區域： 7.0×8.5×7.0 m 2. 格點大小： 0.1×0.1×0.1 m 3. 格點數目： 416,500 格		
RTI	放水壓力	流量	與貨物之距離	貨架鋼柱最高溫度	$(\frac{S}{G})$	貨架鋼柱編號	貨架鋼柱最高溫度	$(\frac{S}{G})$	貨架鋼柱編號
(m-sec) ^{1/2}	(Kgf/cm ²)	(L/min)	(mm)	(°C)	(個)		(°C)	(個)	
無	無	無	200	1,031	4/32	(e)	967	8/48	(7)
80	1.0	114	200	658	4/32	(f)	757	8/48	(5)
			500	649		(e)	705		(5)
			700	802		(e)	572		(8)
50	3.5	213	200	668	4/32	(j)	780	8/48	(5)
			500	536		(j)	572		(5)
80	1.0	114	200	418	10/32	(g)	589	20/48	(14)
			500	361		(g)	447		(14)
50	3.5	213	200	319	10/32	(a)	438	20/48	(14)
			500	206		(i)	310		(14)

(資料來源：本研究整理)

註 1： $(\frac{S}{G}) = (\text{撒水頭數量} / \text{儲存貨物數量})$

註 2：模擬可燃貨物：聚丙烯塑膠 (PP)。

(1) 單位體積之熱釋放率為 432,000 Btu/ft³。(NFPA 13 Hand Book)

(2) 取用 230°C 為聚丙烯塑膠 (PP) 之引燃溫度。

註 3：模擬總時間：10 min (600 sec)

第六章 結論與建議

第一節 結 論

自動化儲存倉庫為當前熱門新興行業之一，在土地資源有限及人力成本不斷攀升等現實情況下，未來建構自動化儲存倉庫取代一般傳統倉庫，實為倉儲業界共同之趨勢。當自動化儲存倉庫之建築構造型式為庫架分離式時，則倉儲業者於建構自動化倉儲之過程中，理應遵循「建築技術規則建築設計施工編」第 69 條以及第 70 條相關規定，而政府相關單位應依照法令執行。由於前述相關技術、檢驗查核及行政手續，業已相當純熟，於操作過程中應不致引發太多爭議。然而，當自動化儲存倉庫之建築構造型式為庫架合一式時（儲存貨架亦為建築構造時），為符合上述法規政府相關單位要求業者或建造單位，於貨架上施予防火披覆、防火漆或者要求貨架為混凝土構造體，藉以符合建築結構防火時效相關規定時，基於業者經營成本及塗裝防火披覆或防火漆，日後之維修保養問題，實皆造成極大困擾，進而發出反對聲浪並使政府遭受極大責難。在相關議題尚未獲致改善情況下，導致經營業者投資意願低落，市場供需層面失調，甚而因產業出走而錯失商業發展契機。

本研究藉由相關文獻資料蒐集與回顧、國內外相關法規研析、研究團隊腦力激盪、歸納分析專家座談與訪談資料以及實際案例電腦模擬（FDS）等方法，為建造庫架合一式自動化儲存倉庫，尋求解決對策並研提替代方案。經相關研究得知，為避免庫架合一式自動化儲存倉庫（貨架亦為建築構造）於火災發生時，高溫火焰導致貨架鋼柱軟化，進而造成建築本體傾倒崩塌之情事發生，其有效對策之一，乃隨時監控倉庫內部情況，及時發現火災處所，並立即予以撲滅，達到初期滅火有效控制災害，避免火勢擴大與蔓延為首要觀念及手段，綜合整理相關研究成果，獲致結論如下所示：

- 一、業已整理完成國外倉儲系統防火安全管理法令，並呈現於本成果報告書之第二章與第三章中。藉由綜合整理各國之文獻與法規資料得知，儲存倉庫發生火災後，為降低人員傷亡數量及財物損失，國外主管防火安全之政府機關或民間機構，大多採用自動撒水系統（包括配套設備：消防

撒水頭及加壓送水裝置等) 為其主要之防護手法。其次才選用其他滅火系統(自動泡沫滅火系統或自動乾粉滅火系統)。由於儲存倉庫之空間相當龐大而不易維持所需滅火濃度, 不易達到冷卻或窒息之效果。因此各國對於儲存倉庫之防護方法, 較少選用 CO₂ 滅火系統或水霧滅火系統。

- 二、有關自動化倉儲構造防火性能之替代原則, 可區分為兩大類, 若是屬於「庫架分離式」, 則該建築物之建築構造, 應遵循建築技術規則之相關規範辦理。若是屬於「庫架合一式」, 而該場所設有自動撒水滅火設備, 且經評定或檢證實驗, 確認該自動撒水滅火設備之量能, 足以達到初期滅火及有效控制火勢等目的時, 其防火構造及防火時效之審核基準, 得依循建築技術規則總則篇第三條相關規定辦理 [38]。
- 三、本研究透過相關文獻資料蒐集與回顧、國內外相關法規研析、研究團隊腦力激盪、歸納分析專家座談與訪談資料及實際案例電腦模擬等方法, 研擬建築技術規則建築設計施工編第七十條之修訂建議為: 「設有自動撒水滅火設備且經評定或檢證實驗, 確認該自動撒水滅火設備之量能, 足以達到初期滅火及有效控制火勢者, 得依本規則總則篇第三條之相關規定辦理」。
- 四、我國業已訂定儲存倉庫防火安全之相關規範。然而規範訂定之標準僅屬基本要求, 且無法針對每一種特定物品提出專屬之規定或標準。因此, 規劃興建或建造完成庫架合一式之自動化倉儲業者, 應根據規劃儲存或實際儲存之物品性質, 於法定消防基礎上, 主動加強自動滅火設備數量及能力, 藉以提升儲存倉庫之防火性能。
- 五、依據本研究 FDS 電腦模擬分析結果得知, 提昇撒水頭量能(採用速動型撒水頭、增加設置撒水頭數量、提高撒水頭放水壓力, 並以交錯排列之方式設置撒水頭等方法), 將可有效提高滅火效能。根據本成果報告書第五章之模擬情境及配置方式進行模擬, 可知建築物內貨架鋼柱 (a) 及鋼柱 (i) 之溫度分別為 319°C 及 206°C (皆控制在 550°C 以下)。然而, 自動撒水設備之配置方式, 應隨著情境不同而有所調整。換言之, 不同類型之自動化儲存倉庫或該倉庫存放其他可燃性物品時, 應比照本研究

模擬之邏輯、步驟及方法，審慎重新進行專屬於該情境之 FDS 電腦模擬分析。唯有如此方能使模擬結果與防護準則，能夠更加經濟、更加符合實際狀況，並取得安全且最佳化設計。

- 六、本研究採用「未設置撒水頭」、「符合國內現行規定之撒水頭設置方式」、「調整撒水頭與貨物之間距」及「提昇撒水頭量能」等情境，進行 FDS 電腦模擬分析。由於 FDS 模擬程式設定：燃燒由成長期到達高原期後，熱釋放率將維持不變，直到模擬結束。但於現實情況下，可燃物品數量將隨燃燒時間經過而逐漸減少，因此熱釋放率理應無法持續維持不變。由此可知，進行 FDS 電腦模擬分析，較實際火災情境更為嚴苛。因此，對於防火性能而言，利用 FDS 電腦模擬分析結果，將偏向於安全側。
- 七、庫架合一式自動化儲存倉庫相關輔助系統及管理系統，種類繁多且構造複雜，建構自動化儲存倉庫所需之機具設備，琳瑯滿目，不勝枚舉，且儲存貨物之種類豐富而多樣。無法期望藉由單一規範或要求，滿足千變萬化之需求與性能。政府相關單位可利用性能評定、檢驗及查核機制，並應配合電腦模擬及實際驗證等方法，於新建自動化倉儲過程中，協助業者解決其所面臨之種種問題。
- 八、本研究應用 FDS 電腦軟體，模擬並分析各種情境，藉由模擬分析之結果得知在建築結構（鋼材）及可燃貨物（塑膠）性質不變之情況下，增加自動撒水設備之數量及能力，可加強自動化儲存倉庫之安全性能。然而模擬過程中無法完全考量實際狀態下所有影響因子，故設定條件與現實情況仍有所出入。應於後續研究中進行實尺寸實體火災實驗，藉以比對並瞭解模擬結果與實際狀況差異之處，而使本研究之邏輯、步驟、方法及配置設計之數據，得以獲致印證，進而使此一研究課題更趨於完備。

第二節 建議

建議一

擬定自動化儲存倉庫作業管理辦法：**立即可行建議**

主辦機關：經濟部商業司

協辦機關：各地方縣市政府

要求自動化儲存倉庫業者或工會，擬定自動化儲存倉庫作業管理辦法，有效管制物品存取流程、人員操作步驟、儲存空間運用、擬定人員進出儲存庫區管制規定、機具（如叉車或汽、材油式堆高車、電器設備及機電設備）、消防安全設備定期維修及保養之標準作業程序（SOP）以及建構自動化儲存倉庫防火安全性能標準。

建議二

應培訓專業查核人員：**中長期建議**

主辦機關：經濟部商業司

協辦機關：各地方縣市政府

應培訓專業查核人員，定期或是不定期考核自動化儲存倉庫相關作業程序與軟硬體設備安全性，藉以有效降低系統化錯誤之發生機率。就如同消防安全檢查人員必須具備相關專業證照及定期訓練，才能不斷吸收日新月異之專業知識，才能有效防止建築物發生火災，保障工作人員生命 safety 及確保儲存物品免受火災侵襲，可將損失降至最低，進而達到零災害之目標。

建議三

自動化儲存倉庫結構安全性循建築技術規則總則編第三條相關規定：**中長期建議**

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

由於自動化儲存倉庫相關機具及附屬設備種類繁多，且多屬高科技產業，不論機具設備或是建築物本體之建構技術及程序均相當精密且複雜。再者儲存於自動化儲存倉庫之物品大多屬於高經濟產品且種類眾多。因此建議遵循「建築技術規則」「總則編」「第三條」相關規定，將可以有效解決政府執法單位以及經營業者，兩造對於「自動化儲存倉庫」此類型建築物其建築構造防火安全性能之質疑與困擾。並應著手進行自動化倉庫實體防火實驗，藉以瞭解已配置自動撒水設備之自動化儲存倉庫之火災性能。

建議四

訂定建築設施及消防設備之設置基準或以性能設計為導向之替代辦法：

中長期建議

主辦機關：內政部消防署

協辦機關：各地方縣市政府

我國「各類場所消防安全設備設置標準」及「建築技術規則」，對於自動化倉儲或高架儲存倉庫之相關規定或條文過於簡略，甚至付之闕如。然而近年來自動化儲存倉庫之設置呈現蓬勃發展之趨勢，實須訂定一套完善且安全的建築設施及消防設備之設置基準或以「性能設計」為導向之替代辦法，以利政府相關單位及經營業者遵行。

建議五

建築技術規則設計施工篇第 70 條之建議條文：**中長期建議**

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

本計畫主要研究項目之一，乃是探討「建築技術規則設計施工篇」第 70 條對於自動化儲存倉庫之結構安全性及適用性。因此，本研究針對「建築技術規則設計施工篇」第 70 條，擬定之建議條文如下所示：

第七十條（原條文）

防火構造之建築物，其主要構造之柱、樑、承重牆壁、樓地板及屋頂應具有左表規定之防火時效：

層數 主要 構造 部份	自頂層起算 不超過四層 之各樓層	自頂層起算 超過第四層 至第十四層 之各樓層	自頂層起算 第十五層以 上之各樓層
承重牆壁	一小時	一小時	二小時
樑	一小時	二小時	三小時
柱	一小時	二小時	三小時
樓地板	一小時	二小時	二小時
屋頂	半小時		
(一) 屋頂突出物未達計算層樓面積者，其防火時效應與頂層同。 (二) 本表所指之層數包括地下層數。			

第七十條 (建議條文)

防火構造之建築物，其主要構造之柱、樑、承重牆壁、樓地板及屋頂應具有左表規定之防火時效：

層數 主要 構造 部份	自頂層起算 不超過四層 之各樓層	自頂層起算 超過第四層 至第十四層 之各樓層	自頂層起算 第十五層以 上之各樓層
承重牆壁	一小時	一小時	二小時
樑	一小時	二小時	三小時
柱	一小時	二小時	三小時
樓地板	一小時	二小時	二小時
屋頂	半小時		
(一) 屋頂突出物未達計算層樓面積者，其防火時效應與頂層同。 (二) 本表所指之層數包括地下層數。 (三) 設有自動撒水滅火設備，且經評定或檢證實驗，確認該自動撒水滅火設備之量能，足以達到初期滅火及有效控制火勢者，得依本規則「總則篇」第三條之相關規定辦理，免受本表規定之限制。			

建議六

訂定「加強自動化儲存倉庫建築物排煙功能」相關規範，擬定「自動化儲存倉庫消防搶救應變計畫」：**中長期建議**

主辦機關：內政部消防署

協辦機關：各地方縣市政府

自動化儲存倉庫工作人員較少，物品堆積密度高，因而不易發現火災。又為滿足恆溫、恆濕環境，如非屬必要甚少設置開口部，因此當火災發生時濃煙容易蓄積，對進入庫房之搶救人員甚為不利。主管機關除應著手進行「如何加強探測設備以及時發現火災」相關研究，藉以達到早期發現火災之目的外，應訂定「加強自動化儲存倉庫建築物排煙功能」之相關規範或「擬定自動化儲存倉庫消防搶救應變計畫」，藉以提高搶救災人員之安全等級。

建議七

訂定減免或放寬建築物構造防火性能之配套規範：**中長期建議**

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

由於，撒水設備可能發生誤動作或失效的情況。因此，以設置消防自動撒水設備之替代方法，藉以減免或放寬建築物構造防火性能時，宜同時訂定配套之限制條件。例如具備「火災或水損保險者」或具備「防火安全管理機制者」，得減免或放寬建築物構造之防火性能。

第三節 未來研究建議

- 一、依各國火災統計，倉儲火發生原因以人為疏失及縱火比例居高，對財產損失影響亦極大，可考慮設置視覺型火焰煙霧偵測系統 VFDS（Video Fire Detection System），結合 CCTV（Closed-circuit television）、火災分析軟體、及時顯示螢幕以及錄影機等設備，做為火警探測系統之輔助系統。再分區設置自動撒水系統，由螢幕確定火災大小及正確地點後，再啟動該對應區域之撒水頭放水，並完成滅火動作，此種方法既能防止縱火又可限制火勢蔓延並降低火災水損失。然而，上述輔助系統之介面整合及實際成效，則有待實際研究得以一窺究竟。
- 二、如允許以撒水設備來減免或降低其建築物構造之防火性能時，則因撒水設備有誤動作或失效的情況，宜有強制保險（人身、財務物及營運商譽等）及其他完善之防火安全管理機制情況下，有條件加以放寬。然而，保險匯率、查核標準、適用條件以及安全管理機制其實際內容為何，皆有待日後之研究與探知。
- 三、不論是「庫架分離式」或「庫架合一式」自動化倉儲，為確保儲存貨物之品質及保存年限，自動化倉儲常以空調設備，營造並控制倉庫恆溫、恆濕環境。因此，大多數自動化倉儲未設置開口部。本研究為符合多數自動化儲存倉庫之現況，於模擬分析之初即設定為無開口之情況。建議後續類似之研究，實可研究並討論設置開口部情形。如此將可使自動化儲存倉庫之相關研究更趨多樣化。
- 四、未來可根據「本質安全」的理念，著手進行防火規定相關研究，且研究範圍應包含電氣設備、通風設備及救災救護等項目之防火研究。
- 五、一般而言，自動化儲存倉庫之特徵為：建築物本體之高度較高、無人員經常駐守及庫房地面層至屋頂層之間並未設置其他樓層。再者，本研究進行 FDS 火災電腦模擬，乃假設底層貨架之可燃貨物起火燃燒之較危險情境。由於燃燒熱氣流向上，促使火勢具有向上以及向左、向右蔓延之潛在危險性。且本研究以初期滅火為自動化儲存倉庫主要防護對策。故

火災發生後，雖然部分燃燒生成氣體將蓄積在倉庫天花板(屋頂)下方。但本研究採用初期滅火之策略；因此火災之下降煙層到達地面層，進而危害到救災人員所需時間甚久。且本計畫主要研究項目之一，乃探討「建築技術規則建築設計施工篇」第 69 條及 70 條，對於自動化儲存倉庫，建築結構之安全性及適用性。因此本研究並未對自動化儲存倉庫火災發生時之濃煙及排煙設備之特性，進行深入研究與探討。然而此一議題實為重要，應作為後續之研究課題。

附錄一、研究團隊會議紀錄

第一次工作會議記錄

開會時間：九十八年三月二十五日(星期三)。

開會地點：國立台灣科技大學綜合研究大樓八樓會議室。

出席人員：張邦立、林文興、黃守謙、陳盈月。

討論重點：

1. 廣為蒐集各國規範及火災災例（以收集五個國家為目標）
2. 利用廠商訪談及專家學者座談會之方式，收集並彙整各界意見。
3. 以電腦軟體進行實際案例模擬，藉以瞭解各種防火措施，應用於自動倉儲之適用性與安全性。
4. 模擬成果作供作自動化倉儲防火設計標準之建議。
5. 分配工作內容及督促經費核銷進度。
6. 預定於九十八年四月九日上午十點半，於國立台灣科技大學綜合研究大樓八樓會議室，召開第二次工作會議。

第二次工作會議記錄

開會時間：九十八年四月十三日（星期一）

開會地點：國立台灣科技大學綜合研究大樓八樓會議室。

出席人員：張邦立、林文興、黃守謙、陳盈月。

討論重點：

1. 討論九十八年四月十六日工作會議之簡報內容與大綱。
2. 組員報告工作進度，已收集之文獻資料包括：
 - A. 美國 (NFPA)
 - B. 英國 (FOC)
 - C. 中國大陸 (GB)
 - D. 新加坡。
3. 分析文獻資料，並製作成簡報格式。

4. 預定於九十八年五月二十日上午十點半，於國立台灣科技大學綜合研究大樓八樓會議室，召開第三次工作會議。

第三次工作會議記錄

開會時間：九十八年五月二十日（星期三）

開會地點：國立台灣科技大學綜合研究大樓八樓會議室。

出席人員：張邦立、林文興、黃守謙、陳盈月。

討論重點：

1. 預計在六月上旬至中旬，參訪內湖廠商。
2. 尋找具建築與消防背景的人員翻譯文獻資料。
3. 討論並擬定專家學者名單。
4. 討論期中報告之架構，並確定各章、節撰寫人員。
5. 預定於九十八年六月十六日，於國立台灣科技大學綜合研究大樓八樓會議室，召開第四次工作會議。

第四次工作會議記錄

開會時間：九十八年六月二日（星期二）

開會地點：國立台灣科技大學綜合研究大樓八樓會議室。

出席人員：張邦立、林文興、黃守謙、陳盈月。

討論重點：

1. 報告期中報告進度，報告應於下星期一以前匯整完成。
2. 以建研所期中報告時間。機動調整第五次工作會議時間，以利期中簡報。

第五次工作會議記錄

開會時間：九十八年七月十三日（星期一）

開會地點：國立台灣科技大學綜合研究大樓八樓會議室。

出席人員：張邦立、林文興、黃守謙、陳盈月。

討論重點：

1. 期中審查評審委員意見及修正。
2. FDS 模擬方向修正及方法建立。
3. 日本文獻請盈月幫忙蒐集。
4. 預定於八月份召開第六次工作會議。

第六次工作會議記錄

開會時間：九十八年八月二十五日（星期二）

開會地點：國立台灣科技大學綜合研究大樓八樓會議室。

出席人員：張邦立、林文興、黃守謙、陳盈月。

討論重點：

1. 專家學者座談會委員名單及報告內容討論。
2. FDS 模擬討論及修正。

附錄二、專家學者座談會會議記錄

第一次專家學者座談會

開會時間：民國 98 年 9 月 11 日（星期五）上午 10 時至 12 點 30 分。

開會地點：內政部建築研究所 13 樓簡報室。

一、與會專家學者名單

編號	專家學者姓名	任職單位	職稱
1	邱文豐	台灣警察專科學校消防安全科	教授
2	吳玉祥	中華科技大學機械系	教授
3	程建明	中華民國建築師公會全聯會	建築師
4	林慶元	台灣科技大學建築系	教授
5	林世昌	台北市消防設備師公會	法規會主委
6	陳正平	中華民國鋼結構協會	結構技師

二、會議記錄

主持人：各位出席委員好，感謝各位撥空參加內政部建築研究所 98 年度協辦案-「自動化倉儲防火規定之研究」的專家學者座談會，並感謝建築研究所安災組陳組長建忠列席予以指導。由於本案主持人李主秘玉生另有要公無法前來開會，以下將由本案協同主持人張邦立助理教授報告本案的源由目的，及當前進度與遭遇困難，請各位不吝予以批評指教。

=====報告結束=====

主持人：簡報已結束，請各位惠賜意見。

林主委世昌：

1. 撒水頭的配置，在情境 1 與 2 是假定在貨物正上方，在工程面上會有水損疑慮，建議撒水頭配置位置，從貨架之煙道裝設撒水頭，如此原則下撒水頭數量會增加，而且符合實際工程需求，並提高放水密度，達成滅火功能。
2. 本案已模擬之結果，可略之，增加放水量 K 值及提升作動時間 RTI 有助於降低火場溫度。
3. 增加放水量可朝增加天花板撒水頭及貨架撒水頭之放水密度著手，調整 RTI (50 以下快的) 及 K 值 (越大越好，如 K: 8.0kgf/cm²) 以上與放水壓力。

林教授慶元：

1. 利用自動撒水啟動抑制火災溫度來避免倉儲倒塌應是方向。
2. 如何的設備設置條件才合宜，在研究最後要提出建議。
3. 在現有的自動撒水設備設置條件下，貨架可以採用達到防火時效的替代方案是否也有對策？例如：內充水主要構造，防火貨袋或貨罩。

吳教授玉祥：

1. FDS 模擬結果似乎與撒水頭數量負責的貨物數量有相當大的關係，情境 1 的撒水頭因為較少(32/4=8)，而情境 2 的撒水頭較多(48/8=6)，因此 FDS 模擬結果吻合參數設定結果。
2. 因此提高撒水頭的數量及放水量，即可達到 550°C 以下的需求，但如何尋求此二者的關係，達到經濟合理的要求，需進一步的探討。
3. 為何訂出 550°C 以下的規範(CNS 12514)? 因為實際上倉儲是希望當某貨架上發生火災時，迅速將此點火災撲滅，因此建議模擬出如何放置撒水頭與其出水量，才能完成及時撲滅火災，不致繼續延燒，才會符合業主及設置撒水設備的初始目的。
4. 建議模擬完全沒有撒水設備時與有撒水設備時之比較。

邱教授文豐

1. FDS 延燒現象相關參數設定有其必要性，除溫度-時間曲線外，請增加熱釋放率（Q）-時間關係圖。
2. 自動撒水頭之配置建議朝向兩方向：
 - a.我國法規標準配置（含天花板、貨架撒水頭）
 - b.美國 NFPA13 採用 ESFR，較大 K 值等撒水頭方式配置。
3. 對照空白試驗，未配置撒水設備之情境下，FDS 模擬結果如何？建議 2 個情境能量能呈現出來，以便未來進行比較分析。

程建築師建明

1. 依 30m 高共 17 層貨架，應以建築技術規則訂定層高、天花板高之規定設置水平及垂直之撒水偵煙設備。
2. 上述撒水頭為高度 50m 之留置或參考值。
3. 本案人員少，僅財物損失及產物保險問題。

陳技師正平

1. 一般自動倉儲之貨架即結構，且桿件非常細小，不耐火易變形，火害後幾乎無法恢復使用，因此建議以儘快撲滅火源為主要目標。
2. 建議以主動式，並依貨物危險等級區分監控，控制損害範圍。
3. 建議自動倉儲因設備精密，損害之金額龐大，因此應與其他廠房分隔，以免受隔壁廠房火災波及。

陳組長建忠

1. 自立式的高架倉庫，結構系統為超靜定的穩動鋼架結構，小範圍局部破壞時能重新分配應力，不致於倒塌。
2. 因此只要能加強滅火能力，將破壞局陷於局部，應能達到安全需求。

3. 建議除了依國內現行法規外，另依據美國 NFPA 13 內對於自動高架倉儲的消防設置規定進行模擬。

主持人：

感謝各位委員寶貴的意見，本案將在依循委員們的方向繼續進行研究。

=====會議結束=====

第二次專家學者座談會

開會時間：民國 98 年 10 月 29 日（星期四）上午 9 點 30 分至 12 點 30 分。

開會地點：內政部建築研究所 13 樓簡報室。

一、與會專家學者名單

編號	專家學者姓名	任職單位	職稱
1	林世昌	台北市消防設備師公會	主委
2	吳武泰	台北市政府消防局救災救護第四大隊	大隊長
3	郭詩毅	德霖技術學院營建科技系	教授
4	鐘興陽	成功大學土木系	教授
5	蔡明彰	財團法人臺灣建築中心	工程師
6	陳玠佑	內政部建築研究所安全防災組	研究員

二、會議記錄

主持人：各位出席委員好，感謝各位撥空參加內政部建築研究所 98 年度協辦案-「自動化倉儲防火規定之研究」的專家學者座談會。由於本案主持人李主秘玉生另有要公無法前來開會，以下將由本案協同主持人張邦立助理教授報告本案的源由目的，及當前進度與遭遇困難，請各位不吝予以批評指教。

=====報告結束=====

主持人：簡報已結束，請各位惠賜意見。

林主委世昌：

- 4. 總結 2：請作文字修改。

5. 由溫度-時間曲線圖可知，縮短撒水頭反應時間及增加放水密度，可抑制火焰溫度成長，使鋼柱保持在 550°C 以內，為當前最佳自動化倉儲防火辦法。
6. 總結 3：請作文字修改。
7. 基於 FDS 模擬軟體並無「被澆熄」的觀念，火源為一穩定成長熱源，撒水頭對火場燃燒的作用僅能降溫，與現實觀念撒水直接撲滅火源是較現實嚴苛危險。
8. 建議強化研究結論，針對本次研究對象物火載量(如塑膠類)，必須搭配自動撒水設備，且針對撒水頭選用規格提出數據(如 RTI 及 densey)及防護面積，並透過 FDS 軟體模擬，證明火場溫度可以抑制在攝氏 550°C 以下。

吳大隊長武泰：

1. 針對貨架的類型、構造及成份再詳加說明，以強化對模擬情境的意義。
2. 對情境 1 及 2 設定試驗貨物單元 8 及 12 個，有何思考定義？因為會涉及 HRR 或火源大小的比對值不同，建議再加強說明。
3. 建議將一般型及速動型所設定的基本條件如 RTI、放水壓力、放水量加以製表分類及測試，俾利說明結果(550°C)變成之方法與步驟，強化日後設計模組之建構。

郭教授詩毅：

1. FDS 軟體模擬結果具可信度，本研究所得 FDS 模擬結果在可以接受及預期範圍內。
2. 現況為物流倉儲貨架高且空間利用率、貨物堆置飽和度也高(集中)，主動滅火設備雖按貨架高度分層設置，如撒水設備，但與貨物距離近對起火位置作動死角處多，撒水降溫的效能無法完全發揮。研究所得的結論，希望能整理並結合現況，對目前自動倉儲業者作若干安全上的建議。

鐘教授興陽：

1. 情景 1 與情境在結構上的考量為何？
2. 鋼材強度之高溫性質，可以參考 AISC-LRFD 或者是 euro code 的鋼材折減係數。
3. 鋼柱定義是否為平均溫度，或是最高溫度，通常鋼柱在火害中的溫度分佈非均勻分佈，因此有可能產生鋼柱局部挫屈之現象。

蔡工程師明彰：

1. 倉儲為高發熱量場所，需有高度防火觀念及緊急搶救的應變能力，並考量各種物品延燒所造成之危險。
2. 實體火災試驗與電腦軟體模擬做結果分析研究是可行的。

陳研究員玠佑：

1. 鋼溫度曲線直達 1,000°C 之意義為何，破壞點之情形，應予設定才算是完整。
2. 撤水頭配置方式、距離、應可彙整成表或圖，做為建議方案，除了可供主管機關參考外，或可做為設計者參考之用。
3. 是否可朝向性能式設計之方向先行建議，使研究更具意義。

主持人：

關於模擬之倉儲類型、儲存物品種類、堆置數量等問題：模擬情境的貨物是以參訪倉儲為準，因為倉儲類型、儲存物品種類、堆置數量等變因太多，本案僅能取其中一部份進行較深入之研究，故取參訪之倉儲做為案例，驗證可能較為安全之設置，建立一套可行之驗證方式，往性能式設計方向邁進。感謝各位委員寶貴的意見，本案也將參考委員們的意見繼續進行研究。

===== 會議結束 =====

附錄三、期初審查委員意見處理情形

甄審委員：蔡教授榮鋒甄審意見	甄審意見回覆
<p>一、應補強自動化倉儲火災案例之規模、原因、修改制訂規範。</p> <p>二、只參考外國法規來比對或制定國內法規，可能不符國情。</p> <p>三、FDS 模擬分析是否足夠作為法規修正參考之依據，應審慎。</p>	<p>一、依委員意見辦理。</p> <p>二、將廣泛收集國內外文獻、報告，並以符合國情為本研究主軸為原則。</p> <p>三、感謝委員提醒本研究將會審慎處理並參酌火災案例分析。</p>
甄審委員：邱教授文豐甄審意見	甄審意見回覆
<p>一、研究緣起提及藉自動撒水設備來替代自動倉儲構造防火性能，對此替代原則之腹案為何，修正哪部分法規？</p> <p>二、模擬軟體 FDS 是否能做到細小斷面之鋼材結構之失敗，撒水設備降溫或滅火性。</p>	<p>一、參考文獻及分析結果探討火場溫度及危害情況，並以防止火勢擴大為研究方向，並以國外撒水相關規定，補強國內消防設備部分條文。</p> <p>二、依委員意見，本研究將探討火場溫度及鋼材結構溫度方向進行模擬，而因 FDS 本身程式上之限制，模擬成效將盡力符合建議。</p>

甄審委員：李研究員怡先甄審意見	甄審意見回覆
<p>一、FDS 程式於本計畫之角色功能，應加以說明。</p> <p>二、請多加強蒐集有關自動倉儲設置撤水頭及設置效能之文獻。</p>	<p>1、預測煙流及溫度，並以 FDS 作為初步驗證工具，將於報告書內補充說明。</p> <p>2、同意依委員意見辦理。</p>
甄審委員：李研究員怡先甄審意見	甄審意見回覆
<p>一、本案以電腦模擬研提替代原則，進而作為法規修正草案之驗證工具，則所作之模擬請依 NIST 之 Guide 進行驗證模擬結果之可靠性。</p> <p>二、FDS 模擬並無法模擬構件之破壞與否及物品之燒毀情形，除非在已知時間加以設定，否則此因素會影響模擬結果，因此在此方面如何驗證，請補充說明。</p>	<p>一、將依委員意見，納入本研究範圍。</p> <p>二、依委員意見研究辦理。</p>

附錄四、期中審查委員意見處理情形

審查委員：張協理曉昱審查意見	審查意見回覆
<p>一、表 1-2 將「一體式」、「料盒式」、「棧板式」進行適用比較，其中「一體式」指構造形式，「料盒」、「棧板」指貨架儲存貨品形式，無法採用統一比較標準，「一體式」及「自立式」得以「料盒式」、「棧板式」貨架設計，經實務觀察，難以就三者區隔實際行業適用性。</p> <p>二、第 2 章第 1 節探討自動化儲存倉庫類型，惟 2.2.3 節其他形式內容多與自動化無關，（如貨架形式等），故建議修正。</p> <p>三、2.2.1 節主要探討儲存物品分類，與 p.26 圖 2-8 倉庫之貨架類型無關，另可補充日本貨品分類方式（僅提供相關資料如後附件）。</p> <p>四、計畫重點應為國內流行「一體式」建築構造無法達成防火構造時效規定，故建議針對「一體式」內容強化。</p> <p>五、是否可以明確比較各國針對貨品存放分類對應各國「一體式」自動化倉儲，允許存放貨品管制表比較。</p>	<p>一、感謝委員指正。</p> <p>二、將配合第一項之意見，另闢新節予以詳細說明，自動化儲存倉庫之貨架形式。</p> <p>三、將配合第一項及之第二項意見，另闢新節予以詳細說明，並將委員提供之資料修訂於期末報告書中。</p> <p>四、將依照委員意見強化「一體式」自動化儲存倉庫內容。</p> <p>五、目前蒐集各國資料並未發現「一體式」自動化倉儲，存放貨品之管制規定。</p>

審查委員：邱文豐審查意見	審查意見回覆
<p>一、研究流程中國內自動化倉儲調查，目前僅一案例，建議增加數量，以利了解貨架尺寸、儲存單元大小貨物種類，建築(結)構造等，後續模擬依據較具代表性(貨物內容可參考適用行業)。</p> <p>二、五個國家自動倉儲之災例，文獻中並非屬自動化倉儲火災例，請補正。</p> <p>三、本案後續研究，建議集中以一體式AS/RS為主軸，精簡防火安全管理法規，及防火性能(構造防火時效)等效的替代原則方案，立論根據或工具等。</p>	<p>一、目前已安排其他倉儲參訪行程，會再加強蒐集相關自動化倉儲資料。</p> <p>二、自動化倉儲多為自動控制系統，故發生火災機率較少，目前尚未蒐集到自動化倉儲火災例，後續研究將持續蒐集自動化倉儲災例。</p> <p>三、後續研究將依委員所提意見為研究之重點工作項目。</p>
審查委員：林主委世昌審查意見	審查意見回覆
<p>一、文獻資料蒐集，建議增加日本方面的分類規定。</p> <p>二、第44頁舊有建築物防火避難設施與消防設備改善辦法，已於96年5月16日修正為「原有合法建築物防火避難設施及消防設備改善辦法」。</p> <p>三、一體式及料盒式的貨架撤水會很困難設計，可否在研究報告中，對這方面多所著墨，以供未來立法參考。(各類場所設置標準第47~49是針對棧板式)。</p>	<p>一、將依委員意見，持續收集日本文獻。</p> <p>二、依委員意見修正。</p> <p>三、將審慎考量此一實務議題，於專家學者座談會議中提出討論。</p>

審查委員：孫研究員立言審查意見	審查意見回覆
<p>一、摘要IX建議事項主管機關非內政部。</p> <p>二、P30，NFPA101 分類標準「內部裝修材料」是否有誤。</p> <p>三、P37，「舊有建築物...」法規已修正為「原有建築物...」，請更新，p44 引用內容不符新規定。</p> <p>四、P43，技則最新版 98.05.08，請更新。</p> <p>五、P45 (5)，起，非「原有合法建築物...」內容，有錯置。</p> <p>六、P49，FOC 規定內，滅火設備可否取代構造防火性能？(類似 NFPA 13)</p> <p>七、P50，GB 表列規定為何種考量？</p> <p>八、P51，構造耐火等級一級、二級，與國內法規如何比對。</p> <p>九、P75，我國對於倉庫防火性能「未有構造耐火性能之規定」有誤，見 69 條。</p> <p>十、請修正設置自動撒水設備免除防火構造規定之可行性，並深入探討其自動撒水設備之形式、設置密度、位置等。</p> <p>十一、請再檢視 IBC 有無相關規定。</p> <p>十二、國外法規欠缺日本之資料。</p>	<p>一、依委員意見修正。</p> <p>二、繼續查證，若有誤植，將予以修正。</p> <p>三、依委員意見修正。</p> <p>四、依委員意見修正。</p> <p>五、依委員意見修正。</p> <p>六、繼續收集相關資料，藉以瞭解「取代」之相關規定。</p> <p>七、GB 表列耐火時效要求，自動化倉儲為一、二級防火構造，後續研究將再予以詳細說明。</p> <p>八、將於後續研究中予以分析與比對。</p> <p>九、依委員意見修正。</p> <p>十、將依委員意見於後續研究中深入探討。</p> <p>十一、將持續蒐集相關資料。</p> <p>十二、將持續蒐集相關資料。</p>
審查委員：江委員松生審查意見	審查意見回覆
<p>自動化倉儲主體結構未規範防止措施，建議主體結構防火措施一併規範。</p>	<p>將依委員意見於後續研究中加以分析探討。</p>

審查委員：陳研究員玠佑審查意見	審查意見回覆
<p>一、由於自動化倉儲系統與一般建築物考量人的方式較為不同，對於建築方式與消防設置方式，最大困難點為何。建議可藉由訪查，將實務上的困難案例，歸納彙整，以做為參考。</p> <p>二、未來採用 CFD 模擬，但仍未見 FDS 之參數設定對於替代原則之擬定與建議，在時間上應加強辦理。</p> <p>三、各次工作會議等之意見重點、辦理情形，應附於報告書中。</p>	<p>一、將依委員意見辦理。</p> <p>二、將依委員意見辦理。</p> <p>三、將依委員意見辦理。</p>
審查委員：程建築師建明審查意見	審查意見回覆
<p>P3 資料來源：2008～2009 台灣大福科技設備股份有限公司與 P16 資料來源：2008～2009 大福株式會社研究整理，顯示 P3 所示係日本投資，按 84.4 台中衛爾康餐廳火災發生後，各類場所消防安全設備設置標準，曾參考日本消防法規修正過，本案例係以 97.5.15 公布之設置標準或參考日本法規，日本工地均掛(安全第一)，本案是否有資料(防火規定)。</p>	<p>將持續蒐集相關資料。</p>

<p>審查委員：郭教授詩毅審查意見</p> <p>一、資料蒐集完整，研究方向具體，期中進度符合預期規劃。</p> <p>二、國內物流倉儲其貨物儲存型態、模組化、棧板化、大小規模等，與國外倉儲方式有些差異，本研究對國外災例有分析及探討，建議增加國內儲存倉庫火災案例的討論，由國內案例發現問題及解決問題，更能有所幫助。</p>	<p>審查意見回覆</p> <p>一、感謝委員指正。</p> <p>二、依委員意見補充國內案例。</p>
<p>審查委員：蔡簡任研究員銘儒審查意見</p> <p>一、請將各國之分類、採用防火之規定列表比較其異同，其差異性分析。</p> <p>二、除規格式規定外，如以性能設計其必要性需求加以探討，以作為替代原則。</p>	<p>審查意見回覆</p> <p>一、將依委員意見辦理。</p> <p>二、感謝委員意見，於後續研究中，將予以探討其可行性。</p>
<p>審查委員：陳組長建忠審查意見</p> <p>一、縱然 NFPA 有因裝設撒水設備，但規範的配套措施以及行政法規其他的規定為何？如保險、社會要求、共識等。</p> <p>二、倉儲多為高火載量，以東高停車場為例，因高溫熱的延燒。</p> <p>三、如果設計有規格式的規定，可考量以防火性能設計之審核方式評定。</p> <p>四、請洽營建署及經濟部要瞭解的問題是什麼，才能對症下藥，提供目的事業主管機關，建築主管機關妥適的意見與方案措施。</p>	<p>審查意見回覆</p> <p>一、於後續研究中，予以探討。</p> <p>二、感謝委員寶貴意見。</p> <p>三、於後續研究中，將予以探討其可行性。</p> <p>四、擇期拜訪營建署及經濟部藉以瞭解問題之癥結所在。</p>

審查委員：李組長清安審查意見	審查意見回覆
<p>一、建議先由使用場所最多的種類為對象，例如：大型賣場。</p> <p>二、儲存物品分類以一般物品與危險物品兩種主要分類即可，並以國內為本國外為輔的參考比較方式。</p> <p>三、自動倉儲防火規定本應先探討倉儲之形式、規格、種類、材質、防火時效、貨架高度、儲存物品限制等。另外消防安全設備、管理作業規定，也都應一併討論，並以方便、安全為主要考量，以供爾後國內在自動倉儲業的參考。</p>	<p>一、大型賣場為一般民眾經常出入之場所，其安全重要性，實屬重要，然本研究乃針對自動化儲存倉庫進行研究，而大型賣場屬於自動化儲存倉庫，目前於市面上，實不多見。但該議題不失為日後重要之研究課題。</p> <p>二、危險物品其儲存方式與一般物品明顯不同，且不同種類之危險物品其儲存方式更是迥然不同。一般而言，危險物品以自動化倉儲型態儲存者，實不多見。但一般物品以國內為本國外為輔之比較方式，確實為較可行之比較方式，於後續研究參考辦理。</p> <p>三、委員之寶貴意見，相當珍貴將於後續研究參考辦理。</p>

附錄五、期末審查委員意見處理情形

審查委員：陳組長建忠審查意見	審查意見回覆
<p>一、如允許以撒水設備來減免或降低其建築物構造之防火性能，則因撒水設備有誤動作或失效的情況，宜有強制保險（人身、財務物以及商業營運商譽），及補充其他防火安全管理機制情況下，有條件加以放寬。</p> <p>二、有關預期成果3，如法條修正無必要，則原來的建議，可研擬防火性能設計時的限制或要求，以做為審核性能設計之參考。</p>	<p>一、此建議實屬珍貴，本研究將於成果報告書之建議事項中，加入本項建議。</p> <p>二、一方面，為使自動化儲存倉庫（一體式）建築物防火構造之議題，有較為明確之遵循方向及依據。另一方面，針對建築技術規則之相關條文，在社會脈動多樣與急速變遷之情況下，常無法完全滿足社會大眾及業者所需。本研究擬在原有條文規範架構下，以附帶說明之方式草擬相關規定，期可有效解決政府以及業界雙方之困境。最後，基於拋磚引玉想法，希望藉由本研究拋出之建議及草擬之規範，可以引發專家學者以及相關倉儲產業從業人員熱烈討論。因此，將依照委員意見，適度修改條文內容（P148），並擬列於「建築技術規則」第70條，供相關權管單位，擬定草案之參考。</p>

<p style="text-align: center;">審查委員：高理事長士峯審查意見</p> <p>一、FDS 輸入有無考量開口問題？</p> <p>二、FDS 之版本是 5.3 還是 5.1？</p>	<p style="text-align: center;">審查意見回覆</p> <p>一、不論是「自立式」或「一體式」自動倉儲，為確保儲存貨物之品質及有效年限，自動化倉儲常以空調設備，控制並且營造出恆溫、恆濕之環境。因此，大多未設置開口部。本研究為符合多數自動化儲存倉庫之現況，於模擬分析之初即設定無開口之情況。建議後續類似之研究，實可考量設置開口部情形。如此將可使自動化儲存倉庫之相關研究及課題更趨多樣化。</p> <p>二、本研究乃採用 FDS 5.31 版本進行相關模擬及分析。</p>
<p style="text-align: center;">審查委員：孫研究員立言審查意見</p> <p>一、本研究題目為營建署建議，研究成果符合營建署之需求。</p> <p>二、報告書 P131 第一的「於市場供需層面上及業者投資意願上，實為窒礙難行」。應非本研究動機，宜以實際執行上的困難（如：被覆材會被機具磨損）論述。</p>	<p style="text-align: center;">審查意見回覆</p> <p>一、感謝委員確認。</p> <p>二、成果報告書之相關內容，將依照委員之意見，予以適度潤飾與修改（P2、P143）。</p>

<p>三、研究報告建議事項三:有關性能設計法規依據,係依總則編第 3 條,建議事項三係用於材料之認可,建議修正。另總則編第 3 條,已提性能驗證之法令依據,無須於「建築技術規則建築設計施工編第 70 條」重複規定。</p>	<p>三、成果報告書之相關內容,將依照委員意見予以修正。並於「建築設計工編第 70 條」加註:設有自動撒水滅火設備之一體式自動化儲存倉庫,業經性能評定或檢證實驗,確認其於火災發生初期,能有效抑制火勢成長者,得依照「建築技術規則」 「總則篇」第 3 條之相關規定辦理 (P148)。</p>
<p>審查委員:郭教授詩毅審查意見</p>	<p>審查意見回覆</p>
<p>一、現有傳統倉儲、低溫倉庫及自動倉儲等倉儲物流設施;目前業者有興趣申請防火標章的原因有:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 物流業者可爭取貨主存放。 2. 火險可折減四成等。 <p>二、業者關心的是設備如何的設置及條件,或加強方向才合宜。建議研究最後能提供若干防護對策與替代原則。</p>	<p>一、相關消防設備之配置及性能基準,已於期末報告書中說明及呈現 (P142)。</p> <p>二、將於成果報告書中,加強呈現防護對策以及替代原則之說明 (P143~P145)。</p>

審查委員：林教授政毅審查意見	審查意見回覆
<p>一、報告中之圖，應註明出處。</p> <p>二、建議應就各種型式撒水頭，進行持續之研究，以求得最佳化設計。</p>	<p>一、若為本研究之研究成果，於報告書中，將不呈現出處。若為引用文獻資料，理應確實註明出處。感謝委員提醒與指正。</p> <p>二、藉由本研究成果得知，速動型撒水頭，優於一般型撒水頭；而撒水量較大者，優於撒水量較小者；放水壓力大者，優於放水壓力較小者；撒水頭數量不足，將無法有效地抑制火勢成長，進而無法達到初期滅火之目的。為避免平時操作不當所造成之無謂水損，宜採用「密閉乾式」撒水頭。至於，後續之研究課題，可針對不同廠牌撒水頭之性能進行模擬分析，亦可針對撒水頭於不同防護半徑情況下，之防火性能進行模擬分析。惟上述之研究成果皆可作為日後性能設計過程中，檢驗證明之重要參考項目。</p>

審查委員：林教授文山審查意見	審查意見回覆
<p>一、本案已收集各國有關倉儲防火規定，符合預期成果。請比較各國法規之異同。 (列表)</p> <p>二、倉儲防火首重初期滅火，因此消防設備及管理辦法就非常重要，各國法規對設備及管理辦法之比較，例如：撒水設備，防火區劃，防火構造及排煙設備等。</p>	<p>一、彙整分析各國有關倉儲防火規定後。得知各國乃依照各自特有之消防科技、建築技術、地理環境及社會風氣等，訂定出可適用於該國風土民情之特有法令規章。各國有關倉儲防火規定各有特色、不盡相同無明確之比較基準，可以進行比對分析。各國之法規本研究已採用條列方式，呈現於期末報告中，若再次將各國之條文列表呈現，除徒增篇幅之外，實不易凸顯出其應用與參考價值。然而為了使研究成果能更趨於完備，將以原則性、特殊性及共通性等重要關鍵因子進行相關比較 (P69~P75)。</p> <p>二、彙整分析各國之消防設備及管理辦法後。得知各國乃依照各自特有之消防科技、建築技術、地理環境及社會風氣等，訂定可適用於該國風土民情之特有法令與規章。各國有關消防設備以及管理辦法，各有特色不盡相同，無明確之比較基準可以進行比對分析。各國相關規定，</p>

	<p>本研究業已採用條列方式，呈現於期末報告中，因此若再次比較：各國「自動撒水設備」，「防火區劃」，「防火構造」及「排煙設備」等相關條文，除可呈現學術價值外，對於解決政府以業界相關問題之助益並不顯著。然而，為了使本研究成果能更趨於完備，將以原則性、特殊性及共通性等重要關鍵因子進行相關比較（P69~P75）。</p>
<p>審查委員：陶協理德銘審查意見</p>	<p>審查意見回覆</p>
<p>一、計畫名稱係「防火規定」的研究，不過現有報告內容偏重撒水系統功能的研究。未來可考慮從本質安全的高度研究防火相關規定，擴及電氣、通風及救災規劃等。</p> <p>二、資料收集完整。</p>	<p>一、感謝委員寶貴建議，並為未來研究提出明確方向。</p> <p>二、感謝委員寶貴意見。</p>

審查委員：吳教授傳威審查意見	審查意見回覆
<p>撒水設備對儲存之貨品種類是否適當，似應討論。</p>	<p>當發生火災之時，自動撒水設備作動撒水；或於平時未發生火災狀態，卻因存取物品過程不當，貨物或機具不慎觸及撒水頭；或是誤報；或是誤動作，皆會造成儲存物品之損失。然而考量目前市面常見防護方法，撒水設備是較便宜、安全及有效之消防自動滅火設備。由於 CO₂ 自動滅火設備，因空間過大，不容易維持滅火所需濃度；泡沫及乾粉自動滅火設備除了水損外，設備機具之清洗亦較為不易。然而，特殊物品（如化學藥劑等），應存放於特殊之儲存空間並且使用特殊之防護設備或手段。其採用方法特殊不屬於本研究之探討範圍。</p>
審查委員：林理事長世昌審查意見	審查意見回覆
<p>一、文字修正：P26 頁 倉庫列為第十二條乙類等第十一目，P41 頁 亦同。</p> <p>二、文字修正：P27 頁 圖 2-8 字體要統一</p> <p>三、。「摘要」研究發現：第 11 項有指出，自動化儲存倉庫火災之防護手法首重初期滅火；避免火勢擴大蔓延，這點非常重要。換言之，可藉以推論，庫架合一式的倉庫，因結構無法做被覆蓋時，設自動灑水是必要的防護手段之一。</p>	<p>一、業已經於成果報告書中修正（P26、P41）。</p> <p>二、業已經於成果報告書中修正（P27）。</p> <p>三、感謝委員認同並支持本研究之研究成果。</p>

<p>四、基於自動灑水設備，能夠有效發揮防護成效，研究建議有提議訂定自動化儲存倉庫作業管理辦法，個人支持這項建議。</p> <p>五、研究建議後續應進行實體火災實驗，藉以瞭解自動化儲存倉庫火災發生時，利用自動灑水設備之防護成效，我個人支持這項建議。</p>	<p>四、感謝委員認同並支持本研究之研究成果。</p> <p>五、感謝委員認同並支持本研究之研究成果。</p>
<p>審查委員：許研究員勝巽審查意見</p>	<p>審查意見回覆</p>
<p>一、機電設施維護保養，建議是否建立如電梯、遊樂設施定期檢修之規定。</p> <p>二、建議事項主協辦機關及其他相關單位應予釐清，法令授權主管機關等事項，以期落實成果。</p> <p>三、P27 表格文字請統一。</p>	<p>一、感謝委員寶貴意見，將於成果報告書中提出相關建議事項（P150）。</p> <p>二、遵照委員意見辦理，並且釐清建議事項中主、協辦機關以及其他相關單位法令授權事項。</p> <p>三、將於成果報告書中修訂改正（P27）。</p>
<p>審查委員：邱教授文豐審查意見</p>	<p>審查意見回覆</p>
<p>一、結論與建議，請整理轉化未來法規上之修正草案或性能作法之具體條文。</p>	<p>一、感謝委員之提醒與建議，將於成果報告書中呈現有關性能設計之建議條文（P148）。</p>

二、本案研究主題較集中於貨架結構上之耐火性能及灑水效能。至於自動倉儲是否需設置防排煙設備？FDS 之煙呈現情形如何？

二、一般而言，自動化儲存倉庫其建築本體之高度較高（約為 30m）、無人員經常駐守以及地面及屋頂兩個樓層之間，並無其他樓層。本研究進行之 FDS 火災模擬，乃是以較危險之情境（假設底層之貨架起火燃燒）。且本研究以初期滅火為自動化儲存倉庫主要防護對策。因此，火災發生後，雖部分燃燒生成氣體，將會蓄積在倉庫屋頂（天花板）下方，由於採用初期滅火策略，研判火災煙層下降至地面層，進而危害到救災人員之煙層下降時間甚久，機率並不顯著。且本計畫主要研究項目之一，乃是探討「建築技術規則設計施工篇」第 69 條及 70 條，對於自動化儲存倉庫，結構之安全性及適用性。因此本研究並未對自動化儲存倉庫火災發生時之濃煙及排煙設備之性能，進行深入研究與探討。然而，此一議題實為重要，應可作為後續之研究課題（P151）。

參考書目

- [1] Automated Storage and Retrieval System, From Wikipedia, the free encyclopedia.
- [2] National Institute of Standards and Technology, Building and Fire Research Laboratory, Fire Dynamics Simulator (CFD).
- [3] 美國國家防火協會 NFPA。
- [4] NFPA 231,NFPA 231C, National Fire Protection Association, 1993 edition.
- [5] Keith D, Roemer Warehouse Fire Protection: The Requirements and Trends, FM Global.
- [6] FM #8-33, Rack Storage of Material, Factory Mutual Loss Prevention Data Sheet, American, 1984.
- [7] 內政部，消防署，各類場所消防安全設備設置標準。
- [8] 獎勵民間投資開發工商綜合區優惠貸款要點。
- [9] 內政部，營建署，建築技術規則，建築設計施工編。
- [10] 臺灣大福高科技設備股份有限公司網路資訊。
- [11] The Fire Protection Research Foundation.
- [12] 邱文豐、張慶進、湯文烈，高架儲存倉庫消防安全設備設計規範之研究，財團法人中華顧問工程司，1999/12。
- [13] 葉世文等人，物流倉儲類建築物防火安全評估基準之研究，Research on Fire Safety Assessment Grading for Logistic Storage Type Buildings，95 年內政部建築研究所研究報告。
- [14] Warehouse Management System (WMS) 天賦自動化倉儲設備股份有限公司網路資訊。
- [15] DC Mall Logistics Service. 2004 網路資訊。
- [16] 公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法。
- [17] 經濟部商業司物流倉庫設備手冊。
- [18] 英國 FOC 規範。
- [19] 大陸 GB-50084，自動噴水滅火系統設計規範，2005 年
- [20] 新加坡消防法規。

- [21] 日本倉庫業法施行規則，運輸省令，第五十九號，昭和 31 年 10 月 25 日。
- [22] 原有合法建築物防火避難設施與消防設備改善辦法。
- [23] 大陸 GBJ 16-87，建築設計防火規範，2001 年。
- [24] Wayne Tomblinson, Non-Residential Properties. Fire In The United States: 1992–2001.chapter 4, 2004.
- [25] IRI, Storage and Warehousing, Industry Risk Institute, 1997. IM.10. (IRI) 美國工業風險學會。
- [26] James L. Lee, “Extinguishment of Rack Storage Fires of Corrugated Cartons Using Water”, Fire Safety Science-Proceedings of the Fire International Symposium.
- [27] 日本總務省消防廳，http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/fieldList8_3.html
- [28] 內政部統計年報
- [29] Google 網路資訊 <http://bw.xjtu.edu.cn/119/show119.php?recid=1939&sort=%BB%F0%D4%D6%CA%B5%C0%FD>
- [30] Google：網路資訊 <http://news.sina.com.cn/c/2008-07-18/140715957311.shtml>
- [31] Google：網路資訊 <http://www.gcpnews.com/zh-tw/articles/2007-06-20/C103811842.html>
- [32] 內政部，消防署統計資料。
- [33] 田中哮義，火災安全工學。
- [34] 建築物火災防止成長延燒性能驗證技術手冊。
- [35] CNS12514，建築構造部份耐火試驗法。
- [36] 中國鋼鐵公司網頁資訊。
- [37] NFPA 13 Hand Book.
- [38] 內政部營建署，建築技術規則，總則篇。

98 年度建築防火科技計畫協同研究計畫

自動化倉儲防火規定之研究

出版機關：內政部建築研究所

電 話：(02) 89127890

地 址：臺北縣新店市北新路三段 200 號 13 樓

網 址：<http://www.abri.gov.tw>

編 者：李玉生、張邦立、陳玠佑、林文興、陳盈月、
黃守謙

出版年月：98 年 12 月

版(刷)次：初版

ISBN：978-986-02-1466-6 (平裝)