



火災爆炸防止

何 三 平

長榮大學職業安全與衛生學系(所)助理教授

消防署消防技術審議委員會委員

台南市、雲林縣火災鑑定委員會委員

台南市災害防救專家諮詢委員會諮詢委員

台北市醫療院所考核委員

建築研究所智慧化建築評議委員

考試院消防設備師(士)試委

WPI 消防工程博士

工業安全技師 (P.E.)

spho@mail.cjcu.edu.tw

(06) 2785123 ext 3123



火災爆炸之影響

• 一. 火災對人體之影響

煙霧與毒性氣體(CO, 0.32% 30min死亡, 1% 1min喪失知覺)

二氧化碳(3%快速呼吸, 5%呼吸困難, 9%數分鐘喪失知覺, 20%數分鐘死亡)一般人存活極限氧氣濃度為10%。

其他毒性氣體





熱

- 熱對皮膚之影響
- 體溫過高: 身體過熱，可能損壞腦部神經中樞
- 肺部受影響: 呼吸短而淺，血壓下降，血液循環中止





缺氧

- 大氣中氧氣濃度為21%，氧氣濃度未滿18%之作業場所，為缺氧作業場所，工作場所處於10-14%氧氣濃度，人雖然有意識，但會發生錯誤的判斷，一般人存活極限氧氣濃度為10%。





火災爆炸對財產之損害





高壓

- 爆風或爆裂物 ☹️ 😊





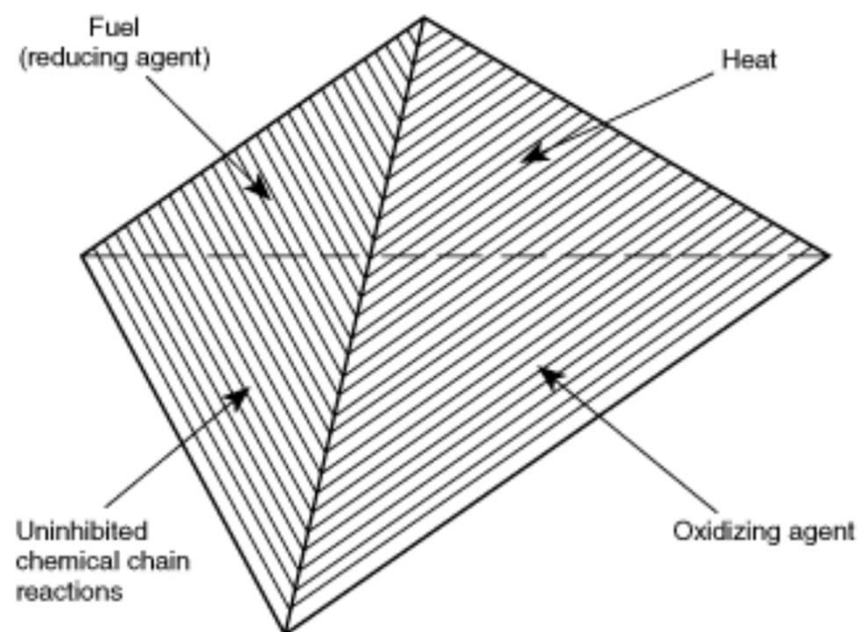
火災爆炸之理論

- 火災爆炸之成因
是一種產生光熱的激烈氧化反應



燃燒之之要件

- 燃料(可燃性物質)
- 氧氣(空氣)
- 火源, 熱能(溫度)
- 連鎖反應





燃燒之形式

- 混合燃燒
- 擴散燃燒(瓦斯等可燃性氣體)
- 蒸發燃燒(油盤等易燃液體)
- 分解燃燒(木材等固體熱分解)
- 表面燃燒(固體表面與空氣接觸部份著火而生炭火或餘燼)





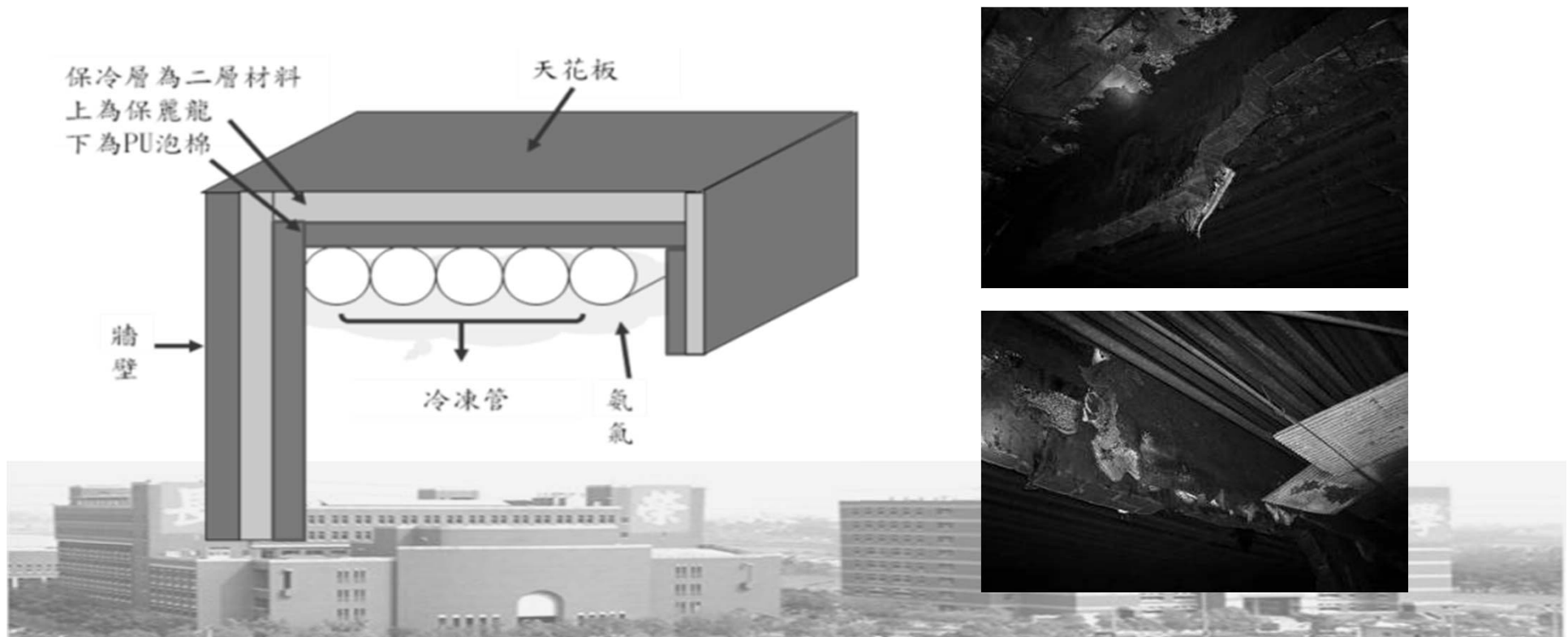
爆炸界限（範圍）

- 係指引火性液體之蒸汽、可燃性氣體與空氣混合後遇到火種可以燃燒的最低與最高之體積百分比，其間謂爆炸界限（或稱燃燒界限）。可以爆炸之最低百分比稱為爆炸下限，其最高百分比稱為爆炸上限。



事故案例-冷凍管拆除作業火災事故

- 某公司進行地上建築物拆除工程，一名工人駕駛破碎機拆除冷凍室上方冷凍管路時，不慎引燃囤積於天花板之氨氣釀成火災，此事故造成一名人員死亡。





蒸氣壓力 (vapor pressure)

- 溫度越高蒸氣壓力越高





最小著火能量

- 使引火性液體之蒸氣、可燃性氣體或可燃性粉塵著火需要最低著火能量。通常係用電容器放出不同能量的火花來試驗。能量以毫焦耳為單位。






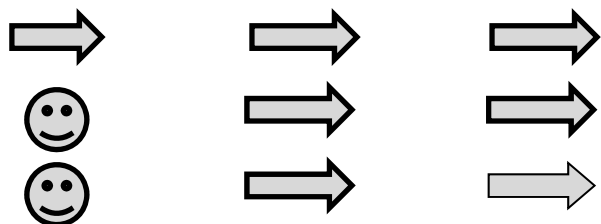
物質	MIE(mJ)
丙烷(propane)	0.25
氫氣(hydrogen)	0.011
氨	770
PVC	1500
麵粉	50
聚苯乙烯	15
聚乙烯	15-30
酚醛樹脂	10






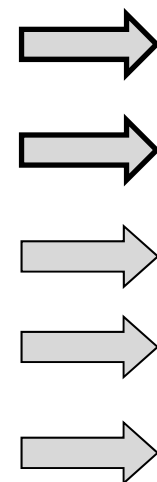
物件	電容(pF)	於10kV累積之 能量(mJ)	於30kV累積 之能量(mJ)
槽車	5000	250	2250
人員	200	10	90
桶槽	20	1	9
100mm 法蘭	10	0.5	4.5
100mm 螺帽	3	0.15	1.5



閃火點 (flash point): 
當液體表面之蒸氣濃度達到燃爆
下限，於火源靠近其表面時，會
使其產生閃火 之最低液體溫度



火焰點, 著火點 (fire point):
當液體表面之蒸氣濃度超過到
燃爆下限，於火源靠近其表面
時，會使其產生持續燃燒之最
低液體溫度   





$$LFL = 0.55C_{st}, UFL = 3.5C_{st}$$

$$\frac{1}{LFL_{mix}} = \frac{f_1}{LFL_1} + \frac{f_2}{LFL_2} + \frac{f_3}{LFL_3}$$

$$\frac{1}{LFL_{mix}} = \frac{0.5}{2.1\%} + \frac{0.4}{1.8\%} + \frac{0.1}{3.0\%}$$

$$LFL_{mix} = 2\%$$

50% propane, 40% butane, 10% ethane





第五題題目:有一台氫氣、乙烷及乙烯之混合氣體，其體積組成比例分別為30%、30%及40%，請依勒沙特列(LeChatelier)定律計算此混合氣體在空氣中的爆炸下限LEL)與上限(UEL)。(其中氫之LEL：4.0vol%、UEL：75 vol%，乙烷：LEL：3.0 vol%、UEL：12.4 vol%，乙烯：LEL：2.5 vol%，UEL：36 vol%)(20分)

答：(一) $LEL = 100 / \left[(V_1/L_1) + (V_2/L_2) + (V_3/L_3) + \dots \right]$

式中LEL為混合氣之爆炸下限。

L_1, L_2, L_3, \dots 為混合氣各成份氣體單獨時之爆炸下限。

V_1, V_2, V_3, \dots 為混合氣中各成份氣體之濃度，但 $V_1 + V_2 + V_3 + \dots = 100$

$LEL = 100 / \left[(30/4) + (30/3) + (40/2.5) \right] = \%$

(二) $UEL = 100 / \left[(V_1/L_1) + (V_2/L_2) + (V_3/L_3) + \dots \right]$

式中UEL為混合氣之爆炸上限。

L_1, L_2, L_3, \dots 為混合氣各成份氣體單獨時之爆炸上限。

V_1, V_2, V_3, \dots 為混合氣中各成份氣體之濃度，但 $V_1 + V_2 + V_3 + \dots = 100$

$UEL = 100 / \left[(30/75) + (30/12.4) + (40/36) \right] = \%$






- 第四題題目：依據Jone's理論可燃性物質之爆炸下限為其理論混合比例值Cst之0.55倍，亦即 $LEL=0.55Cst$ ，請估算(詳列計算過程)丙烷(C_3H_8)、苯乙烯(C_8H_8)及乙醇(C_2H_5OH)之爆炸下限為何？(20分)





自然發火 (Spontaneous Ignition)

- 自然發火 (Spontaneous Ignition): 一個經由化學或生物反應所產生的熱因發熱比散熱快達到自燃溫度來引燃物質之燃燒現象 (Initiation of combustion of a material by an internal chemical or biological reaction that has produced sufficient heat to ignite the material) 

From NFPA 68





自燃溫度(發火溫度, 著火溫度, autoignition)



- 可燃性物質（氣體、液體、固體）不自他處獲得火焰或電器火花等火種引燃情形下，可自行在空氣中維持燃燒之最低溫度謂之發火溫度。物料之性質、體積表面形狀、容器和其他各種因素都能影響發火溫度。





火焰逸走界限

- 係指爆炸性混合氣體中之火焰通過金屬製狹隙傳達至另一方，而以狹隙間之尺寸表示者。受氣體之成份、壓力、溫度之影響。對於電器設備之防爆構造之設計極為重要。



閃燃(flashover)

- 火燄由板壁垂直向上竄，當到達天花板後，即改為水平方向急速擴展。不久不但天花板全面引燃，而且整個室內亦瞬時陷入火海。
- 係指室內起火後，火勢逐漸擴大過程中，因燃燒所生之可燃性氣體蓄積於天花板附近，此種氣體與空氣混合正好進入燃爆範圍之際，一舉引火形成巨大之火苗
- 當上層煙氣濃度達到燃爆範圍瞬間產生燃爆之現象
- 任何能燒的東西都燒起來了

請就有關定義及發生原因比較閃燃(Flashover)與複燃(backdraft)之主要差異性 (25分)



NFPA 265: Flashover shall be determined to have occurred when any two of following conditions have been attained:



- Heat release rate exceeds 1MW
- Heat flux at floor exceeds 20 kW/m²
- Average upper layer temperature exceeds 1112°F(600°C)
- Flames exit doorway
- ☺ • Autoignition of paper target on floor occurs



火勢翻滾(Rollover)

- 當上層煙氣被點燃而導致火勢延燒到房屋之天花板時稱之
- Rollover occurs when ignition of the upper layer results in fire extending across the room at the ceiling level

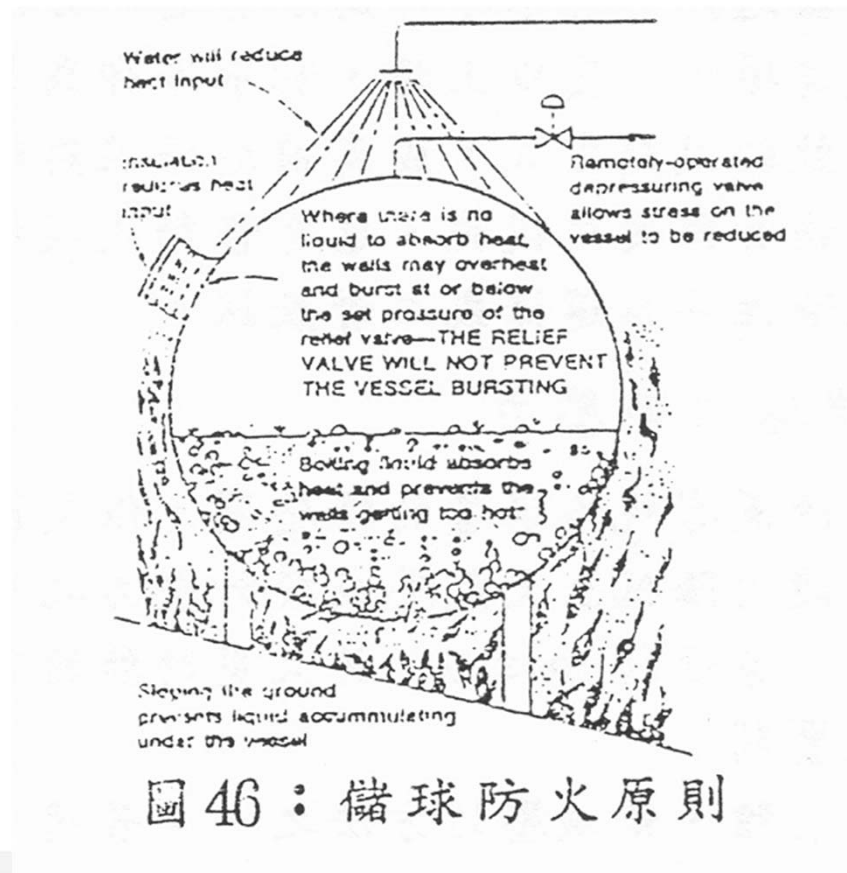


複燃(Backdraft)

- 一個侷限空間的火災會因為缺氧而熄滅當搶救人員打開如門之開口時會導入空氣與原來之燃料混合後遇空間內之熱點時而產生之爆炸稱之
- An explosion resulting from the sudden introduction of air into a confined space containing oxygen-deficient superheated products incomplete combustion



Boiling Liquid Expansion Vapor Explosion (BLEVE)



沸騰液體氣化膨脹爆炸(BLEVE)

- 發生於盛裝壓縮液化之液體的高壓儲槽或設備之中，當設備或儲槽管壁破裂或因周圍地區失火且儲槽的氣體部份因吸熱不及而脆裂，壓縮液化的液體會瞬時氣化並被原來之火災所引燃而形成一個大火球稱之

一、易燃性氣體外洩時，在已引燃或已燃燒之情況下，若附近有液化氣體儲槽，或容器時，應如何處置以避免 BLEVE (Boiling liquid expanding vapor explosion) ？何謂 BLEVE ？ (二十五分)

一、名詞解釋：(每小題 5 分，共 20 分)

- (一)危害(Hazard)
- (二)風險(Risk)
- (三)平均失誤期間(MTBF)
- (四)沸騰液體膨脹蒸氣爆炸(BLEVE)





突沸(Boilover)

- Video
- Definition
- 當一含不同沸點的混合物儲存於儲槽內且發生火災時,較輕的物質燃燒後較重的物質因受熱而成為熱餅且因比原來之混合物重而向下沉,當其碰到槽底之水時因水之瞬間膨脹而將油帶至槽上而形成一大火球稱之沸溢 ➡ ➡





肆、火災之火源

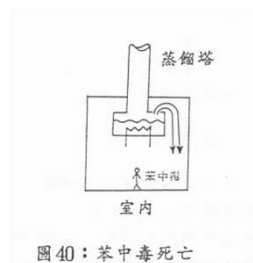
- 電火花-由電氣設備短路引起的火災 😊
- 二、摩擦-因機械摩擦產生高熱引起的火災。
◦ 如軸承發熱。
- 三、高溫-加熱爐表面或熔融熱金屬之溫度，達到可燃性物質自然發火溫度而燃燒。 😊 😊
- 四、明火-手提式火炬或打火機的明火或吸菸。
- 五、化學失控-化學反應或不安定物質分解時放出的熱量，所引起之火災。 😊
- 六、靜電-物料與人體積存之靜電，產生靜電火花。





工業火災之火源及其防範方法

- 電氣(23%) ☺
- 吸煙(18%)
- 摩擦(10%, 軸承發熱)
- 過熱物料(8%)
- 熱表面(7%, 電燈) ☺
- 明火(7%, 手提式火炬, 鍋爐)
- 燃燒火花(車輛火花) ☺
- 切割與焊接(4%) ☺
- 自然發火(4%) ☺
- 暴露鄰近火災 ☺
- 縱火(3%) ☺ ☺
- 機械火花(2%, 機械撞擊)
- 熔融物質(2%, 熱金屬)
- 化學變化(1%, 化學反應)
- 靜電 ☺
- 閃電 ☺
- 其他(工作場所之整潔, 可燃物之管理, 廢棄物之處理)





滅火之方法

- (一)隔離法：將燃燒中的物質移開或斷絕其供應，使受熱面減少，以削弱火勢或阻止延燒以達滅火的目的，如防火牆之設置。
- (二)冷卻法：將燃燒物冷卻，使其熱能減低，亦能使火自然熄滅。亦即將燃燒中的物質冷卻之，使火場之溫度達不到可燃物之燃點，已達滅火之目的，如滅焰器之冷卻。
(水539cal/g)
- (三)窒息法：使燃燒中的氧氣含量不夠，造成火無法持續燃燒也可達成窒息火災的效果。通常利用此法滅火時，大都斷絕可燃物與空氣之接觸，才達成滅火之目的，如密閉燃燒房間。(16%O₂控制可燃性液體， 3%O₂控制可燃性固體)
- (四)抑制法：藉由自由基抑制劑施入火場造成自由基連鎖反應中斷，使其無法產生持續燃燒所需之熱能，來達到滅火的目的。目前較常用



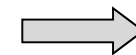
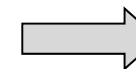
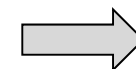
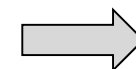
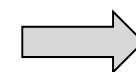


可燃物性質之不同火災可分為

- A 類火災：指木材等之固體可燃物質火災
- B 類火災：指石油類之可燃液體或可燃性氣體火災

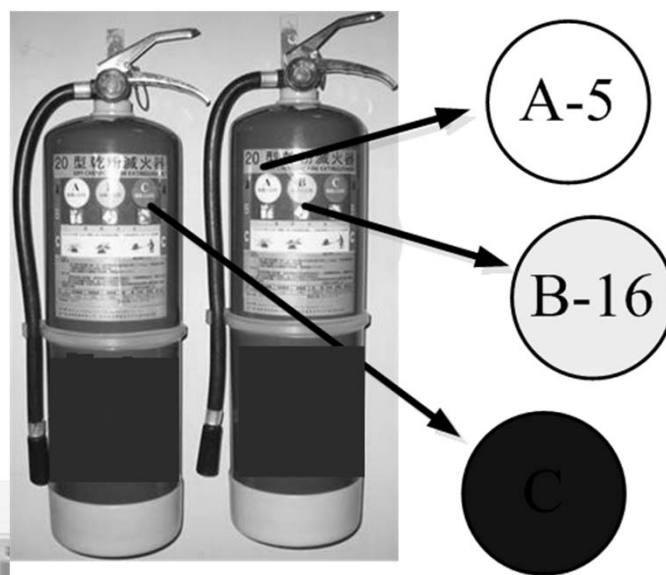


- C 類火災：指電壓配線之電器設備火災
- D 類火災：指可燃性金屬物質之火災



1.3.1 滅火器之滅火效能值

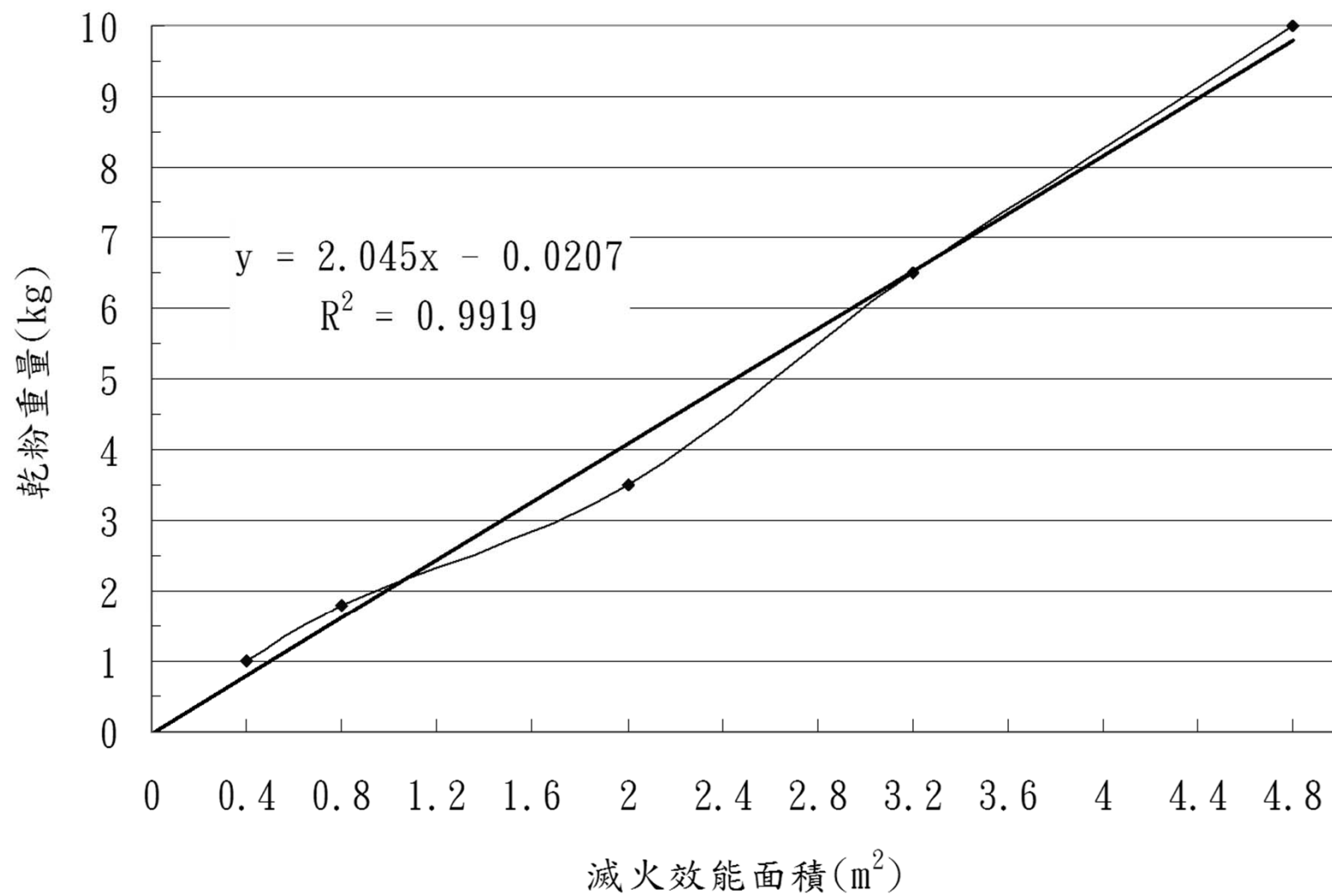
- 20型乾粉滅火器上所標示之A-5、B-16、C：
 1. 英文字母即代表可使用於ABC類型之火災
 2. 字母旁之阿拉伯數字則說明滅火器的滅火效能值





■乾粉滅火器規格(CNS1387號)

型號	乾粉充填量		滅火效能值	噴射距離 M	噴射時間 秒	蓄壓壓力 kgf/cm ² (PSI)	加壓式		軟管內徑 (mm) 及長度(M)
	種類	kg					CO ₂ g	N ₂ L	
10	ABC	3.5	A-3 , B-10 , C	5以上	10以上	13.7±0.7 (195±10)	60		能有效噴射
20	ABC	6.5	A-5 , B-20 , C		12以上		155		
50	ABC	10	A-8 , B-30 , C	6以上	30以上	16.5±0.7 (195±10)	450		
100	ABC	36	A-10 , B-30 , C	8以上	40以上			1500	19ψ×10
150	ABC	54	A-10 , B-30 , C		50以上			2500	19ψ×15





20公尺內均無滅火器





滅火器之位置過高取用不易



滅火器過期



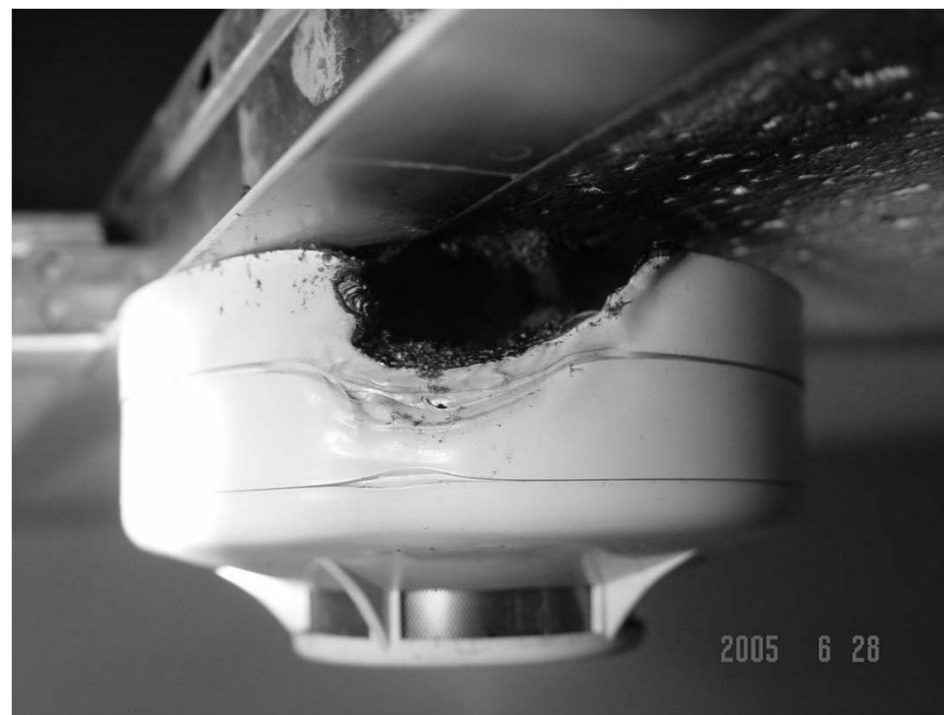


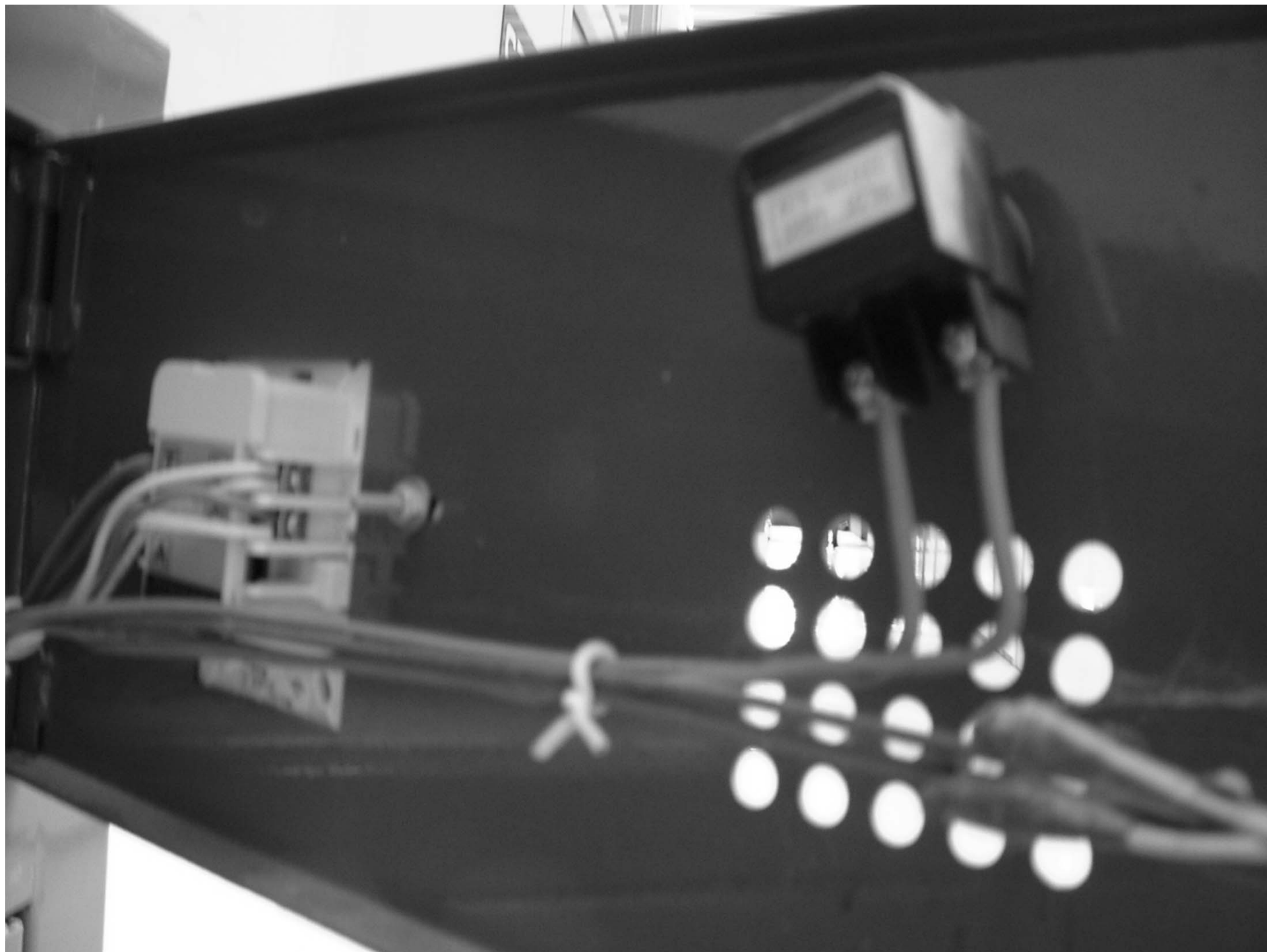


滅火器使用錯誤導致火勢加劇













事故檢討

▶▶ 鎂合金燃燒時，不可嘗試用水滅火。

▶▶ 鎂燃燒時可用的滅火劑種類：

滅火劑分類	適用種類(品名)	功用	滅火性能	備 註
1.低熔點，乾燥鹽類	●Met-L-X ●Hydrosalt ●Emgesal Flux (上述均為商品名)	降溫 覆蓋	最佳	●其組成大多為 NaCl、 MgCl ₂ 、KCl、CaCl ₂ ...等依 一定比例配製而成。 ●大火時無效。
2.D-Type 火災用滅火器	參考 CNS 1387 規範	覆蓋	可	●價格昂貴。 ●大火時無效。 ●使用時慎防因強力噴灑造 成火勢擴散。
3.乾燥砂	一般消防砂	覆蓋	可	●便宜易取得。 ●大火時無效。
4.乾燥的鑄鐵	塊狀鑄鐵	降溫	佳	●大火時無效。

▶▶ 若無可使用的滅火劑時，注意周圍可燃的物質，靜待其燃燒完畢。



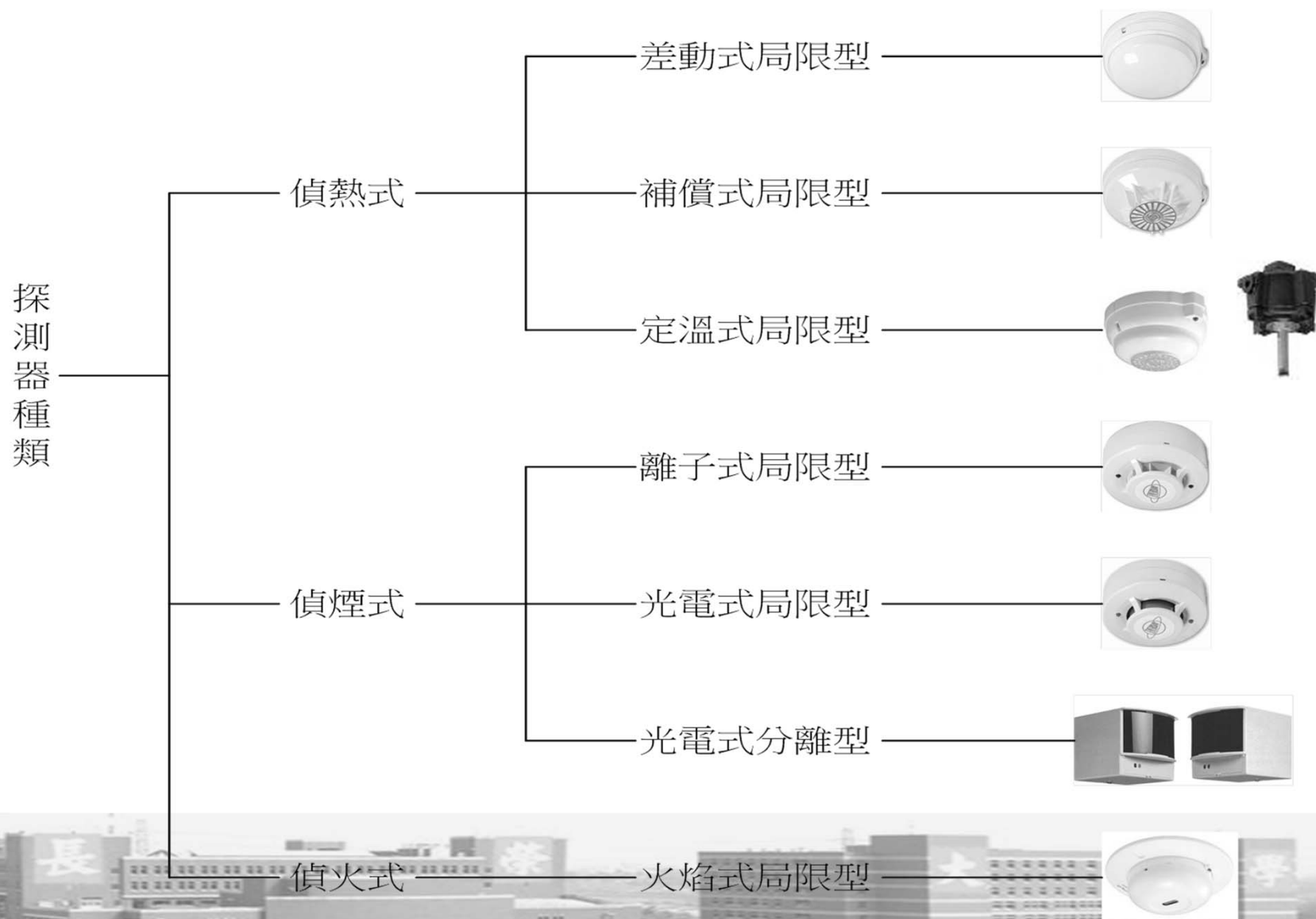


消防滅火設備

- 滅火器消防砂
- 室內消防栓
- 室外消防栓
- 自動灑水系統
- 水霧滅火系統
- 泡沫滅火系統
- 二氧化碳滅火系統
- 乾粉滅火系統

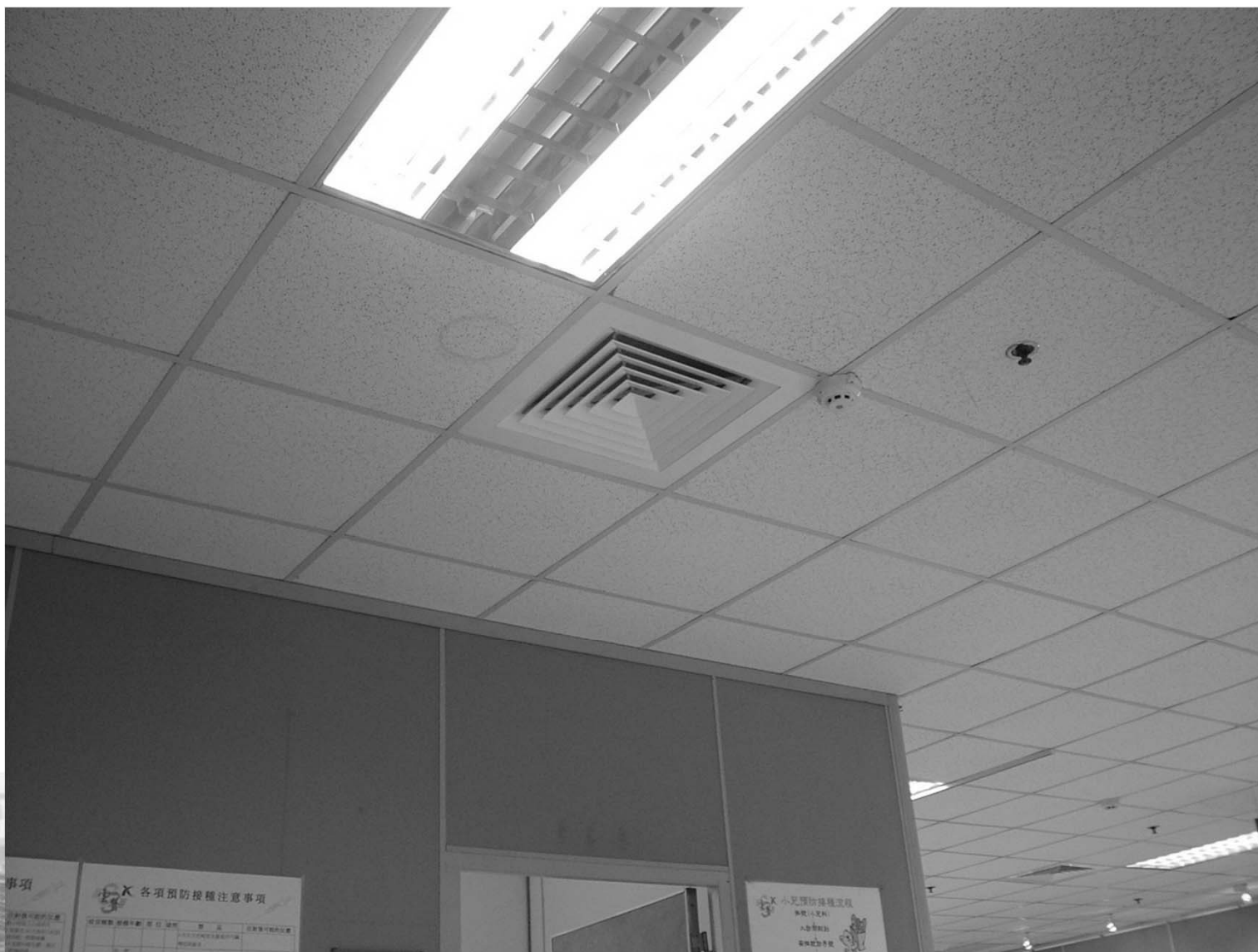


■常見探測器之分類





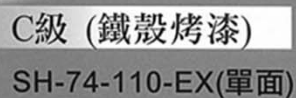
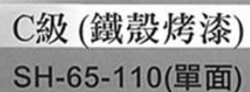
探測器應距出風口1.5公尺以上





探測器被塑膠套套住而無法作動





避難梯
Emergency Ladder



型號規格		額定電壓	額定電流	額定輸入功率	電池規格	充電時間	燈管規格	照明時間	燈具主體尺寸 / cm	預埋箱尺寸 / cm	燈具等級	產地
SH-65-110-EX	出口	AC110V 60Hz	0.15A	11.5W	鎳鎘電池 4.8V 800mAh	48小時	FL10Wx2	90分鐘以上	長 寬 高 49 X 5.8X 19.2	長 寬 高 45 X 4.6 X 15.7	C 級	台灣
SH-65-220-EX	出口	AC220V 60Hz	0.09A	15.4W								
SH-65-110	方向	AC110V 60Hz	0.15A	11.5W								

避難器具

避難梯	救助袋	緩降機	EVAC+CHAIR 緊急救護搬運椅
			



4F化學治療室走廊

- 內部使用之緩降機應注意其使用樓層之限制，本區域為4樓但其所用之緩降機則為7樓之緩降機，若發生火災時將造成逃生不易及人員受傷之風險。





火災爆炸預防管理實務

- 事業單位應自主推動防火防爆之防災措施
- 加強事先預防措施
- 強化廠內緊急應變系統
- 健全消防救災體系
- 推動危險性工作場所審查及檢查機制
- 確實執行危險性設備檢查及爆裂物管制
- 動火管制
- 電氣火災防止



溫度可能逐漸升高到



學科考古題

- 1.() 下列何者不適於電氣火災？ (1)二氧化碳滅火器 (2)泡沫滅火器 (3)BC 乾粉滅火器 (4)ABC 乾粉滅火器。
- 2.() 依據蒙特婁公約停止生產之滅火劑是指下列何者？ (1)海龍滅火劑 (2)二氧化碳滅火劑 (3)多效乾粉滅火劑(4)輕水泡沫滅火劑。
- 3.() 下列何種滅火劑對火場火災連鎖反應中之游離基之抑制效果最佳？ (1)水 (2)泡沫 (3)普通乾粉 (4)紫燄乾粉。
- 4.() 下列特性何者無法表示麵粉粉塵爆炸之可能？ (1)爆炸下限 (2)閃火點 (3)自燃溫度 (4)最低著火能量。
- 5.() 以鹵化烷類滅火之方法，主要是利用何種滅火原理？ (1)冷卻法降低溫度 (2)窒息法阻斷氧氣 (3)移除法除去可燃物 (4)抑制連鎖反應。
- 6.() 當瓦斯漏氣時，不能開抽油煙機，其主要事要避免何種火源引發危害 (1)靜電火花 (2)電氣火花 (3)高溫表面 (4)摩擦火花。
-) 引火性液體如酒精等的燃燒是屬於 (1)擴散燃燒 (2)蒸發燃燒 (3)分解燃燒 (4)表面燃燒。





- 8.() 一般可燃性固體如木材、紙張、紡織品等引起之火災稱為何類火災？ (1)甲(A)類 (2)乙(B)類 (3)丙 (C)類 (4)丁(D)類。
- 9.() 滅火方法有很多種，下列敘述何者不正確？ (1)油料漏油引起火災可關閉進口，停止輸送為隔離法 (2)以水冷卻火場溫度為冷卻法 (3)密閉燃燒空間使火自然熄滅為窒息法 (4)以不燃性泡沫覆蓋燃燒物為抑制法。
- 10.() 通電之電氣設備所引起之火災，稱為何類火災？ (1)甲 (2)乙 (3)丙 (4)丁。
- 11.() 防止感電的方法可用 (1)裝閘刀開關 (2)裝保險絲 (3)裝無熔絲開關 (4)設備接地。
- 12.() 在火燄上方放上金屬網，則網上火燄消失，其滅火方法稱為何類火災 (1)甲(A) (2)乙(B) (3)丙(C) (4)丁(D)。
- 13.() 以鹵化烷類滅火藥劑之方法，主要是利用何種滅火原理？ (1)冷卻降低溫度 (2)窒息法阻斷氧氣 (3)移除法除去可燃物 (4)抑制連鎖反應。
- 14.() 氧的含量減至百分之多少時可控制易燃液體之燃燒？ (1)16(2)18.5(3)19(4)20。
- 15.() 可燃性物質不自他處獲得火燄或火種引燃，而可自行在空氣燃燒之最低溫度稱為 (1)引火點 (2)著火點 (3)發火點 (4)沸點。
- 16.() 下列何者適用於撲滅可燃性金屬所引起之火災？ (1)水 (2)泡沫滅火器 (3)特殊乾粉滅火器 (4)二氧化碳滅火器。
- 17.() 下列何種液體火災不得使用蛋白泡沫？ (1)汽油 (2)重油 (3)甲醇 (4)甲苯。
- 18.() 金屬鈣、鈉、鉀所引起之火災是屬於： (1)甲類火災 (2)乙類火災 (3)丙類火災 (4)丁類火災。





- 19.() 以爆炸界限來論，試比較下列何者最危險？ (1)二硫化碳(LEL1.3%，UEL50%) (2)丙酮(LEL2.6%，UEL12.8%) (3)苯(LEL1.4%，UEL7.1%) (4)乙醇(LEL4.3%，UEL19%)。
- 20.() 可燃性金屬如鉀、鈉、鎂等引起之火災，必須使用特種化學乾粉予以撲滅者何類火災？ (1)甲類(A) (2)乙類(B) (3)丙類(C) (4)丁類(D)。
- 21.() 引火性液體遇火種和適當空氣表面可閃爍起火但火燄不能繼續燃燒之最低溫度稱為該物質之 (1)沸點 (2)著火點 (3)閃火點 (4)發火溫度。
- 22.() 以水為滅火劑，下列何者不是水的滅火效果？ (1)抑制作用 (2)稀釋作用 (3)窒息作用 (4)冷卻作用。
- 23.() 靜電為引發火災爆炸之重要火源之一，下列防護方式何者無法有效避免靜電火花之產生？ (1)利用惰性氣體充填 (2)接地與等電位連結 (3)增加溼度 (4)穿戴導電器具。
- 24.() 可燃性金屬如鉀、鈉、鎂等引起之火災，必須使用特種化學乾粉予以撲滅者稱為何類火災？ (1)甲類 (2)乙類 (3)丙類 (4)丁類。
- 25.() 當瓦斯漏氣時，不能開抽油煙機，其主要是避免何種火源引發危害？ (1)靜電火花 (2)電氣火花 (3)高溫表面 (4)摩擦火花。
- 26.() 船舶機艙發生火災，使用下列何者滅火劑最適當？(1)水(2)泡沫(3)乾粉(4)二氧化碳。
- 27.() 通電之電氣設備所引起之火災必須使用不導電之滅火劑予以撲滅者稱為何種火災 (1)甲(A)類 (2)乙(B)類 (3)丙(C)類 (4)丁(D2)類。
- 28.() 下列何者部適用於撲滅電氣火災？ (1)二氧化碳滅火器 (2)泡沫滅火器 (3)BC 乾粉滅火器 (4)ABC 乾粉滅火器。





- 29.() 引火性物質(易燃性液體)表面有充分空氣遇到火種即刻燃燒，火燄歷久不滅，此時該物質之最低溫度，稱為 (1)沸點 (2)熔點 (3)引火點 (4)著火點。
- 30.() 溫度在沸點以下時，引火性液體之蒸氣壓力隨著溫度之升高而 (1)增大 (2)減小 (3)不變 (4)不一定。
- 31.() 引火性液體遇到火源和適當的空氣，表面可閃爍起火，但火燄不能繼續燃燒之最低溫為下列何者？ (1)沸點 (2)散火點 (3)閃火點 (4)發火溫度。
- 32.() 引火性液體表面有充分空氣遇到火種即刻燃燒，火燄可歷久不滅之低溫度稱為該物質之 (1)引火點 (2)著火點 (3)發火溫度 (4)沸點。
- 33.() 發生油類火災，使用下列何種滅火劑最有效？ (1)水 (2)泡沫 (3)乾粉 (4)惰性氣體。
- 34.() 下列何種危險物，為防止爆炸火災，不得使其接觸促進其分解之物質，並不得予以加熱磨擦或撞擊？ (1)爆炸性物質 (2)著火性物質 (3)氧化性物質 (4)引火性液體。
- 35.() 易燃物或可燃物在空氣中必須受熱至開始自行連續燃燒所需的最低溫度，稱為 (1)閃火點 (2)著火溫度 (3)發火溫度 (4)熔點。

