



# 火災爆炸防止

## 大綱

- 8.1 燃燒爆炸的特性
- 8.2 火災發生的原因及防範對策
- 8.3 火災的分類
- 8.4 爆炸發生的原因及防範對策
- 8.5 爆炸的類型
- 8.6 滅火器的種類
- 8.7 火災案例

本章重點摘要



自從人類懂得用火，火災就一直威脅著人類。火災是個古老的問題，但持續到今日仍是難以對付的災害，只要是因為火使用得太頻繁，取得極容易。要防範火災爆炸的發生，對於火的管制極為重要，其次是事先要做好各種防範措施，並加強消防及應變訓練，萬一火災發生能控制其蔓延擴大，減少損失。

# 8.1 燃燒爆炸的特性

燃燒過程中的四要素為燃料（還原劑）、氧化劑、溫度和開放性的鏈反應，四者合稱火的四面體。要維持燃燒，此四要素缺一不可。因此滅火方法，只要除去其中的一個或一個以上的要素即可。

爆炸為急遽的燃燒現象（化學性爆炸）或快速的體積增加（物理性爆炸）。本章針對化學性爆炸加以說明。通常爆炸產生的爆轟速度超過音速，可達1000~3500m/sec。爆炸產生急遽的壓力上升，伴隨爆音、熱或輻射線。依燃燒物質之不同，而稱混合氣體爆炸、粉塵爆炸等。

## 8.2 火災發生的原因及防範對策

火災發生的潛在原因以人為的疏失居多，由於可燃性物質的放置或處理不當，加上未嚴格管制引火源，或機械設備未做好檢查、檢點的工作，致使機械設備故障產生高熱而引起火災。

起火燃燒的主要發火源或引燃源如下：

- 一、電氣：為工業火災最主要的原因，約佔23%。電氣火災，大多起自線路、開關、馬達、電氣裝置、電氣機械、電熱器、接觸不良，過載等。
- 防止電氣火災之對策，為使用合乎安全標準之機器設備，並且經常維修及檢查。

- 二、吸煙：吸煙導致火災的案例相當多，約佔工業火災的18%，在處理可燃性的氣體、液體、粉塵、纖維的場所，絕對禁止吸煙。另外有動火管制之工作場所亦需限制工人吸煙。工廠在管理吸煙的工人時，宜將吸煙的時間和地點嚴格區分執行。
- 三、摩擦：物體受摩擦作用而發熱引火所造成的火災約佔10%，機械零件軸心不正或損壞，動力傳動與輸送帶調整不當而導致摩擦生熱，發生火災。防範對策為經常檢查、維護、潤滑機械設備。

- 四、物料過熱：約佔工業火災8%，由於不正常的製造或加工溫度，尤其是在乾燥設備中有加熱的可燃性物料。其防範對策為溫度適當的控制，製造或處理過程有效的製程管理及監督。
- 五、熱表面：約佔工業火災7%。鍋爐加熱，熱的管道、排氣管、電燈、火鏟、熱金屬加工作業等，會產生熱表面，由其引燃可燃性液體或一般可燃物而發生火災。
- 防範之道為，使用隔熱材料隔絕熱表面，或加大安全距離，或於熱表面與可燃物之間保持空氣流動，防止熱的蓄積。

- 六、明火：約佔工業火災7%。明火多來自電熱設備或燃燒加熱設備。如：吹管、蒸煮鍋、乾燥機、烤爐、熔爐、燃油或以氣體為燃料的燃燒器等使用不當。
- 防範之道為設置安全防護，或使可燃物遠離火源，設備安全設計，並定期做檢查及維護。
- 除上述六項起火原因之外，尚有自然發火，切割與銲接作業，機械火花，化學反應，閃電，人為縱火等原因而造成工業火災。防範之道仍以火源的管制及安全管理為原則。

## 8.3 火災的分類

火災的種類，依燃料的不同，可分為下列四類：

- 一、甲(A)類火災：一般可燃性固體如木材、紙張、紡織品、橡膠、塑膠等所引起之火災。
- 二、乙(B)類火災：可燃性液體如汽油、溶劑、燃料油、酒精、油脂類與可燃性氣體如液化石油氣、溶解乙炔氣等引起之火災。
- 三、丙(C)類火災：通電之電氣設備所引起之火災，必須使用不導電之滅火劑以撲滅者。電源切斷後視同甲、乙類火災處理。
- 四、丁(D)類火災：可燃性金屬如鉀、鈉、鈦、鎂、鋅等引起之火災，必須使用特種化學乾粉以撲滅者。





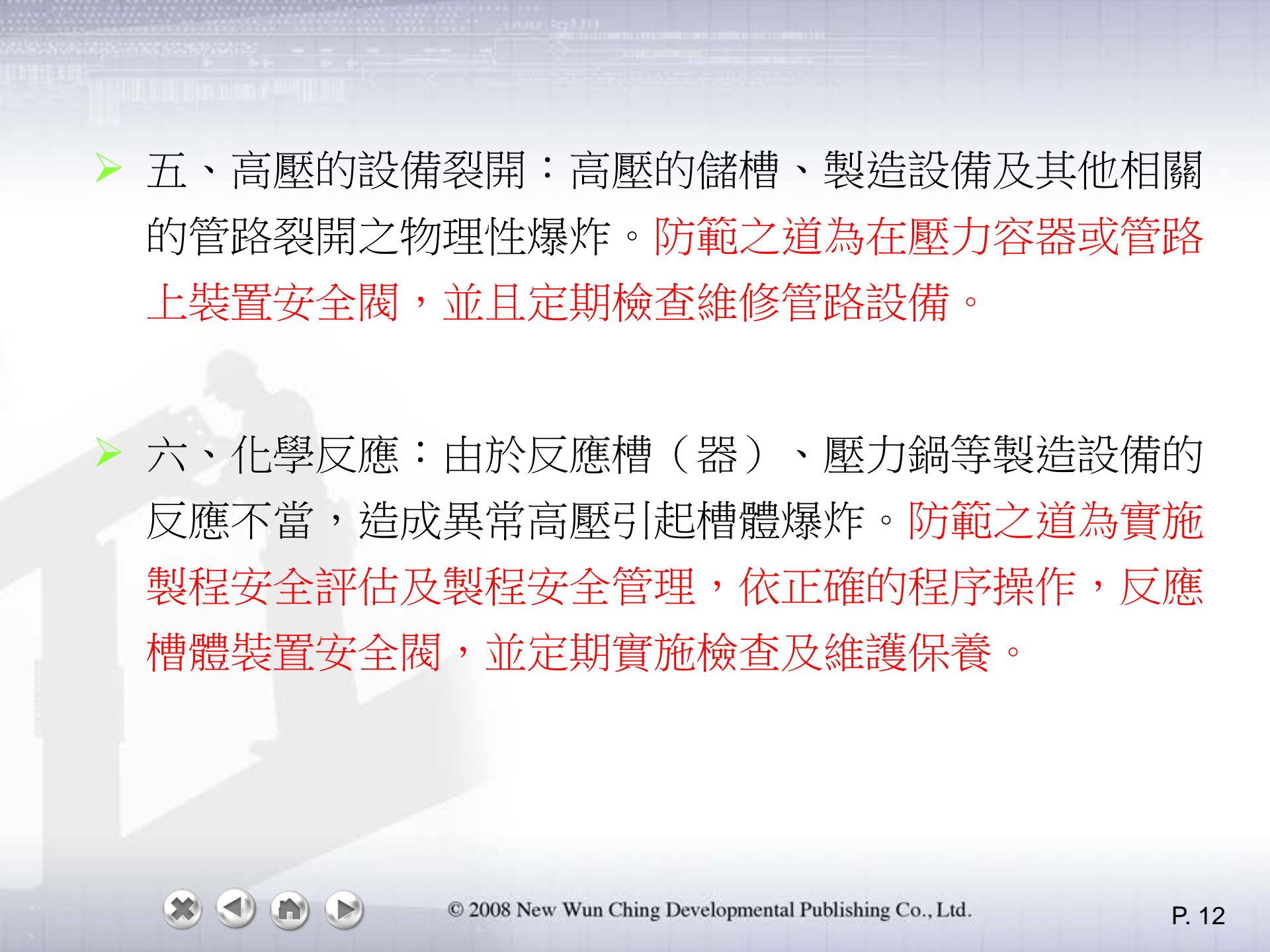
## 8.4 爆炸發生的原因及防範對策

工業爆炸的潛在原因為操作、設計、維護不當造成。若以爆炸發生的直接原因可分為下述七項：

- 一、燃料：由燃料而引起的爆炸案中，約佔所有工業爆炸案件的50%。此類事故，大多數由於火爐中的燃料所引起，加熱爐或熱處理爐、烤箱、乾燥機等作業，使用之燃料因操作不當，或燃料處理不當而燃燒爆炸。
- 防範之道為遵守安全操作程序、適當控制調整燃燒設備及妥善的安全管理。

- 二、可燃性液體產生之蒸氣：乙醇、乙醚、苯、甲苯、二甲苯等可燃性液體，在燃料或傾倒、灌注過程揮發成蒸氣遇靜電或電氣火花或明火而燃燒爆炸。
- 防範之道為防止烤箱、乾燥爐及其他密閉加熱設備發生的電弧的火花、火焰，並使其遠離閃火點低的液體及其蒸氣。於處置此類液體時，需嚴禁煙火。

- ▶ 三、逗留殘餘的水蒸氣：此乃屬物理性爆炸，大都發生在翻砂作業的工廠。由於熔渣倒入潮溼的廢桶，或將濕的鋼鐵材料送入熔爐之內，造成水滴急速蒸發成水蒸氣，體積快速膨脹而爆炸，防範該類爆炸，為確實消除電爐、火爐旁邊的地面積水，並隨時注意排水。
- ▶ 四、可燃性氣體洩漏：由於管路損壞，機械故障，橡膠墊圈損壞而發生漏氣，若氣體屬可燃性，遇火源即會引起氣爆。防範之道為注意維修檢查管路及接頭部位。並裝置可燃性氣體監測器及消防設施。

- 
- 五、高壓的設備裂開：高壓的儲槽、製造設備及其他相關的管路裂開之物理性爆炸。防範之道為在壓力容器或管路上裝置安全閥，並且定期檢查維修管路設備。
  - 六、化學反應：由於反應槽（器）、壓力鍋等製造設備的反應不當，造成異常高壓引起槽體爆炸。防範之道為實施製程安全評估及製程安全管理，依正確的程序操作，反應槽體裝置安全閥，並定期實施檢查及維護保養。

- 七、粉塵：粉塵爆炸多發生在壓碎及粉碎作業內，或密閉輸送作業場所。煤粉、碳粉、穀粉、金屬粉末、塑膠粉末等之製造、輸送、儲存時常發生。防範之道有五：
- 1.在物料送入密閉場所之前，加設除去金屬及碎石之設備，以防火花產生。
  - 2.使用除塵設備、清除作業場所粉塵。
  - 3.設備接地，避免產生靜電火花。
  - 4.密閉場所設置洩爆口，以降低塵爆之壓力。
  - 5.電氣設備使用氣密加壓的防爆設備。

## 8.5 爆炸的類型

- 爆炸引起的災害，依所爆炸之物質在爆炸前的物理狀態，可分為氣相爆炸與凝相爆炸。所謂凝相係指固相及液相之意。因凝相之密度為氣相的百至千倍，故使氣相爆炸與凝相爆炸之情況相異。
- 氣相爆炸可分為混合氣體爆炸、氣體之分解爆炸。
- 凝相爆炸則分為粉塵爆炸、混合危險引起之爆炸、爆炸性化合物之爆炸及蒸氣爆炸。

## 8.5.1 混合氣體之爆炸

- ▶ 可燃性氣體及助燃性氣體成一定比例混合，一遇引火源則著火，迅即引起爆炸。形成爆炸性混合氣體之濃度範圍稱爆炸界限，即界於爆炸上限濃度與爆炸下限濃度之間的濃度。可燃性氣體除氫氣、天然氣、乙炔、液化石油氣等之外，尚有汽油、苯、甲苯、乙醇、乙醚等可燃性液體生成之蒸氣。助燃性氣體有空氣、氧氣之外，還包括氯、氟、氧化氮等氣體。於密閉容器內，爆炸生成之氣體壓力可達初壓之7~10倍。

## 8.5.2 氣體之分解爆炸

- ▶ 氣體分子於分解產生之氣體雖為單一成份之氣體，如遇發火源時，則與混合氣體相同，可迅速引起爆炸，稱之為氣體之分解爆炸。例如乙炔、環氧乙烷、乙烯、丙二烯、甲基乙炔、乙烯基乙炔單體、過氧化氯、聯氨、疊氮化氫等。



### 8.5.3 粉塵爆炸

- ▶ 可燃性固體之微粉或可燃性液體之霧滴達一定濃度以上散布於空氣等助燃性氣體時，一遇發火源則發生凝相爆炸之粉塵爆炸。粉塵之爆炸除煤粉塵之外，尚有硫磺、塑膠、食品、穀物等粉末及氧化性強之金屬，例如鎂、鈉、鈦、鈣之粉末等所引起者。
- ▶ 要使粉塵爆炸的最小著水能（引燃之最低能量）都較混合氣體為高。粉塵的燃燒速度與爆炸壓力亦不及混合氣體爆炸。但粉塵爆炸產生的能量較大，為氣體爆炸的數倍，破壞力較強，溫度可上升至2000~3000°C。

- 粉塵爆炸時，先產生壓力波向外擴散，0.1或0.2秒之後，火焰隨之而至。火焰的初期速度為2~3公尺／秒。爆炸產生的壓力移動速度皆較火焰快速。
- 粉塵爆炸產生之火焰隨處飛散，對人員及機械設備造成危害。**初爆產生的爆轟波**將使附近更多的粉塵揚起、擴散，火焰或高溫粉塵再度引燃後來產生的粉塵雲而造成第二次爆炸，甚至接二連三的續爆，造成更大的破壞。

粉塵常依其危險性而予以分級，以**爆炸性指數**(index of explosibility)表示。如表 8-1 所示。

爆炸性指數 = (引燃敏感度) × (爆炸嚴重性)

引燃敏感度(ignition sensitivity)=

$$\frac{\text{(標準粉塵的) 最小著火能} \times \text{著火溫度} \times \text{爆炸下限}}{\text{(待測粉塵的) 最小著火能} \times \text{著火溫度} \times \text{爆炸下限}}$$

爆炸嚴重性(explosion severity)=

$$\frac{\text{(待測粉塵的) 最大爆炸壓力} \times \text{最大壓力上升速度}}{\text{(標準粉塵的) 最大爆炸壓力} \times \text{最大壓力上升速度}}$$

表 8-1 粉塵爆炸等級

爆炸等級	引燃敏感度	爆炸嚴重性	爆炸指數
弱	<0.2	<0.5	<0.1
中	0.2~1.0	0.5~1.0	0.1~1.0
強	1.0~5.0	1.0~2.0	1.0~10
極強	>5.0	>2.0	>10

另外有以  $K_{st}$  值來評估粉塵爆炸的激烈性。試驗的方法是在  $1\text{m}^3$  的圓筒型試驗容器內形成粉塵雲，求以  $10\text{KJ}$  火藥著火時的爆炸壓力和壓力上升速度，用為爆炸強度指數，壓力上升速度因試驗容器容積而變化，爆炸強度指數  $K$  值如下所示：

$$K=(dp/dt) \times V^{1/3}$$

$V$ ：試驗容器的容積；單位為  $\text{m}^3$ 。

$dp/dt$ ：爆炸壓力上升速度；單位為  $\text{pa/sec}$ 。

廣範圍改變試驗粉塵濃度，對試驗粉體求  $K$  的最大值，此值稱為爆炸強度指數  $K_{st}$  值。

## 8.5.4 混合危險引起之爆炸

- 氧化性物質與還原性物質之混合物，有混合後瞬間發生爆炸成衝擊混合後之混合物或予以加熱而發生爆炸者。此外亦有與鹼共存而予加熱發生爆炸者。例如液體氰酸、雙烯酮、馬來酞、三氯乙烯等。
- 混合危險引起之爆炸，不祇在煙火或炸藥製造過程中，尚有在化學工廠內因配管之腐蝕穿孔，閥之誤操作，低溫表面之冷凝，藥品之掉落等意外情形下發生者。

## 8.5.5 爆炸性化合物之爆炸

- ▶ 化合炸藥在製造、加工或使用過程中極易引起爆炸。此外，亦有反應中生成極敏感之副產品積蓄於反應槽內引起爆炸者。例如儲存過氧化物於氧化反應槽內者，於高壓或低溫下液化之1,3-二丁烯於吸收二氧化氮生成爆炸物引起爆炸事故者。

## 8.5.6 蒸氣爆炸

- ▶ 水、有機液體或液化氣體等液體類呈過熱狀態而瞬間氣化為蒸氣時則呈現爆炸現象。例如熔融之鐵掉落地面上之水窪或傾倒入含有水份的盛桶，或儲槽內之低沸點液體因聚合熱或受來自外部之熱致溫度上升，因蒸氣壓致使容器破裂，殘留於容器內之過熱液體則在瞬間產生氣化現象，發生激烈之蒸氣爆炸。

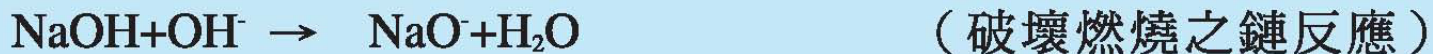
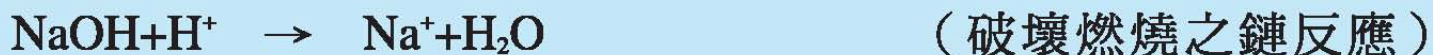


## 8.6 滅火器的種類

### 8.6.1 乾粉滅火器

- ▶ 乾粉滅火器，使用空氣、氮或二氧化碳將乾粉加壓於鋼瓶內。乾粉的成份有以**胺基甲酸粉末為主要成分的Monnex、碳酸氫鈉、碳酸氫鉀、磷酸一銨、氯化鉀**等多種。乾粉滅火器對A、B、C、D火災都有效。乾粉滅火器由於射程較遠，速度較快，不易消散，對於引火性液體引起的火災之滅火較CO<sub>2</sub>滅火器與泡沫滅火器為佳。乾粉滅火器對於泡沫滅火器難以對付的有機性的溶劑，如酒精、乙醚、酮類，其滅火效果良好。

碳酸氫鈉乾粉的滅火過程中，其化學效應如下：



## 8.6.2 泡沫滅火器

- ▶ 泡沫滅火器的種類繁多，對於A、B類火災有效，但不適於C類火災之滅火。就泡沫的產生方式不同，可分為化學泡沫滅火器和機械泡沫滅火器。
- ▶ 一、化學泡沫滅火器：
  - 滅火器內有一充以硫酸鋁的水溶液之內瓶，瓶外充以碳酸氫鈉（小蘇打）以及泡沫穩定劑等的水溶液。當內瓶的瓶蓋為其上的撞針戳破，且滅火器經翻倒後，兩種化合物水溶液產生化學作用，產生CO<sub>2</sub>和膨脹率約9~10倍的泡沫，而迫使泡沫噴出。其化學反應式如下：



## ➤ 二、機械泡沫滅火器：

- 使用**泡沫濃縮液**溶解於水後儲於滅火器鋼瓶內，或者分儲於滅火器的內瓶中。釋放時可以鋼瓶內的壓縮空氣或氮氣將其壓出。泡沫濃縮液約含3~6%的濃縮泡沫。機械泡沫的種類有：**1.蛋白泡沫，2.氟蛋白泡沫；3.合成泡沫，4.氣膜合成泡沫，5.高膨脹泡沫**，等幾種。

### 8.6.3 鹵化烷滅火器（又稱海龍滅火器）

- 鹵化烷滅火器內以經過加壓液化的三氟溴甲烷( $\text{CF}_3\text{Br}$ )，即Halon 1301和二氟氯溴甲烷( $\text{CF}_2\text{ClBr}$ )，即Halon 1211等鹵化烷成份之滅火器，其對於A、B、C、D類火災均有效，因其含有會造成大氣臭氧破壞的氟氯碳化物，故將面臨停產及禁用之命運。
- 鹵化烷滅火器對於破壞燃燒中的鏈反應深具效果，能有效的抑制燃燒之進行。公元2000年國際環保組織決議禁用鹵化烷滅火器，目前已有其替代品（又稱環保海龍）其滅火效果不亞於鹵化烷滅火器。

## 8.6.4 二氧化碳滅火器

- ▶ 此種滅火器是使用加壓液化之二氧化碳罐裝於鋼瓶中，鋼瓶外是開關閥、輸送管及噴嘴。打開氣閥後，液態的二氧化碳變成氣體噴出。具有稀釋燃料附近的氧含量與冷卻的雙重作用CO<sub>2</sub>極易消散，多使用於室內。適用於B、C類火災，尤其是貴重的電氣設備和其他小的、限定範圍的B類火災。

## 8.6.5 水滅火器

- ▶ 水滅火器為內裝水之滅火器，有兩種型式，一為儲壓型的**水壓滅火器**，一種為滅火器內另裝有氣瓶**氣水滅火器**。
- ▶ 儲壓型的水壓滅火器內儲以不同重量的水，鋼瓶內填充空氣，瓶頸有氣壓表指示壓力。
- ▶ 氣水滅火器內的氣瓶，一般都填充二氧化碳或氮氣。當滅火器倒翻使用時，氣瓶上的撞針刺破氣瓶蓋，迫使鋼瓶內的水噴射出來。
- ▶ 水滅火器為最簡便之滅火器，價格便宜，充填容易，但其對C類火災有限制，使用時必須格外注意。

## 8.7 火災案例

### 織布機電力設備火花引燃紗屑發生火災

- (一)行業種類：棉紡織業。
- (二)災害類型：火災。
- (三)媒介物：電力設備。
- (四)罹災情形：死亡1人、重傷1人。



## ➤ (五)災害發生經過：

- 八十年七月二十三日凌晨二時許，某紡織公司運轉股長某甲在查看胚布資料，走到辦公桌旁時看到七號織布機上之**經紗著火燃燒**，立即前往喊叫修機員某乙來滅火，接著發現十六號織布機亦起火燃燒，電氣技術人員即刻切斷電源，某甲於二時十分許集合人員點名發現少了二位女工，此時聽到有人求救，乃將求救者某丙救出，並派人查看廁所，發現勞工某丁倒在廁所第一間前面，將丙、丁二人送醫急救，某丁因傷重死亡，某丙經轉送某國立教學醫院繼續治療。肇事之織布機係瑞典出品，廠牌為PICANOL型吹風式織布機，每分鐘吹送緯紗六〇〇次，電力供應三·二三相四四〇伏特，該機設有電力及電訊控制箱。

- 織布機東邊為成品紗倉庫，西邊置放成品布及外購紗，其東北邊角有男、女盥洗室各一棟，某丁被燒倒在女盥洗第一間廁所前。織布廠被燒燬二五〇台織布機，紗及成品布大量燒燬，鋼筋混凝土廠房屋頂被燒塌下面積長約一〇〇公尺，寬約八〇公尺。

## ➤ (六)災害發生原因

- 1.因織布機運轉，其電力及電訊控制箱會產生火花，發生災害時，織布機經紗為螺縈紗，緯紗為特多龍，且每分鐘吹紗六〇〇次，壓緊織布機之扣環亦動作六〇〇次，因此產生紗屑甚多，雖有吸塵機吸收紗屑，但因空調設備強力送風，吸收效果降低，附著於電力及電訊控制箱內之紗屑嚴重。
- 2.發生災害後，第七號及第八號織布機之控制箱之門內邊燒黑情形顯著，其門外邊雖經火災後，並無燒焦、燒黑情形，因此本次火災之火源可能由第七號或第八號織布機控制箱內電氣設備產生之火花引燃紗屑造成火災。
- 3.安全管理不周，疏於清除附著於電氣設備之紗屑。

## ➤ (七)預防災害對策

- 1.紗屑飛揚之工作場所，至少每日消除附著於織布機電氣設備控制箱之紗屑一次，減少紗屑堆積，防止火災。
- 2.應加強勞工安全衛生教育、訓練，並將本案例作為訓練教材，提高勞工應變能力，防止類似災害發生。

# 本章重點摘要

火災爆炸是時常發生的工業意外故事之一，且其災害的損壞程度都極為嚴重。要防範工業火災爆炸，首先要了解火災爆炸的特性及發生原因，掌握燃燒的四面體原理來進行滅火，並熟悉各種滅火器之特性及使用場合，適時的使用滅火器能避免火勢的蔓延，減少火災的損失。