

朝陽科技大學 95 學年度第一學期「工作安全與衛生」講義
火災危害（講義編號 04）

本講義僅供授課之用

李正隆 95.10.31

火災的發生，不僅容易造成人員的傷亡、使財物付之一炬，亦會導致附近居民的不安與驚慌。火災所造成的傷害和損失，經常難以估計。在過去，曾經發生多起重大火災事件，如台中衛爾康西餐廳火災，造成 64 人死亡，台北論情 33 人，卡爾登 21 人死亡。

國內許多大樓建築物縱深大，用途複雜，如百貨公司、餐廳、公司行號、住家，通路曲折，逃生不易，加上濃煙促使人員驚慌恐懼；且建築物內多屬密閉空間，氧氣有限，易形成悶燒，大量濃煙及一氧化碳向上竄升，極短時間內，整棟大樓可陷入煙霧中，造成視線阻礙及搶救困難。火災時，因不安恐懼的心理，無法依理性判斷，因此極易產生恐慌，看到煙火可能陷入錯亂。初入不熟悉的建築物，火災時易朝進來時之路線，逆向奔跑，避難方向常非自己判斷，而是跟隨先頭的人或多數人行走的方向，造成爭先恐後、互相推擠。

一、火災爆炸對於人體的傷害

火災爆炸所產生的有毒氣體、煙煙、高熱、高壓對人造成極大威脅。爆炸時的高壓使建築物及設備受到嚴重破壞，人員本身多數在於不能及時逃離現場而喪生、或被火焰阻隔通路致無法逃出；大多數罹難者多發生於火災發生初期，例如高樓火災，甚至火尚未延燒到該樓層之前，即已經由於吸入過多有毒氣體而死亡。

1. 有毒氣體

燃燒生成的主要物質是一氧化碳或二氧化碳。當燃燒時氧氣供應不足，即會產生一氧化碳，該氣體無色無臭，密度與空氣相近，吸入能使人昏迷以至死亡；二氧化碳為燃燒後主要生成物，該氣體之危害主要在於空氣中會因其之存在過多，而減少氧氣含量，導致人員的窒息現象。

塑膠、橡膠、毛織品及多種易燃物品均會產生有毒氣體，例如氰化物、氨、硫化氫、二氧化硫等氣體。聚氯乙烷燃燒分解會產生氯化氫，此為非常刺激的有毒氣體。

2. 煙煙

煙之組成為微細碳粒與凝結之水蒸氣懸浮於空氣中，煙煙之濃度視燃燒情況而有所不同。當火災發生時，煙煙常會瀰漫於火場中而阻礙人員之逃生。

3. 高熱

人體必須保持適當體溫以維持機能正常運作，在大氣乾燥情況下，人體尚能忍受短暫之高溫，但在火災潮濕情況下，人體會因過熱導致死亡。

4.高壓

爆炸時產生高壓，建築物或設備會遭受爆裂破壞，人體會受到爆風或破片擊傷或死亡。

二、火災之燃燒過程

- 1.火災初期：滅火最佳控制時機，約 0~3 分鐘（利用滅火器滅火）
- 2.成長期（約 5 至 30 分鐘）：室內溫度急速上升，起火點附近之牆壁等可燃物開始燃燒，移向天花板，熱向四週擴散，提升至燃點，進而閃燃。
- 3.最盛期（由消防隊救火）：
火災進入閃燃後，燃燒速度增加，放出大量之熱，高溫持續，火勢鼎盛，溫度升至 800°C~1000°C 以上，因此石灰、石膏、混凝土可能產生爆裂而剝落。
- 4.衰退期：隨著可燃物的燃燒殆盡，火勢逐漸轉弱，火焰噴出的顏色已淡，煙亦轉薄，室溫仍然極高。

三、燃燒三要素與四面體

燃燒的發生，必須具備 1.燃料（可燃或易於氧化作用之物質）、2.氧氣（助燃物）、3.熱能（溫度），亦即火源等三個缺一不可的條件，稱之為燃燒三要素，此過程乃因燃料被加熱，達到其燃點時隨即起火燃燒，但若要持續不斷的保持燃燒，則須再加上連鎖反應才能成之，因此加上連鎖反應，稱之為持續燃燒的四要素（或合稱為火的四面體，或稱燃燒三角錐原理）。

要維持燃燒，前述四要素缺一不可，亦因此，滅火的方法只要除去其中的一個或一個以上的要素即可。

1.燃料（可燃或易於氧化作用之物質）

可燃性物質中均含有易氧化之物質，氧化性不強或反應熱較小的物質，均較不易引起燃燒，而與氧已化合過，且無法再進一步氧化之物質，亦不易引起燃燒，例如二氧化碳是一種飽和的氧化物，在空氣中不會再發生氧化作用，因此不是可燃性物質。一般可燃物大多屬有機化合物，例如木材、煤炭、塑膠、紙張、布料、石油、液化石油氣等。

2.氧氣（助燃物）

普通燃料燃燒時，需要有充分的氧氣。除了空氣中可供給氧氣（含量約為 21% 之空氣）外，化合物本身若含有多量的氧分子，例如硝酸鹽、高錳酸鹽、氯酸鹽等氧化劑，或燃料本身已含有氧元素，例如硝酸酯類、纖維素類等，燃燒時即不需再另外供應氧氣。

3.熱能（溫度）

燃料欲開始燃燒，必須要有一定能量的熱，也就是需要某一定的溫度。供應燃燒溫度的熱源有各種型態，例如明火、電氣火花、摩擦、高溫表面、靜電、衝擊、以及能造成自然著火的氧化熱等。

4.連鎖反應

燃料分子與氧初期化合一直到完成最終的燃燒，其中有一系列的中間反應階段，稱為連鎖反應。當分子在連鎖反應中被打碎，產生不穩定的中間生成物稱為游離基，如氫離子（ H^+ ）與氫氧離子（ OH^- ）等，游離基的濃度是影響火焰速度的因素。游離基的生命是非常短暫的，僅約 0.001 秒，但在燃燒過程中已足夠成為不可或缺的因素，它的幾乎同時形成又同時消滅，成了燃燒反應的原動力。

四、燃燒方式

1.擴散燃燒

氣體燃料或由固體與液體燃料蒸發、分解所得的可燃性氣體，與空氣逐漸混合後產生的燃燒現象，稱之擴散燃燒。例如瓦斯、氫氣、乙炔等可燃性氣體，經由管口擴散至空氣中而引起的燃燒。

可燃性氣體與空氣混合，必須要有所適的濃度，亦即混合氣體的濃度需達到燃燒範圍，才會引起燃燒。

2.蒸發燃燒

某些液體和固體燃料如酒精、汽油，係先蒸發為可燃性蒸氣後，再引起燃燒，稱為蒸發燃燒。此種燃燒並非燃料本身在燃燒，而是由燃燒所蒸發出來之蒸氣在燃燒。

3.分解燃燒

例如煤、木材、紙、石蠟等固體燃料、或脂肪油等高沸點液體燃料，在燃燒時會引起物質分解，例如木材在空氣中加熱，會失去水分而乾燥，然後起熱分解放出可燃性氣體，經著火而生成火焰，由於火燄溫度的加熱，木材就再行分解，燃燒得以持續進行。

4.表面燃燒

如木材之燃燒，木材經熱分解後產生碳化作用，在生成無定形碳固體，其表面與空氣接觸部分著火，而生炭火（或餘燼）繼續燃燒著，除木炭、焦炭外，尚有箔狀或粉狀的金屬如鋁箔或鎂緞帶之燃燒。

五、滅火的方法

物質的燃燒必須具備燃料、氧氣（助燃物）、熱能（溫度）、及連鎖反應

等四個燃燒要素，當缺乏其中任何一個要素，燃燒現象即會逐漸停息，因此只要設法破壞或移除燃燒任一要素，即可達到滅火的效果。針對前述燃燒四要素，一般採用的滅火方法包括：隔離、冷卻、窒息、抑制等四種方法。

1. 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，以達到滅火的目的。

例如油料漏油引發火災，可關閉進油口，停止供應油料；森林失火，將火場外圍的樹林砍伐清除，讓火自行熄滅；油田火災可利用炸藥爆炸，以驅散可燃性蒸氣，使其濃度降至燃燒範圍之下限值以下；防火巷、防火牆與防火門的設置，均可收隔離以限制火災之效果。

2. 冷卻法：

將燃燒物冷卻，使其熱能減低，亦能使火自然熄滅。例如

(1) 水冷卻法：水為最常用而效果較大的一種滅火劑。水氣化為水蒸氣須吸熱，使 1 公克的水氣化為水蒸氣約需 539 卡的熱量，同時，一立方公分的水蒸發為水蒸氣後，其體積增加 1700 倍，因此水不僅可作為冷卻劑，亦可作為空氣的稀釋劑。

(2) 對氣體燃燒之固體冷卻作用：在火焰上方放置鐵絲網，則網上火焰消失，固體之熱容量愈大則冷卻之效果愈佳。

3. 窒息法：

使燃燒中氧氣的含量減少，可以達到窒息火災的效果，例如

(1) 以不燃性氣體覆蓋燃燒物：從燃燒物上方灌注比重大的不燃性氣體如二氧化碳或四氯化碳等滅火劑。

(2) 以不燃性泡沫覆蓋燃燒物：適用可燃性液體如油類、酒精、溶劑等火災。

(3) 以固體覆蓋燃燒物：燃燒面不大時，可用棉被或麻袋等物覆蓋，或以沙、土等覆蓋亦可。

4. 抑制法：

在連鎖反應中的游離基，可用化學乾粉或鹵化碳氫化合物除去。各種化學乾粉劑（碳酸氫鉀、碳酸氫鈉、磷酸銨等）捕捉游離基之效力，端賴個別分子結構而定，碳酸氫鉀乾粉因有大量鉀離子故有較大效力。至於鹵化碳氫化合物進入火中，會分解形成鹵素的游離基（氯、溴、氟），它們與連鎖反應中的游離基結合，於是連鎖反應被打斷而使火熄滅。

六、灼傷 (burns)

當人體直接與燃燒物、熱表面、火焰等接觸，或暴露於燃燒中的煙煙及高

熱空氣中，將會被灼傷，嚴重時會使人致命。一般將人體灼傷依肌膚的反應分為如下三種：

- (1)一級灼傷（first-degree burn）：指較輕微的燒傷，通常僅導致皮膚紅腫或發炎。
- (2)二級灼傷：不僅皮膚表面起水泡，皮膚裏層亦嚴重紅腫並滲出且聚集許多流質的東西。
- (3)三級灼傷：皮膚、皮下組織、毛細管、甚或肌肉均遭破壞，被燒傷的部位可能變白、變灰、甚至形成焦黑。

然而前述對於身體灼傷的面積並未列入考慮，因此亦有人依其灼傷嚴重程度分為下列三種：

- (1)嚴重灼傷（critical burn）
 - a.人體遭受二級灼傷的部位超過 30%。
 - b.人體遭受三級灼傷的部位超過 10%。
 - c.呼吸道主要的軟體組織或傷口被灼傷。
 - d.電氣灼傷。
 - e.人體重要部位如臉、手、或腳遭受三級灼傷。
- (2)中度灼傷（moderate burn）
 - a.人體遭受表層二級灼傷的部位超過 15%。
 - b.人體遭受深層二級灼傷的部位在 15~30%之間。
 - c.除了手、腳、和臉外，遭受三級灼傷的部位少於 10%。
- (3)輕微灼傷（minor burn）
 - a.一級灼傷。
 - b.人體遭受二級灼傷的部位少於 15%。
 - c.人體遭受三級灼傷的部位少於 2%。

七、火災的分類與發生的原因

1.火災的分類

火災發生的條件，受到燃料種類的影響極大，而滅火方法與燃料的特性亦息息相關。為便於工作人員瞭解火災的情況，方便主管人員指揮、並選擇適當的滅火方法，以期迅速撲滅火災，因此依燃料的不同，將火災分為甲、乙、丙、及丁等四類，或稱為 A, B, C, D 類火災，其說明如表 1 所示，其市售滅火器種類及其適用之火災如表 2 所示。

(1)甲（A）類火災，又稱普通火災：

屬於固態物質之火災，固體之燃燒必須將物質給予火源，並加熱至燃點，

加熱係促使其發生化學分解並釋出易燃性氣體，火源係給予其發生燃燒連鎖反應之初始能量。當固體表面之氣體被點然後，即可對固體本身繼續加熱，促使釋出更多可燃氣體，遂增加燃燒之劇烈程度及燃燒速率。

表 1 火災的分類

火災的分類	分類說明
甲 (A) 類火災， 又稱普通火災	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。
乙 (B) 類火災， 又稱油類火災	可燃性液體如汽油、溶劑、燃料油、酒精、油脂類等，及可燃性氣體如液化石油氣、溶解乙炔氣等引起之火災。
丙 (C) 類火災， 又稱電氣火災	通電之電氣設備所引起之火災，為避免觸電，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。
丁 (D) 類火災， 又稱金屬火災	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。

(2)乙 (B) 類火災，又稱油類火災

包括液體易燃物質及氣體易燃物質的火災，液體火災中較常見者為油類火災，液體物質若於開口容器內發生火災時，較易處理，但若容器破裂時，將因燃燒液體之流動而可能導致難以收拾之結果，故一般而言液體火災之破壞力較固體火災為大。液體於燃燒時與固體相似，需先於表面揮發產生一層可燃性氣體，該氣體接觸火源後即引燃。

可燃性氣體本身極易燃燒，且易於散佈延燒。如氣體來源為小型容器時，可藉由關閉容器閥門而滅火，但氣體若已擴散或已延燒時，則常可能產生爆炸等極具破壞力之後果。

(3)丙 (C) 類火災，又稱電氣火災

依據美國工廠聯合防火保險公司 (Factory Mutual Engineering Corporation) 針對 25000 次工業火災之統計，電氣火災佔 23% 為第一位。電氣火災主要由於電氣設備之設計、選用、安裝、操作、維護等發生缺失，導致短路、過負載、接觸不良、漏電等問題，進而產生高熱、火花引燃可燃物品。發生問題之線路若位於較不明顯處所時，可能長時間緩慢積蓄熱量而發火。

(4)丁 (D) 類火災，又稱金屬火災

金屬在大塊之情形下極不易燃，但為粉末、鑽屑、鋸屑之情形下，則因受熱時溫度較易升高，且與空氣接觸面大而易於燃燒。多數金屬約需 500°C 以上方能點燃，但若干活性較大之金屬，則可於相當低之溫度下被點燃，例如鋰、鈉等。以粉末型式存在時，將更易點燃，有時金屬粉末本身會緩慢氧化而生熱，

熱量無法排出時，會因熱量之積蓄而導致自然發火。若干金屬除本身易燃燒外，尚會與水反應生成氧化物與氫氣以及反應熱，產生之氫氣常會因伴隨之反應熱而引燃（禁水性物質）。因此，鎂、鋁等金屬粉末置於高溼度之空氣中時相當危險。

表 2 市售滅火器種類及其適用之火災

適用滅火劑 火災分類	水		泡沫	二氧 化碳	鹵化烷	乾粉		
	柱狀	霧狀				ABC 類	BC 類	D 類
A 類火災 (普通火災)	○	○	○	×	×	○	×	×
B 類火災 (油類火災)	×	○	○	○	○	○	○	×
C 類火災 (電氣火災)	×	○	×	○	○	○	○	×
D 類火災 (金屬火災)	×	×	×	×	×	×	×	○

註：○記號表示適合 ×記號表示不適合

2. 工業火災發生的原因分析

欲防止工業火災，必須針對造成工業火災的潛在火源加以控制。依據美國保險公司對 5,000 次火災所做的分析研究，工業火災的主要火源如下：

- (1) 電氣：為發生工業火災最主要的原因，約佔 23%，大多起自線路、開關、馬達、機械設備、電熱器等之接觸不良、超負荷等。
- (2) 吸煙：吸煙導致火災發生的案例相當多，約佔 18%，在處理可燃性液體、氣體、粉塵等及有動火管制的工作場所，絕對禁止吸煙。
- (3) 摩擦：約佔 10%，機械設備如轉軸等潤滑不良，易摩擦生熱。若作業場所中有易燃物，則易導致火災發生。預防之道為應適時添加潤滑劑，作定期與不定期的檢查調整。
- (4) 過熱物料：約佔工業火災 8%，作業場所中常有乾燥或加熱設備，若加熱程序或溫度控制不當，常導致工件過熱，如有易燃物則易於引燃而發生火災。
- (5) 熱表面：約佔 7%，鍋爐、加熱爐、排熱管、燈泡等設備之表面溫度經常偏高，甚至高達攝氏數百度，已高於部分物質之發火溫度，若有易燃物接近時，可能發生火災。故該等場所之絕熱及通風極為重要，一方面可降低火災發生的機會，同時也可降低熱環境對工作人員健康之影響。
- (6) 明火：約佔工業火災之 7%，燃燒中的固體、液體、氣體皆為明火，例如手提火焰發生器、烤箱、手提式電熱器等，明火極易點燃可燃物。

(7)其他：除上述六項起火原因外，尚有自然發火（如垃圾山火災）、焊接與切割、機械火花（如金屬材料敲擊摩擦）、化學反應（因化學反應失控導致高熱危險）、閃電、人為縱火等原因。

八、工業火災防範的基本策略

1.預防：在未發生火災之前，針對可能起火的物質或產生火災的火源，採取適當有效的管理，設法加以防範，例如

- (1)易燃物質應使其不直接與空氣接觸，並與其他物品隔離儲存
- (2)危險性物質應予標示，並採取嚴禁煙火之管制措施
- (3)隨時檢點，一有異常應採取必要之措施

2.侷限：當著火時，為防止火源延燒之擴大，所採行的有關措施，例如

- (1)盡量避免可燃性物質的大量堆積
- (2)建築物或設備本身使用不易燃之材料
- (3)保持適當空地（即安全距離），或設置防火牆、防火門

3.滅火：提供或設置適當的滅火裝置或消防設施，以便當火災發生時，能迅速採取有效的滅火措施，例如

- (1)依防火性質配置適當的滅火器或固定的消防系統
- (2)滅火器應確實配合火災之種類，並定期保養檢查、保持堪用狀態
- (3)在危險工作場所設置火災自動偵測及警報系統

4.避難：在火災發生後，能使有關人員迅速避至安全場所，例如

- (1)事先規劃安全避難區域與避難路線
- (2)防火門、避難方向指示燈及緊急照明設備的設置

九、逃生的方法

（一）平時

在平時即要有危機意識，多利用機會瞭解消防安全常識及逃生避難方法，並認識平時居住之環境或辦公處所之消防設施及逃生避難設備，事前擬妥逃生避難之計畫，並加以預習，於狀況發生時，便能從容應付，順利逃生。

（二）進入陌生場所時

進入陌生場所時，應先尋找安全門、梯，查看有無加鎖，熟悉逃生路徑，尤其是夜宿飯店、旅館或三溫暖等公共場所，更應特別注意，有兩個不同逃生方向的出口最安全。消防安全檢查紀錄不佳之場所更是避免進入為宜。

（三）發生火警時

可採取下列三項措施：1.滅火；2.報警；3.逃生。

1.滅火

滅火最注重時效，能於火源初萌時，立即予以撲滅，即能迅速遏止火災發生或蔓延，此時可利用就近之滅火器、消防栓箱之水瞄，從事滅火。如無法迅速取得此類滅火器具，可利用棉被、窗簾等沾濕來滅火。但如火有擴大蔓延傾向，則應迅速撤退至安全之處所。

2.報警

發現火災時，應立即報警，如利用大樓內消防栓箱上之手動報警機，或電話打 119 報警，同時亦可大聲呼喊、敲門、喚醒他人知道火災發生，而逃離現場。打 119 時，切勿心慌，一定要詳細說明火警發生之地址、處所、建築物狀況等，以便適切派遣消防車輛前往救災。

3.逃生

當火災發生時，掌握契機，迅速判斷，正確的逃生，保全性命是最佳之道。逃生時，務必保持鎮定，切勿驚慌，更勿為攜帶貴重財物而延誤了逃生的時機。一案例：

當火災延燒至住宅內時，逃生的出路斷絕，某甲立即躲入房間內的浴室，將門關閉，並利用浴巾沾濕將門的縫隙塞住，以防止煙及火的侵襲，然後某甲將水龍頭打開，將浴缸放滿水，跳入浴缸，使全身浸泡在水中，全身只露出口鼻，然後就近將浴室內的鐵筒罩在頭上，使筒口浸入水中，而靠筒內之空氣呼吸，最後雖然猛烈之火勢，提高了水溫，使其受到灼傷，但終究保全了自己的生命。

十、鹵化烷滅火器（俗稱海龍滅火器）

- (1)鹵化烷滅火器內以經過加壓液化的三氟溴甲烷（ CF_3Br ，即海龍 Halon 1301）、及二氟氯溴甲烷（ CF_2ClBr ，即 Halon 1211）等鹵化烷成分作為滅火劑。
- (2)遇到火焰即行氣化，具有冷卻、窒息與抑制三種滅火作用。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，使用後不污損設備，對於甲、乙、丙、丁類火災均有效。
- (3)海龍滅火藥劑屬於氟氯碳化物的一種，具有無色、無臭、低毒性、不導電、滅火效果佳等特色，一直以來廣為運用在電信機房、高價值設備等場所的火災防護
- (4)氟氯碳化物排放、擴散至同溫層與紫外線光合作，氯原子會游離與氧原子化合形成氯酸鹽，游離氯原子與氯酸鹽產生觸媒作用而破壞臭氧層。而臭氧層可阻擋紫外線的投射，過量的紫外線會造成生物免疫系統的破壞，干擾海洋生物食物網，影響生態系統的平衡，故面臨停產及禁用的命運。

(5)蒙特婁公約為保護臭氧層，降低進一步的破壞，於1989年7月1日起全球同步管制氟氯碳化物的生產與消費，1994年1月全面停產海龍1301、1211、2402，世界各國均投入氟氯碳化物替代品的研發。

十一、燃燒界限（又稱爆炸界限）

係指引火性液體之蒸氣、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，其最低與最高間稱之為燃燒界限（或稱爆炸界限）。可以燃燒之最低體積百分比稱為燃燒下限（或爆炸下限，lower explosion limit, LEL），其最高之體積百分比稱為燃燒上限（或爆炸上限，upper explosion limit, UEL）。倘若上述混合氣體在密閉空間或特殊條件下燃燒將會引起爆炸現象。其體積百分比低於下限，混合氣體濃度太低，則不能燃燒，而高於上限，混合氣體濃度高，氧氣不足，也不能燃燒。

一般而言，可燃性氣體的濃度應控制在爆炸下限的30%以下，以防止火災。當爆炸下限愈低或爆炸範圍愈大，則發生火災的危險性則愈高。

十二、滅火器的使用方法（如圖所示）。

參考資料來源：

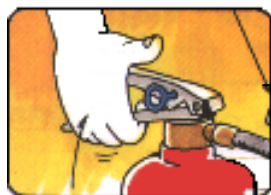
- 1.工業安全衛生，羅文基著，三民書局印行。
- 2.勞工安全衛生管理員教材，中華民國工業安全衛生協會。
- 3.新進勞動檢查員訓練教材—安全課程，行政院勞工委員會。
- 4.工業安全，楊振峰、劉宏信編著，高立圖書。
- 5.認識火災，內政部消防署。

提起滅火器

拉開安全插梢

握住皮管前端，
噴口朝向火苗

用力握下
手握把



滅火器使用方法

圖片來源：消防署

保持監控，確
定熄滅

熄滅後用水冷卻餘燼
(有例外)

朝向火源根
部噴射

