

### 選擇題

- (A)01.下列有關燃燒速度之敘述，何者錯誤？(A)火災全盛期時，燃燒速度快速增加 (B)燃燒速度指室內可燃物量因燃燒逐漸減少其重量的速度 (C)與開口部面積有關 (D)與開口部高度之平方根成正比
- (C)02.甲基乙基酮過氧化物 (MEKPO) 常用於聚合物的生產，加熱至 100°C 時會發生爆炸，此化合物屬於那一類公共危險物品？(A)第三類 (B)第四類 (C)第五類 (D)第六類
- (A)03.依史帝芬 - 波茲曼公式之定義，輻射熱量與輻射物體表面積的幾次方成正比？(A)一次方 (B)二次方 (C)三次方 (D)四次方
- (A)04.根據現行消防法規，對易燃液體物質判定基準中，可依下列何者之溫度高低判斷？(A)閃火點 (B)爆燃點 (C)沸點 (D)發火點
- (D)05.靜電之危險性，由其釋放之能量與物質最小發火能量之值而定。試問靜電火花之能量非由下列何者決定？(A)電壓 (B)電荷 (C)靜電容量 (D)物質最小發火能量
- (B)06.當發生危害物質災害時，為降低對民眾及搶救人員的危害，應迅速劃定管制區域，下列區域何者一般以黃色標示？(A)支援區 (B)影響區 (C)污染區 (D)禁區
- (D)07.存放乙醇倉庫發生火災，下列那一種泡沫滅火劑較適當？(A)化學泡沫 (B)界面活性劑系泡沫 (C)高膨脹性泡沫 (D)耐酒精型泡沫
- (D)08.依據建築物火災的特性，當進入「穩態燃燒」階段時，釋熱率 (Q) 與時間 (t) 的關係為何？(A)與時間一次方成正比 (B)與時間一次方成反比 (C)與時間二次方成正比 (D)與時間無關
- (B)09.近年來已有水滅火器經型式認可，下列敘述何者正確？(A)水滅火器就是強化液滅火器 (B)水滅火器噴射距離大於 6 公尺以上 (C)水滅火器不可適用 B 類火災 (D)水滅火器僅為添加濕潤劑之滅火器
- (B)10.下列常見之乾粉滅火藥劑敘述何者正確？(A)第一種乾粉主要成分為磷酸二氫銨 ( $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$ ) (B)第二種乾粉主要成分為碳酸氫鉀 ( $\text{KHCO}_3$ ) (C)第三種乾粉主要成分為碳酸氫鈉 ( $\text{NaHCO}_3$ ) (D)第四種乾粉主要成分為碳酸氫鈉及尿素 ( $\text{NaHCO}_3 + (\text{NH}_2)_2\text{CO}$ )
- (A)11.下列何者不是 IG-541 氣體滅火藥劑的成分？(A)氮氣 (B)氬氣 (C)二氧化碳 (D)氫氣
- (B)12.已知辛烷的燃燒下限為 0.92(vol%)，根據 Burgess-Wheeler 定理其燃燒熱約為多少？(A) 1,750 kcal/mol (B) 1,200 kcal/mol (C) 950 kcal/mol (D) 750 kcal/mol
- (C)13.下列有關二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ ) 滅火劑之敘述，何者錯誤？(A)滅火後不留痕跡 (B)滅火作用較氮氣 ( $\text{N}_2$ ) 為大 (C)特別適用於鈉等金屬火災 (D)氣化時，可以發揮冷卻作用
- (B)14.T.N.T. 炸藥化學名稱三硝基甲苯 (Trinitrotolene,  $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$ )，俗稱黃色炸藥，試問其氧平衡 (Oxygen Balance, O.B.) 為多少？(A)-64.0% (B)-74.0% (C)-84.0% (D)-94.0%
- (A)15.可燃物不藉由火焰或電器火花引起燃燒，在大氣中僅因受熱而引發燃燒的最低溫度稱為：(A)發火點 (ignition point) (B)閃火點 (flash point) (C)燃燒點 (burning point) (D)閃燃點 (flashover point)

- (C)16.下列的滅火設備，何者屬於窒息法滅火原理？(A)海龍滅火設備 (B)室內消防栓 (C) IG-541 (D) CEA-410
- (A)17.有關爆燃與爆轟，下列敘述何者錯誤？(A)火焰面傳播速度爆燃 > 爆轟 (B)二者有可能皆屬可燃性氣體的混合燃燒 (C)火焰面 (燃燒波) 與衝擊波合一，稱為爆轟波 (D)爆轟波通常伴隨機械的破壞作用
- (C)18.下列何者非影響建築物中煙霧流動與蔓延的主要因素？(A)煙函效應 (B)浮力作用 (C)相對濕度 (D)空氣膨脹
- (B)19.近來消防機關大力推行安裝住宅用火災警報器，其安裝位置在天花板或牆壁上緣，主要考量因素為何？(A)起火空間的火載量 (B)天花板噴射流的溫度與速度 (C)持續燃燒時間 (D)輻射回饋效應
- (B)20.常見消防機關宣導，使用延長線勿將其綑綁，以免引發火災，究其原因為何？(A)易造成過負載 (B)使溫度升高絕緣被覆熔解，造成電線短路 (C)易累積灰塵、水分造成積污導電 (D)電線間接觸不良，電流通時產生局部過熱
- (C)21.下列發火源在理化現象歸類上，何者與其他不同類別？(A)香煙 (B)火星 (C)靜電 (D)線香
- (A)22.有關火羽流及天花板噴射流的敘述，下列何者錯誤？(A)間歇火焰區上方溫度維持不變 (B)火羽流通常由火焰及熱流組成 (C)火羽流上升遇天花板沿天花板水平移動，形成天花板噴射流 (D)天花板噴射流對地面放射輻射熱，促進可燃物燃燒速度
- (C)23.下列何者非油槽火災發生沸溢或濺溢的主要因素？(A)熱波 (B)輻射熱 (C)地震 (D)水蒸氣
- (D)24.阿里山發生森林火災，已知火災當天的相對濕度為 60.0%，前一天相對濕度為 50.0%，再前一天相對濕度為 40.0%，試求火災當天的實效濕度？(A)31.3% (B)34.4% (C)40.0% (D)47.5%
- (C)25.己烷在閃火點時的飽和蒸氣壓為 9.12mmHg，根據 Burgess-Wheeler 定理其燃燒熱約為多少 kcal/mole？(A)682 (B)782 (C)882 (D)982
- (D)26.搶救鐵皮屋火警時，常利用上方開口，以自然熱對流原理進行排煙，有關自然熱對流的敘述，下列何者錯誤？(A)開口越大，對流速度越快 (B)開口位置越高，對流速度越快 (C)燃燒越猛烈，對流速度越快 (D)開口越接近中性帶，對流速度越快
- (C)27.棉被悶燒屬於何種燃燒型態？(A)快速燃燒 (B)混合燃燒 (C)無焰燃燒 (D)完全燃燒
- (B)28.根據美國防火協會危險物品標示規定，將危險類別記載於菱形方塊上，其中「有害健康毒性」以何種顏色表示？(A)黃色 (B)藍色 (C)白色 (D)紅色
- (A)29.下列何種氣體的比重小於 1？(A)天然氣 (B)液化石油氣 (C)丙烷 (D)丁烷
- (D)30.絕緣物體外表因附著少量水分或灰塵等電解質物質，產生小規模放電，形成異極電流，致使絕緣物體喪失絕緣性質者，稱為：(A)短路 (B)焦耳熱 (C)結晶現象 (D)積污導電
- (D)31.碳化鈣 ( $\text{CaC}_2$ ，俗稱電石) 常用於水果的催熟，屬於公共危險物品，遇水會起激烈反應產生下列何種可燃性氣體？(A)氫氣 (B)乙烷 (C)乙烯 (D)乙炔
- (A)32.某室內火場的煙層厚度為 1 公尺，若此時光學密度為 0.173，則該場域中避難反光指標之能見度為多少公尺？(A)7.5 (B)10 (C)15 (D)20

- (C)33.某建築物的插座電壓為 110 伏特，在其延長線上的插座同時插 880 瓦的電磁爐、110 瓦的電風扇及 1100 瓦的電熱器，請問該延長線之額定電流至少需多少安培？(A)209 (B)110 (C)19 (D)9
- (D)34.實效濕度低於多少時，日本即發布火災警報？(A) 90% (B) 80% (C) 70% (D) 60%
- (B)35.普通木造建築物旁欲蓋 9 公尺高之建築物，其延燒係數為 3 級（係數為 0.15），其防火間隔應保持多少公尺？(A) 6.32 (B) 7.74 (C) 3.21 (D) 8.56
- (B)36.下列有關電器用品「焦耳熱」之敘述，何者錯誤？(A)電流通過有電阻的導體所產生的熱 (B)焦耳熱與電流成正比 (C)電流增加造成的焦耳熱大於導體表面逸散之熱時，易生危險 (D)焦耳熱與電阻及時間成正比
- (A)37.日本東京放映所及精神病診所火災起因為縱火，請問汽油在空氣中的燃燒下限為何？(A) 1.4% (B) 7.6% (C) 1.3% (D) 2.6%
- (B)38.油類火災為何種火災？(A) A 類火災(B) B 類火災(C) C 類火災 (D)金屬火災
- (B)39.純物質從固態轉換成液態，或自液態轉換成氣態，吸收之熱量稱為：(A)顯熱 (B)潛熱 (C)活化能(D)輻射熱
- (D)40.通風控制燃燒時，通風口面積增加 1 倍，通風口高度增加 3 倍，若仍維持通風控制燃燒，理論上燃燒速度會增加多少倍？(A)1 (B)2 (C)3 (D)4
- (B)41.防火構造建築物外牆，具有相同面積不同開口型式，下列何種比例型式（即垂直高度：水平寬度）較容易形成火焰向上延燒？(A)3：1 (B)1：3 (C)3：4 (D)4：3
- (A)42.空氣氧之重量占整體之 23%，故 1 公斤碳完全燃燒需要多少空氣？(A) 11.6 kg (B) 32 kg (C) 23 kg (D) 12 kg
- (D)43.當一小爆炸發生時，其壓力波將全廠之粉塵揚起，再被隨後而至之燃燒引爆所引起之全廠性爆炸，此現象為何？(A)閃燃 (B)複燃 (C)塵爆 (D)二次塵爆
- (A)44.液體變化為氣體之物理現象中，若變化速度至為急速時，因能量在極短的時間內大量放出，即形成爆炸現象，此現象之名稱為何？(A)蒸氣爆炸 (B)分解爆炸 (C)高壓氣體爆炸 (D)粉塵爆炸
- (A)45.常見吸入火場中的煙霧而中毒者，其最主要之原因即為吸入太多的一氧化碳（CO），一氧化碳往往是火場的致命殺手，其濃度達多少時可以讓人在 1 分鐘內死亡？(A)1% (B)0.5% (C)0.2% (D)0.07%
- (C)46.化學災害搶救程序 HAZMAT 之說明，下列何者正確？(A) H 表請求支援 (B) Z 表建立管理系統 (C) T 表善後處理 (D) M 表行動方案
- (B)47.混合氣體由 A、B、C 三種氣體組成，混合時組成氣體不進行反應，且燃燒無催化作用，其中各氣體之混合濃度中，A 氣體占 1/5（燃燒下限 4.0%），B 氣體占 3/5（燃燒下限 12.5%），C 氣體占 1/5（燃燒下限 2.0%），則此混合氣體燃燒下限約為多少？(A) 4.8% (B) 5.1% (C) 6.5% (D) 7.3%
- (D)48.一般來說，對於大多數物質燃燒，當空氣中氧氣濃度降至多少以下，燃燒甚難持續？(A)30% (B)23% (C)21% (D)15%
- (A)49.下列何物質之燃燒，屬均一系燃燒？(A)氫氣之燃燒 (B)石油之燃燒 (C)木炭之燃燒 (D)鐵粉之燃燒
- (C)50.有關地下建築物之防火計畫，下列敘述何者錯誤？(A)實施嚴密之火源管理，設置適當之防火區劃 (B)居室與通路構造簡明，不致發生迷路 (C)應採多元化管理體制，落實執行力 (D)有充裕之空間，以防災害發生時產生混亂
- (A)51.為避免窗口噴出的火焰向大樓上層延燒，下列敘述何者錯誤？(A)加大窗戶開口部面積 (B)降低屋內火載量 (C)窗戶上下加設向外突出之平臺 (D)增加上下樓層窗戶間的側壁長度
- (A)52.不同材質與厚度的牆壁或隔熱板，顯示不同的熱傳導效果；此可藉由下列何者估算？(A)傅立葉定律（Fourier's law）(B)伯努利定律（Bernoulli's equation）(C)理想氣體定律（Ideal gas law）(D)比爾-朗伯特定律（Beer-Lambert law）
- (D)53.安裝爆炸氣道（或洩爆孔、氣孔）可適度降低侷限空間中粉塵爆炸的災害，則下列敘述何者錯誤？(A)氣孔截面積越大效果越好 (B)氣孔若連接導管，則導管越短越好 (C)粉塵最大爆壓較大者，氣孔比亦宜相對加大 (D)室內空間較小者，氣孔比亦宜相對縮小
- (A)54.室內火災所產生的熱煙層由天花板向下沉降的時間直接影響逃生；以此觀點而論，下列何者較不利於逃生？(A)較矮的天花板 (B)較大的室內空間 (C)較大的室內樓地板面積 (D)較小的火源周長
- (D)55.下列何種現象對於局部電阻所產生的效應恰與其他三者相反？(A)氧化亞銅增殖 (B)開關接觸不良 (C)半斷線 (D)金原現象
- (C)56.某發生火警的大樓，室內外溫度分別為 800℃與 20℃，中性帶位於 4 樓；6 樓的內外壓差為 60Pa，若不考慮外部風等其他因素，則 8 樓的內外壓差約為若干 Pa？(A)80 (B)100 (C)120 (D)140
- (B)57.木材受熱分解進而燃燒的過程中，當加熱到引火溫度時，可燃性氣體釋出量迅速增加，試問木材的引火溫度約為多少℃？(A)100 (B)260 (C)360 (D)450
- (D)58.乙炔加壓後容易產生分解爆炸，為避免此現象，乙炔鋼瓶常利用浸泡何種溶劑之多孔性物質，使乙炔溶解於其中，防止分解爆炸？(A)丙醇 (B)甲醛 (C)乙醇 (D)丙酮
- (A)59.為避免液化石油氣儲槽因外圍起火燃燒，一時無法撲滅而發生 BLEVE 現象，可採取之防救策略下列何者正確？(A)槽體附近設置固定式撒水設備降低儲槽溫度 (B)設置防液堤將洩漏之燃料限制於槽體周圍 (C)降低安全閥的壓力設定值，使內壓上升速度增加 (D)減低槽體絕緣層，以避免熱蓄積
- (A)60.消防搶救時，考慮熱傳導現象而進行冷卻降溫，下列何者不是影響熱傳導的因素？(A)體積 (B)溫度差 (C)熱傳導係數 (D)距離
- (A)61.在火場中會因吸入下列何種氣體，導致阻礙紅血球輸氧功能而造成窒息死亡？(A)一氧化碳 (B)一氧化氮 (C)二氧化碳 (D)硫化氫
- (B)62.在古蹟及歷史建築物火災風險評估指標中，有關防火因應措施安全評估項目中，不包括下列何項？(A)滅火控制 (B)文化資產文物數量與分布 (C)火災偵測與通報 (D)計畫研擬與動態演練
- (C)63.森林火災的種類與敘述，下列何者正確？(A)樹幹火主要燃料為茅草與灌木，為森林大火的主因 (B)地表火主要由含樹脂之樹木燃燒造成 (C)樹梢火通常在開放環境中燃燒 (D)地中火通常由地表火而來，有大量有機可燃物
- (B)64.消防人員於火場經常利用灑水降溫的防護方式進行搶救，試問每公升水的蒸發潛熱約為多少 kcal？(A)340 (B)540 (C)740 (D)940
- (B)65.依據建築物火災 t2 成長理論，在一定義為快速成長的火災中，釋熱率達到 1MW 的時間應為多少秒？(A)75 (B)150 (C)300 (D)600
- (D)66.沾有油類之毛巾，集中堆置於塑膠籃而產生自然發火，其原因為何？(A)發酵熱之蓄積 (B)吸著熱之蓄積 (C)分解熱之蓄積 (D)氧化熱之蓄積



## 申論題

### 一、火災時，引起煙霧在建築物中流動與蔓延的主要因素為何？試列舉並說明之。

擬答：

- (一)煙囪效應：垂直空間因為溫度差，造成密度不同產生不同壓力，上方低密度高溫氣體往外流出；而下方氣體會自外面補充氣體而向上浮昇，此種垂直氣流流動現象。
- (二)浮力作用：因密度低而具有浮力，在中性面以上高度愈高、壓力差愈大，浮力愈大。
- (三)自然風力：效應：
  - 1.開口狀態影響風速。
  - 2.影響室內煙霧路徑。
  - 3.中性帶位置變動。
- (四)未關閉的空調系統：
  - 1.初期：煙隨空調系統擴散有利發現火災，及早處理。
  - 2.中期以後：煙霧擴散迷漫不利避難逃生。
- (五)熱膨脹力：每上升 10C 體積增加 1/273 倍，隨溫度上升室內體積膨脹而壓力上升。
- (六)電梯活塞效應：電梯往下方運動時底部升降路的空氣會向房間方向排入，同時頂部房間之空氣會向電梯升降路壓入。

### 二、何謂「自然發火」？何謂「準自然發火」？請舉例說明自然發火物質及準自然發火物質之反應類型？

擬答：

- (一)自然發火：

物質於空氣常溫下，因化學變化而自然發熱，其反應熱經長期蓄積，導致發火之現象。
- (二)準自然發火：

在空氣中立即發火，或因水分、濕氣之存在而緩慢或急劇發熱發火者。
- (三)自然發火物質：
  - 1.分解熱而發火之物質：塞璐璐、硝化綿。
  - 2.氧化熱之蓄積而發火物質：油脂類、塗料。
  - 3.吸著熱之蓄積而發火之物質：活性碳、素灰。
  - 4.發酵熱之蓄積而發火之物質：枯草、乾草。
  - 5.聚合而發熱之物質：醋酸乙烯、液化氫。
- (四)準自然發火物質：
  - 1.發熱物質本身會發火者：
    - (1)特性：在空氣中發火點低或遇空氣即起燃燒的物質；與水接觸立即發火，又稱禁水性物質。
    - (2)金屬鈉：與氧反應  $2\text{Na} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{O} + 104\text{Kcal/mole}$  與水反應  $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \frac{1}{2}\text{H}_2$  燃燒時為白煙具腐蝕性。
    - (3)黃磷：在空氣中  $\text{P}_4 + 5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{P}_2\text{O}_5$  發火點低(45°C)，易氧化。與氧化性物質接觸而生爆炸；與強鹼反應產生磷化氫而燃燒。
  - 2.物質發熱使接觸之可燃物質發火者：
    - (1)特性：接觸或吸收水分會發熱，本身不燃，但與其接觸之物質點火燃燒。
    - (2)生石灰(CaO)： $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + 15.2\text{Kcal/mole}$
    - (3)五氧化二磷( $\text{P}_2\text{O}_5$ )：無水磷酸。 $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HPO}_3$  溶於水時成為偏磷酸並發熱。
  - 3.反應發生可燃性氣體而發火之物質：
    - (1)特性：物質相互反應時，產生氣體，若本身放熱，則產生發火或爆炸。
    - (2)磷化鈣( $\text{Ca}_3\text{P}_2$ )： $\text{Ca}_3\text{P}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{PH}_3 + 3\text{Ca(OH)}_2$  磷化氫氣體與空氣接觸時則自然發火。
    - (3)鹼及鹼土類金屬： $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \frac{1}{2}\text{H}_2$

### 三、電子鍋、熱水瓶及電磁爐的耗電功率分別為 660、660 及 770，請問同時插兩個電子鍋、兩個熱水瓶及兩個電磁爐在同一組插座上使用時，插座的單芯電源線應配置何種線徑最經濟有效(家用電壓 110V)？

擬答：

$$V = \frac{660 \times 2}{110} + \frac{660 \times 2}{110} + \frac{770 \times 2}{110} = 12 + 12 + 14 = 38\text{A}$$

1.2mm - 19A、1.6 mm - 27A、2.0 mm - 35A、2.6 mm - 48A、3.2mm - 62A

### 四、森林火災常造成極大危害性並對環境生態影響，試問發生森林火災原因；火勢型態如何；有何特性？

擬答：

#### (一)原因：

- 1.引火燒墾：以燃燒替代人工整地。
- 2.吸煙不慎：未熄滅任意丟棄山林叢草中。
- 3.用火不當：燃放鞭炮、焚燒冥紙、炊煮、取暖的人為不小心。
- 4.狩獵活動：採傳統動煙火攻方式。
- 5.閃電雷擊：自然因素

#### (二)形態：

- 1.地表火：枯枝、敗葉、雜草樹叢所引起的火災；延燒速率 4~7km/hr，受地形、風速、風向、乾溼程度及可燃物種類而影響。
- 2.樹冠火：林木樹葉燃燒所引起的火災，燃燒火勢強 2~4 km/hr，火勢從近似封閉環境轉為開放性環境而延燒蔓延。
- 3.樹幹火：老齡針葉之粗樹幹或枯木燃燒，所引起的火災。
- 4.地下火：腐殖土或泥碳層深入地下燃燒，所引起的火災。不完全燃燒產生大量煙霧。
- 5.火災旋風：森林火災達到一定強度在火場上方形成強大對流性氣流，容易形成旋渦助長火勢延燒速度。
- 6.飛火飛舞：受火災旋渦帶動飛火屑若落到未燃可燃物上，點燃該處可燃物形成一個新的火源，森林火災形成跳躍式蔓延速度前進，有時還改變蔓延方向，增加撲救難度。

#### (三)特性：

- 1.燃燒性質複雜：火燒面積廣大、質量不同、多量可燃物。
- 2.地形及氣象變化大：長期乾旱森林含水量約在 15%以下，有風速助長異常引起危險燃燒形態。
- 3.延燒速度快：飛火造成延燒很長火線。
- 4.延燒時間長：大多幾天或幾十天或更長。
- 5.火勢強大有明顯對流柱容易形成火災旋風和飛火。
- 6.現場遠交通水源提供不便。
- 7.對林木危害嚴重，同時對生態和環境也構成不同程度的破壞。
- 8.山地滅火以人海戰術為主。
- 9.火線寬度決定困難。

### 五、請說明「積污導電」和「金原現象」的定義和列表比較其異同。

擬答：

#### (一)定義：

- 1.積污導電：承受電壓之不同極導體之間，雖有絕緣體存在，但因絕緣表面附著水分、灰塵、金屬、粉塵等，破壞絕緣之物質，導致兩極間有間歇性的電流通過，在黑暗之中，這些積污會產生沿面放電的電暈放電現象，而產生小光點，此種因積污而絕緣破壞導致電界與電解污染間，徐徐形成炭火導電之現象。
- 2.金原現象：指橡膠、木材等絕緣物中，電流通過之現象，亦即為有機物因受電氣火花形成之炭火物，會逐漸形成微量結晶(石墨化)的作用，而變成導體，此種導體化部分，因導電結果，發生焦耳熱使連接之有機物，部分變熱石墨化，終而導電，終至逐漸擴大而發熱發火的現象稱之。

#### (二)比較異同點：

差異性	積污導電	金原現象
相同點	1.絕緣物表面附著水分及灰塵或含有電解質液體及金屬粉塵。 2.絕緣物表面流通電流產生焦耳熱。 3.絕緣物與帶電之附著物間，發生小規模放電。 4.兩者皆係『形成炭化導電路』之絕緣破壞現象。	
相異點	1.因『積污』而形成導電現象。 2.發生放電系電暈放電且大多發生在絕緣物表面。	1.因『絕緣材料』石墨化而成導電現象 2.絕緣劣化後電流形成通路現象，而不僅限於表面實際已成通路。

## 六、建築物發生火災時，由窗戶或開口噴出之火焰，常燒破上層窗戶玻璃而擴大延燒危險阻，試說明火焰流動特性及防止火焰向上層延燒對策？

擬答：

### (一)火焰流動特性：

1. 火焰流動軌跡的方程式為：

$$(1) \quad Z + H = 12.8 \left( \frac{m}{B} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2) \quad \frac{X}{H} = \left( \frac{2B}{H} \right)^{0.53}$$

H：通風開口高度(m)。

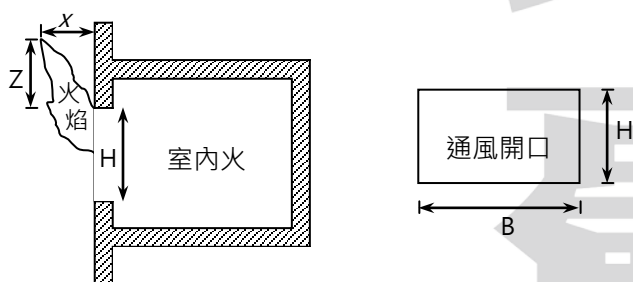
B：通風開口寬度(m)。

Z：火焰頂端至通風開口頂端高度(m)。

x：火焰頂端至牆壁的水平距離(m)。

m：質量燃燒速率(kg/s)。

概念圖：



2. 窗戶之形狀、寬度愈大，火焰愈容易吸住壁面，成垂直上昇。
3. 窗之上層有建築物時，火焰軌跡與(寬度/高度)之值有關。
4. 火焰距離火場開口窗頂愈高，溫度愈高，延燒之危險愈大。由窗口或開口部噴出之火焰，常燒破上層窗戶之玻璃。

### (二)防止火焰向上層延燒對策：

1. 兩樓層窗與窗間之壁體愈大，防止下層火焰延燒之效果愈好
2. 採行縱形窗設置，即縱向之長度比橫向之長度為大，此窗戶噴出火焰其尾端遠離側壁。
3. 減少窗戶或開口面積，避免火焰噴出流動。
4. 設置突出屋簷以阻止向上延燒。
5. 改善窗戶耐火材質減少火焰高溫之危害。
6. 窗戶設置撒水幕吸收輻射高熱，避免火焰噴出造成玻璃破裂
7. 減少室內可燃物量，避免火災發生。

## 七、乙炔、環氧乙烷、聯氨易生何種爆炸？試列出其反應式及抑制其爆炸之有效方法？

擬答：

### (一)乙炔、環氧乙烷、聯氨易生分解爆炸危險。

### (二)乙炔反應式及抑制其爆炸之有效方法：

1. 反應式： $C_2H_2 \rightarrow 2C + H_2 + 54.2Kcal/mole$
2. 抑制其爆炸方法：通常以其它氣體稀釋使乙炔濃度降低，只要無分解爆炸之氣體即可，加入不分解爆炸氣體將阻止火焰傳播界限，使其無法爆炸。

### (三)環氧乙烷反應式及抑制其爆炸之有效方法：

1. 反應式： $C_2H_4O \rightarrow CH_4 + CO + 32.1Kcal/mole$   
 $2C_2H_4O \rightarrow C_2H_4 + 2CO + 2H_2 + 7.9Kcal/mole$
2. 抑制其爆炸方法：添加氮、二氧化碳、水蒸氣等氣體，使環氧乙烷氣體稀釋後爆炸壓力即減弱，使其無法爆炸。

### (四)聯氨反應式及抑制其爆炸之有效方法：

1. 反應式： $2N_2H_4 \rightarrow 2NH_3 + N_2$  (溫度 350°C 時)  
 $N_2H_4 \rightarrow 2H_2 + N_2$  (溫度比 350°C 更高時)
2. 抑制其爆炸方法：其界限壓力在 28°C 時為 12 mmHg，100°C 時為 35 mmHg 至 50 mmHg，所以稀釋氣體以芳香族碳化氫最為有效。

## 八、請各舉一個應用例，說明預混燃燒 (premixed burning) 和擴散燃燒 (diffusive burning) 的原理和優缺點。

擬答：

(一)預混合燃燒：係指可燃性氣體在未點火燃燒之前，與氧氣充分混合，達到燃燒範圍(界限)，在遇到點火源，例如桶裝瓦斯洩漏散佈於空氣中與空氣充分混合形成預混合但未遇火源不致發生火災或爆炸，一旦遇到火源將引起燃燒或爆炸之一種現象。此種燃燒因事先充分的混合，往往燃燒非常快速，甚至達到爆炸界限而引起爆炸燃燒，避免此種燃燒，容器內欲儲放可燃性高壓氣體時，必須充分的將氧氣含量降至一定值以下，以避免引起火災或爆炸。

(二)擴散燃燒：係指可燃性氣體自儲槽火管線洩漏出來時，因遇空氣中之氧，混合達到燃燒範圍(界限)，再遇到靜電形成或點火源存在，引起燃燒之一種現象，此時容器或管內之可燃性氣體，不斷擴散出來供應外部之燃燒，此種一面擴散一面燃燒，維持定常穩定燃燒的一種現象。

### (三)兩者優缺點比較：

	混合燃燒	擴散燃燒
定義	可燃性氣體預先與氧氣混合達到燃燒範圍(界限)，再遇到點火源，引起燃燒之一種現象。	可燃性氣體一面擴散，一面與氧氣分子相互混合燃燒。
特性	燃燒反應迅速、溫度高。	穩定之一種燃燒之現象。
火焰蔓延速率	視壓力、溫度、氣體組成成分而定。	由燃料與氧氣間相互擴散來決定。
優點	可燃氣體自容器或管口擴散至空氣中與周圍空氣混合，但不一定會產生火災爆炸。	可燃氣體自容器或管口擴散至空氣中與周圍空氣混合之燃燒現象，可有效控制燃燒速度，形成一種穩定燃燒。
缺點	燃燒速度有效控制，甚易造成爆炸之現象。	一般產生之熱源有限，無法瞬間產生高熱。

## 九、請說明閃燃 (flashover) 與爆燃 (backdraft) 發生機制中可燃界限之差異。

擬答：

(一)閃燃 (flashover) 與爆燃 (backdraft) 發生機制中可燃界限之差異：閃燃現象一旦發生在火場，火場內大部分的可燃物將會在短時間內被引燃，並到達燃燒最盛期，火場溫度及燃燒熱釋放率將會遠遠超過消防衣帽鞋所能防護的範圍。爆燃發生時，其燃燒產生的高溫及熱釋放率，甚至會超出閃燃的最大值，並且可能伴隨爆炸現象，並對消防人員帶來致命危險。

(二)閃燃 (F.O)：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，正好進入燃燒範圍且達燃點之際，一舉引火形成巨大之火苗，使室內頓時成為火海之狀態，閃燃指的是室內所有物品被瞬間、同時引燃。以下說明它是如何發生的：溫可燃性氣體上升至屋頂並橫向擴散至牆壁，熱輻射不斷向下移動並加劇，直到所有可燃物到達引火點，最後導致全部可燃物瞬間燃燒起來，溫度將在幾秒內瞬間提升至華氏約 1000 度 (約攝氏 537 度)，即使消防人員穿著完整防護裝備都可能無法在閃燃中倖存。

(三)爆燃 (Backdraft)：火災在悶燒 (Smoldering) 狀態時期，因空氣中的氧氣量不足，而產生大量之可燃性氣體，充滿整個室內空間。惟不久之後，由於門窗玻璃或其他處所之破裂或自外部開啟開口，而形成空氣之流通口。此時，若造成大量空氣湧入時，將可能使充滿室內之可燃性氣體一舉燃燒，火焰從窗口噴出，造成危險。此種現象一般稱為複燃 (Back Draft) 現象，爆燃是一種爆炸現象，當氧氣被引入充滿高溫可燃性氣體的房間時，會發生密閉空間中所有氧氣消耗完畢後會發生的一種燃燒形式，明顯可見的火焰消失，固體可燃物悶燒、高溫可燃性氣體蓄積並充滿整間房間溫度上升、可燃性氣體擴散、壓力蓄積，使門窗震動。從外部觀察，建築物看起來會像在呼吸或搏動間燃燒，有壓力的氣體會從開口處爆發出來，導致一個滾動的火球，由此可知，爆燃發生的關鍵在於密閉空間中先「缺氧」，然後因為有開口讓氧氣進入，使內部的可燃性氣體再次瞬間、同時燃燒，發生爆燃現象，如果火災成長的過程中有足夠的氧氣就不發生爆燃現象。