

### 選擇題

- (D)01.常見泡沫滅火藥劑含有界面活性劑成分，請問下列何者不是泡沫滅火藥劑滅火時界面活性劑的主要作用？(A)起泡作用 (B)乳化作用(C)減低表面張力作用(D)降低溫度作用
- (C)02.1 度電為 1,000 瓦·小時 (1 kWh)，試問 1 度電約等同多少千卡 (kcal)？(A) 420 (B) 746 (C) 860 (D) 1,000
- (A)03.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)04.俗稱「電線走火」之火災起因，下列敘述何者錯誤？(A)延長線過負載 (B)電暖器發熱部位引燃附近可燃物 (C)電風扇電線半斷線 (D)冰箱插頭積污導電
- (B)05.熱透過流動介質，將熱量由空間中一處傳到另一處的現象為何？(A)熱傳導 (B)熱對流 (C)熱輻射 (D)熱慣性
- (C)06.易燃性氣體受到壓縮後溫度會有升高的狀況發生，可能會發火導致火災的發生，此現象為何？(A)高溫壓縮 (B)等溫壓縮 (C)斷熱壓縮 (D)等熵壓縮
- (D)07.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
- (C)08.有關電氣火災防範對策中，電器設備之正確使用非常重要，在潮濕場所使用電器時，插頭應加裝何種裝置以防止感電發生？(A)延長線 (B)開關 (C)漏電斷路器 (D)緊急電源
- (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
- (A)10.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%
- (D)11.下列有關燃燒上下限之敘述，何者錯誤？(A)當可燃物濃度高於燃燒上限，即使給予點火能量亦無法使其燃燒 (B)燃燒下限愈低，可燃物愈危險 (C)可燃性氣體與空氣之混合氣中加入不燃性氣體，會使其燃燒上限下降 (D)可燃性氣體混合後，其燃燒下限為混合前各氣體中燃燒下限最低者
- (C)12.化學物質災害搶救程序 H.A.Z.M.A.T.中有關區域管制事項，下列敘述何者正確？(A)指揮站應設置於暖區 (B)民眾、記者應安排於冷區中 (C)熱區為事故地點周圍可能遭受污染的地區 (D)搶救人員之人員除污應於熱區外圍進行
- (A)13.在苯中置入油酸鎂等金屬鹼，係採取下列何種防止靜電發生的方法？(A)使用除電劑 (B)使用導電性材料 (C)藉中和以防止電荷蓄積 (D)增加周圍空氣相對濕度
- (A)14.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
- (A)15.乙醇在閃火點時的飽和蒸汽壓為 25 mmHg，則乙醇在常壓下的燃燒下限約為何？(A)3.29% (B)1.8% (C)5.28% (D)6.8%
- (B)16.下列何者非細水霧滅火系統的特性？(A)兼具水系統與氣體滅火系統滅火特性 (B)屬水系統滅火設備，易造成水損 (C)可適用於 A、B、C 類火災 (D)無毒性兼顧環保

- (A)17.建築物起火後，對於防止火焰由下層窗戶往上層延燒，下列敘述何者錯誤？(A)窗戶「寬度/高度」之值愈小，火焰愈容易向上層延燒 (B)增加側壁高度 (C)減少室內可燃物量 (D)設置突出屋簷
- (A)18.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)19.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
- (C)20.有關防火塗料敘述，下列何者錯誤？(A)火災時阻止火焰的傳播 (B)防火形式可分為膨脹型與非膨脹型 (C)塗覆在物件表面，利用材料的低導熱性與放熱性形成一般性保護 (D)可分為溶劑性與水溶性兩類
- (D)21.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%
- (A)22.有關粉塵爆炸的敘述，下列何者錯誤？(A)粉塵爆炸之燃燒反應為粒子表面積，粒子直徑愈大愈易發火 (B)粉塵與可燃性氣體在空氣中共存時，爆炸下限將下降 (C)粉塵發火之最低溫度一般為 300 至 700°C (D)粉塵粒子愈小，其最小發火能量亦變小
- (A)23.火場當中煙毒危害，下列敘述何者錯誤？(A)火場燃燒物毒性最大是 CO<sub>2</sub> (B)火場生成物 HCN 會造成細胞呼吸停止 (C)吸入煙而危害生命主要原因為一氧化碳 (D)HCHO 為強烈刺激性無色氣體主要為刺激黏膜及麻醉中樞神經
- (C)24.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
- (B)25.連棟式木造建築物引發火災，消防隊射水同時拆除未受火勢波及的房屋，請問其採取的滅火方法係下列何者？(A)窒息法 + 冷卻法 (B)冷卻法 + 移除法 (C)冷卻法 + 抑制反應 (D)抑制反應 + 窒息法
- (A)26.下列何者為乾粉最主要滅火原理？(A)抑制 (B)冷卻 (C)遮斷 (D)稀釋
- (D)27.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
- (A)28.輻射熱是造成木造建築物延燒原因之一，下列何者正確？(A)輻射量與火焰面積成正比、與輻射時間成正比 (B)輻射量與火焰面積成正比、與輻射時間成反比 (C)輻射量與火焰面積成反比、與輻射時間成正比 (D)輻射量與火焰面積成反比、與輻射時間成反比
- (C)29.在充足的能量下，下列何種濃度 (vol%) 的氫氣 (H<sub>2</sub>) 為燃燒界限範圍內？(A)100% (B)80% (C)50% (D)2%
- (A)30.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

- (D)31.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
- (D)32.請依據可燃性氣體完全燃燒時的化學理論濃度，計算丙烷的燃燒下限？(A)1.34% (B)1.64% (C)1.84% (D)2.21%
- (D)33.有水之場所的插頭應加裝何種裝置以防止感電發生？(A)總開關 (B)延長線 (C)緊急電源 (D)漏電斷路器
- (A)34.某研究院之廠區引發爆燃事件之推進劑，其內含過氧酸鹽類，試問其為公共危險物品中第幾類物質？(A)第一類物質 (B)第二類物質 (C)第三類物質 (D)第六類物質
- (D)35.一般來說，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)36.依據美國防火協會 (NFPA) 規定，下列有關可燃液體與易燃液體之敘述，何者正確？(A)可燃液體係指閃火點大於或等於 100°F (37.8°C) 之液體 (B)可燃液體係指閃火點大於 100°F (37.8°C)，小於 140°F (60°C) 之液體 (C)易燃液體係指沸點小於或等於 100°F (37.8°C) 之液體 (D)易燃液體係指自燃溫度點小於或等於 100°F (37.8°C) 之液體
- (C)37.有關火羽流的敘述，下列何者錯誤？(A)火羽流的溫度與速度隨著天花板高度呈現垂直下降 (B)火羽流在燃料上方形成，周遭冷空氣捲入至火羽流下方，形成空間對流 (C)不同生成氣體隨火羽流上升累積在天花板形成負壓區，火羽流底部則形成正壓區 (D)火羽流分為連續火焰區、閃耀火勢區與熱煙氣區
- (A)38.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
- (A)39.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
- (D)40.假設火場中只含一種燃料且均勻分布，起火後火勢循  $t^2$  成長理論持續成長，且火災成長常數呈定值。已知起火後第 1 分鐘燒耗燃料 1 公斤，則再經 2 分鐘後，從起火開始起算總共燒耗若干公斤之燃料？(A)4 (B)8 (C)9 (D)27
- (D)41.安裝爆炸氣道 (或洩爆孔、氣孔) 可適度降低低限空間中粉塵爆炸的危害，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
- (C)42.火災發生後至到達閃燃發生的時間稱為閃燃時間 (Flashover time)，下列何者非直接影響閃燃時間的重要原因？(A)可燃物的數量與尺寸 (B)房間開口部的尺寸與位置 (C)空氣密度 (D)房間的形狀及尺寸
- (D)43.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)44.有關自然發火物質之敘述，下列何者正確？(A)活性碳屬於氧化熱蓄積而發火之物質 (B)硝化綿屬於吸著熱蓄積而發火之物質 (C)油脂屬於分解熱蓄積而發火之物質 (D)醋酸乙烯屬於聚合而發熱之物質
- (B)45.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)46.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
- (C)47.撕下新購的電視機螢幕保護封膜時遭受靜電，其原因為下列何者？(A)摩擦帶電 (B)流動帶電 (C)剝離帶電 (D)撞擊帶電
- (A)48.依 Thomas 閃燃公式 (Thomas Flashover Correlation)，有關室內火災發生閃燃所需最小釋熱率，下列敘述何者錯誤？(A)隨室內火載量增加而提高 (B)隨室內空間增加而提高 (C)隨對外開口面積增加而提高 (D)隨對外開口高度增加而提高
- (D)49.假設建築物外部風速為 10 m/s，風壓係數為 0.6，空氣密度為 1.0 kg/m<sup>3</sup>，其對迎風面建築物所產生的風壓約為？(A) 60 Pa (B) 50 Pa (C) 40 Pa (D) 30 Pa
- (B)50.T.N.T. 炸藥化學名稱稱為三硝基甲苯 (Trinitrotolene, C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>N<sub>3</sub>O<sub>6</sub>)，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%
- (D)51.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)52.己烷在閃火點時的飽和蒸氣壓為 9.12 mmHg，根據 Burgess-Wheeler 定理其燃燒熱約為多少 kcal/mole？(A)682 (B)782 (C)882 (D)982
- (B)53.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
- (C)54.一公克水完全汽化成水蒸氣，溫度 327°C 水蒸氣體積為 V1，溫度 727°C 水蒸氣體積為 V2，則 V2/V1 值？(A) 1700 (B) 2.22 (C) 1.67 (D) 4555
- (B)55.室內火災閃燃 (Flashover) 與複燃 (Backdraft)，下列敘述何者正確？(A)閃燃經常發生於火災衰退期 (B)複燃發生前處於高溫缺氧的悶燒狀態 (C)輻射能回饋效應是引起複燃的關鍵機制 (D)氧氣是觸發閃燃的主要因素
- (D)56.沾有油類之毛巾，集中堆置於塑膠籃而產生自然發火，其原因為下列何者？(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
- (B)57.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)58.對於防煙對策，下列敘述何者錯誤？(A)儘量減少發煙源 (B)阻止煙的流動 (C)利用排煙設備，積極向內排煙 (D)採用防火閘門，遮斷煙的擴散
- (D)59.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
- (B)60.某一混合氣體乃氣體 A 與氣體 B 以體積 1:1 混合，此混合氣體之燃燒下限 (氣體 A 燃燒下限 5%，氣體 B 燃燒下限 10%)？(A) 3.3% (B) 6.7% (C) 7.5% (D) 8.5%
- (B)61.火場情境模擬擬以「熱釋放率」(Heat release rate) 作為火源大小的設定，其單位為下列何者？(A)焦耳 (J) (B)瓦特 (W) (C)溫度 (K) (D)牛頓 (N)
- (C)62.氣體燃燒後之爆炸，如產生燃燒速度大於音速之現象，稱之為：(A)液體沸騰膨脹蒸氣爆炸 (BLEVE) (B)爆燃 (deflagration) (C)爆轟 (detonation) (D)突沸 (boilover)
- (D)63.依美國防火協會估算，下列何項爆炸威力所造成危害可達 1000 公尺？(A)複燃 (B)沸溢 (C)閃燃 (D)液體沸騰膨脹蒸氣爆炸 BLEVE
- (A)64.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
- (D)65.高壓氣體的爆炸界限，通常較常壓下為廣，爆炸上限也明顯提高，但下列何種氣體之爆炸範圍及爆炸上限在高壓下卻降低？(A)甲烷 (B)二氧化碳 (C)乙烷 (D)一氧化碳



一、建築物起火後常看到火球突然從火場衝出，這種現象稱為複燃 ( Backdraft )，然而有些人會將此現象與閃燃 ( Flashover ) 混淆，請說明二者燃燒現象、原因及對消防人員可能產生危害之情境。

擬答：

(一)閃燃 ( Flash Over 簡稱 F.O. )：

- 1.意義：室內起火後，火勢逐漸擴大過程中，因其燃燒所產生之可燃性氣體，蓄積於天花板附近，當此可燃性氣體與空氣混合後，濃度正好達到燃燒範圍時，因引火而造成巨大的火苗，使室內瞬間產生火海之狀態的現象，即稱為閃燃現象。
- 2.危險性：閃燃一旦發生後，室內的所有人將無法存活，故需在閃燃時間內逃生。
- 3.容易產生滾流燃燒 ( Rollover ) 現象：
  - (1)滾流燃燒現象有時候也稱為焰溢現象 ( Flameover )。
  - (2)滾流燃燒現象常發生於建築物火災之中。
  - (3)發生時機：初始火災階段或穩定燃燒階段的初期。
  - (4)產生過程：熱解產生未燃的可燃性氣體蓄積在天花板下方，這些可燃氣在熱氣對流壓力之推進下，漸漸遠離起火處，進入未燃區域而與新鮮空氣相混合，當達到混合氣之燃燒範圍，即自火點引燃擴散，火焰鋒的蔓延非常迅速，隨著滾流氣體延燒至未燃區天花板下方，此現象即稱為滾流燃燒。
- 4.防範對策：
  - (1)救災之消防人員要保持低姿勢進入火場。
  - (2)民眾逃生時正確姿勢應該是以爬行的方式離開火場，除了可吸取新鮮空氣之外，也可避免此現象的危害。

(二)複燃 ( Backdraft )：

- 1.意義：在穩定狀態燃燒現象末期，若室內通風狀況不良時，火勢反漸漸微弱，趨於無焰燃燒，當火焰減小時，相對地濃煙及未完全燃燒之氣體充滿於室內，壓力隨火氣量而增加，所以煙與氣體經門窗縫，間歇性滲出戶外，此刻，室溫仍在 537°C 左右，熱能驅使可燃物分解出輕質燃氣，如甲烷等氣體，充滿在室內，蓄積量漸增。
- 2.內爆燃現象 ( Backdraft ) ( 複燃 )：
  - (1)爆燃現象有時候也稱為煙爆 ( smokeexplosion )。
  - (2)當發生於穩定狀態燃燒階段或是熱悶燒階段。
  - (3)係為混合燃燒形式。
  - (4)產生過程：穩定燃燒之熱蓄積，加上未完全燃燒之破粒與一氧化碳或是其他可燃性氣體( 熱悶燒之產物 )，遇上所導入的新鮮氧氣，彼此相混合達燃燒範圍內，原有之微火源則瞬間引燃混合氣而爆炸。
  - (5)此爆燃之現象其導火線即為氧的供給，消防人員不當的通風措施，如門的開啟，下部窗的破壞等均可以引燃「蓄勢待發」的熱氣，由於燃速過快，形成爆炸反應。
- 3.爆燃現象發生前的徵兆：
  - (1)在開口 ( 門窗等 ) 隙縫或建築物裂縫有壓力煙滲出。
  - (2)滲出的煙由黑色轉換為灰黃色。
  - (3)滲出的煙其速度為間歇性的。
  - (4)窗戶玻璃上有煙漬情形。
  - (5)密閉空間有過熱情形。
  - (6)火焰可見度低。
  - (7)火勢燃燒的聲音類似汽車排氣管煙消聲。
  - (8)當開口被開啟或破壞時，有瞬間氣體流入室內現象。
- 4.消防人員救災風險：消防人員在救災過程抵達現場。必須經過審慎評估現場燃燒狀況，不可隨意破壞門窗等設備，如以達燬燒狀況，開口一旦破壞將引入大量新鮮空氣，則可能發生爆燃現象，造成民眾及消防人員嚴重傷亡；反之，若未引入空氣，則室內可燃物將無焰燃燒碳化為灰燼。

二、化學物質災害、工廠災害消防搶救程序(H.A.Z.M.A.T)及相關參考資料優先順序？

擬答：

(一)搶救程序(H.A.Z.M.A.T)：

1.H - 危害辨認(Hazardidentification)：

- (1)確認危害物質，查詢 OSPCT 光碟資訊系統、物質安全資料表、緊急應變指南、毒性化學物質防救手冊。
- (2)查看標示牌、詢問相關人員、撥緊急聯絡電話。
- (3)應於現場加強觀察與相關資訊蒐集。

2.A - 行動方案(Actionplan)：

- (1)嚴禁貿然闖入。
- (2)處理對比處理快重要。
- (3)處理是解決問題，而不是再製造問題。
- (4)不要在無適當防護裝備與器材下進入現場。
- (5)不要採取超出本身訓練範圍的行動。
- (6)多方尋求支援，必要時等待協助。

3.Z - 區域管制(Zoning)：

- (1)以降低危害物質對大眾與救災人員之危害。
- (2)考量防護安全及是否可及時疏散和撤離事故現場。
- (3)區域管制區分為禁區(熱區或紅色區)；除污區(溫區或黃色區)；支援區(冷區或綠色區)。
- (4)指揮者應設於支援區，且上風位置。

4.M - 建立管理系統(Managingtheincident)：

- (1)為使現場搶救各項任務各司其職。
- (2)搶救行動相互協調。
- (3)確保救災人員安全。

5.A - 請求支援(Assistance)：

- (1)遇到較大規模之化學物質災害。
- (2)超出救災單位搶救的能力。

6.T - 善後處理(Termination)：

- (1)除污→保障工作人員、設備及車輛不被污染。
- (2)因任務需要只執行緊急除污；待任務完成再進行完全除污。

(二)相關參考資料優先順序：

- 第一優先：毒性化學物質防救手冊。
- 第二優先：物質安全資料表。
- 第三優先：緊急應變指南。

三、有一居室長 6.5m 寬 4m 高 3.5m，具有火在量密度 40 kg/m<sup>2</sup>，可燃物之總表面積為 300m<sup>2</sup>，室內具有一扇窗戶寬 1.8m 高 2m，一道門寬 1.2m 高 3m 試問：(g=9.8m/s<sup>2</sup>ρ=1.22 kg/m<sup>3</sup> 通風 k=5.5 燃料 k=0.36)

(一)假設火災時門窗均為開啟狀態，該居室比較容易形成為何種燃燒型態？

(二)燃燒速率kg/min？

(三)燃燒繼續時間可能為多久 min？

(四)溫度因子？

(五)時間繼續因子？

(六)若發生閃燃所需能量應為多少 KW？

擬答：

$$A_0 = (1.8 \times 2) + (1.2 \times 3) = 3.6 + 3.6 = 7.2m^2$$

$$H_0 = \frac{(1.8 \times 2) \times 2 + (1.2 \times 3) \times 3}{(1.8 \times 2) + (1.2 \times 3)} = 2.5m$$

$$(一) \frac{1.22 \times \sqrt{9.8} \times 7.2 \times \sqrt{2.5}}{300} = 0.145 < 0.235 \text{ 判斷為通風控制燃燒}$$

$$(二) \dot{R} = 5.5 \times 7.2 \times \sqrt{2.5} = 62.6Kg / min$$

$$(三) t = \frac{40 \times (4 \times 6.5)}{62.6} = 16.61min$$

$$(四) \frac{7.2\sqrt{2.5}}{[(3.5 \times 4) + (4 \times 6.5) + (6.5 \times 3.5)]^2} = 0.091$$

$$(五) \frac{4 \times 6.5}{7.2 \times \sqrt{2.5}} = 2.285$$

$$(六) Q = 7.8 \times 118.3 + 378 \times 7.2 \times \sqrt{2.5} = 5.23KW$$

四、假設混合氣體中含有甲烷 40%、丁烷 36%、己烷 24%，其燃燒下限約為多少？(其中：甲烷、丁烷、己烷的燃燒下限分別為 5%、1.8%、1.2%)

擬答：

$$L_F = \frac{1}{\frac{V_1}{L_1} + \frac{V_2}{L_2} + \frac{V_3}{L_3}} \times 100\% = \frac{1}{\frac{40}{5} + \frac{36}{1.8} + \frac{24}{1.2}} \times 100\% = 2.08\% \approx 2.1\%$$

五、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。

六、請說明水滅火之機制，另細水霧已成為重要之滅火方式，請說明細水霧滅火與一般水滅火相比之優缺點。

擬答：

(一)水滅火之機制：水在常溫下具有較低的黏度、較高的熱穩定性、較大的密度和較高的表面張力，是一種古老而又使用範圍廣泛的天然滅火劑，易於獲取和儲存。輸送亦很方便，安定性很高且不容易變質。其滅火之機制主要是依靠冷卻和窒息作用進行滅火。因為每千克水自常溫加熱至沸點並完全蒸發汽化，可以吸收 2593.4KJ 的熱量。因此，它利用自身吸收顯熱和潛熱的能力發揮冷卻滅火作用，是其它滅火劑所無法比擬的。此外，水被汽化後形成的水蒸氣為惰性氣體，且體積將膨脹 1700 倍左右。在滅火時，由水汽化產生的水蒸氣將使得燃燒區域附近的空間，可以稀釋燃燒物周圍的氧含量，阻礙新鮮空氣進入燃燒區，使燃燒區內的氧濃度大大降低，從而達到窒息滅火的目的。當水呈噴淋霧狀時，形成的水滴和霧滴的比表面積將大大增加，增強了水與火之間的熱交換作用，從而強化了其冷卻和窒息作用。另外，對一些易溶於水的可燃、易燃液體還可起稀釋作用；採用強射流產生的水霧可使可燃、易燃液體產生乳化作用，使液體表面迅速冷卻、可燃蒸汽產生速度下降而達到滅火的目的。

(二)細水霧滅火與一般水滅火相比之優缺點比較如下：細水霧滅火

系統成功的關鍵，是增加單位體積水微粒的表面積。水微粒子化以後，即使同樣體積的水，也可使總表面積增大。而表面積的增大，更容易進行熱吸收，冷卻燃燒反應。吸收熱的水微粒容易汽化，體積增大約 1700 倍。由於水蒸汽的產生，既稀釋了火焰附近氧氣的濃度，窒息了燃燒反應，又有效地控制了熱輻射。可以認為，細水霧滅火主要是通過高效率的冷卻與缺氧窒息的雙重作用。

1.優點：細水霧技術可以利用其含氮水汽將空氣與易燃物有效的隔離，從而能快速的防止火勢蔓延和惡化。其噴出的高速水霧，也可以高效的清洗空氣中的煙霧，有利於被火勢圍困人員的撤離。而且由於其速度快，所以其穿透力極強，能直達火源的根部，將火勢激底的控制和撲滅，有效的防止了火源的再次復燃。而且，整個細水霧系統只有其噴嘴比較昂貴，所以相對於其它滅火器材而言，細水霧滅火器材的性價比較高。而且在整個滅火過程中，細水霧技術對水的利用率也很高，產生的水漬也較少，並且，完全綠色環保。除此之外，細水霧系統也有適應領域廣的特點，如電子火災、森林、危險固液氣體火災等，在這些較為複雜且火勢較難以控制的地方，細水霧系統都能夠起到很大的滅火作用。

2.缺點：影響細水霧滅火系統的工作效能的因素主要有兩個，一是看能否產生足夠小且速度快的水微粒，二是看能否將水霧發散到足夠廣的空間。要滿足這兩個要求，一方面對噴嘴的抗壓能力很高，所以細水霧系統在造價方面要比傳統的水噴淋滅火系統昂貴。另一方面，對水質要求很高，因為如果水質較差，會造成噴嘴堵塞，不僅會影響噴嘴的性能，還會對噴嘴造成損壞。細水霧系統相對於一些氣體滅火系統，滅火的時間較長，而且不適用於一些會與水發生強烈反應的物體，比如固體鉀、氫氧化鈉等。

七、試說明油池火災(Pool Fire)及火球火災(Fire Ball)差異？

擬答：

(一)油池火災(Pool Fire)：

1.定義：係指油槽造成之火災，或石油因事故洩漏而形成之防液堤火災，或因可燃性瓦斯與可燃性液體的外流形成積存效果而造成之火災類型。

2.影響因素：

(1)燃燒速度：速度愈快放射熱愈強。

a.當油池直徑小於 0.1m 時，燃燒速率與直徑成反比。

b.油池直徑小於 0.1m 時，熱傳導主宰著燃燒速率。

c.油池直徑遠大於 1m 時，燃燒速率趨於定值。

(2)火焰之形狀與高度：火焰高度(H)與容器直徑(d)比約定值，H/d 約為 1.5~2.0 火焰之形狀愈呈規則，高度愈高則放射熱愈大。

(3)火焰之溫度與距離：火焰溫度愈高，愈接近火源則放射熱愈大，一般約為 1,000°C 最高為 1,500°C。

(二)火球火災(Fire Ball)：

1.定義：指大量的液體蒸發變成蒸汽，並與氧氣混合成燃燒範圍內的可燃性混合氣後，突然遇到火源而產生燃燒時，將形成球狀火焰。

2.型態：

(1)球狀火焰(蒸汽雲爆炸)：可燃氣體之儲槽洩露時，因急速氣化擴散，又受地面之熱影響在開放性空間中形成蒸汽雲，遇熱能而著火燃燒，形成球狀之火焰。

(2)BLEVE 現象：儲存在容器內液化瓦斯受火焰侵襲，瓦斯蒸發使槽內壓力上升，安全閥釋放壓力；槽內瓦斯加熱過度，安全閥無法宣洩過大壓力儲槽終告破裂，內容物常壓高溫之液體急劇蒸發為氣體，一面猛烈衝撞容器並破壞而向外噴出，此蒸汽遇能量立即著火在空中形成巨大火球。

八、依據美國學者 Heskestad 所提出的火焰高度計算方法，若油池直徑為 1 公尺，火焰高度為 2.66 公尺，則火焰的熱釋放率？

擬答：

$$L = 0.235Q^{0.5} - 1.02D \Rightarrow 2.66 = 0.235Q^{0.5} - 1.02 \times 1 \Rightarrow Q = 970KW$$