

高見108學年度警大消防科學研究所消防實務考前猜題

所別：消防科學研究所

科目：消防實務

- 一、 消防法為民國84年所制定，雖經過10次修法但仍有檢討之空間，試問108年1月7日增訂「得予以三十日以下之停業或停止其使用之處分」之行政罰則與目的為何？又消防法中哪些條文同樣具有「得予以三十日以下之停業或停止其使用之處分」之處罰規定？

解析：

消防法歷經多次修正，以與時俱進、配合社會需求，108年1月7日消防法最近一次的修正中共修正公布消防法第5、30、31、36、40條等條文，其中有關增訂「得予以三十日以下之停業或停止其使用之處分」之行政罰則與目的及消防法內同樣具有「得予以三十日以下之停業或停止其使用之處分」之處罰規定等分項說明如下：

(一) 增訂「得予以三十日以下之停業或停止其使用之處分」之行政罰則與目的：

1. 為使場所管理權人重視消防防護計畫之執行，提高全民防火意識並時時提高救災警覺，以加強防災應變能力，為免場所管理權人忽視第13條有關防火管理之規定，消防法第40條增訂「得予以三十日以下之停業或停止其使用之處分」之行政罰則。
2. 本次修法有關消防法第40條完整條文內容如下：「違反第十三條規定，經通知限期改善逾期不改善者，處其管理權人新臺幣一萬元以上五萬元以下罰鍰；經處罰鍰後仍不改善者，得連續處罰，並得予以三十日以下之停業或停止其使用之處分。」

(二) 消防法中同樣具有「得予以三十日以下之停業或停止其使用之處分」之處罰規定如下：

1. 消防法第37條：「違反第六條第一項消防安全設備、第四項住宅用火災警報器設置、維護之規定或第十一條第一項防焰物品使用之規定，經通知限期改善，逾期不改善或複查不合規定者，處其管理權人新臺幣六千元以上三萬元以下罰鍰；經處罰鍰後仍不改善者，得連續處罰，並得予以三十日以下之停業或停止其使用之處分。」
2. 消防法第38條：「中央主管機關許可之消防安全設備檢修專業機構違反第九條第三項所定辦法中有關執行業務之規範、消防設備師（士）之僱用、異動、訓練、業務相關文件之備置、保存年限、各類書表陳報之規定者，處新臺幣三萬元以上十五萬元以下罰鍰，並通知限期改善；屆期未改善者，得按次處罰，並得予以三十日以下之停業處分或廢止其許可。」
3. 消防法第42條：「第十五條所定公共危險物品及可燃性高壓氣體之製造、儲存或處理場所，其位置、構造及設備未符合設置標準，或儲存、處理及搬運未符合安全管理規定者，處其管理權人或行為人新臺幣二萬元以上十萬元以下罰鍰；經處罰鍰後仍不改善者，得連續處罰，並得予以三十日以下停業或停止其使用之處分。」

消防法所訂「得予以三十日以下之停業或停止其使用之處分」，係針對連續科以

罰鍰後仍不改善者之行政責任處分，其目的在促使管理權人遵守消防法規之義務，改善消防行政之違規，以避免損失擴大甚至影響公共安全。

二、政府資源與民間力量的跨界合作，早已是面對未來災害的必要手段，世界各國政府無不積極導入民間力量，共同攜手合作；我國義勇消防組織一直都是來自民間的重要支柱，接受消防指揮人員之命，肩負協助火災預防宣導、災害應變搶救及緊急救護工作，扮演重要角色。試依最新修正之法規、計畫回答下列問題：

- (一)依據「義勇消防組織編組訓練演習服勤辦法」，擔任義消應具備之資格為何？
- (二)依據「消防法」，義消因訓練、演習、服勤致造成患病、傷殘或死亡者，有何保障？
- (三)依據「內政部消防署義消組織充實人力與裝備器材中程計畫」，人力資源提升目標為何？

解析：

國內義消組織目前面臨人力老化、新血招募困難、定位及功能待轉型與裝備器材亟須充實等問題，94年至103年間義消共有9人因公殉職、10人因公死亡、534人因公受傷，探究其殉職、受傷原因已不再僅限於火災搶救事件，面對未來更複雜的環境條件與天然災害，將可能造成更多義消人員寶貴生命的消逝，折損國家重要資源；因此內政部消防署陸續修正法制，落實保障義消的權益，同時積極招募機能型義消並加強相關訓練，以下就最新修正之法規、計畫分別針對題問作答：

- (一)依據「義勇消防組織編組訓練演習服勤辦法」第四條，新進義勇消防人員應具備資格如下：
 - 1、年滿二十歲、身心健康之中華民國國民。
 - 2、居住當地且未參加其他義勇或民防組織者。
 - 3、十年內未曾受有期徒刑以上刑之宣告確定。但因過失犯罪或受緩刑宣告者，不在此限。擔任顧問者，不受前項第二款規定之限制。
具備第一項規定資格之退役替代役消防役役男，得優先遴聘擔任義勇消防人員。
- (二)依據「消防法」第三十條，依本法參加編組人員，因接受訓練、演習、服勤致患病、受傷、身心障礙或死亡者，依下列規定辦理：
 - 1、傷病者：得憑消防機關出具證明，至指定之公立醫院或特約醫院治療。但情況危急者，得先送其他醫療機構急救。
 - 2、因傷致身心障礙者，依下列規定給與一次身心障礙給付：
 - (1)極重度與重度身心障礙者：三十六個基數。
 - (2)中度身心障礙者：十八個基數。
 - (3)輕度身心障礙者：八個基數。
 - 3、死亡者：給與一次撫卹金九十個基數。
 - 4、因傷病或身心障礙死亡者，依前款規定補足一次撫卹金基數。前項基數之計算，以公務人員委任第五職等年功俸最高級月支俸額為準。

第一項身心障礙鑑定作業，依身心障礙者權益保障法辦理。

第一項所需費用，由消防機關報請直轄市、縣（市）政府核發。

(三) 依據「內政部消防署義消組織充實人力與裝備器材中程計畫」，由於義勇消防組織本質上所面臨的困境主要涵蓋人力老化、可協勤人數比例偏低、組織流動停滯以及功能須轉型等問題，因此人力資源提升目標預劃「量的增加」與「質的提升」。分述如下：

1、量的增加：擴大年輕及多元人力招募

- (1) 輔導義勇消防組織擴大招募年輕新血加入，以解決未來義勇消防組織招募不足、年齡老化及人力斷層等問題。
- (2) 輔導各直轄市、縣（市）消防局依據地方災害狀況或勤務需求成立至少 3 類機能型義消，其中 1 隊必須具備緊急救護能力（救護義消）；離島縣市至少 2 類機能型義消，其中 1 隊必須具備緊急救護能力（救護義消）。藉由機能型義消之成立，廣納民間各界專業人才，將義勇消防組織人力招募範圍延伸至其他族群，如：大專院校社團、退伍軍人、消防替代役、網路資訊產業、通訊工程產業、營建工程產、醫療產業 人員業等各類族群，以突破傳統招募困境。
- (3) 透過擴大年輕新世代加入與導入民間各界人才，除了提升義消機能並強化防災能量外，亦藉此解決目前國內義消組織流動率及汰換率低的問題。

2、質的提升：強化協勤效能

- (1) 依據地區環境災害特性規劃辦理相關專業訓練課程，以強化義消人員面對多元化災害應變能力，以解決傳統火災搶救為主的單一專業能力，為因應全球巨災化趨勢作準備。
- (2) 協助救災、宣導義消完成救護專業訓練，考取 EMT-1 以上證照，以分擔警消與救護義消緊急救護工作壓力，解決目前緊急救護勤務人力不足之困境。
- (3) 規劃辦理新成立之機能型義消之基本災害防救訓練課程及進階專業訓練課程，使其具備消防及防救災知識與概念，並持續訓練與強化，以利協勤期間或災害發生時，有效配合正職消防人員執行防救災任務，強化協勤效能，降低災害衝擊。
- (4) 提升「協勤民力資訊管理系統」功能，以落實義消人員協勤、演習、訓練等資料建置及統計，並與 EMIC 系統介接整合，俾確實掌握義消防救災能量，災時之統籌調度。

為因應未來國家社會需求，義消組織的提升應兼顧軟體面及硬體面，同時達成質的提升與量的提升，從人力、訓練及裝備等層面分別強化，除應儘速擴大義消招募之來源、轉型義消勤務加強緊急救護訓練外，並應針對可能發生災害種類、配備、勤務量等資料為基礎，因地制宜規劃出符合實際需求之義消人力及裝備器材，以提升義消組織能量，強化整體防災協勤效能。

- 三、108年1月5日波蘭北部柯斯沙林市一處密室逃脫體驗室發生火災，發生5名少女死亡及1名男子重傷之事故，試問「密室」之定義為何？如欲提升該類場所之安全管理，有何防火安全規範可供遵循？請依「互動情境體驗場所安全指導綱領」回答。

解析：

「密室逃脫」活動近年來蔚為風潮，是一種新型態的解謎冒險類遊戲，由玩家在規定的時間內，經由團隊合作尋找線索、成功解謎後方能獲取密碼或鑰匙，打開門鎖離開密室，且進入密室中皆不可攜帶手機並常使用電子鎖管制出入口，而其空間為營造神秘、驚悚氣氛，多為昏暗、密閉、狹小等特殊裝修與設計，一旦發生地震、火災或停電時等緊急狀況，現場環境漆黑且無任何對外求救方式，人命安全堪慮；以下依據消防署函頒之「互動情境體驗場所安全指導綱領」，針對上述題問分項作答如下：

(一)「密室」之定義：

依據「互動情境體驗場所安全指導綱領」第三點第一項，所謂「密室」係指：「互動情境體驗場所以包廂或其他區隔方式，提供參與者進行解謎、闖關、脫逃之空間」。

(二)安全管理之「防火安全規範」：

依據「互動情境體驗場所安全指導綱領」第四點第一項，有關互動情境體驗場所，其安全管理之「防火安全規範」如下：

1. 各密室內均應設置住宅用火災警報器(已設置火警自動警報設備者除外)、緊急照明燈及滅火器，不得遮蔽，且依規定設置之消防安全設備不得作為情境之道具。
2. 密室空間內不得以火把、蠟燭、打火機、油燈、香爐或發煙器等產生明火或煙霧之器具，作為照明或營造氣氛使用。
3. 場所內應禁止吸菸、生火、燃放爆竹煙火、明火表演等活動。
4. 密室內部裝修材料等應符合建築技術規則，且不得以泡棉等類似易燃物品裝修。
5. 電線管路系統等應符合屋內線路裝置規則。

密室逃脫為一新興行業，其適用之行業類別、土地使用管制及建築物使用類組等尚待釐清，現無目的事業主管機關管理該行業，亦無該場所之設施設備設置標準，鑒於波蘭類似場所已發生慘痛災例導致嚴重人命傷亡，顯示「互動情境體驗場所」存有潛在火災風險，消防署雖訂有「互動情境體驗安全指導綱領」，仍僅屬行政指導並無法律約束力，消防署應更重視其潛藏火災威脅，提升將該類場所滅火、警報、避難逃生等相關消防安全設備標準，並詳細說明逃生路線及安全指引，研擬相關辦法將其納入管理，以保障消費者之生命安全。

高見公職 108學年度碩士班考猜試題

所 別：消防科學研究所

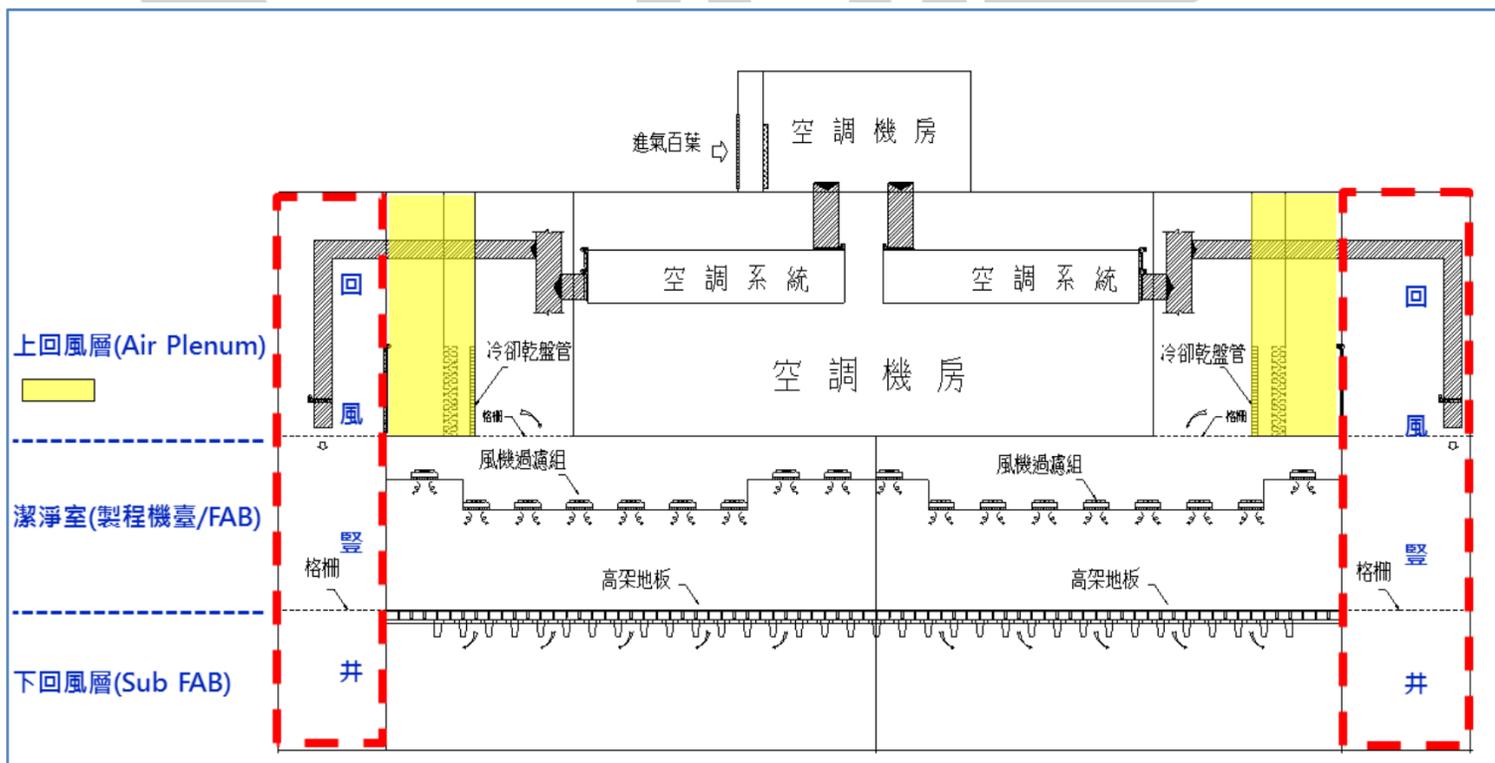
科 目：消防安全設備與檢查

一、近年來台灣有關積體電路製造業、半導體封裝及測試業等高科技產業廠房之潔淨區設計案例不可枚舉，但究其建築物使用型態、構造及危險性特殊，適用各類場所消防安全設備設置標準確有困難。試說明潔淨室空調系統構造及其火災特性為何？實務上，若依各類場所消防安全設備設置標準於潔淨區設置排煙設備實際設置狀況與現行法規有何衝突？如何改善之？

答：

一、潔淨室構造及火災特性說明如下：

- (一) 潔淨室 (cleanroom) 定義：依『潔淨區消防安全設備設置要點』，潔淨室是潔淨區內設置主要生產機臺與其附屬設備之區域。
- (二) 潔淨室空調系統構造：又可稱無塵室、無菌室，係控制空間範圍內之空氣微粒子，針對溫度、濕度、潔淨度、噪音、振動等因子控制在一定範圍的特殊密閉建築，將外氣經由外氣空調箱 (Make-up Air Unit或MAU) 進行初步預濾、初濾、加濕、除濕過濾空氣微粒達到最佳化恆溫恆濕控制模式，再經由回風豎井 (維持潔淨空氣所需循環氣流之垂直通道)，將潔淨室內的循環風量與外氣空調箱的補充風量混合，經由冷卻乾盤管 (Dry Cooling Coil) 調整、控制循環氣流溫度及濕度，將回風豎井之回風降溫至潔淨室要求的規格，透過循環風扇 (Fan Filter Unit或FFU) 帶動潔淨室氣流循環移除微塵及熱量，最後經過高效空氣過濾過濾網 (ULPA Filter) 提供空氣淨化過濾，供應至製程區。



三層型式潔淨區 (又稱三明治式) 剖面示意圖

(三) 火災特性：

1. 火勢快速延燒：潔淨室內使用許多易燃性及易爆性氣體，例如矽甲烷、氫氣、磷化氫等化學性質，一旦發生火災將造成火勢快速延燒到整個區域。
2. 部分半導體機台火災時無燃燒狀態而直接發焰。
3. 密閉空間及燃燒時可能產生有毒氣體造成避難及搶救障礙之虞。
4. 受到空調層流影響，一旦初期火災煙霧產生，空氣循環系統具稀釋作用，導致傳統型探測器難以即早偵知。
5. 內部空調不斷循環，將火煙隨著氣流帶到另一潔淨區劃內，造成火勢擴大。
6. 電器設備呈悶燒狀態。

二、依法令設置排煙設備與現行實務上產生之負面相依性：

- (一) 防煙壁區劃：潔淨室依各類場所消防安全設備設置標準第188條排煙設備設置規定，以防煙

壁進行防煙區劃，但實務上高科技無塵室廠房內採取AMHS (Automatic Material Handling System) 自動物料搬運系統之方式進行物料運輸，此運輸方式勢必會使防煙壁無法連續而影響防煙區劃功能。

- (二) 自然排煙口設計：晶圓廠製程區域管控嚴密，2%以上之自然排煙口之設計方式較不易被接受與設計，間接也會影響到潔淨室的潔淨度要求。
- (三) 排煙量無法達到要求：依建築技術規則第79條，有關防火構造建築物總樓地板面積在1500平方公尺以上者，應按每1500平方公尺，以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備與該處防火構造之樓地板區劃分隔。防火設備並應具有一小時以上之阻熱性。但潔淨室依生產製造需要，主生產線面積遠遠大於1500平方公尺，主管建築機關根本無法將內部空間以1500平方公尺自成一區劃，於是乎主管建築機關依同規則第79-1條防火構造建築物供C類（工業、倉儲類）之生產線用途使用，無法區劃分隔部分，以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備與該處防火構造之樓地板自成一區劃者，不受前條第一項之限制，使得潔淨室這類工廠，不必強制受到昂火區劃面積限制。因此潔淨室主生產區域成為一個超大型生產空間，導致因製程區域之廣大，其機械排煙系統之排煙量也將無法符合各類場所消防安全設備設置標準之規定。
- (四) 因此內政部於民國97年3月19日發函說明，晶圓廠因其製程之特性可不受防煙區劃面積之規定。

三、改善方式：

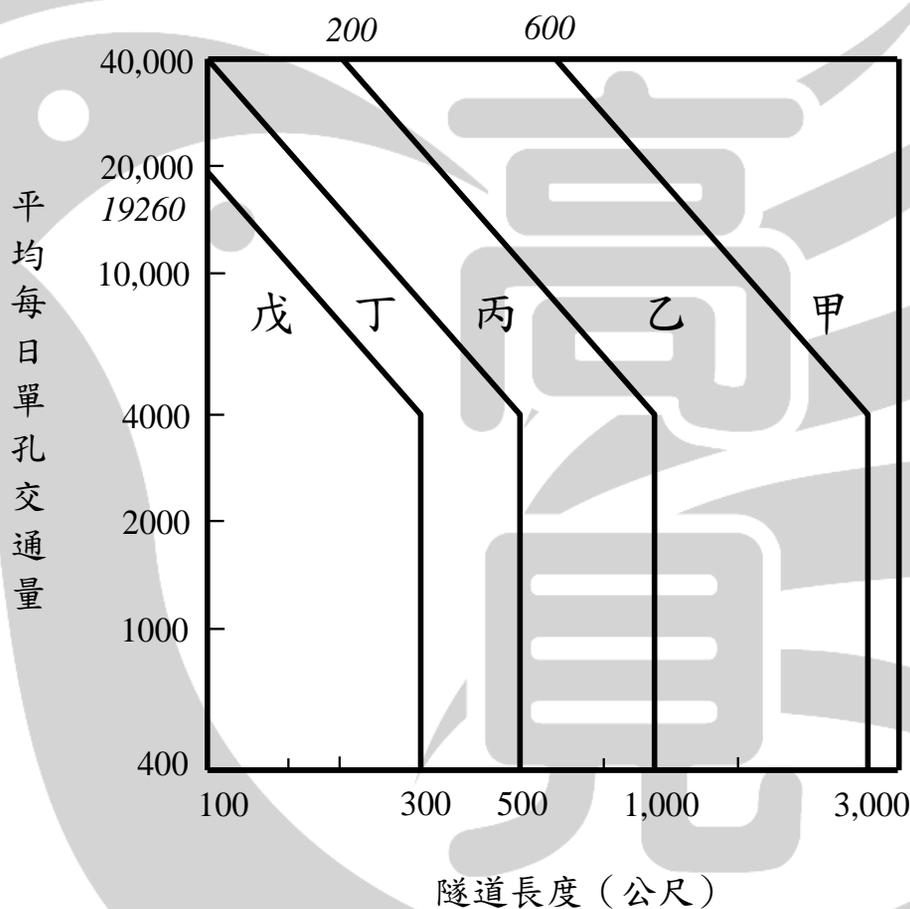
- (一) 為能有效保障製程區域內部人員與設備之安全，可依消防法第6條第3項之規定採取消防技術審議之途徑，採取相關替代方案進行防煙區劃與排煙量之設計，目前採用審議方式，大多採模擬評估威脅生命安全基準時間和人員安全避難時間的比較，以提供明確數據說明替代設計方案之效能。
- (二) 潔淨區原則應依各類場所消防安全設備設置標準第二十八條規定，檢討設置排煙設備。
- (三) 依『潔淨區消防安全設備設置要點』若符合下列各款規定者，免設排煙設備：
 1. 為防火構造建築物。
 2. 避難步行距離符合建築技術規則建築設計施工編第九十三條之規定。
 3. 設有吸氣式偵煙探測系統。
 4. 設置自動撒水設備。
- (四) 潔淨區設置排煙設備，因自動物料搬運系統作業需求，得免防煙壁區劃。

二、今年蘇花改通車路段中，距離最長的是東澳隧道，全長計3380公尺，設有7個人行橫坑，2個車行橫坑，以供現場發生事故時，用路人逃生及消防人員搶救使用，隧道內設有軸流風機及排煙廊道，一旦隧道內發生火災，能將濃煙排出，隧道內設有消防栓箱、滅火器、水霧灑水系統、緊急照明系統、避難逃生系統等設施，以因應第一時間搶救及避難逃生，試問目前公路隧道分級為何？設置火警自動警報系統之裝設常因場所之特性而有不同之考量，試問公路長隧道設置火警自動警報系統時，其設置規範及火災確認應考量要件有哪些？

答：

一、隧道分級：隧道長度分成甲、乙、丙、丁、戊共5個等級。隧道平均每日單孔交通量超過4,000輛時，隧道等級往上提升，致超過40,000輛時，則分成甲、乙、丙三個等級。

- (一) 甲級隧道：隧道長度3,000公尺以上者。
- (二) 乙級隧道：隧道長度1,000公尺以上，未達3,000公尺者。
- (三) 丙級隧道：隧道長度500公尺以上，未達1,000公尺者。
- (四) 丁級隧道：隧道長度300公尺以上，未達500公尺者。
- (五) 戊級隧道：隧道長度100公尺以上，未達300公尺者。



二、經查公路隧道消防安全設備設置規範，公路隧道只要規模達甲級或乙級隧道應設置火警自動警報設備，其設置規範如下：

- (一) 火警分區劃分：依處所種類（主線隧道、避難連絡通道、安全疏散通道、設備凹槽、共同管線廊道）分別劃定火警分區。
- (二) 主線隧道火警探測器需使用隧道內專用探測器。其探測標準如下：
 1. 火災發生時，應經由探測器自動感知後，將火災位置傳送到受信總機，其探測時間應為60秒以內。
 2. 探測器確定火災發生位置應在50公尺之範圍內。
 3. 探測器至少應能探測到小型火災熱釋放率在1.5~5MW的範圍。
- (三) 受信總機性能：
 1. 探測器或火警發信機按鈕通報後，應能立即顯示火警發報位置及火警分區。
 2. 線號傳至監視設備，連動閉路電視攝影機，進行開啟路況資訊顯示設備、緊急照明設備及啟動消防幫浦等緊急應變動作。
 3. 火災探測器動作後所控制的火災控制設備及緊急排煙風機之啟動，應由監控值勤人員依閉路

電視攝影機上監視確認人員已逃離現場後動作。但緊急排煙風機運轉時機模式，經實驗證明能正常無誤動作者，得採自動啟動方式。

4. 「各類場所消防安全設備設置標準」第125條、第126條規定。

5. 火警自動警報設備之緊急電源，應能使其有效動作30分鐘以上。

三、公路隧道設置火警自動警報設備，設定大貨車火災及兩輛大客車追撞火災等情境，其火災確認考量要件如下：

(一) 自動偵測

1. 隧道機電火警探測器或交控影像式事件自動偵測器偵知有火災發生時，並經操作人員確認後。

2. 隧道機電火警探測器及交控影像式事件自動偵測器兩者同時偵測到火災時。

(二) 人工通報

1. 交控中心接獲用路人通報。

2. 透過 CCTV發現起火點或有煙霧或火焰時。



火災調查與鑑定申論題

一、依據美國材料測試學會 (American Society for Testing and Materials, ASTM) 公告的分離濃縮火場殘跡樣品中之易燃性液體殘留物的前處理技術，活性碳片被動式頂空濃縮法 (即 ASTM E1412) 其處理步驟及優缺點為何，試申論之？

- 一、依據美國材料測試學會公布的活性碳片被動式頂空濃縮法 (ASTM E 1412) 說明如下：
- (一) 活性碳片被動式頂空濃縮法：係將活性碳片置於密封的容器上方處進行吸附，可對容器加熱或等待樣品自然揮發，藉此吸附殘留於火場殘跡中之可燃性液體殘跡，隨後利用溶劑萃取或加熱脫附出分析物。
- (二) 活性碳片被動式頂空濃縮法操作的原理與步驟說明如下：
1. 細心觀察並選擇適當的紀錄方式。
 2. 將密封容器中的活性碳吸附片移置另外一個證物容器中，加熱證物容器至 50-80°C，時間 2~24 小時。其中吸附時間長短與溫度高低須取決於樣品本身。
 3. 可加入 0.1 μ l 或 0.5 μ l 的內標準品以確保分析步驟的效能。
 4. 紀錄吸附步驟的各項參數 (包含活性碳片的種類與數量，吸附溫度與時間等)。
 5. 將活性碳片從樣品容器中移出。(若無需立即使用溶劑萃取，應將活性碳片保存於乾淨的密封容器中。)
 6. 於適當大小的試管上編碼，應註明樣品編號、時間及分析物選用萃取方式(加熱脫附或溶劑萃取)和分析物初始狀態。
 7. 將活性碳片置放在適當紀錄的容器中並加入儀器所允許的最小量的萃取溶劑(通常是 50-1000 μ l 內)。
 8. 紀錄選用的溶劑名稱、種類與容量。
 9. 用橡膠墊片封住試管以保存萃取液(假設使用 CS₂ 進行萃取的試管可添加適量的水防止萃取液揮發；分析完畢之萃取液可重新放置入原本吸附片存在的容器，萃取液中的碳氫化合物可能再被吸附片吸附回去；或可在一開始分析前將吸附片取出一小部分做為保存。
- (三) 活性碳片被動式頂空濃縮法優缺點分述如下：
1. 優點：
 - (1) 操作方便，簡單快速。
 - (2) 可同時萃取多個樣品，少量樣品亦適用。
 - (3) 非破壞性
 - (4) 熱處理後可偵測極限低於 1 μ L，適用於所有可揮發性物質，且可有效濃縮殘跡中之可燃性液體。
 - (5) 該方法目前為目前受國內外之鑑定實驗室所採用。
 2. 缺點：
 - (1) 易受水分子影響。
 - (2) 對高沸點物質回收情形不佳，同時干擾物容易被萃取出來，而產生干擾。

108 消防所-火災科學考猜

一、試回答下列問題：

(一)請以 P. L. Hinkley 之研究結果，詳述煙生成率之公式及其參數。另在火場溫度 827°C，居室溫度 17°C，空氣密度 1.22 kg/m³，其簡化公式為何？

(二)長 25m、寬 5m、高 3m 的居室起火，如果火源邊長 3 m × 3m 發生於居室內，當煙層底部下降至距樓地板 1.8m 所需時間？當煙層到達 1.8m 時，排煙量應大於多少不至於使煙持續下降而影響避難逃生？

(以火場溫度 827°C，居室溫度 17°C，空氣密度 1.22 kg/m³ 條件計算)

解析：

(一)煙生成率公式如下：

$$M=0.096py^{\frac{3}{2}}R_0\left(\frac{g \times T_0}{T}\right)^{1/2}$$

M：煙生成率 (kg/s) R₀：空氣密度 (kg/m³)
p：火源周界大小 (m) g：重力加速度 (m/s²)
y：煙層高度 (m) T₀：室內平均溫度 (K)
T：火場溫度 (K)

若假設火場溫度為 827°C，室內平均溫度 17°C，則可簡化為：

$$M=0.188py^{\frac{3}{2}}$$

(二)

1. 煙層底部下降至距樓地板 1.8m 所需時間：

$$t = \frac{20A}{P \times g^{\frac{1}{2}}} \left(\frac{1}{y^{\frac{1}{2}}} - \frac{1}{h^{\frac{1}{2}}} \right) = \frac{20 \times (25 \times 5)}{(3 \times 4) \times 9.8^{\frac{1}{2}}} \left(\frac{1}{1.8^{\frac{1}{2}}} - \frac{1}{3^{\frac{1}{2}}} \right) = 11.182(\text{s})$$

2. 煙層下降達距地板 1.8m 時之煙生成率為：

$$M=0.188py^{\frac{3}{2}}=5.45(\text{kg/s})$$

故排煙量應大於 5.45(kg/s)，使煙層不持續下降而影響避難逃生。

二、試回答下列問題：

(一)何謂火羽流 (Fire plume) 與天花板噴射流 (ceiling jet) ？

(二)請以 Alpert 研究之結果，詳述天花板噴射流的溫度與速度。

(三)天花板高度 6m，火源熱釋放率 1.69MW，試問離火源中心軸 1.69m 處，天花板噴流之溫度為多少(°C)？(假設周圍環境溫度為 20°C)

解析：

(一)

1. 火羽流 (Fire plume) 定義：

在未發生火災之前，居室內部是呈現低溫的平衡狀態，但是當火災發生時，由於燃燒作用所生成的大量熱及能量釋放，會導致居室內部溫度及壓力變化，進而產生向上推昇的浮力作用，同時將燃燒所生的各種生成物一起混和往上擠壓的現象，此種情形稱為火災熱流中的浮升火柱現象。隨著火勢的發展，火源上方的可燃性氣體與捲吸入火焰中的空氣反應，由於浮力的作用，形成所謂的浮升火羽(柱)，浮生火柱由火焰部與熱流部所組成，含有大量的煙及有毒氣體。其結構包括持續火焰區、間歇火焰區域、以及無火焰熱流區。

2. 天花板噴射流 (ceiling jet)

所有的建築物室內大部分的火警探測器及撒水頭都安裝於天花板。火災發生時，火羽流 (fire plume) 上升撞擊天花板後沿著天花板下方水平移動，形成了天花板噴射流。由於天花板噴射流的作用，使得安裝在天花板的探測器和撒水頭產生感應並發生警報及撒水頭撒水滅火。天花板噴射流的熱流溫度與速度是估算火警探測器及撒水頭動作的重要基礎。

(二)Alpert研究之經驗公式如下：

$$\Delta T = \frac{16.9Q^{2/3}}{H^{5/3}}, \frac{R}{H} \leq 0.18 \quad ; \quad V = 0.96 \left(\frac{Q}{H}\right)^{1/3}, \frac{R}{H} \leq 0.15$$

$$\Delta T = \frac{5.38\left(\frac{Q}{R}\right)^{2/3}}{H}, \frac{R}{H} > 0.18 \quad ; \quad V = \frac{0.195Q^{1/3}H^{1/2}}{R^{5/6}}, \frac{R}{H} > 0.15$$

其中 ΔT ：熱煙流溫度與環境溫度差 (°C)

V ：熱煙流平均速度 (m/s)

Q ：火源熱釋放率 (kW)

H ：可燃物與天花板距離 (m)

R ：天花板位置與火源中心軸間距離 (m)

以上關係式中不難發現為對應了二個不同的流動特點區域，上面溫度及速度的第一式對應帶火羽流撞擊天花板附近熱氣流轉向的區域，在這一區域內最大溫度與最大速度與水平距離無關。溫度及速度的第二式，則對應了熱氣流轉向後水平流動的區域。

$$(三) \Delta T = \frac{16.9Q^{2/3}}{H^{5/3}}, \frac{R}{H} \leq 0.18; \Delta T = \frac{5.38\left(\frac{Q}{R}\right)^{2/3}}{H}, \frac{R}{H} > 0.18$$

其中 ΔT ：熱煙流溫度與環境溫度差 (°C)

V：熱煙流平均速度 (m/s)

Q：火源熱釋放率 (kW)

H：可燃物與天花板距離 (m)

R：天花板位置與火源中心軸間距離 (m)

$$\frac{1.69}{6} = 0.28167 > 0.18 \quad ; \quad \text{火源熱釋放率 } 1.69\text{MW} = 1690 \text{ kW}$$

$$\Delta T = \frac{5.38 \left(\frac{Q}{R} \right)^{2/3}}{H} = \frac{5.38 \left(\frac{1690}{1.69} \right)^{2/3}}{6} = 109.6 (\text{°C})$$

故天花板噴流之溫度為： $20 + 109.6 = 129.6 (\text{°C})$

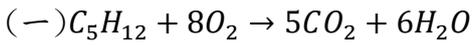
三、試計算下列混合物燃燒之絕熱火焰溫度。假設初始溫度為 25°C，且不發生熱解離情形。
 CO_2 之等壓比熱為 54.3(J/mol.k)， H_2O 之等壓比熱為 41.2(J/mol.k)， N_2 之等壓比熱為 32.7(J/mol.k)， O_2 之等壓比熱為 34.9(J/mol.k)，戊烷之燃燒熱為 3259kJ/mol。

(一) 戊烷/氧氣混合物(考慮計量反應下)

(二) 戊烷/空氣混合物(考慮計量反應下)

(三) 1.5% 戊烷在空氣燃燒

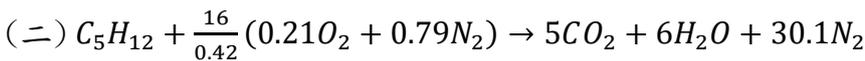
答：



$$T_{ad} = T_{initial} + \frac{\Delta H_c}{nC_p}$$

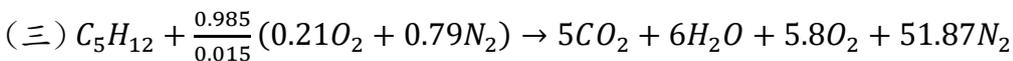
	莫耳數 n	C_p	nC_p
CO_2	5	54.3	271.5
H_2O	6	41.2	247.2

$$T_{ad} = 25 + \frac{3259000}{518.7} = 6308^\circ C$$



	莫耳數 n	C_p	nC_p
CO_2	5	54.3	271.5
H_2O	6	41.2	247.2
N_2	30.1	32.7	984.1

$$T_{ad} = 25 + \frac{3259000}{1502.8} = 2194^\circ C$$



	莫耳數 n	C_p	nC_p
CO_2	5	54.3	271.5
H_2O	6	41.2	247.2
N_2	51.87	32.7	1696.1
O_2	5.8	34.9	202.4

$$T_{ad} = 1373^\circ C$$

四、一棟高 31 公尺建築大樓，其最頂及最底端分別有高 1 公尺、寬 2 公尺之開口，因此其兩開口中心間之距離為 30 公尺。若室外溫度為 0°C 而室內溫度為 20°C 。假設室內空氣完全混合，且氣體進入與流出皆由浮力所造成，流入與流出氣體間相互作用力不計等條件下，試計算：

(一) 中性帶位置

(二) 上開口及下開口分別之內外壓力差

(三) 下開口中心之空氣流動速度

(四) 下開口之空氣質量流率

解析：

$$\text{由 } \rho = \frac{353}{T} \text{ , 得室內空氣密度 } \rho_i = \frac{353}{293} = 1.205 \text{ kg/m}^3 \text{ , } \rho_0 = \frac{353}{273} = 1.293 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{(一) 由雙開口公式 } \frac{h_{\uparrow}}{h_{\downarrow}} = \left(\frac{A_{\downarrow}}{A_{\uparrow}}\right)^2 \times \frac{T_i - 273}{T_0 - 273} = 1.07 \text{ 且 } h_{\uparrow} + h_{\downarrow} = 30\text{m}$$

故 h_{\downarrow} 約為 14.48 m，因此中性帶距離下方開口中心約 14.48 m。

(二) 由 $\Delta p = h(\rho_0 - \rho_i)g$ 可得

$$\Delta P_{\uparrow} = h_{\uparrow}(\rho_0 - \rho_i)g = (30 - 14.48) \times 0.088 \times 9.8 = 13.38 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{\downarrow} = h_{\downarrow}(\rho_0 - \rho_i)g = 14.48 \times 0.088 \times 9.8 = 12.49 \text{ Pa}$$

$$\text{(三) 由 } v_{\downarrow} = \sqrt{\frac{2h_{\downarrow}(\rho_0 - \rho_i)g}{\rho_0}} = \sqrt{\frac{2 \times 14.48 \times 0.088 \times 9.8}{1.293}} = 4.4 \text{ m/s}$$

$$\text{(四) 由 } \dot{m}_{\downarrow} = C_d A_{\downarrow} \rho_0 \sqrt{\frac{2h_{\downarrow}(\rho_0 - \rho_i)g}{\rho_0}} \text{ , 取流動係數 } C_d = 0.7 \text{ , 可得 } \dot{m}_{\downarrow} = 7.96 \text{ kg/s}$$

五、試回答下列問題：

(一)試述天然氣與液化石油氣的特性？

(二)若不慎產生洩漏而爆炸，可以分為那三個階段？

(三)以液態丁烷為例，若其密度為 0.6，沸點為零下 0.5°C，則在標準狀態下自液體變為氣體之體積膨脹比為多少？

(四)高壓氣體爆炸和 BLEVE 的定義和現象有何相異之處？

解析：

(一)天然氣與液化石油氣特性

名稱	天然氣 (LNG)	液化石油氣 (LPG)
主要成分	甲烷(CH ₄)為主， 少量乙烷、丙烷、丁烷	主要成分丙烷(約 70%)、丁烷(約 30%)
比重	為空氣的 0.58~0.79 倍	為空氣的 1.82 倍
燃燒上下限	4~16%	1.95~9%
理化性	●無色、無味、無毒、易燃、易爆 ●比重:約為 0.58~0.79 ●蒸氣密度: 0.72 ●自燃溫度: 482~670°C ●溶解度: 3.3ml/100ml(水)	●無色、無味、無毒、易燃、易爆 ●比重:約為 1.820 ●蒸氣密度: 1.5 至 2.0 ●自燃溫度: 405~549°C ●溶解度: 不溶於水
警戒與疏散原則	●隔離洩漏或外洩區域周圍至少 100 公尺區域作為立即預防警戒措施。 ●大量洩漏時距下風處至少 800 公尺作為初期疏散範圍考量。 ●如果儲槽、鐵路/公路槽車已陷於火場時，其周圍 1,600 公尺之區域應進行隔離及疏散。	
以上資料參閱內政部消防署頒定之「搶救瓦斯災害安全指導原則」		

液化天然氣之特性及安全措施:液化天然氣係指地上採出之天然氣將其溫度冷卻至零下160°C左右，是一種無色、無臭超低溫之液化天然氣，體積縮為原來六百分之一，其主要組成大約為C₁至C₆，百分之91左右為甲烷，在常溫中立即氣化甚易與空氣混合引爆，其爆範圍為4.0~15.4%。

(二)爆炸燃燒三階段:

氣體燃燒的分類為混合燃燒及擴散燃燒。通常混合燃燒的反應快溫度高火焰的傳播速度亦迅速，通常爆炸反應即屬此類，其三階段如下:

1. 點火 (ignition) 或起爆 (initiation) 之過程:

可燃性氣體與氧之混合物，外部給予熱能時，先是局部發生激烈反應，產生火焰，此為點火或起爆之過程。

2. 生長過程:

點火所生之熱，使燃燒繼續向鄰接未反應之部分移動，火焰面不需外部熱能供給，可持續進行。

3. 安定燃燒:

爆炸於成長期後，便進入混合系特有之燃燒狀態。

(三)膨脹比

液態丁烷 1mole(58 克)，體積 $V_1 = \frac{58}{0.6} = 96.67(\text{ml})$ ，假設氣態丁烷 1mole 體積為 V_2 ，理想氣

體方程式 $PV=nRT$ ， $V_2 = \frac{nRT}{p}$ ， $V_2 = \frac{1 \times 0.082 \times (273 - 45)}{1} = 22.345$ (1)，膨脹比為：

$$\frac{22.345 \times 1000}{96.67} = 231$$

(四)高壓氣體爆炸與 BLEVE 之定義現象：

題目之高壓氣體應是指「公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法」第四條規定之「可燃性高壓氣體」，另可燃性高壓氣體產生之爆炸主要可分為因洩漏所造成之蒸氣雲爆炸(VCE)與受熱所造成之沸騰液體膨脹蒸氣爆炸(BLEVE)。題意之高壓氣體爆炸應指可燃性高壓氣體洩漏爆炸，分別將其與 BLEVE 現象答覆如下：

1. 可燃性高壓氣體洩漏爆炸

可燃性高壓氣體由儲槽容器洩漏時，急速擴散形成蒸氣雲，遇火源而著火形成球狀火焰之蒸氣雲爆炸。

2. BLEVE

高壓儲槽容器之過熱液體，因容器破裂而使內部壓力降低，使高壓可燃性液體瞬間氣化，造成容器破壞，碎片向外飛散，此時可燃蒸氣若遇火源，產生燃燒爆炸反應之巨大火球。

3. 差異

(1)發生原因不同：

可燃性高壓氣體洩漏爆炸發生原因為容器氣體「洩漏」造成，BLEVE 發生原因主要為容器可燃液體「過熱」造成。

(2)爆炸本質不同：

可燃性高壓氣體洩漏爆炸為洩漏氣體達燃燒範圍遇火源而爆炸，屬化學爆炸。BLEVE 為容器內之高壓液體因壓力降使得其瞬間膨脹產生爆炸，此現象屬物理爆炸，可燃氣體再遇火源而形成蒸氣雲爆炸，屬化學爆炸，故 BLEVE 屬物理化學爆炸。

可燃性高壓氣體普遍存在於日常生活中，消防人員對於其所產生之爆炸現象及原理應有充分了解，以確保救災處置得宜，保護自身安全。

- 一、警報設備為人命保安設備且為帶動一切其他防災對策火車頭，故屬最重要消防設備，試說明火警自動警報設備之設計理念及誤報原因、誤報防止對策。

警報設備之設計除應符合各類場所消防全設備設置標準第19條至第22-1條(設置場所)及第 112 條至第145-1 條(安裝設置)

規定外並考量下列設計理念:

1. 多重防護觀念及做法，即運用警報、初期滅火、通報、阻隔、區劃、避難及消防救助可及性等多從防護對策，以達減少災損目的。
2. 可靠度與靈敏度，即依場所特性、火災參數及探測器參數發出之警報為真實警報(火災)，提升信賴感。
3. 火災(警)誤報問題之重視，避免造成信賴度降低。
4. 考量警報通報時間對火場生命危害之影響，應保留安全餘裕時間。
5. 探測器依據分類使用於火災不同階段，設計能偵知各類型探測器。
6. 合理、安全、經濟、有效為目標，造成雙贏局面。

火警自動警報設備誤報原因:

1. 人為的因素:如抽菸、切焊、惡作劇。
2. 設置的因素:如施作不當(配線短路等)、安裝不適用探測器。
3. 機能的因素:如構造、材質因素。
4. 維修管理的因素:如建築物本身管理不當造成破損、浸水、未定期維修造成劣化、積汗等。

火警自動警報設備誤報防止對策:

1. 使用新式探測器
2. 使用新式受信總機
3. 使用蓄積型受信總機
4. 使用蓄積型探測器
5. 依場所特性選擇使用適當探測器種類
6. 針對火災誤報因子防止，如電氣誘導、溼度、浸水。

二、為強化護理機構（如一般護理之家、精神護理之家）、身心障礙福利機構等場所之滅火能力，試就新增修之水道連結型自動撒水設備設置目的及適用範圍說明之。

水道連結型自動撒水設備，設置目的為控制火災、降低火場溫度及阻隔濃煙，而利用場所內已有之自來水系統連結水箱、增壓給水裝置、撒水配管、水道連結型撒水頭之簡易自動撒水滅火設備。

其適用範圍如下：

- (一) 供設置標準第十二條第一款第六目所定榮譽國民之家、長期照顧服務機構（限機構住宿式、社區式之建築物使用類組非屬 H-2 之日間照顧、團體家屋、小規模多機能）、老人福利機構（限長期照護型、養護型、失智照顧型之長期照顧機構、安養機構）、護理機構（限一般護理之家、精神護理之家）、身心障礙福利機構（限照顧植物人、失智症、重癱、長期臥床或身心功能退化者）使用之場所，其樓地板面積合計未達一千平方公尺者。
- (二) 各直轄市、縣（市）政府依原有合法建築物防火避難設施及消防設備改善辦法第二條及第二十五條規定，檢討前款所列場所設置自動撒水設備時，採用水道連結型自動撒水設備得視為同等滅火效能之滅火設備；另住宅場所亦得自主設置水道連結型自動撒水設備，以提升其主動滅火能力。

備註：

1. 原有合法建築物防火避難設施及消防設備改善辦法第二條：

原有合法建築物防火避難設施或消防設備不符現行規定者，其建築物所有權人或使用人應依該管主管建築機關視其實際情形令其改善項目之改善期限辦理改善，於改善完竣後併同本法第七十七條第三項之規定申報。

2. 原有合法建築物防火避難設施及消防設備改善辦法第二十五條：

消防設備依下列規定改善：

- 一、 已敷設於建築物內之消防設備，如消防水池、消防立管、消防栓、滅火設備、警報設備、避難器具等設備，其功能正常者得維持原有用。
- 二、 滅火設備之施工及結構安全確有困難者，應設有與現行法令同等滅火效能之滅火設備。
- 三、 排煙設備之施工及結構安全確有困難者，於樓地板面積每一百平方公尺以防煙壁區劃間隔，且天花板及牆面之室內裝修材料使用不燃材料或耐燃材料。