

出國報告（出國類別：訓練）

新加坡民航學院機場消防員 飛機救援和消防演習訓練

服務機關：交通部桃園國際機場股份有限公司

姓名職稱：鍾國仁 消防員

楊智凱 消防員

廖志桓 消防員

派赴國家：新加坡

出國期間：113年11月10日至113年11月23日

報告日期：114年1月13日

摘要

隨著桃園國際機場第三航站區及第三跑道的建設，未來旅客與航班量將急速成長。第三航廈完工後，預計總旅客作業容量將達 4,500 萬人次/年，空側容量則為 2,000 萬人次/年，停機位需求的成長趨勢明顯可見，而航空事故的複雜度與風險也將同步提升，為因應未來航班架次增加及大型航空器的引進，提升機場消防救援的量能與能力已是當務之急。桃園國際機場作為國際民航組織（ICAO）認定的第十級機場，必須確保消防車輛在 2 至 3 分鐘內抵達事故現場，並依國際標準執行救援作業，以維持航空安全與機場運營效率。

新加坡民航學院（SAA）舉辦的機場消防員飛機救援和消防演習訓練，根據 ICAO 附件 14 及 Doc 9137（機場服務手冊第 I 部分 - 救援和消防）原則，重點著重於機場緊急應變計畫、航空器救援、消防戰術、安全裝備操作、事件管理及標準化訓練方法，旨在讓消防人員熟悉高風險事故的應變流程，並提升機場消防隊的專業技術水準。此訓練不僅強調快速反應與事故損失的有效減少，更著眼於長遠的應變能力培養，確保機場消防員面對日益複雜的航空事故時，能迅速採取有效救援行動。

桃園國際機場的消防救援能力必須與國際標準同步，才能因應旅運量持續增長及航站區擴建所帶來的挑戰。透過此次課程，機場消防員將掌握與國際同步的先進專業救援技術、設備操作知識及應變策略，進一步縮短救援反應時間、減少事故損失，並有效應對各類航空事故，提升桃園國際機場的整體救援能力。此外，這將有助於鞏固桃園國際機場在國際航空樞紐中的競爭優勢，確保第三航廈與第三跑道啟用後，服務水準持續達到最高標準，堅守旅客與航班安全，展現迎接未來挑戰的堅定承諾。

目次

摘要.....	i
本文.....	1
壹、目的.....	1
貳、課程內容.....	2
一、新加坡民航學院簡介.....	2
二、訓練地點.....	2
三、課程講師.....	3
四、參訓學員.....	5
五、課程安排.....	7
參、過程.....	9
一、機場消防通識與國際民航規定.....	9
(一) 關鍵區域概念、反應時間、機場分類與保護等級.....	9
(二) 機場供水及火場水力學.....	12
二、機場消防指揮通識課程.....	16
(一) 領導能力.....	16
(二) 監督原則.....	18
(三) 事故現場火場控制.....	20
(四) 空難事件報告.....	27
三、消救裝備與資源.....	30
(一) 空氣呼吸器操作.....	30
(二) 救援與消防設備.....	37
(三) 消防泵浦與吸水裝置.....	46
(四) 通訊程序與系統.....	50
四、各類機型與火警應變.....	56
(一) 直升機與軍用飛機.....	56
(二) 飛機內部火災.....	60
(三) 建築及消防救援.....	65
(四) 飛機棚廠火災.....	70
(五) 公路隧道中的消防作業.....	74
五、機場消防滅火戰術與技術.....	81
(一) 飛機引擎滅火戰術與技術.....	81

(二) 飛機起落架滅火戰術	84
六、 特殊事件緊急應變	86
(一) 危險物質災害的控制與緩解	86
(二) 處理特殊緊急事件	91
(三) 涉及非法行為航空器應變處置	97
七、 英國機場消防及 JESIP 概覽	102
(一) 英國 JESIP 聯合緊急服務互通計劃	102
(二) 英國格拉斯哥機場消防救援服務概覽	104
肆、 心得及建議	108
附錄一：課程證書	111
附錄二：學員合影	112

本文

壹、目的

本訓練旨在全面提升消防員在航空器救援與消防（ARFF）作業中的技術水平，並熟悉國際民航組織（ICAO）附件 14 和 Doc 9137 的規範及先進設備操作。隨著桃園國際機場第三航廈與第三跑道的建設，未來旅客與航班量將顯著增長，航空事故的風險與複雜度同步提升。此次訓練重點在於增強消防員面對高風險航空事故的應變能力，縮短反應時間並有效減少事故損失，確保桃園國際機場的消防救援能力與國際標準接軌。

此外，本課程聚焦於航空器救援與消防的操作戰術、事故管理與標準化訓練方法，幫助消防員熟練掌握呼吸器、防火泡沫等專業設備的使用，並強化事故現場的應變與指揮策略。透過模擬訓練與實地演習，消防員將能更自信地執行救援行動，有效應對危險物品處理及各類航空事故中的挑戰。

同時，本課程特別注重消防員的領導力及訓練能力的培養，通過事件管理及標準化培訓模組，提升其在緊急情況中協調資源和指揮救援行動的能力。面對未來大型航空器引進與旅運量持續增長的趨勢，此次訓練將幫助消防員掌握最新應變策略與國際同步的專業技術，確保桃園國際機場在航空安全與營運效率方面保持國際領先地位，為迎接未來挑戰做好萬全準備。

貳、課程內容

一、新加坡民航學院簡介

新加坡民航學院 (Singapore Aviation Academy, SAA)，即新加坡民航局 (CAAS) 的培訓部門，提供超過 110 個獨特的課程，涵蓋航空管理、航空安全與保安、空中交通服務及機場消防等核心功能領域。SAA 採用實踐導向的方式，為初級、中層管理及高階管理 (C-suite) 各層級的航空專業人士提供培訓課程，以滿足個人在航空職涯不同階段的多元化培訓與專業需求。

如今，SAA 是民航培訓的領導機構，也是全球經驗與專業知識的交流平台。SAA 被國際民用航空組織 (ICAO) 認證為 TRAINAIR PLUS 白金級卓越培訓中心，同時亦是 ICAO TRAINAIR PLUS 指導委員會的成員，這充分肯定了其致力於為國際航空專業人士提供高品質培訓的承諾。

二、訓練地點

本次訓練原定於新加坡民航學院舉辦，但由於學院建築正進行整修，課程的學理教學部分改至 Selarang Fireground 進行，實際操作演練也安排在同一地點，其場地配置詳見下方圖片。



三、課程講師

本次講師為 Christopher Harron 先生，來自蘇格蘭，現任格拉斯哥機場消防隊的分隊長。Christopher 教官至今擁有近 18 年豐富的消防搶救實務經驗，並於多個領域擔任重要角色，包括高空伸縮砲塔消防車（H-RET）專業使用者、急流救援講師與動力船舶操作教官，同時負責海上救援行動及消防現場指揮。

Christopher 教官職涯初期曾在威士忌產業擔任資深主管，並於 2001 年加入英國皇家海軍後備隊，參與第二次海灣戰爭，負責船舶保護，範圍遍及中東、遠東及新加坡等地。2006 年，他轉職成為格拉斯哥機場消防服務隊一員，隨後經歷了 2007 年的格拉斯哥機場恐怖攻擊事件。

職業成就：

- 2008 年晉升為資深消防員 (Leading FF)
- 2014 年晉升為小隊長 (Crew Commander)
- 2021 年晉升為分隊長 (Watch Commander)



教學風格：

Christopher 教官的授課風格輕鬆互動，鼓勵學員隨時提出問題並積極參與討論，著重於彼此交流與學習，確保學員從課堂中獲益良多。本次講座將透過 Christopher 教官的專業知識與實務經驗，為大家帶來深入且具啟發性的內容，讓學員能夠對相關議題有更深層的理解。



Jerome Lee 教官現任新加坡民航學院的救援與消防教官，擁有超過 10 年航空消防與救援經驗，並長期致力於消防訓練與專業教育。

職業成就與經歷：

- 2014 年起擔任樟宜機場航空緊急事務官，負責新加坡機場的消防與救援工作。
- 2017 年參與新加坡航空展 T50 事故救援任務，累積豐富的應急處理實務經驗。
- 持有 新加坡航空學院 Airport Fire Officer (AFO) 證書、英國皇家救生協會 Bronze Medallion 證書，具備急流救援與 CPR 等專業技能。

教學風格：

Jerome 先生結合軍事與民航機場經驗，專注於風險管理、救援訓練與職場安全。他的授課風格實務且互動性強，著重於分享真實案例與實戰經驗，幫助學員掌握航空消防與救援的核心技能，深入了解航空消防應急救援的專業知識與最佳實踐。

四、參訓學員

本次共 21 名學員參訓，各來自澳門、巴布亞紐幾內亞、新加坡，包含各國民航主管機關、機場營運單位及顧問公司等，參訓學員名單如下表：

S/N	Name	Designation	Country/ Region
1	Yee Yan Feng (Bruce)	Senior Airport Emergency Officer	Singapore
2	Muhammad Rahimi Bin Abdul Rahman	Airport Emergency Officer	Singapore
3	Harith Amiruddin Bin Zulkarnain	Airport Emergency Officer	Singapore
4	Benjamin Ng Jia Ping	Airport Emergency Officer	Singapore
5	Muhammad Nabil Yazid Bin Yahya	Airport Emergency Officer	Singapore
6	Muhammad Aliff Alfian Bin Othman	Airport Emergency Officer	Singapore
7	Shafizan Haneez Bin Shafii	Airport Emergency Officer	Singapore
8	Sheikh Zaid Bagharib Bin Sheikh Nooh	Airport Emergency Officer	Singapore
9	Muhammad Farhan Bin Suboh	Airport Emergency Officer	Singapore
10	Saiful Rijal Bin Mohamed Rashid	Airport Emergency Officer	Singapore
11	Muhammad Haris Bin Idris	Airport Emergency Officer	Singapore
12	Aidyl Audi Bin Zulkifli	Airport Emergency Officer	Singapore
13	Umar Saifudin Bin Salehudin	Airport Emergency Officer	Singapore
14	Eswaran S/O Joseph Gabriel	Airport Emergency Officer	Singapore

15	Chan Kit Wa	Macau Fire Department	Macau
16	Zhang Hao Tian	Macau Fire Department	Macau
17	David Waki	Santos (PNG)	Papua New Guinea
18	Felix Bogi	Santos (PNG)	Papua New Guinea
19	Liao Chih Huan	Taoyuan International Airport Corporation Ltd	Taiwan
20	Chung Kuo Jen	Taoyuan International Airport Corporation Ltd	Taiwan
21	Yang Chih Kai	Taoyuan International Airport Corporation Ltd	Taiwan

五、課程安排

本次訓練課程為兩週期程，課程日期從 113 年 11 月 11 日至 11 月 22 日，課程內容共分為「模組 1：作戰策略和裝備(Operational Tactics and Equipment)」及模組 2：事件管理(Incident Management)」，如下表所示。

	模組 1－作戰策略和裝備	模組 2－事件管理
課程主題	<ul style="list-style-type: none"> ● 危險物質災害的控制與緩解 ● 飛機引擎滅火戰術與技術 ● 飛機起落架滅火戰術 ● 直升機與軍用飛機 ● 機場供水、火場水力學 ● 關鍵區域概念與反應時間、機場分類與保護等級 ● 飛機內部火災（客機與貨機） ● 空氣呼吸器操作 ● 救援與消防設備 ● 建築消防及救援 ● 消防泵浦與吸水裝置 ● 通訊程序與系統 ● 飛機棚廠火災 	<ul style="list-style-type: none"> ● 事故現場火場控制 ● 領導能力 ● 處理特殊緊急事件 ● 空難事件報告 ● 監督原則 ● 涉及非法行為航空器應變處置 ● 公路隧道中的消防作業 ● JESIP 聯合緊急服務互通計劃 ● JESIP 聯合緊急服務互通計劃-OP Boreas ● 英國格拉斯哥機場消防救援服務概覽

本次訓練主要著重於基礎學理的講授與操作技巧的培養，並結合部分實際操演課程，其中包括戰術設計、分組討論以及航空消防救援知識測驗等，以強化消防員在基礎理論與操作層面的專業能力。

然而，此次訓練僅為整體課程的初期階段，完整的訓練需延續至第三週與第四週的進階課程，才能達到全面且完整的訓練目標。後續課程將更加著重於綜合性操演，包括多場景模擬操作、指揮與控制能力的培養，以及針對高風險場景的實戰演練。

因此，雖然本次課程以基礎知識與技能為核心，已為學員奠定扎實的理論與操作基礎，但後續操演課程在全面提升機場消防員的專業素養與應變能力方面，仍具有關鍵性的重要意義。

最後，為使本次出國報告內容更清晰易懂，將原本略顯複雜且未完全分類的課程名稱進行整理與歸納，如目次所示來排序，以便參閱者能快速掌握課程主題和訓練重點。課表請參見下頁，完整呈現課程內容。


AIRPORT FIRE OFFICERS COURSE

02/24 AFO – INCIDENT MANAGEMENT

Time	Monday 11-Nov-24	Tuesday 12-Nov-24	Wednesday 13-Nov-24	Thursday 14-Nov-24	Friday 15-Nov-24
0900 - 1030	Course Opening, Administration, Equipping & Safety Brief CM / ACM	Joint Emergency Service Interoperability Program (JESIP) Jerome (Guest Lecturer Christopher Harron)	AFO MOS - 1.1.21 Aircraft Involved in Unlawful Act Ayub Khan	Training Scenarios / TTX Part 1	Glasgow Airport Terrorist Attack and Other Case Studies
1100 - 1230	Overview of Scotland/Glasgow Airport Fire Service Jerome (Guest Lecturer Christopher Harron)	AFO MOS - 1.1.17 Post Crash Incident Report Jerome (Guest Lecturer Christopher Harron)	Road Tunnel & Firefighting Ayub Khan		
1230 - 1330	Lunch Break				
1330 - 1500	AFO MOS - 1.1.9 Leadership in the Fire Service Jerome (Guest Lecturer Christopher Harron)	AFO MOS - 1.1.13 Handling of Uncommon Emergencies Jerome (Guest Lecturer Christopher Harron)	AFRS Marine Rescue Jerome (Guest Lecturer Christopher Harron)	Training Scenarios / TTX Part 2 Instructors (Guest Lecturer Christopher Harron)	Exam CM / ACM
1530 - 1700	AFO MOS - 1.1.5 Fireground Control at Crash Site Jerome (Guest Lecturer Christopher Harron)	AFO MOS - 1.1.19 Principles of Supervision Jerome (Guest Lecturer Christopher Harron)			Retest / Evaluation / Course Closing CM / ACM
1700 - 1730	Remedial Training/Revision				

02/24 AFO – OPERATIONAL TACTICS AND EQUIPMENT

Time	Monday 18-Nov-24	Tuesday 19-Nov-24	Wednesday 20-Nov-24	Thursday 21-Nov-24	Friday 22-Nov-24
0900 - 1030	Course Opening, Administration, Equipping & Safety Brief CM / ACM	AFO MOS - 1.1.10 Building Fire-Fighting and Rescue Instructors (Guest Lecturer Lai KK)	[Section Practical] AFTDS Fire vehicles positioning to mitigate aircraft fires Instructors	Aircraft Engine & Undercarriage Firefighting Tactics & Techniques Instructors (Guest Lecturer Riduan)	[Section Practical & Assessment] SCBA Operations To command and control rescue operation confine spaces with smoke Instructors
1100 - 1230	AFO MOS - 1.1.2 Critical Area Concept and Response Time Shah Idli	AFO MOS - 1.1.16 Fire in Aircraft Hangars Instructors (Guest Lecturer Lai KK)	Control and Mitigation of Hazmat Disaster Ayub	AFO MOS - 1.1.12 Fire Pumps and Primers Azhar	
1230 - 1330	Lunch Break				
1330 - 1500	AFO MOS - 1.1.11 Fireground Hydraulics Shah Idli	AFO MOS - 1.1.4 Breathing Apparatus Application Norizal	AFO MOS - 1.1.15 Communication Procedures and System Instructors (Guest Lecturer Abin Tan)	[Section Practical & Assessment] Equipment & Casualty Handling Instructors	Revision & Exam CM / ACM
1530 - 1700	AFO MOS - 1.1.3 Aircraft Internal Fire (Passenger and Freighter Aircraft) Zalhelmi	AFO MOS - 1.1.6 Rescue and Fire Fighting Equipment Norizal	Helicopter and Military Aircraft Instructors (Guest Lecturer Lim Lai Chuan)	[Section Practical & Assessment] SCBA Operations To command and control rescue operations in confine spaces with smoke Instructors	Retest / Evaluation / Course Closing CM / ACM
1700 - 1730	Remedial Training/Revision				

參、過程

一、機場消防通識與國際民航規定

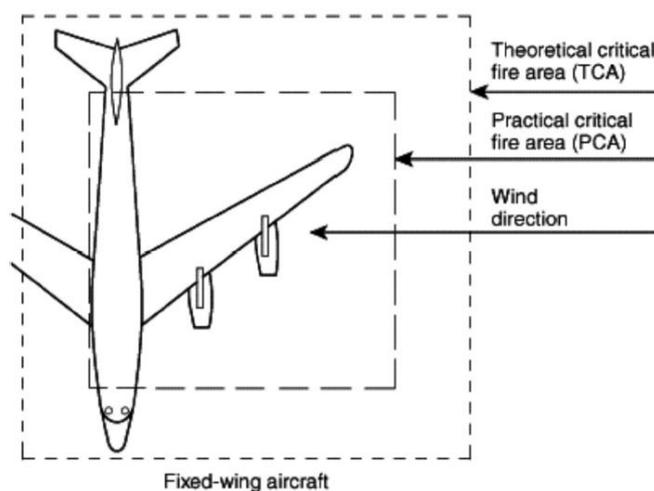
(一) 關鍵區域概念、反應時間、機場分類與保護等級

1. 機場救援與消防之目的：拯救生命，創造並維持可生存環境，提供乘客與機組員合適的逃生路線，並對無法自行逃生的人員進行救援。

2. 關鍵區域概念與反應時間

(1) 關鍵區域：

- a. 原則：不試圖控制和撲滅火勢，而是僅控制機身附近的火焰區域。
- b. 目標：保護機身的完整性，並為乘客維持可生存的環境(首批抵達之消防車輛必須停妥於適當位置，以保護機身之關鍵側面)。
- c. 理論關鍵區域(TCA)與實際關鍵區域(PCA)：在實際情況下，整個理論關鍵區域很少會全部面臨火災，通常只會有較小的區域受到影響，此區域被稱為實際關鍵區域（PCA），並為其提供滅火能力。
 - (a) 理論關鍵區域（TCA）：根據飛機類型與火災風險進行分類。
 - (b) 實際關鍵區域（PCA）：根據真實事故情況提供滅火能力，約為 TCA 的三分之二。



(2) 反應時間標準：

- a. ICAO 標準：最佳能見度和地面條件下，RFF 車輛需於 3 分鐘內到達任一活動區域且首部抵達之消防車至少完成 50%泡沫噴灑率。
- b. ICAO 建議：最佳能見度和地面條件下，RFF 車輛於 2 分鐘內到達跑道任何位置；3 分鐘內到達其他活動區域任何位置。
- c. 最佳能見度之定義為白天、良好的能見度、無降水，且出勤動線上之道面無水、冰或雪等。
- d. 交流考察：新加坡樟宜機場消防站大部分設置於各跑道的中間位置，因此樟宜機場消防隊遵照 ICAO 建議，最佳能見度下 2 分鐘內到達跑道任一位置。



3. 機場分類與保護等級

- (1)分類依據：以機身最長的飛機長度及寬度為基準，並考量最繁忙的連續三個月內的起降架次。
- (2)保護等級要求：
 - a. 保護級別應符合最高類別飛機需求，並不可因起降架次減少而降低標

準。

b. 滅火劑需求包括 A 級、B 級泡沫與輔助滅火劑。

4. 人員與設備的需求

(1)人員配置：

- a. 消防員應接受針對機場使用的飛機類型與 RFF 設備的專業訓練。
- b. 部署人員數量需考量飛機型號與滅火需求，確保最快反應時間。
- c. 交流考察：新加坡樟宜機場為軍民合用機場，樟宜機場消防隊成員人數約 600 人左右，各個消防站皆有不同的任務屬性，可針對不同的機型進行合適的戰術佈署。

(2)設備要求：

- a. 救援車輛應符合最低規範，並具備替代車輛計畫以應對設備維護或損壞。
- b. 交流考察：新加坡樟宜機場各消防站皆有配置 1 至 2 部備用消防車，提供線上執勤車輛損壞維護時替代，以維持機場緊急服務之品質。



5. 消防站

(1)所有 RFF 車輛應停放於消防站內，以確保足夠的反應時間。

(2)衛星消防站：當單一消防站無法滿足反應時間要求時，應設置衛星消防站，且應設置於能夠讓消防救援車輛直接且順暢地進入跑道區域的位置，良好的設置規劃需儘量使消防車輛出勤減少轉彎。

6. 通訊與緊急應變系統

(1) 通訊與警報系統：

- a. 消防站與控制塔需設置隱蔽的通訊系統，確保即時聯繫。
- b. 所有消防站應配備統一的警報系統，以快速通知消防人員。

(2) 緊急通道：

- a. 道路應能承載最重消防車輛。
- b. 在可能被積雪覆蓋的區域，應每隔約 10 公尺設置邊界標記。

7. 關鍵區域面積與水量計算公式

(1) 關鍵區域面積計算：

- a. 理論關鍵區域面積 (TCA) 根據飛機總長與機身寬度計算。
- b. 實際關鍵區域面積 (PCA) 約為理論關鍵區域面積(TCA)的 2/3。

(2) 泡沫生成所需水量之計算公式：

- a. 總需求水量 $Q=Q1+Q2$
- b. $Q1$ 為實際關鍵區域控制火勢所需的水量，可使用 $Q1=A(\text{實際關鍵區域 AP})\times R(\text{應用率})\times T(\text{應用時間})$ 計算。(AR 為泡沫噴灑率)
- c. $Q2$ 為控制火勢後的需求水量(維持火勢控制和撲滅殘餘火勢)，而 $Q2$ 無法被精確計算，原因取決於多種變數(飛機最大總重量、飛機最大載客容量、飛機最大附載燃油量及執行不同滅火戰術等)。

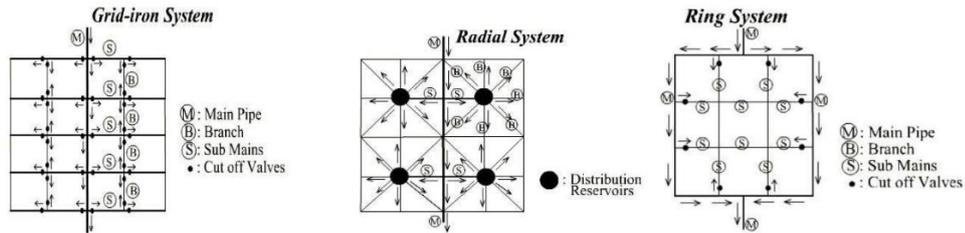
(二) 機場供水及火場水力學

1. 機場供水系統

(1) 水源與配水系統

- a. 主要水源包括河川、地下水、蓄水庫及再生水設施，這些水經淨化後進入配水系統。
- b. 配水系統可分為網格式、樹狀系統與環狀系統，確保水流的穩定性與靈活性。

- (a)網格式系統：通過標準間隔的適當閘門相互連接，即使主管損壞，仍能為大部分地區供應水源。
- (b)樹狀系統：利用一條中央主幹線供應兩側的分支。
- (c)環狀系統：這是一種大型環狀設計的供水系統。水可以從兩個方向供應到系統的任何部分，因此整體摩擦損失較小。



(2)系統材料與運作

- a. 管道材料通常選用鑄鐵、PVC 及鋼材。
- b. 管道系統須經常檢測摩擦係數與水壓以維持性能。

(3)影響因素：

- a. 管材腐蝕和硬結現象會降低供水效率。
- b. 管道尺寸、摩擦係數、工作壓力及供水距離皆會影響水流效率。

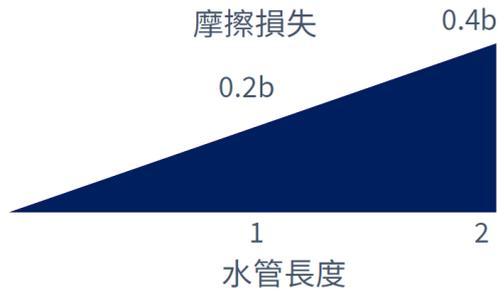
2. 火場液壓學

(1)液壓學基本概念

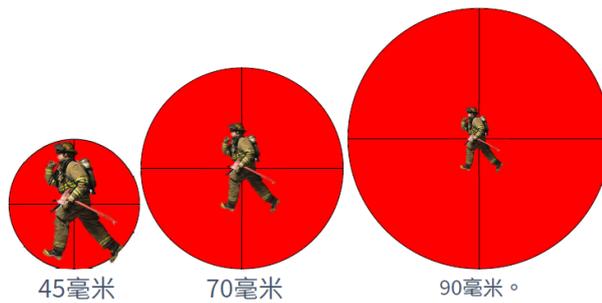
- a. 液壓學研究水在靜止或流動中的行為，涉及體積、壓力、速度、流量與摩擦的計算。
- b. 火場液壓學強調滅火過程中水的速度與壓力對消防設備的影響。

(2)容積及液壓計算

- a. 容積計算： $V = \frac{\pi d^2 L}{4} \times 1000$ (公升)。d 為直徑 (毫米)。
- b. 壓力計算： $H = 10 \times P$ (公尺)。P 為壓力 (單位：帕)，H 為水的高度 (單位：公尺)。可用於估算不同高度的水壓。
- c. 摩擦損失之定律：
 - (a)摩擦損失與管徑長度成正比。



(b) 相同速度下，管徑增加能有效降低摩擦損失



(c) 摩擦損失與速度的平方成正比增加。



(d) 實務應用中之摩擦損失與壓力無關。

3. 消防栓與供水設備

(1) 消防栓類型

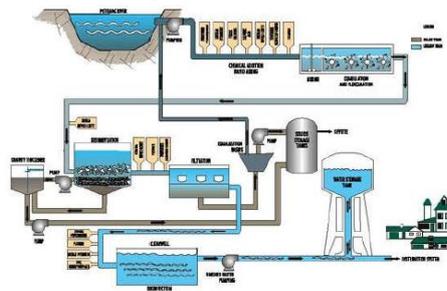
- a. 消防栓主要分為地面式與柱式(地下式)兩類，間距依需求設定(人口密集區間距約 100 公尺)。



b. 操作消防栓需使用專用工具，確保閥門運作流暢。

(2) 儲水容器與維護

a. 儲水設備包括地面儲水庫與高架水塔，用於平衡系統壓力與儲備緊急水源。



b. 維護時應定期清理閥門與檢查管道完整性。

4. 壓力與水流管理

(1) 壓力與水頭計算

a. 開放容器中的壓力與水深成正比，需精確測量以避免損失。

b. 靜態抽水因大氣壓力限制，實際高度一般不超過 8 公尺。

(2) 水流速度與容量

a. 水管中的流量與直徑及速度有直接關聯。

b. 管道設計需平衡水壓與流量，避免因速度過高產生水錘現象。

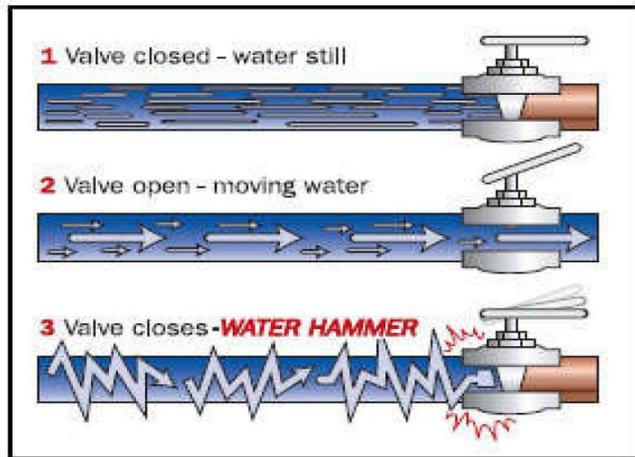
5. 火場供水與滅火實務

(1) 吸力提升與大氣壓力

a. 消防泵利用大氣壓力提升水位，需克服摩擦與湍流影響。

- b. 泵操作中應保持管道內真空狀態，確保水流連續穩定。

(2)水錘現象與控制



- a. 水錘現象由突然停止水流引發，可能損壞設備，需通過緩慢操作防範。
- b. 正確調整噴嘴壓力能減少反作用力對消防員的影響。
- c. 關閉消防栓閥門應適度防止漏水，但不可過緊以免其他操作者無法操作。

二、機場消防指揮通識課程

(一) 領導能力

1. 領導力之定義

- (1) 領導力：影響他人自願努力達成團體目標的藝術或過程。
- (2) 有效的領導：一種激勵人們不僅自願且充滿熱情努力之特質或過程。

**“Leadership is the art
of getting someone to
do something you want
done because he wants
to do it.”**



Dwight D. Eisenhower
34th President of the United States

2. 領導力理論與方法

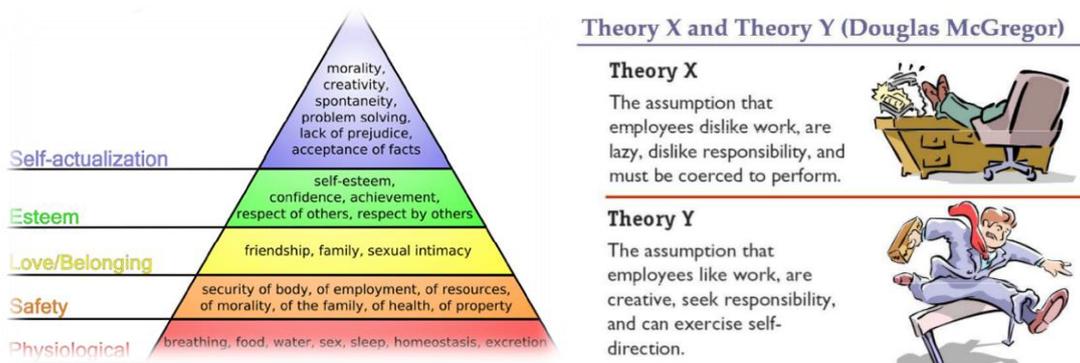
- (1) 領導特質方法：卓越領導需具備誠信、勇氣、智慧、決心、談判技巧等多種特質，並應成為“適合這份工作的人”。
- (2) 情境領導方法：領導力可根據情境進行調整，包括辨識團隊技能、分配資源並在困難情況中指揮，因此領導力是一種可以教授和培養的技能。
- (3) 功能性領導
 - a. 黃金法則：以身作則。
 - b. 基於三方面的需求模式：
 - (a) 任務需求：界定任務、制定計劃、資源分配與績效檢核、調整計畫。
 - (b) 團隊需求：建立標準、維持紀律與團隊精神、溝通、激勵與讚美。
 - (c) 個人需求：處理個人問題、讚揚貢獻、確保正確的訓練模式。
 - c. 決策影響：領導者的決策將決定情勢的結果，任何決策的關鍵在於您手中資訊的質量和數量。相反地，資訊貧乏或不準確將導致決策不佳，進而造成無效的領導。

3. 領導風格

- (1) 剝削性—專制型：高度集權，依靠懲罰和少量獎勵，僅進行單向溝通。
- (2) 仁慈專制型：具有限制的信任，結合獎勵與懲罰，允許有限溝通與權力下放。
- (3) 諮詢型：部分信任下屬，鼓勵雙向溝通，以激勵性獎勵為主，偶爾施以懲罰並有部分參與，決策可由下層執行。
- (4) 參與式：完全信任下屬，尋求意見廣泛溝通，提供基於團隊參與和投入的經濟獎勵，並鼓勵全體參與決策。

4. 動力來源與激勵理論

- (1) 赫茲伯格理論：雙因素理論強調滿足因素如成就感會提升動力，而不滿足因素如環境需被維持以避免負面影響。
- (2) 馬斯洛理論：關注需求層次，從基礎生理需求到自我實現需求。



- (3) 麥格雷戈理論：探討不同型態領導者如何影響員工動力。

5. 領導者職責與功能

- (1) 領導者職能分析：領導者需具備規劃、組織、激勵、控制、解決問題、決策能力及更新，並透過全體人員有效溝通來實現。
- (2) 決策與溝通的重要性：高質量資訊是成功決策的基礎，溝通則是優秀領導的核心。
- (3) 領導風格及方式的重要性：嚴厲的領導風格可能會因為持續的壓力而長期削弱團隊的效率和表現；領導者應該以合理且易於理解的方式傳達要求和標準，從而建立團隊的工作精神。

6. 總結

- (1) 領導者的核心職責：作為機場消防指揮官，領導者需激勵、支持與管理團隊，確保團隊熱情、高效地執行任務。
- (2) 團隊激勵策略：善用熱情、效能與效率等動力因素，激發團隊最大潛力。

(二) 監督原則

1. 領導與監督技能

- (1) 領導者的核心特質：包括工作精通、了解團隊、保持資訊透明、做出即時決策、有效委派、承擔責任、以及良好的榜樣作用。
- (2) 有效授權：成功領導者應善於委派適合的工作，提升效率與團隊合作。

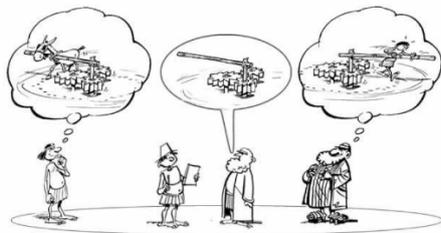
- (3) 士氣管理：
 - a. 高士氣能提升生產力，即使硬體裝備不完善。
 - b. 士氣低落即使設備精良也無法達到理想成效。

2. 規劃與管理

- (1) 規劃能力：成功領導與監督的核心，包含設立目標、分配任務、評估結果等。
- (2) 組織結構：整合各任務以形成有效的運行系統。
- (3) 四種控制管理方法：
 - a. 權威管理
 - b. 說服管理
 - c. 激勵管理(強調過程)
 - d. 目標管理(強調結果)
- (4) 效能測試： 評估組織有效性的基本方法為衡量其達成的結果，例如降低成本與提高資源利用率。

3. 溝通與人際關係

- (1) 溝通技巧：領導者需具備清晰表達與有效傳遞決策的能力，善用口頭、書面與圖示工具。



- (2) 人際關係技能：消防員的日常互動是工作的重要部分，主管應激勵並維持隊員專業標準。
- (3) 訓練與教學技巧： 透過協調與訓練，幫助消防員成為高效團隊的一部分。

4. 善用管理理論並建立組織架構

- (1) 麥格雷戈的管理觀點：探討管理者應如何因應不同的員工需求。
- (2) 組織架構建立：透過計畫、管理控制、組織目標規劃來架構組織管理的藍圖，而有效的規劃是有效領導和實踐目標監督的關鍵。

(3) 工作氛圍的影響：溫暖、支持性的環境能提升隊員的滿意度與合作意願。

5. **總結**：卓越的領導與監督需要結合計劃、組織、指導、溝通及專案管理技能，並且以熱情、同理心、傾聽與建議去面對和理解員工需求、創造積極氛圍以及有效授權是促進團隊成功的關鍵。



(三) 事故現場火場控制

1. 機場緊急應變計畫

(1) 目的：

- 為了應對機場及其周邊的緊急狀況的準備及應變處理過程。
- 在緊急情況金將影響降到最低，尤其在人命救助與飛機營運的影響。
- 詳細說明機場內、外部單位的協調、應對方式及資源統籌利用。

(2) 要求：

每個機場必須擁有 AEP，所有機場消防指揮官應徹底熟悉與遵循。

2. 飛機緊急情況分類及機場消防單位之待命位置

(1) 飛機緊急情況分類

- 地面待命(Local Standby)

- (a)即將到場的航機面臨一些小故障，雖不至於造成嚴重問題，但仍須確保安全降落的情況。
 - (b)飛行員可能發出"Pan Pan"的緊急呼叫。
 - (c)主要涉及機場內部單位（機場消防、航警、地勤代理、相關航空公司等）。
- b. 全面緊急(Full Emergency)
- (a)即將到場的航機面臨較高風險的問題或預測懷疑可能發生事故的情況。
 - (b)飛行員可能宣告"May Day"。
 - (c)涉及內、外部機構（市區消防單位、地方政府警察、醫療機構、軍方等）。
- c. 飛機事故(Aircraft Accident)
- (a)機場或其周邊區域發生的飛機事故
 - (b)包括高衝擊或低衝擊墜毀，另可細分有火災或無明火的墜毀狀況。



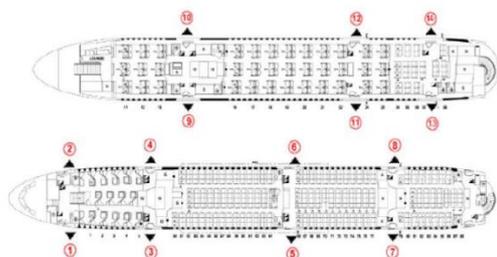
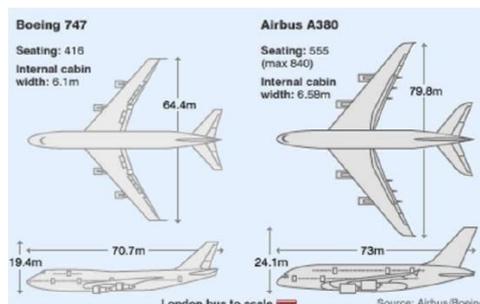
- (2)機場消防單位之待命位置：為了減少反應時間，預先部署消防車輛在指定位置進行待命。
- a. 機場空側活動區域都可能是 RFF 車輛的待命位置，但待命位置設置應注意避免以下事項：
 - (a)干擾或影響電子導航設備、助航設施的運作。
 - (b)妨礙正常航機的滑行動線。
 - (c)延誤任何活動區域的反應時間。
 - (d)無線電通訊盲點。
 - b. 全面緊急狀態的宣告：取決於經驗累積的機場消防指揮官之判斷力，並應謹慎決定是否宣告及其宣告時機，機場消防指揮官的決定將影響機場營運及內外部單位資源的動員部署，對於前線作戰的機場消防指揮官是一項艱鉅及關鍵的課題。

※無論面臨航機何種類型的緊急狀況，機場消防單位的主要目標是為航機乘客及機組員創造及維持可生存的環境。

3. 火場指揮策略

(1) 影響因素：

風向、機型、地形、人員與設備、殘骸、關鍵側面、危險區域、乘客與救援區域。



(2) 策略要點：

- 面臨航機事故時，救援及消防單位應優先進入滑行道和跑道。
- 利用風勢減輕火場壓力，優先保護關鍵區域。
- 當關鍵區域顯而易見時，首輛抵達消防車之定位極為關鍵，因此掌握乘客人數及位置是在首部車輛部署的考量因素之一。
- 避免車輛停於危險區域（如下風處、機翼下）：RFF 車輛停放位置將影響能見度及泡沫施放於目標區的難易度。



- 集中力量於關鍵面（乘客疏散與逃生路徑）。

- f. 有經驗的機場消防指揮官會利用風勢將火煙帶離重要區域，並將主要救災資源集中投入在危險點之上風處。

4. 救援與消防行動

(1) 初期任務：

- a. 在一分鐘內建立無火區域，控制機身周圍火勢，首先集中於飛機的關鍵側面，確保關鍵區域無火。
- b. 理想情況下，機場消防車輛應逆風正面停放，且不宜在初期階段建立地面水線，否則將使救援車輛失去機動能力。
- c. 滾動調整車輛位置及維持救援車輛機動性，以應變整體戰術部屬。
- d. 在側風情況下，可充分利用風向進行初期火勢控制。



(2) 救援原則：

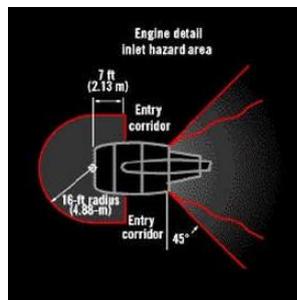
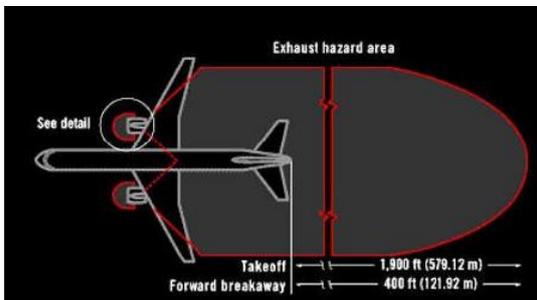
- a. 若乘客尚未嘗試撤離飛機，則在定位時必須考慮有機艙門、緊急出口或緊急切入點之救援入口。



- b. 若乘客已開始從內部撤離，則必須保護乘客撤離使用的出口。
- c. 一旦車輛停止，救援程序即可開始，建立並維持救援通道，協助乘客撤離，盡可能引導自行撤離之旅客前往安全區域。
- d. 確保救援進入點通暢，並阻止火勢在機翼根部蔓延。



- e. 燃燒中的飛機內部釋放之有毒氣體是影響生存及救援的威脅之一，須維持機艙內呼吸條件，將乘客疏散至安全區域。
- f. 搜救組以至少兩名消防員一組為原則，攜帶已充滿水之水線及其他必要裝備進入救援。
- g. 破門應先嘗試主要出口，再嘗試緊急出口，最後才考慮從緊急切入點強行進入。
- h. 避免進入危險區域：傳統旋翼機的螺旋槳周圍(含引擎未運行狀態)、噴射渦輪引擎的進氣與排氣區域、戰鬥機配載武器的射擊線及後方爆炸區、兩側機翼下方、航機懸掛之殘骸下方、特定的危險區域等。



- i. 確保備有充足的泡沫和水源。
- j. 撲滅火災並盡量挽救飛機的完整性。

5. 行動準備與現場管理

(1) 行動準備：

- a. 消防隊即時完整穿戴個人防護裝備，並檢查滅火系統。
- b. 在規定之反應時間內抵達前，可在 30 秒內進行全盤評估，並制定行動計畫。
- c. 收集塔臺給予的航機資訊，擬定初步計畫。

(2) 現場管理：

- a. 評估風速、地形與事故情況。
- b. 遵循「泵送與行進 Pump and Roll」策略進行滅火：讓消防車沿著機身移動，並在移動過程中透過監控器噴灑泡沫。
- c. 為無法自行逃生的人員進行救援，並努力撲滅火勢，以保存更多調查證據。



6. 反應時間與持續評估

(1) 反應目標：

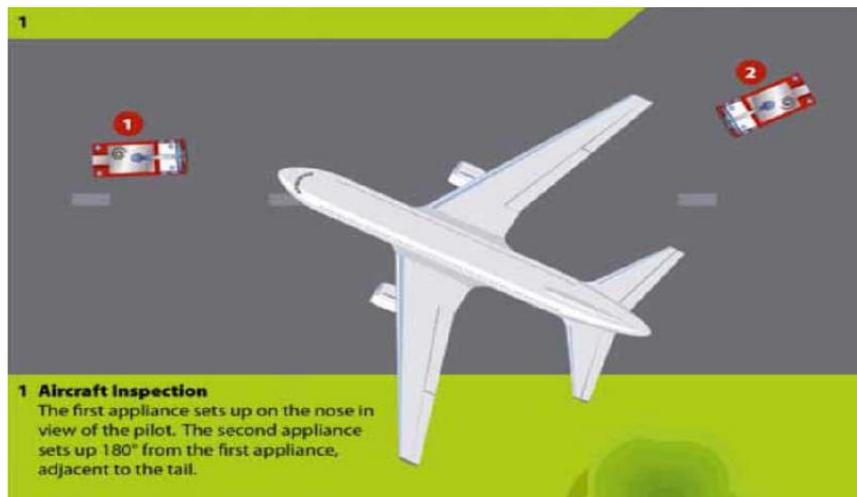
兩分鐘內進行有效干預，防止火勢失控(經驗顯示若超過 2 分鐘後未進行干預，火勢將更難取得控制，連帶影響的是救援工作將更加艱鉅，因乘客可能無法自行撤離)。

(2) 持續評估：

- a. 持續評估火場變化與救援進展。
- b. 確保人力、物資充足，防範再燃。

7. 消防車輛之停放原則

(1) 飛機檢查



(2) 引擎或起落架火警



(3) 駕駛艙火警



(4) 後引擎或機尾火警



(四) 空難事件報告

1. 空難事件報告撰寫

- (1) 目標：使火災和緊急問題之全貌被廣泛了解，並揭示需要採取行動的事實，以增進火災預防、消防安全、緊急醫療處理及危險物質管理等領域之發展。
- (2) 概念：使用標準用詞進行撰寫，並依據每個消防事件進行單一事件紀錄，而報告應於收集數據的人員完成。

2. 美國消防協會(NFPA)事故報告系統

- (1) 報告系統的概念與目的：
 - a. 報告系統提供統一的數據，幫助國際與政府層級充分了解火災與應急問題。
 - b. 強調揭示需要採取行動的事實，並指導相關法規與研究的制定。
- (2) 報告撰寫的標準用詞：常用詞包括「火災」、「燃燒過程」、「危險物質」、「火焰」等，確保資訊清晰且一致。
- (3) 事前資料與事件報告內容：報告應涵蓋財產用途、建築特徵、火災起因、損失情況、傷亡數據以及消防隊的介入行動。

3. 事故現場管理

(1)新加坡航空事故調查局(TSIB)：獨立調查鐵路、海事、航空事故，以促進新加坡運輸安全。

a. 國際協議之依據

(a)國際民用航空公約 附件 13 “航空器事故和事件調查”。

(b)國際海上人命安全公約(SOLAS)之“事故調查準則”：即海事事故或事件的安全調查的國際標準和建議做法的準則。

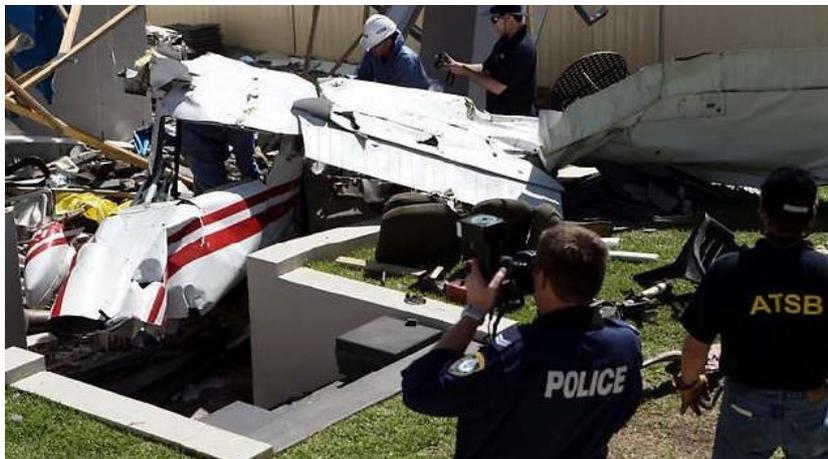
b. 調查重點：引擎噪音、失速警報、起落架的伸縮聲，以及任何機件的輕微聲響(用以判斷引擎轉速、系統故障、速度及各事件發生的時間)。

c. 執行權力：擁有要求當局或管理單位提供並保留證據的權力。

(2)現場安全與證據保護：在 TSIB 檢查員到達前或殘骸清除前，應確保現場安全，而現場應避免未經授權的人員進入，並防止重要證據因踩踏或移動而受損。

a. 官方文件：適航證書、註冊證書、維護證書、乘客/貨物清單、技術日誌、技術日誌、日誌簿、機組人員執照、導航日誌及地圖、載重平衡表、飛機操作手冊等。

b. 個人文件及物品：護照、信用卡、支票簿、信件、駕照、身分證、會員卡、珠寶、手提包、手錶、口袋內物品、手機、衣物、錢包等。



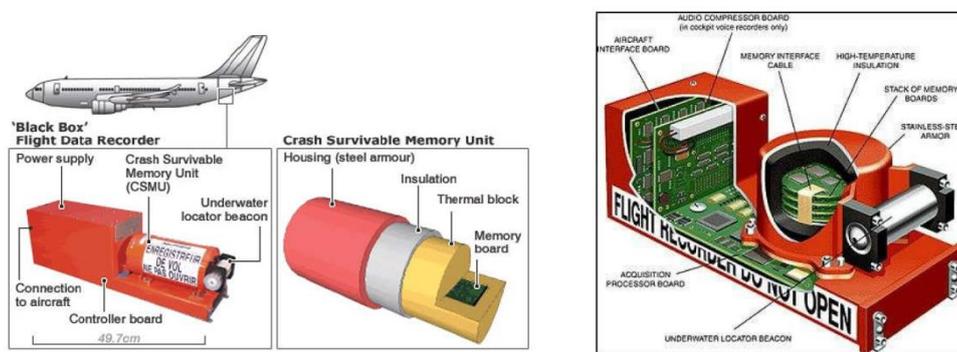
(3)犯罪現場處理原則：在事故原因未確定前，所有殘骸與相關物品應保持

原狀(包含機組乘客的行李物品)，並詳細記錄現場全貌、殘骸特寫與目擊者資訊，尤其是駕駛艙區域及傷亡者的情況，而目擊者提供的訊息可能至關重要。

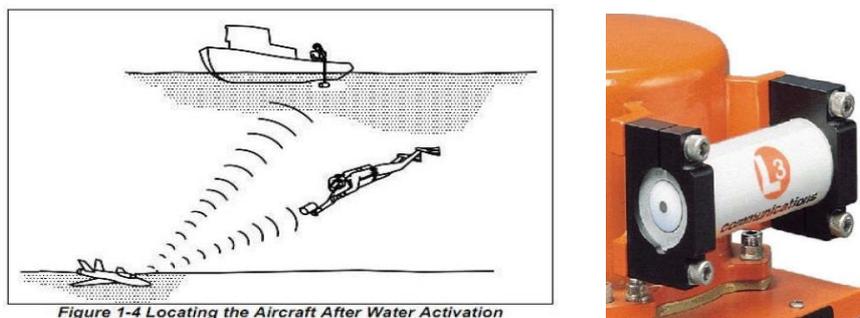
4. 數據記錄與調查工具

(1)黑盒子（FDR 與 CVR）的功能：協助重建飛機事故發生過程的裝置。

- a. 飛行甲板記錄器(FDR)保存飛機運行數據如高度與航向
- b. 駕駛艙語音記錄(CVR)記錄駕駛艙內的通話聲音及引擎噪音。



(2) 水下定位信標（ULB）的作用：每台記錄器配備水下定位信標（ULB），可在水上事故中協助定位。定位信標能在水下發射聲波信號（Pinger），範圍可達 4000 公尺且持續 30 天，幫助迅速定位黑盒子。



5. 航空事故現場注意事項

(1)現場安全與人員防護：

- a. 飛機事故現場可能有毒氣體或顆粒污染，經驗表明從主要機身應至少保持 100 米距離，並從任何碎片（包括有毒纖維和塵埃）至少保持 30 米距離，兩者中取較大者，初步應視為受污染區域。
- b. 所有進入現場的人員需了解風險並做好防護準備。

c. 未經授權的人員可能未察覺攜帶火源，存在潛在危險。



(2)行動與記錄準則：確保現場完整性，除非必要，不得移動殘骸或屍體；
詳細記錄現場情況與採取的行動，妥善處理散落文件與個人物品。



三、消救裝備與資源

(一) 空氣呼吸器操作

1. 課程目標

機場消防救援工作面臨多樣化的挑戰，尤其是在煙霧瀰漫、有毒氣體滲透的機艙內執行救援行動時，對消防人員的技能及裝備熟練度有極高要求。因此，提升消防人員在高壓環境中的救援應變能力，並深入訓練空氣呼吸器（SCBA）的正確使用、維護及操作技巧，強化個人防護裝備（PPE）的應用與安全檢查程序以及利用模擬環境進行實境演練。

2. 空氣呼吸器的必要性

在高壓環境中進行救援任務可能的危害因素有熱、煙霧、氧氣不足和有毒氣體會嚴重損害呼吸系統，導致腦損傷甚至死亡。



空氣呼吸器(SCBA)注意事項：

- (1) SCBA 將會保護使用者的呼吸系統以及生命安全。
- (2) 維持設備良好狀態極為重要，設備故障可能導致使用者的死亡。
- (3) 充分學習並熟悉空氣呼吸器的使用，因為這直接關係到生命安全。

3. 個人防護裝備 PPE (Personal Protective Equipment)

進入航空器執行滅火任務時，機場消防員需至少具備以下裝備：

- (1) 全套個人防護裝備
- (2) 空氣呼吸器
- (3) 攜帶已充水的水帶及瞄子

4. 搜索方法

- (1) 應按有序且系統化的方式進行，以便後續小隊能協助或繼續搜索行動。
- (2) 使用數座位法或簡易座位佈局圖。
 - a. 數座位法：是指在航空器內執行搜尋或救援任務時，透過數座位的方法來快速定位或確認乘客位置。這種方法利用航空器內的座位排列，逐一數座位來標記或確認可能的傷患或乘客，從而幫助搜救隊系統化地覆蓋每一個區域，減少遺漏。
 - b. 簡易座位佈局圖：用於顯示航空器內座位的分布情況。這些圖表通常會包含座位排列及航空器內部結構，可用於標記傷患或乘客位置，以便指引後續救援行動並提高效率。

5. 空氣呼吸器穿戴方法

穿戴空氣呼吸器時，需確保操作符合標準步驟，以提高效率和安全性。

穿戴方式：

- (1) Overhead Method → 舉過頭頂穿戴法
- (2) Coat Method → 外套式穿戴法
- (3) Donning from a Seat → 座椅穿戴法

(4) Rear or Compartment Mount → 車後或儲物艙取用式穿戴法
穿戴方式如下圖所示：



OVERHEAD METHOD



COAT METHOD



DONNING FROM A SEAT



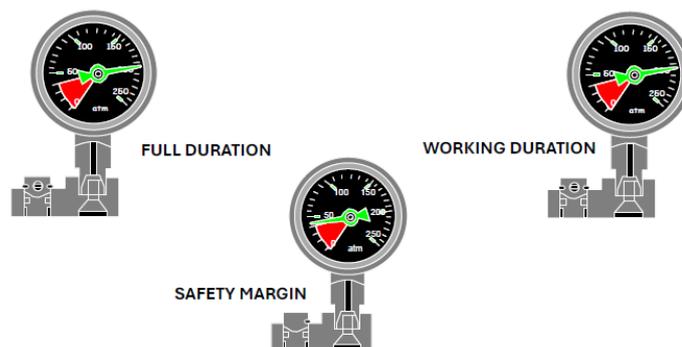
REAR OR COMPARTMENT MOUNT

6. 工作時間的影響因素

影響空氣呼吸器實際使用時間的因素包括：

- (1) 使用者的身體狀況。
- (2) 使用者的活動強度。
- (3) 使用者的情緒穩定性。
- (4) 設備的狀態。
- (5) 使用前氣瓶壓力值。
- (6) 使用者的訓練、經驗與熟悉程度。

下圖為為氣瓶壓力指示與安全邊際示意圖：



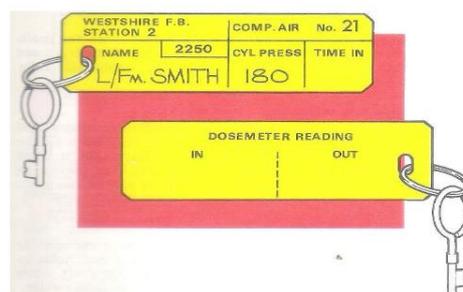
7. 空氣呼吸器的控制與監控

- (1) 監控系統的功能
 - a. 追蹤進入危險區的消防員。
 - b. 記錄消防員的行動路徑。
 - c. 計算空氣供應的使用時間。
 - d. 決定消防員何時需要替換或撤離。

(2) 空氣呼吸器名牌 BA Tally (Breathing Apparatus Tally)

如右圖範例，每個名牌需記錄以下資訊：

- a. 消防單位/站名稱
- b. 使用者姓名
- c. 氣瓶編號
- d. 氣瓶壓力
- e. 進入時間
- f. 放射量測定器讀數（位於名牌背面）



(3) 空氣呼吸器管制板 (BA Entry Control Board)

- a. 配備時鐘與計算器，用於記錄及追蹤消防員的進出時間。
- b. 由空氣呼吸器進入管制官 BAECO (Breathing Apparatus Entry Control Officer) 負責管理與監控。

(4) 空氣呼吸器使用者的職責

- a. 進行測試與檢查：定期對設備執行功能測試及狀態檢查。
- b. 記錄測試結果：詳細記錄每次測試的結果以備查。
- c. 報告設備缺陷：將發現的任何設備問題或故障立即報告。
- d. 檢查過往使用與測試記錄：確認設備的最後使用時間及測試記錄，確保其可用性與安全性。

(5) 空氣呼吸器進入管制官 (BAECO) 的職責

- a. 執行每日檢查：確認空氣呼吸器管制板、識別背心及臂章的狀況。
- b. 確保輔助設備可用性：確保空氣呼吸器的所有輔助設備隨時處於可用狀態。
- c. 報告設備缺陷：將設備的任何缺陷或異常情況向指揮官報告。

(6) 進入管制點 (Entry Control Point)

設置空氣呼吸器 (BA) 進入管制點時需考慮的因素：

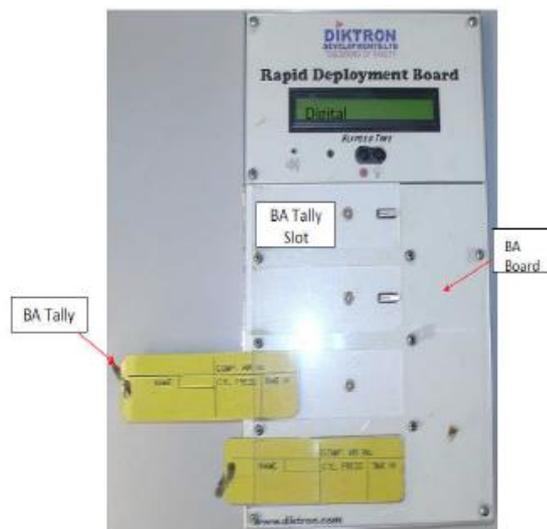
- a. 區域大小:評估操作現場的範圍及覆蓋需求。
- b. 危險區域的進出口位置:確認進入危險區的通道或入口位置。
- c. 涉及的層數或樓層數量:確認需要進入的樓層數，便於管理與調度。
- d. 風向:考慮風向對煙霧、火勢蔓延及救援行動的影響。
- e. 影響滅火及有效控制的障礙物:評估可能妨礙滅火行動或管制作業的障礙物。
- f. 事件可能的發展情況:預測事故進一步的發展情況，為管制點位置的選擇提供參考。
- g. 確保安全:管制點應設置在便於快速進入和撤離的安全位置。
- h. 位於新鮮空氣環境中:避免設置在煙霧或危險區域中，確保管制點位置穩定。
- i. 管制點數量應為最小:根據事故規模和風險評估，合理設置管制點數量以支持救援行動。

8. 快速反應板

(1)快速應變板 (Rapid Response Board) 使用情境與說明：

- a. 由空氣呼吸器管制官負責持有並管理。
- b. 在人員有限時，執行最低限度的安全程序。
- c. 當有人處於高度危險並需要迅速救援時使用，專為需要緊急救援的高風險情境而設置。
- d. 適用於特殊緊急情況。
- e. 當人員數量少於兩人。
- f. 當受害者位於視線範圍內或短距離內，且需要立即協助時使用。
- g. 通過立即行動，防止事故的危險升級。
- h. 快速部署程序應盡快被第一階段的 BA 管制程序取代，以確保長期作業的安全性。

(2)下圖展示了快速反應板的應用示例。



9. 階段性管制程序

進入管制程序

(1)第一階段

- a. 適用條件：當已決定使用空氣呼吸器時，並且僅限於以下情境：
 - (a)未使用搜索繩(撤離時使用)或通訊系統(無線電對講機)。
 - (b)未配備進入管制板的消防車組員在現場執行任務時，需穿戴空氣呼吸器，直至第一階段管制程序建立。
- b. 設置第一階段進入管制板 (Stage I BA Entry Control Board)：
 - (a)事故規模較小，且使用空氣呼吸器的時間預期不長。
 - (b)進入管制點少於兩個。
 - (c)危險區域內的空氣呼吸器使用人數不超過 10 人。
 - (d)無搜索繩或通訊系統在使用。

c. 管制點設置與人員職責：

(a) 指定管制官：每個進入點需指派一名進入管制官，由現場消防車組員擔任，負責第一階段的進入管制。

(b) 職責範圍：

① 僅負責管制與管理進入點。

② 不負責監督事故現場的總體運作或空氣呼吸器隊伍的作業。

(2) 第二階段

a. 適用條件：第二階段程序取代第一階段，並在以下一項或多項條件下使用：

(a) 作業時間延長：當救援行動需要長時間持續進行時。

(b) 需要比第一階段更程度的管制與監督：當操作複雜性增加，需加強對進入點和人員的監控時。

(c) 需要超過兩個進入管制點時：例如事故規模較大，需要多個進入管制點以應對危險區域的進入。

(d) 危險區域內同時有超過 10 名空氣呼吸器使用者時：當人員密度較高且需確保安全時。

(e) 使用搜索繩時：當進入危險區域需要依賴指引設備以確保人員行進及撤離時之安全。



b. 空氣呼吸器管制官之職責

(a) 提供進入管制板及標記工具：

① 設置進入管制板，並提供標記工具。

② 穿戴空氣呼吸器管制背心或臂章以便識別。

(b) 就位於進入管制點：確保在進入管制點就定位，準備管理進入操作。

(c) 清楚指明已啟用第一階段程序：明確通知其他人員第一階段管制程序正在執行。

(d) 接收空氣呼吸器使用者的名牌：收集所有進入危險區域的空氣呼吸器使用者的名牌。

(e) 記錄「進入時間」於每個名牌上：在識別名牌上記錄使用者進入危險區域的準確時間。

(f) 將每個識別名牌放置於管制板的指定位置：根據進入管制板的設計，將識別名牌放置在對應的位置內，以便進一步管理和監控。

10. 模擬環境實境演練

(1) 使用模擬環境能提供逼真的訓練場景，提升學員應對煙霧及危險環境的能力。



737 模擬航空器



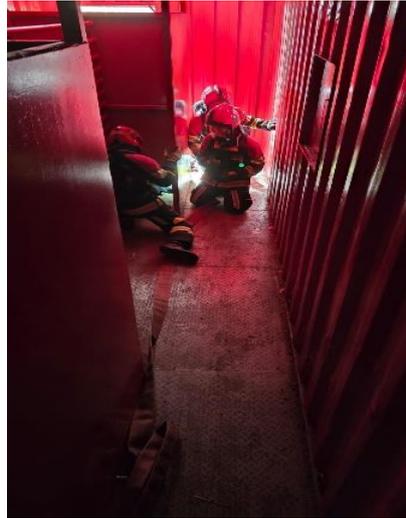
黑暗迷宮(局限空間模擬)



複合型航空器模擬器

(2) 實際演練情況如下圖所示：





(二) 救援與消防設備

1. 課程背景與目標

課程內容著重於國際標準的設備配置、應用方法與實際操作，全面提升機場消防人員的救援能力與裝備熟練度。機場救援與消防作業涉及高風險且時間緊迫的應急任務，確保設備的正確應用與維護至關重要。

本課程旨在：

- (1) 了解國際民航組織（ICAO）對機場救援與消防設備的配置要求。
- (2) 學習各類救援工具及個人防護裝備的正確操作及安全使用。
- (3) 熟練掌握設備維護標準，確保設備持續處於最佳運作狀態。

2. ICAO 對救援及消防設備的要求

(1) 最低要求設備清單（MEL, Minimum Equipment List）

- a. MEL 旨在確保機場救援消防隊（ARFF）具備足夠的專業工具和設備，能在航空器事故發生後立即執行救援任務。
- b. 各機場類別所需的救援設備，詳見《機場服務手冊》第 1 部分-救援及消防第 5-2 表格，表格請參見下頁，完整呈現裝備內容。
- c. 當多輛消防車參與救援時，可將設備分配至各消防車輛上。
- d. 機場服務手冊詳細說明了以下操作設備所需的動力來源類型、動力來源的控制方式（若已安裝）、救援裝置本身的特性，以及應採取的相關安全防護措施。
 - (a) 救援鋸
 - (b) 起重及破壞拆除設備
 - (c) 替代切割設備

Table 5-2. Guidance material related to rescue equipment carried on RFF vehicles

Equipment scope	Equipment item	Airport category			
		1-2	3-5	6-7	8-10
Forcible entry tools	Prying tool (hoogan, biel type)	1	1	1	2
	Crowbar 95 cm	1	1	1	2
	Crowbar 1.65 m	1	1	1	2
	Axe, rescue large non wedge type	1	1	1	2
	Axe, rescue small non wedge or aircraft type	1	2	2	4
	Cutter bolt 61 cm	1	1	2	2
	Hammer 1.8 kg – lump or club type	1	1	2	2
	Chisel cold 2.5 cm	1	1	2	2
A suitable range of rescue/cut-in equipment including powered rescue tools	Hydraulic/electrical (or combination) portable rescue equipment	1	1	1	2
	Powered rescue saw complete with minimum 406 mm diameter spare blades	1	1	1	2
	Reciprocating/oscillating saw	1	1	1	2
A range of equipment for the delivery of firefighting agent	Delivery hoses 30 m lengths x 50 and 64 mm diameters	6	10	16	22
	Foam branches (nozzles)	1	1	2	3
	Water branches (nozzles)	1	2	4	6
	Coupling adaptors	1	1	2	3
	Portable fire extinguishers				
	CO ²	1	1	2	3
	DCP	1	1	2	3
Self-contained breathing apparatus – sufficient to maintain prolonged internal operations	Breathing apparatus (BA) set complete with facemask and air cylinder				
	BA spare air cylinder				
	BA spare facemask				
<i>Note: Ideally one BA set per crew member.</i>					
Respirators	Full faced respirators complete with filters	One per responding firefighter			

Equipment scope	Equipment item	Airport category			
		1-2	3-5	6-7	8-10
A range of ladders	Extension ladder, rescue and suitable for critical aircraft	-	1	2	3
	Ladder general purpose – rescue capable	1	1	1	2
Protective clothing	Firefighting helmet, coats, over trousers (complete with braces), boots and gloves as a minimum	One set per operational firefighter plus a percentage of reserve stock			
Additional items for personal protection	Protective goggles	1	1	2	3
	Flash hoods	One per operational firefighter			
	Surgical gloves	1 box	1 box	1 box	1 box
	Blanket fire resisting	1	1	2	2
Rope lines	Rope line rescue 45 m	1	1	2	2
	Rope line general use 30 m	1	1	2	2
	Rope line pocket 6 m	One per operational firefighter			
Communication equipment	Portable transceivers (hand held and intrinsically safe)	1	2	2	3
	Mobile transceivers (vehicle)	One for each fire vehicle			
A range of hand-held/portable lighting equipment	Hand-held flashlight (intrinsically safe)	1	2	4	4
	Portable lighting – spot or flood (intrinsically safe)	1	1	2	3
A range of general hand tools	Shovel overhaul	1	1	2	2
Rescue tool box and contents		1	1	2	3
	Hammer, claw 0.6 kg				
	Cutters, cable 1.6 cm				
	Socket set				
	Hacksaw, heavy duty complete with spare blades				
	Wrecking bar 30 cm				
	Screwdriver set – slotted and Phillips heads				
	Pliers, insulated				
	Combination 20 cm				
	Side cutting 20 cm				
	Slip joint – multi-grip 25 cm				
Seat belt/harness cutting tool					
Wrench, adjustable 30 cm					

Equipment scope	Equipment item	Airport category			
		1-2	3-5	6-7	8-10
	Spanners, combination 10 mm – 21 mm				
First aid equipment	Medical first-aid kit	1	1	2	3
	Automated External Defibrillator (AED)	1	1	2	3
	Oxygen Resuscitation Equipment (ORE)	1	1	2	3
Miscellaneous equipment	Chocks and wedges – various sizes				
	Tarpaulin – lightweight	1	1	2	3
	Thermal imaging camera	-	-	1	2

3. 消防車輛應配備的設備類型

(1) 救援設備類型

- a. 電動式
- b. 液壓式
- c. 氣壓式
- d. 內建驅動類型(例如:發動機)
- e. 手動式

(2) 各類設備說明

a. 電動救援鋸

- (a) 配備高頻金屬鋸片，切割深度有效為 115 毫米，通過交流發電機供電。
- (b) 設備安裝於具有滑環和機械回捲功能的電纜捲軸上，便於快速展開與收回。
- (c) 由安裝於車輛上的三相交流發電機提供動力來源。
- (d) 此鋸具需由兩人協同操作，操作人員負責操作鋸具，安全人員站於操作人員身後負責處理電纜並擔任警戒。



b. 多功能電動鋸

- (a) 配備往復鋸片，運作速率達每分鐘 2300 次往復行程，切割行程為 19 毫米。
- (b) 動力來源為一台汽油驅動的輕型便攜式發電機，輸出功率為 1.5 kVA，輸出電壓為 110/220 伏特交流電，並具有自動節流功能。
- (c) 發電機可安裝背帶，方便操作人員如背包般攜帶，以提高機動性。



c. 液壓動力鋸

- (a) 鋸具配備可伸縮保護罩的旋轉鋸片，並採用鏈條驅動方式。
- (b) 通過快速釋放接頭與液壓軟管捲筒連接，在不洩漏液體或失壓的情況下可快速更換工具。
- (c) 操作需由兩人協同完成：第一人員為操作員，負責鋸具操作；第二人員為安全員，位於操作員身後負責警戒與輔助。
- (d) 作業時，兩人需確保站立穩固，腳下牢靠，並穿戴完整的個人防護裝備以確保安全。



d. 便攜式氣動圓鋸

- (a) 配備金屬鋸片，適用於多種救援作業需求。
- (b) 動力來源為兩個壓縮氣瓶，安裝於輕型鋼製背架上，並配有背帶以便攜帶操作。
- (c) 操作需要兩人協同完成，第一人員為操作員，負責鋸具操作；第二人員為安全員，站於操作員正後方，負責輔助及警戒。



e. 氣動往復鋸

- (a) 重量僅為 2.3 公斤，採用合金材料製成，是輕便的氣動往復鋸，氣動活塞孔經特殊處理以提高耐用性。
- (b) 鋸片與鋸具通過排氣與潤滑油冷卻，確保長時間使用的性能穩定。
- (c) 動力由車載壓縮機或便攜式氣瓶提供，適合多場景使用需求。
- (d) 所有接頭均採用快速釋放設計，可手動操作，便於快速連接與拆卸。



f. 圓盤切割器

- (a) 配備 12 至 16 英吋的鋼製圓形鋸片，通常配有可調節的擺動鋸頭，便於靈活切割作業。部分型號還提供動力輸出接口，可驅動小直徑鋸片以適應不同需求。
- (b) 動力來源為內建的輕型二行程發動機，為鋸具提供穩定且高效的切割動力。
- (c) 動力通過皮帶和滑輪傳輸至 305 毫米的鋼製圓鋸片或研磨切割片，鋸片運行速度達每分鐘 5000 轉 (RPM)，適用於高強度切割作業。
- (d) 使用研磨切割片時，應特別注意火花產生，避免引發火災，需採取適當的防火措施。
- (e) 操作需由兩人協同完成：第一人員為操作員，負責鋸具的操作；第二人員為安全員，位於操作員後方，負責輔助及警戒工作。



g. 液壓頂桿

應用說明：

液壓頂桿是常見的破壞救援工具，用於車輛救援中撐開障礙物或頂升重物，特別適用於快速救援作業，確保操作靈活性與高效性。

(a) 配備手動泵，連接高壓軟管，並通過快速釋放接頭與以下裝置連接：

- ① 楔形千斤頂（俗稱「鱷魚鉗」）
- ② 6 噸液壓頂桿
- ③ 8 噸液壓頂桿

(b) 用於輔助液壓頂桿的附加設備包括：

- ① 各類頂頭：平型、楔型及 V 型
- ② 底板
- ③ 延長管
- ④ 通常存放於金屬箱中以便攜帶和保護



h. 氣動舉升氣墊

應用說明：

氣動舉升氣墊常用於車輛救援和航空器事故處置，適合用於快速舉升障礙物，為救援工作爭取寶貴時間，具有便攜性和多功能性。

- (a) 提供多種規格的氣動舉升氣墊，用於舉升不同重量的物體。
- (b) 氣墊充氣可通過車載壓縮機或壓力達 210 bar 的氣瓶完成。
- (c) 氣墊的工作壓力為 0.5 bar，並配備減壓閥以防止壓力超過此範圍，確保操作安全。
- (d) 內部設有加固帶，確保氣墊充氣後能保持正確的形狀和尺寸，增強穩定性與操作效率。



i. 撬棍

應用場景：

撬棍是救援場景中不可或缺的破壞工具，廣泛用於打開門窗、移除障礙物及快速獲取進入點，特別是在空間有限或需應用槓桿原理的情況下效果顯著。

- (a) 撬棍由鋼製管狀桿構成，主要用於提供槓桿作用。
- (b) 兩端經特殊設計：
 - ① 手柄端 通常被壓扁並分叉成雙鑿形刀片，便於插入狹小空隙。
 - ② 刀片端 可插入細小孔洞，並通過彎曲的桿身設計，形成槓桿支點以增強撬動力。

- (c) 長柄撬棍可由兩人協同操作，但在空間允許的情況下，通常建議使用第二根撬棍輔助作業，以提高效率。



j. 液壓切割器

應用場景：

液壓切割器是機場消防救援中的核心工具之一，專為快速、精準切割金屬部件而設計，特別適用於車輛救援、飛機事故中清除障礙物或獲取進入點。此設備操作簡便，穩定性高，適合在高壓緊急場景中使用。

- (a) 基於鉸鏈式剪刀原理運作，最大工作壓力可達 550 bar，能快速切割車體支柱、座椅固定件、轉向柱及類似結構部件，且操作過程中不會產生火花或過大的噪音。
- (b) 可由手動泵、電動泵或車載液壓系統驅動操作。
- (c) 若設備配有液壓系統，可直接使用液壓系統來操作切割器及其他液壓工具（如液壓鋸），無需額外使用手動或電動泵。



k. 螺栓切割器

- (a) 消防設備上配備多種設計的螺栓切割器，主要用於切割螺栓、扣件等金屬構件。
- (b) 雖然設計初衷是切割螺栓，但在金屬障礙妨礙消防或救援作業時，也可用於清除這些障礙。
- (c) 每個手柄的內側設有緩衝裝置，確保在切割物件突然斷裂時，操作人員的手部不會被夾傷。
- (d) 手柄未設絕緣功能，操作時應注意避免接觸帶電物體。



l. 電纜剪

- (a) 電纜剪由內置彈簧的鑿形刀片組成，安裝於鋼製管狀槍管內，通過外部槓桿操作。
- (b) 適用於切割電線或電纜，無論電纜是否鬆弛或繃緊。特別適合在狹小空間中使用，當大型剪切工具無法操作時尤為有效。



m. 破壞斧

- (a) 這是一種雙手操作的工具，設計用於大幅度揮動進行切割。
- (b) 配備長木製手柄和雙刃鋼製斧頭，斧頭特別設計適合切割金屬薄片。
- (c) 每次揮擊的力道集中在航空器外殼的局部區域，斧頭的尖端可用於首次刺入，從而快速穿透外殼。



n. 快速脫困刀

此刀具配備略微弧形的木製手柄，刀刃呈輕微的反向弧形，使整體外形形成扁平的“S”形設計。

主要用途是用於切割安全帶（當其他方式無法解除時），因此刀刃的切割邊緣為刀片的凹面曲線。



(3) 各類裝備安全注意事項及防護：

a. 電動工具 (Electrical Tools)

- (a) 主要危險：在靠近或直接於水中（如消防作業）使用電動設備存在重大風險，尤其在惡劣天氣或潮濕場所。
- (b) 火源風險：電動工具可能因火花累積而引發火災。
- (c) 絆倒危險：電纜和導線可能成為絆倒隱患，並易受尖銳物損壞。
- (d) 噪音影響：部分設備運行時可能產生高噪音，需配戴聽力保護裝備。
- (e) 眼部防護：在切割、擴張或強制操作時，必須佩戴護目裝備以防飛濺物。

b. 液壓救援設備 (Hydraulic Powered Rescue Equipment)

- (a) 設計用途：用於需要極大力量進行提升、撐開或切割的場合。
- (b) 操作需求：需要經過培訓的熟練人員操作和監控。
- (c) 維護與防護：
 - ① 保持軟管和連接部件無塵無雜物。
 - ② 使用防塵蓋或防護蓋以防止灰塵或雜物進入。
 - ③ 防止軟管彎折，以避免因高壓導致破裂。
- (d) 通風需求：若在密閉空間使用汽油泵，需確保充分通風，避免一氧化碳積聚。
- (e) 個人防護裝備：包括護目鏡和手套。
- (f) 操作建議：操作時應緩慢且專注，避免刀片微小移動引發連鎖反應。

- c. 壓縮空氣救援設備 (Compressed Air Rescue Equipment)
 - (a) 高壓風險：氣瓶或設備出口可能釋放高壓氣體。
 - (b) 漏氣與冷燒風險：氣體洩漏可能不易察覺，且接頭洩漏可能導致皮膚冷燒傷害。
 - (c) 火花與火源：切割設備產生的火花可能引發火災。
 - (d) 噪音風險：需使用聽力保護裝備。
 - (e) 化學反應：壓縮空氣與潤滑油可能發生劇烈反應，需警惕。
 - (f) 眼部防護：即使使用低速設備，也必須佩戴護目裝備。
- d. 自動動力救援設備 (Self Power Rescue Equipment)
 - (a) 高防護需求：操作時需使用完整的個人防護裝備。
 - (b) 廢氣風險：廢氣在密閉或狹小空間中可能造成危害，需確保通風良好。
 - (c) 火源風險：切割操作時火花可能引發火源，需加以控制。
 - (d) 噪音與眼部防護：
 - ① 噪音可能較高，必須配備聽力保護裝備。
 - ② 圓盤式切割設備可能存在無預警破裂風險，操作時需佩戴護目裝備並提高警惕。

(4) 基本現場安全措施

- a. 穩定現場：抵達後，立即穩定事故現場或殘骸。
- b. 防火保護：使用泡沫覆蓋燃料和高溫殘骸，防止火災蔓延。
- c. 準備滅火設備：確保水線或車載水炮隨時可用。
- d. 充足照明：現場應設置照明燈光，提供清晰視線。
- e. 安撫被困人員：對仍有意識的被困者進行心理安撫。
- f. 保護傷者：防止火花或其他物體對傷者造成進一步傷害。
- g. 保持通風：在密閉空間內操作時，必須確保足夠的通風。
- h. 指派安全官：現場應指派一名安全官以監督整體安全狀況。

(5) 個人防護裝備 (Personal Protective Equipment)

適用於救援與消防行動的消防衣有以下特性：

- a. 外層 (Outer Shell)：抗熱輻射，暴露於熱輻射時可防止點燃。
- b. 內層 (Inner Shell)：包含防濕層與隔熱層。
- c. 內襯 (Inner Liner)：採用輕量阻燃面料製成。
- d. 特點 (Features)：
 - (a) 熱絕緣性能
 - (b) 防水性能
 - (c) 彈性設計
 - (d) 透氣性
 - (e) 輕量化
 - (f) 抗衝擊、抗穿刺及撕裂性能



e. 消防衣其結構與功能說明:

(a) 熱屏障層 (The Thermal Liner):

①提供熱絕緣效果，通過纖維層或非織布層間的空氣捕捉熱量。

②表面布料提高內襯的耐用性並吸收濕氣。

(b) 防濕層 (The Moisture Barrier):

提供防水屏障，有效抵禦液體水、化學品及血液傳播病原體的侵害。

(c) 外層 (The Outer Shell):

抵禦直接火焰點燃，並保護內層免受撕裂、切割、刮擦和磨損等損害。

(6) 其他消防衣類型 (Firefighting Suits)

機場救援及消防行動大致上分為兩種類型的消防衣：

a. 鋁製防護服 (Aluminised Suit): 用於飛機救援和消防 (俗稱接近式消防衣)。

b. 標準防護服 (Structural Suit): 常用於建築或複合性結構火災的消防衣。

消防防護服類型對照表

類型	鋁製防護服	標準防護服
材料	Nomex、Rayon、鋁化玻璃纖維	Nomex、Kevlar、Gore-tex
耐熱性能	可承受高達約 1000°C 的溫度	可承受高達約 370°C 的溫度
熱保護特性	反射 95% 的輻射熱	吸收熱量
主要用途	航空事故救援	結構火災及一般出勤任務
應用場景	飛機救援、近火防護	結構火場救援、日常消防任務
示意圖		

此外，額外的個人防護裝備旨在保護消防員免受高溫影響，需符合 NFPA 1971 標準。防護裝備包括：

- 消防頭盔 (Fire Helmet)
- 消防靴 (Fire Boots)
- 防火頭套 (Flash Hood)
- 消防手套 (Fire Gloves)

(7) 保養與維護

- a. 人防護裝備 (PPE) 必須按照製造商的規範進行清潔與維護。
- b. 如受到污染，需依製造商建議的程序妥善清洗，未清洗前不得使用。

4. 總結

在飛機事故中，對被困人員的救援以及使用繁重且有時複雜的救援設備是機場消防員的重要職責之一。為了挽救生命，以下事項至關重要：

- (1) 確保可用的適當設備：配備合適的救援工具與器材。
- (2) 維持設備的運行狀態：確保設備始終處於可操作的良好狀態。
- (3) 培訓人員：使救援人員具備正確使用設備的技能。
- (4) 穩定結構：確保現場結構穩固。
- (5) 提供充水水線：在任何切割操作現場準備好充水水線。
- (6) 保持泡沫覆蓋：在事故期間，使用泡沫覆蓋燃料或高溫殘骸，以防火災擴散。
- (7) 持續監控事故現場：對整個事故現場保持警戒，預防任何意外火災的發生。

(三) 消防泵浦與吸水裝置

1、課程背景與目標

學習消防與吸水裝置的運作原理、操作技巧及維護標準。透過理論講解與實務操作，深化對泵浦系統的了解，提升應變及設備操作的專業能力，強化消防救援工作的效率與穩定性。

消防泵浦為機場滅火作業的核心設備，確保滅火系統能提供足夠的水壓與流量，支援滅火任務。本課程旨在：

- (1) 掌握不同類型的消防泵浦及其應用特性。
- (2) 學習泵浦操作的實務步驟，並提升檢查與維護技能。
- (3) 了解吸水裝置的重要性，並掌握相關啟動系統的原理。

2、什麼是泵浦？

- (1) 泵浦是一種機械裝置，透過外部動力將能量傳遞至流體。動力可以由操

作人員提供，如手動泵浦，或透過發動機或馬達驅動泵浦。

- (2) 有效地滅火效益依賴穩定的供水運作，消防泵浦通常用於提升可用的水壓。

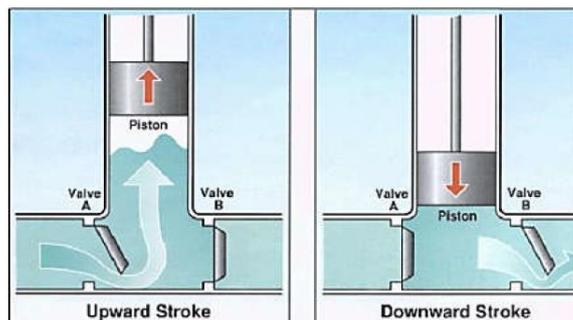
3、理解與有效操作泵浦的知識

(1) 消防泵浦的基本要求

- 泵浦設計應獨立運作，無需依賴外部系統支援。
- 重量輕結構輕巧，方便快速部署與移動。
- 能處理大量水流以應對火災需求。
- 能產生高壓力進行遠距離射水或高空灑水操作。
- 可靠性高、穩定且不易故障，能在緊急情況下長時間運作。
- 維護簡便使用操作簡單，並且日常維護容易。

(2) 泵浦的類型

- 正排量式泵浦：可輸送流體和氣體，例如：腳踏泵。
原理如右圖所示。
- 非正排量式泵浦：只能輸送流體，且需額外的吸水裝置來排除內部的氣體，例如：可攜式抽水泵浦。



(3) 正排量式泵浦

- 壓力泵 (Force Pump)
- 提升泵 (Lift Pump)
- 柱塞泵 (Plunger Pump)
- 旋轉式泵浦 (Rotary Pump)

(4) 非正排量式泵浦

- 離心泵浦 (Centrifugal Pump)
- 噴射泵 (Ejector Pump)

4、泵浦的組件與功能

(1) 葉輪的作用

- 流體通過進水口進入葉輪
- 葉輪的徑向葉片將流體推送至外圍，將動能傳遞至流體。

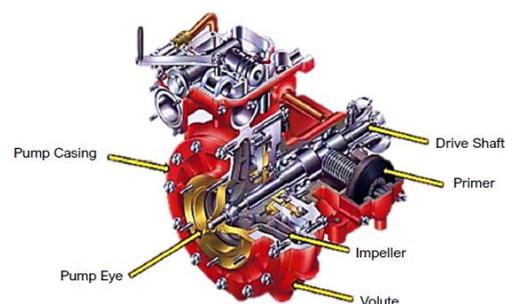
(2) 外殼或漩渦室的作用

- 將流體從外圍引導至出口
- 轉換流體的動能為壓力能，減少流體的速度和湍流。

(3) 傳動軸

- 由鋼材製成。
- 軸封防止空氣進入泵浦外殼，同時提供潤滑。

(4) 導流葉片



設計目的是將速度降低至所需水平，使泵浦外殼能維持恆定的截面積，環繞導流環。

5、離心泵原理與氣蝕現象

(1) 離心泵浦原理示意圖如右圖所示。

(2) 氣蝕 (Cavitation) 示意圖如下圖所示。

a. 定義：當泵浦排出水量超過進水量時，在葉輪中心形成真空。

b. 發生原因：

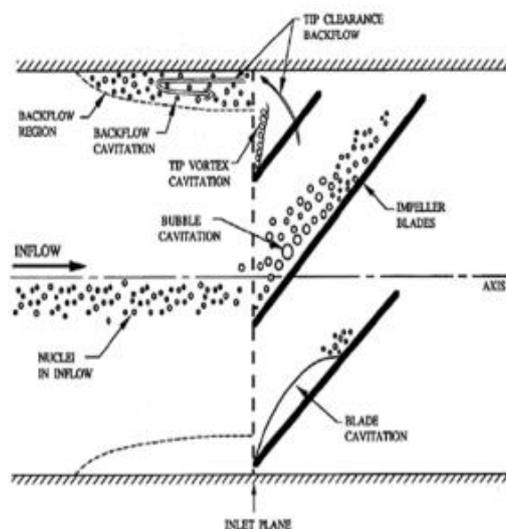
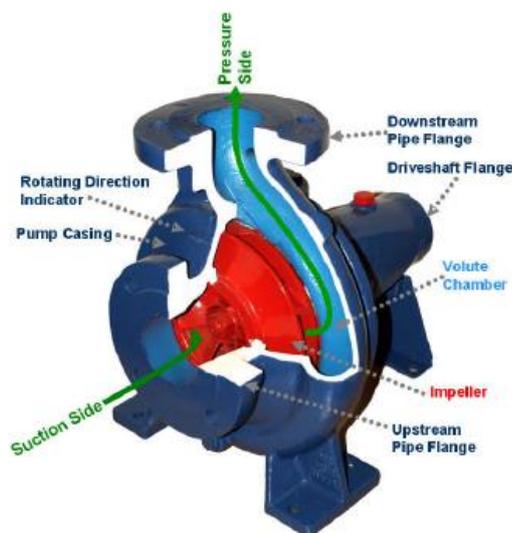
- (a) 供水不足。
- (b) 吸水高度過高。
- (c) 吸水管過小或過長。
- (d) 吸水管堵塞或不充分。
- (e) 試圖泵送過熱水源。

c. 氣蝕檢測：

- (a) 引擎轉速增加但壓力無提升。
- (b) 泵殼及出口變熱。
- (c) 聽見類似石子敲擊泵殼的聲音。
- (d) 吸水管塌陷。

(3) 避免氣蝕的方法

引擎及泵浦速度不超過壓力無法再上升的臨界點。



6、泵浦吸水 (Priming)

(1) 泵浦吸水的定義：

是指排除泵浦內的空氣，並從開放式水源建立吸力的過程。

(2) 離心泵的吸水需求：

離心泵屬於「非正排量式泵浦」，無法輸送氣體，因此需要額外的輔助裝置（吸水裝置）來排除泵內的空氣，完成吸水操作。

(3) 吸水裝置的功能：

- a. 吸水裝置將泵浦內的空氣排出，並創造部分真空。
- b. 在真空的作用下，大氣壓迫使水進入吸水管，並最終流入泵浦內。
- c. 大氣壓的作用克服了泵殼內的負壓，實現水流提升。

(4) 吸水系統的三種類型：

- a. 旋轉式/往復式系統
使用旋轉泵或往復泵結構來排除泵內空氣。
- b. 排氣噴射系統
利用引擎廢氣的高速流動來創造真空，排出泵內空氣。
- c. 水環系統
使用水環泵內的旋轉動作來形成真空，幫助排氣。

7、泵浦的壓力表與檢查測試

(1) 壓力表

- a. 複合壓力表：至泵浦進水端，記錄泵浦內的壓力或部分真空狀態。
- b. 高低壓力表：連接至泵浦出水端，記錄輸送壓力。

(2) 泵浦檢查與測試

- a. 每週檢查：
 - (a) 確保泵殼內有足夠的水，並啟動泵浦。
 - (b) 在引擎運行且泵浦啟動後，檢查所有控制裝置，包括吸水操作桿。
 - (c) 檢查出水閥是否密封正確。
- b. 每月測試：如下圖所示。
 - (a) 輸出測試：檢查泵浦性能
 - (b) 真空測試：檢查吸水裝置效率，並找出泵浦及吸水管是否有洩漏。

Pump Capacity	Equipment used	Pressure (PSI)	Duration
Medium (200 – 350 gpm)	1 x delivery 1 x hose 1 x 1 inch nozzle	80 (minimum)	15 minutes
Large (350 – 500 gpm)	2 x delivery 2 x hose 2 x 1 inch nozzle	80 (minimum)	15 minutes
Ultra Large (500 – 1500 gpm)	3 x delivery 3 x hose 3 x 1 inch nozzle	100 (minimum)	15 minutes

c. 六個月深水操作測試：

- (a) 大型/超大型泵浦：6~7.5 公尺
- (b) 中型泵浦：5~6 公尺

(四) 通訊程序與系統

1. 課程背景與目標

現場通訊對消防救援工作至關重要，尤其在高壓、複雜的事故現場，良好的通訊系統能確保指令傳遞準確無誤，提升整體救援效率。本課程目標包括：

- (1) 熟悉無線電通訊設備的基本操作與維護程序。
- (2) 掌握標準化的無線電通訊程序及火場手勢信號應用。
- (3) 提升火場指揮官的通訊管理與協調能力。

2. 無線通信設備操作及知識

(1) MTP8550EX Tetra ATEX 無線電

設備特點：

- a. 適用於高噪音、惡劣天氣及長時間作業的條件。
- b. 能應對可燃性粉塵、爆炸性化學品、氣體洩漏及易燃碳氫化合物等環境。



(2) MTP3550 Tetra NON-ATEX 無線電

設備特點：

- a. 輕量化設計：相較於 MTP8550EX，這款更輕便，適合一般工作環境。
- b. 多功能按鈕設計：提供私人通話、頻道切換、緊急按鈕等功能，滿足日常通信需求。
- c. 性價比高：因為無需防爆認證，其成本通常低於 MTP8550EX。



(3) MOTOROLA TALKABOUT T82 無線電

設備特點：

- a. 設計用途：
 - (a) 常用於戶外培訓、演習、團隊協作等場景。
 - (b) 提供簡單的通訊功能，適合短距離通信需求。
- b. 功能特性：
 - (a) 耐用性：設計堅固，適合戶外使用。
 - (b) 易操作：操作介面簡單，即使對無線電不熟悉也能快速上手。
 - (c) 短距離通信：適合用於訓練場地或小範圍內的通信。



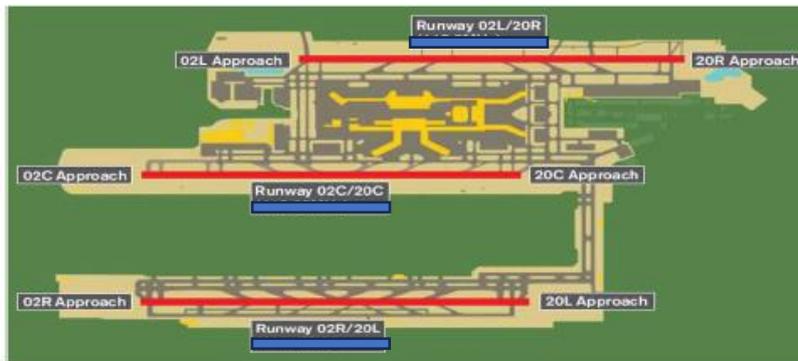
- (4) 設備維護與檢查
 - a. 物理檢查設備
 - b. 清除灰塵及異物
 - c. 確保接收及傳輸頻率正常
 - d. 評估電池狀態及使用壽命
 - e. 確保天線及線路連接正常
 - f. 跟進任何必要的維護計畫

(5) 無線電頻道及頻率

- a. 單跑道頻率 (SRF, Single Runway Frequency)

下圖為樟宜機場單跑道頻率示意圖：

- (a) 車輛進入或穿越跑道時，需監聽並獲得塔台許可
- (b) 到達事故現場或離開跑道後，需切換至作業頻率



- b. 樟宜機場專用頻道以及其用途如下表所示。

Tetra 頻道

頻道	用途
1	首次事件應對 (航空/國內)
2	同時發生的事件應對 (航空/國內)
3	內部航空緊急服務 (AES) 的戰略協調
4	行政職責、培訓/CPT (僅限備用國內呼叫)
5	內部航空緊急服務 (AES) CCS 協調
6	事件應對 (航空/國內)
7	行政職責、培訓/CPT

3. 無線電通訊程序

(1) 情境模擬演練，演練內如如下表所示。

- a. 應對航空器事故
- b. 返回消防站程序

模擬 - 應對航空器事故

編號	地點	行動方	回應方
a	從消防站前往待命位置	- ARFF (機場消防救援隊) 通過運作頻率與塔台建立無線電通信 - WRO (運行監控官) 聯繫塔台監控運作頻率並進行相關通報	- 塔台指示 ARFF 切換至跑道頻率並待命接收指令
b	待命位置	- 塔台授權 ARFF 通過跑道或進入跑道，使用跑道頻率	- ARFF 重複確認後，執行進入/通過跑道的操作
c	跑道清空	- ARFF 向塔台報告跑道已清空，並繼續保持跑道運作頻率前往事故地點	- 塔台確認
d	到達事故現場	- ARFF 向塔台報告已到達事故地點並切回運作頻率	- 塔台確認

模擬 - 應對航空器事故

編號	地點	行動方	回應方
a	第一梯隊及後續梯隊到場進行滅火	- ARFF 向 WRO 報告第一梯隊及後續梯隊已到場，並已開始滅火作業	- WRO 確認
b	搜索與救援進行中	- ARFF 向 WRO 報告搜索與救援作業正在進行	- WRO 確認
c	發現第一名傷者	- ARFF 向 WRO 報告已發現第一名傷者	- WRO 確認
d	二次搜索	- ARFF 向 WRO 報告二次搜索進行中，並回報現場是否已確保安全	- WRO 確認

模擬 - 返回消防站

編號	地點	行動方	回應方
a	從事故現場	- ARFF 通過運作頻率與塔台建立無線電通信 - WRO 聯繫塔台監控運作頻率	- 塔台指示 ARFF 前往距待命位置最近的待命點

編號	地點	行動方	回應方
b	在待命點	- 塔台指示 ARFF 切換至跑道頻率並待命接收指令	- ARFF 確認並待命
c	跑道無其他活動	- 塔台授權 ARFF 通過跑道或進入跑道，使用跑道頻率	- ARFF 重複確認後執行進入 / 通過跑道的操作
d	跑道清空	- ARFF 向塔台報告跑道已清空並切回運作頻率	- 塔台確認

4. 基本手勢信號

(1) 機場消防員手勢信號，可參考圖示中消防員的動作。

- 水源開啟: 手臂高舉過頭，拳頭緊握（圖示左上）。
- 增加壓力: 手臂高舉過頭後快速放下至側邊，每次動作代表增加 100kPa 的泵壓（圖示左中）。
- 減少壓力: 手臂平舉至側邊，然後快速下放至身體側邊，每次動作代表減少 100kPa 的泵壓（圖示左下）。
- 水源關閉: 手臂平舉至側邊，然後橫向揮動至另一側（圖示中上）。
- 排水: 雙臂高舉過頭（圖示右上）。
- 收整設備: 雙臂平舉至側邊，保持數秒（圖示中下）。
- 向我報告: 左手放置於頭盔上，右手指向隊員，示意其向指揮者靠攏或進行報到（圖示右下）。



(2) 電子通訊中斷時的手勢溝通動作

- 所有機場消防隊員與機組人員需理解標準緊急手勢。
- 消防員手勢信號：

為便於理解標準緊急手勢，請參考下方圖片中消防員的示範動作。

- (a) 建議撤離：手臂水平伸直，手掌高舉於眼部高度，向後做招手動作（如左圖所示）。
- (b) 建議停止：雙臂於頭部前方交叉於手腕處（如次圖所示）。
- (c) 火勢受控：雙臂向外下方呈 45 度角，然後於腰部以下交叉，再回到起始位置（如第三張圖所示）。
- (d) 火警信號：右手從肩膀到膝蓋進行扇動，同時左手指向火源位置（如右圖所示）。



(3) 消防員對車輛操作手勢，請參考下方圖片中消防員的示範動作。

- a. 移動消防車：雙臂水平伸直，高舉於眼部高度，向所需方向招手（如左一圖所示）。
- b. 降低泵浦引擎油門：手臂於胸前平舉，右手向外水平揮動（如左二圖所示）。
- c. 增加泵浦引擎油門：雙臂水平伸直，手掌高舉並作畫圈動作（如左三圖所示）。
- d. 全範圍噴灑模式：雙手高舉頭部前方，呈“0”形（如右二圖所示）。
- e. 炮塔中間分散模式：雙臂抬至胸部高度，雙手在胸前形成一個「橢圓形」的姿勢（如右一圖所示）。



- f. 直線水柱模式：一臂向上外側延伸，另一臂向下外側延伸，呈 45 度角（如左一圖所示）。
- g. 停止砲塔射水：雙臂高舉並在頭頂交叉揮動（如左二圖所示）。
- h. 地面掃射啟動或停止：雙臂向下以 45 度角伸展，手掌朝內（如右二圖所示）。
- i. 車輛底部噴嘴啟動或停止：雙臂向下以 45 度角伸展，手掌朝外，手指和手掌做「打開」和「關閉」的動作（如右一圖所示）。



5. 火場通訊的三大指揮功能

- (1) 啟動：建立有效通訊連結。
- (2) 維持：確保通訊一切順暢。
- (3) 控制：有效管理及指揮現場通訊。

6. 火場指揮官 (FGC) 的角色

- (1) 主要職責：
 - a. 制定整體策略與攻擊計畫。
 - b. 下達清晰、簡單且易於理解的指令。
 - c. 控制通訊流程，決定誰說話及何時說話。
 - d. 保持指揮站作為火場通訊的核心。
- (2) 部門報告
 - a. 火場指揮官需指派各部門並監督其進展。
 - b. 報告內容包括：
 - (a) 部門位置。
 - (b) 任務進展。
 - (c) 需求支援。

7. 通訊問題與解決方案

- (1) 常見問題：
 - a. 缺乏標準操作程序 (SOP)
 - b. 訓練不足。
 - c. 組織問題。

- d. 設備故障。
- e. 通訊技巧不足。
- (2) 解決方案：
 - a. 面對面通訊（最佳通訊形式）。
 - b. 無線電通訊（提供遠端通訊能力）。
 - c. 電腦通訊（現場行動終端）。
 - d. 標準操作程序（SOP）：持續評估並解決通訊問題。

8. 通訊準則

- (1) 保持簡短、具體且清晰。
- (2) 避免分散注意力的動作。
- (3) 優先處理重要信息。
- (4) 傳遞以任務為導向的信息。
- (5) 遵循通訊順序模型。

四、各類機型與火警應變

(一) 直升機與軍用飛機

軍用飛機事故是指任何意外事件或涉及軍用飛機並可能構成危險的事件人員、財產或環境。這些事件可以包括多種情況，例如：

1. **事故**—導致飛機損壞的意外事件，造成組員受傷或對周圍區域產生影響。例如：包括起飛、降落或飛行中發生的墜機事故。
2. **故障**—飛機系統的技術故障或故障這可能會導致緊急情況。這可能涉及發動機故障，控制系統故障或電子系統故障。
3. **爆炸事件**—涉及彈藥的事件，例如：武器意外走火、儲存彈藥爆炸，或回收行動期間未爆炸彈藥（UXO）的爆炸。
4. **燃油洩漏與危險**—燃油洩漏或溢出的情況發生，可能導致火災危險或環境污染。
5. **安全事件**—與未經授權的存取相關的事件，破壞或其他可能影響操作或安全的漏洞軍用飛機的安全。
6. **緊急降落**—飛機在預期之外必須降落的情況。由於技術問題、組員緊急情況或不好的天氣條件。

由於這些事件會造成嚴重後果，因此不僅適用於軍事人員，也適用於一班民眾和靠近這些事件的場所。

為軍用飛機事故做好準備對於確保人員安全，盡量減少損失，促進緊急情況下的有效應對。

1. **人員安全**—準備工作的首要目標是保護所有人員的生命安全。培訓和規劃幫助響應者。了解與軍用飛機事故相關的風險，從而能夠他們迅速、安全地採取行動。
2. **損害最小化**—快速有效的行動可以防止對飛機、環境和周圍財產造成進一步損害。準備工作包括了解與相關的具體危險不同類型的軍用飛機，允許有針對性的緩解策略。
3. **快速回應**—有效的準備確保回應。當事件發生時，團隊可以快速動員。這包括擁有預先制定的協議、暢通的溝通管道、準備就緒和獲得必要的設備和資源。
4. **協調與協作**—做好準備，培養強大力量軍事單位與緊急情況之間的關係與溝通響應者。這種合作對於統一回應至關重要，特別是需要多機構參與的複雜事件。
5. **訓練和演練**—定期訓練和模擬演練確保所有人員熟悉事件回應程序。演習有助於找出知識和實務方面的差距，從而能夠持續改進和調整應對計劃。
6. **經驗教訓與適應**—準備工作包括從過去的事件中學習。分析以前的事件可以組織調整其協議和培訓，確保他們在不斷變化的場景中保持有效。

總之，軍用飛機事故的準備工作並不只是合規性或協議問題；這是一個關鍵方面操作安全性和效率。透過投資培訓，資源和協作努力，軍事組織可以顯著提高他們的反應能力發生事故時保障生命財產安全。

軍用飛機類別

1. **戰鬥機**：專為空對空作戰而設計，如 F-22 猛禽和 F-35 閃電 II。
 2. **轟炸機**：用於戰略轟炸任務。如 B-52 同溫層堡壘和 B-2 精神號。
 3. **運輸機**：用於部隊和貨物運輸，如 C-130 大力士和 C-17 環球霸王 III。
 4. **監視偵察機**：用於收集情報，如 U-2 和全球鷹無人機。
 5. **攻擊機**：專為地面攻擊任務而設計，如 A-10、雷霆二號。
 6. **直升機**：各種類型，包括攻擊（例如 AH-64 阿帕契）、運輸（例如 CH-47 Chinook）和偵察（例如 OH-58 Kiowa）。
 7. **訓練機**：用於訓練飛行員，如 T-6 Texan II 和 T-38 利爪。
 8. **無人機 (UAV)**：無人機用於偵察、監視，甚至戰鬥，如 MQ-9 Reaper。
 9. **電子戰飛機**：用於干擾敵方雷達和通信，如 EA-18G 咆哮者。
- 以上這些類別涵蓋了廣泛的軍事需求，從**制空權**到**後勤保障**。

了解與此相關的獨特危險與不同類型的軍用飛機，對於有效發揮消防能量是至關重要的；而每種類型的軍用飛機都存在著不同危險，需要量身訂做其應對的策略，了解這些獨特的風險對於事件管理是非常有幫助的，進而能確保人員安全，並最大限度地減少對環境的影響。準備訓練和協議應反映相關的具體特徵和挑戰每種飛機類型都可增強整體安全性和反應能力的功效。

各種軍用飛機所相關的潛在危險：

1. 戰鬥機和攻擊機

- (1) **彈藥**：配備各種武器，包括飛彈和炸彈，如果損壞可能會造成爆炸風險。
- (2) **高速作戰**：戰鬥機的速度可能導致起飛和降落時發生嚴重事故，造成災難性後果。
- (3) **燃料系統**：攜帶大量燃料，包括 H-70，增加發生碰撞或洩漏時有火災風險。

2. 轟炸機

- (1) **重型軍械**：通常攜帶大型、威力強大的彈藥，可以如果引爆，會形成巨大的爆炸區域。
- (2) **結構完整性**：大型轟炸機可能會遭受嚴重的結構損壞撞擊造成的損壞，使復原工作變得更加複雜。
- (3) **化學危害**：有些轟炸機可能配置為攜帶化學或生物製劑，在事故期間造成額外風險。

3. 運輸機

- (1) **貨物危險**：運輸危險物質或彈藥，撞擊時可能會溢出或爆炸。
- (2) **超載風險**：運輸飛機經常滿載，這會使緊急情況下的處理變得複雜。
- (3) **人員安全**：攜帶大量部隊可能會導致疏散過程中的混亂。

4. 監視偵察機

- (1) **敏感設備**：高科技監視設備可能會對消防中使用的水或化學品敏感，需要專門的處理。
- (2) **低空作戰**：偵察任務常涉及低空飛行，這會增加空中碰撞的可能性。
- (3) **資料安全風險**：需要保護敏感資料的情況下，可能會使消防工作變得更為複雜，尤其是在事故現場混亂的情況下。

5. 直升機

- (1) **螺旋槳的風險**：螺旋槳可能在著陸期間可能使地面人員面臨高度風險，或在維修期間造成維修人員危險。
- (2) **動態飛行特性**：直升機更容易發生由於機械故障導致的中緊急情況，需要專業人員因應。

- (3) **著陸區危險**：直升機通常在受限或危險的區域著陸，使相關工作變得更加複雜及危險。

6. 教練機

- (1) **缺乏經驗的飛行員**：在緊急情況下，飛行員可能會採取意想不到的行動，使消防工作變得更加複雜。
- (2) **老舊飛機的風險**：教練機的安全裝置可能已過時，增加機械故障和火災的可能性。
- (3) **維護危險**：先前的訓練課程可能會在教練機上造成損害，使消防人員面臨未知的危險

7. 無人機 (UAV)

- (1) **電磁干擾**：容易受到訊號干擾或駭客攻擊，導致失控或墜毀。
- (2) **電池危險**：鋰電池可能造成火災風險，特別是在損壞的狀態下。
- (3) **偵察設備**：可進行敏感監控任務，在救援期間需要特殊處理的設備

8. 電子戰飛機

- (1) **敏感電子**：配備各種電子系統，可能含有危險材料，例如電池、電容器和火災期間可能造成危險的化學品。
- (2) **化學推進劑**：有些電子戰系統可能會使用化學推進劑在火災或事故期間釋放可能有毒的物質。
- (3) **爆炸成分**：某些電子戰系統可能包括有爆炸風險的爆炸性成分（例如誘餌）發生火災。
- (4) **飛機配置**：電子戰飛機的設計與佈局可能使消防行動和疏散工作變得複雜，尤其是在狹小的空間。
- (5) **監視與安全措施**：安全協議電子戰飛機周圍可能會限制存取並使事件管理複雜化供消防員應對緊急狀況。
- (6) **不熟悉**：消防員可能受過有限的訓練或不熟悉電子戰飛機相關的特定系統，增加了救援過程中的風險。
- (7) **放射性材料**：一些先進的電子戰系統可能會利用放射性成分，在救援過程產生額外的安全問題。
- (8) **通訊干擾**：電子戰飛機可造成電磁干擾，可能干擾消防工作通訊系統和複雜的協調。
- (9) **碎片與彈片**：發生碰撞時，電子設備碎片及裝備可能會分散並對救援人員造成風險，包括尖銳物和危險物質。

民間與軍方間在緊急事件期間的有效協調，對於確保飛機事故期間的相關人員及軍事人員安全，和最後整個事件成功的解決是非常重要的。

在飛行期間與軍事人員進行有效的協調，對於成功應對至關重要。

1. 透過建立清晰的溝通管道，整合資源，並進行軍事聯合訓練，民間參與

者可以透過訓練增強安全和操作能力。

2. 透過事後回顧與持續改進，可進一步加強未來事件的合作。

有效處理軍機事故需要實施強而有力的策略和技術，並優先考慮安全、協調和快速反應。軍用飛機帶來的特殊挑戰需要專具備業的知識和策略管理的方法。

關鍵策略包括全面事前的規劃、確保所有人員都熟悉特定飛機類型、相關危險性及應對策略。持續培訓，求真務實的演習對於提高技能和培養人才及團隊合作是至關重要的，並使參與者能夠在壓力下果斷採地取有效率的行動。

(二) 飛機內部火災

1. 飛機內部火災有幾個特點：

- (1) 問題更加複雜且影響人數較多。
- (2) 大量的火災負荷。
- (3) 火勢可能非常嚴重、迅速蔓延具有強烈的毒性，煙霧可能阻礙任何逃離飛機的路線。



2. 墜機後火災和火災之間的區別

- (1) 飛行中火災－系統或組件故障或維修造成的問題。
- (2) 墜機後火災－因墜機過程中釋放的燃料起火而引起降落。

3. 飛機內部火災的原因

- (1) 設備故障。
- (2) 電氣故障。
- (3) 隨身攜帶的鋰電池過熱起火。
- (4) 人為疏忽。

4. 閃燃

同時點燃封閉區域內的所有可燃材料。

當封閉區域內的材料加熱至自燃發生的溫度時，影響閃燃的因素：

- (1) 著火地點。
- (2) 封閉區域的大小、形狀和體積。

- (3) 火勢成長率。
- (4) 封閉區域內的材料。
- (5) 隔間內的通風性。



(上圖) 閃燃現象

5. 爆燃

當氧氣進入時引起過熱氣體突然強力燃燒快速引入缺氧環境而逆流的現象：

- (1) 濃黑煙，無明顯火焰。
- (2) 密封良好的隔間。
- (3) 高濃度易燃一氧化碳。
- (4) 煙霧冒出，又被吸回。
- (5) 窗戶被煙燻黑。
- (6) 打開開口時空氣和煙霧突然快速流動。

6. 客艙內火災可能造成危害的家具類別

- (1) 座椅
- (2) 廚房
- (3) 電氣；電源插座
- (4) 盥洗室
- (5) 廢棄物容器
- (6) 頭頂行李艙
- (7) 地毯
- (8) 門
- (9) 窗戶
- (10) 鏡子

Furnishings	Gas produced
Seat	Sulfur dioxide, hydrogen cyanide, carbon monoxide
Wall/ floor covers	Hydrogen cyanide, carbon monoxide, ammonia
Plastics	Dioxins, furan, sulfur dioxide, hydrochloric acid
Composites	Hydrochloric acid, hydrogen bromide, nitrogen dioxide

7. 危險因素

當飛機內部起火時，有幾個可能會造成現場搜救人員危險的因素，包含：飛機機體可能傾倒、短時間內必須疏散大量的組員和旅客、在混亂中人員和設備的正確定位、濃密的有毒煙霧和爆炸性蒸氣的快速積聚、火勢迅速蔓延、碳纖維和其他有害物質的釋放、不熟悉飛機內部的配置、事故發生的期間非常漫長、可能發生大量燃油洩漏、需要大量的水源。



（上圖）飛機內部火災時濃密的有毒煙霧和爆炸性蒸氣的快速積聚

8. 消防救援任務

（1）身為機場消防的專業須知及素養

當飛機內部發生火災時，除非乘客有能力毫不拖延地撤離飛機，否則非常高機率會導致傷亡。

因涉及飛機火災事故需要特定的策略和消防救援科技，機場消防人員必須接受過相關訓練，並以最高標準執行救援任務。機場消防作為一個

團隊，必須有效率地執行任何飛機相關事故的救援行動。

熟悉所在機場的所有飛機機型是最基礎且優先的要務，同時必須熟悉飛機所有主要艙門的類型和位置、緊急情況時飛機外部和內部的出口和操作方式，以及熟悉飛機的逃生滑梯等。對過去事件的研究在典型事故發生時的判別有其用處，並可以協助規劃救援戰術和技術。

飛機外部發生火災時，有很高的可能性火勢會蔓延至飛機內部，在測試中證明，在某些條件下，飛機外部的火勢在一分鐘內，可以完整穿透至機身內並蔓延進客艙，因此到現場後必須優先撲滅主機身附近的任何火勢。

機場消防必須熟悉通訊系統的操作，尤其在事故發生時，同時在平時的訓練必須模擬應對飛機內部及外部火災的各種場景。

(2) 當機場消防抵達現場後

首要責任是快速有效處理現場狀況，而此責任在於第一個抵達現場的機場消防。立即將消防車輛、設備由前至後停放在能夠涵蓋飛機外部火勢的位置。操作監控射水不應影響到疏散中的乘客，也不能將飛機機翼上的火勢逼至地面。同時避免在飛機頂上使用泡沫，因為這可能會抑制任何內部火災的自然通風。

應立即透過航空頻道與飛航組員聯繫，告知需要撤離乘客，並與組員聯絡，告知疏散的必要性，並提供可用出口的建議。將機組人員及乘客疏散至遠離事故現場的上風安全區域。

執行強行進入救援時，考慮使用穩定的工作平台。進入飛機時應使用緊急出口，並開啟疏散乘客時還未使用的出口。

通風前，請確保防護水線已策略性地就定位，以防止火勢突然蔓延或發生閃燃。執行艙內通風時在對端打開門或緊急出口以協助通風。注意機體結構是否有即將倒塌的跡象，特別是在飛機的前端和後端，以及尾翼的上方，尤其是飛機的前後部位及機尾懸垂區域，並確保充足且持續的供水。

必要時，確保火災後的現場安全和機身冷卻，但避免對飛機頂部進行冷卻，因為這會妨礙內部的通風。確保消防隊員精神飽滿，車輛發揮最佳效能，並將優先處理的重點放在飛機內部，以提供任何被困乘客和機組人員可生存的條件。將燃燒的物質、煙霧和熱氣從打開的機門和緊急出口導出。

(3) 進入機艙

進入飛機可能很困難，逃生滑梯可能需要在消防員進入機艙前移除，同時可能需要使用梯子或穩定的平台進入救援。

(4) 通風排煙

以射水冷卻並將煙霧驅向通風口，並沿著機身進一步在機艙內建立生存環境，將所有倖存者移到新鮮空氣處是不太可能的，因為航空事故

往往涉及大量乘客。

通風排煙方式：

- a. 利用盛行風向
- b. 利用水線和錐形噴射水柱將火焰氣體強行推向通風口
- c. 使用 PPV
- d. 可能需要讓火燒穿機身以自我通風

(5) 專注於任務

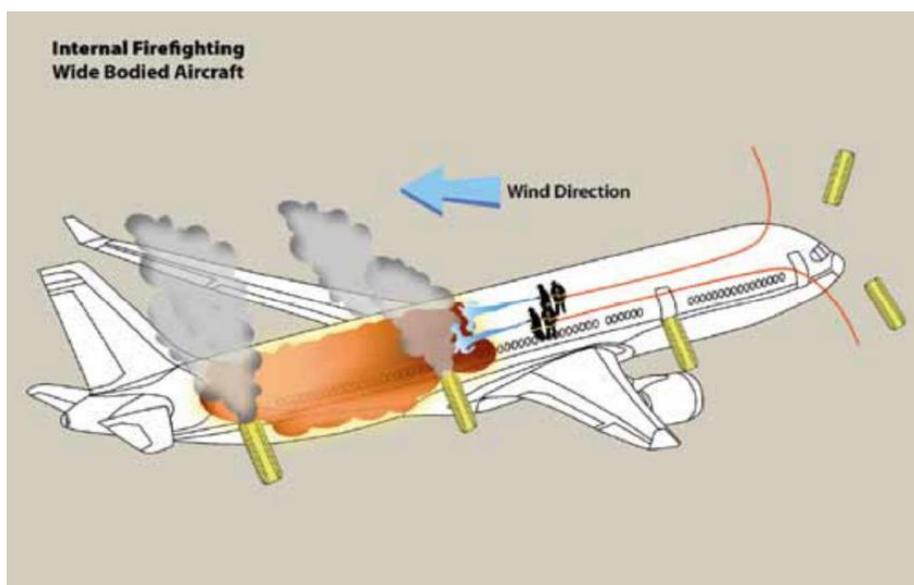
- a. 機場消防員不應該因為受困乘客需要救援而分散注意力
- b. 滅火並排煙可能會挽救更多生命
- c. 在排煙成功之前，需戰略性地佈設防護水線於通風點。

(6) 水線管理及搜索方式

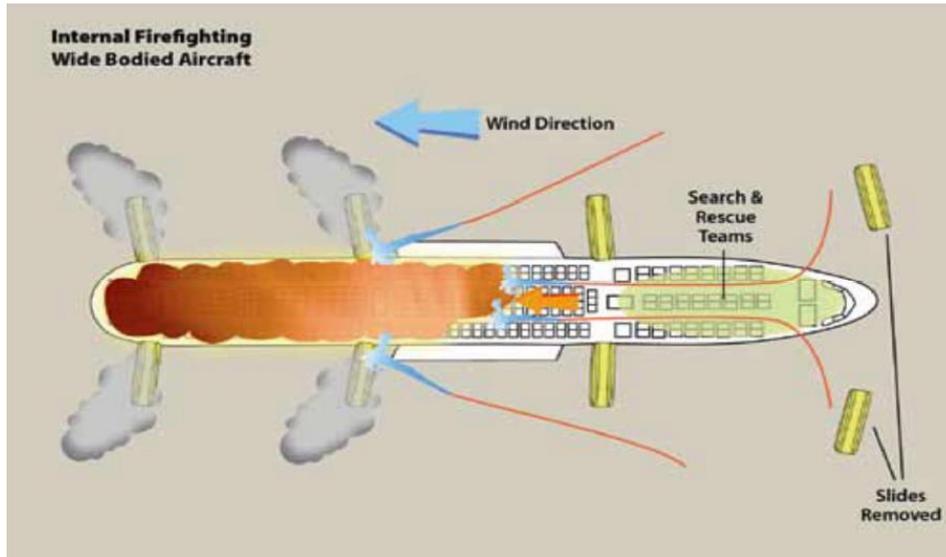
- a. 由於侷限的空間、艙內格局和墜機後的碎片所造成的障礙
- b. 可能需要派遣額外的 BA 小組進行救援
- c. 在廣體飛機上，需使用多個團隊在每個走道上進行搜索
- d. 可能需要在機艙上、下層進行搜索
- e. 使用熱顯像儀搜索傷亡人員
- f. 應以有條不紊的方式進行，隨後抵達現場的團隊可以協助或重新進入並繼續搜尋
- g. 使用座位計數和座位描述的簡易圖表佈局可用於識別傷亡情況並作為後續搜救人員的參考位置

(7) 供水

- a. 艙內搜救人員水線的供水必須持續不中斷地維持
- b. 如果任何在艙內的搜救人員失去供水，他們將會處於嚴重危險之中
- c. 監控供水及可用性極為重要



(上圖) 進入廣體客機艙內搜救時，兩個走道皆需有搜救人員及水線



(上圖) 搜救人員進入機艙前，須移除逃生滑梯，同時排煙口須佈設防護水線

涉及飛機外部和內部的火災，當務之急是控制外部火勢以利救援，並保持機身的完整性。

飛機外部火災可能會阻礙乘客和機組人員疏散，在這種情況下分秒必爭，機場消防有效率的救援行動可以改變災害最初發生時，機內乘客原本應面臨的命運—「生」或「死」。

(三) 建築及消防救援

1. 課程目標：

本課程旨在為有經驗的機場消防員提供消防站管理、戰術消防（涵蓋各種緊急情況）以及火場指揮的理論、原則和實踐知識，以幫助他們為擔任機場消防員的角色做好準備。培訓的主要部分應集中於實際演練。

本課程包含消防戰略中各基本分工的重要性與意義。機場消防應能夠展示在應對建築火災中有效實施消防戰術和技巧的能力，並能夠：

(1) 描述消防戰略中各基本分工的重要性與意義

消防戰略中的基本分工是確保火災撲救成功的關鍵因素。每個分工都有特定的目標和職責，例如火源控制、人員疏散、救援行動和物資保護。明確的分工能夠提高團隊協作效率，減少資源浪費，確保消防行動有條不紊地進行，從而最大限度地降低火災對生命和財產的威脅。

(2) 描述在應對建築火災中有效實施消防戰術和技巧

在應對建築火災時，有效實施消防戰術和技巧至關重要。包括正確使

用滅火設備、優化水資源配置、運用通風策略減少煙氣擴散，以及精準評估火場結構以確定最佳撲救路徑和疏散路線。這些技巧和戰術能夠提升滅火效率，降低人員風險，並確保火災能夠儘快得到控制。

2. 新加坡建築物的形式

RESIDENTIAL	COMMERCIAL	INSTITUTION	INDUSTRIAL
HDB Housing	Office Building Shopping Complex Hotel Airport Hospital	School Police/Fire Station Community Library	Refineries Warehouse Car Park Stadium
			

(1) 住宅類 (RESIDENTIAL)

HDB 組屋

(2) 商業類 (COMMERCIAL)

- a. 辦公大樓
- b. 購物中心
- c. 酒店
- d. 機場
- e. 醫院

(3) 公共機構類 (INSTITUTION)

- a. 學校
- b. 員警/消防局
- c. 社區圖書館

(4) 工業類 (INDUSTRIAL)

- a. 煉油廠
- b. 倉庫
- c. 停車場
- d. 體育場

3. 影響消防安全的建築特點：

(5) 火勢蔓延

- a. 火災荷載及其分佈
- b. 建築設計特點

(6) 煙霧和火災氣體的移動

- c. 通風和加壓系統
- d. 人員疏散
- (7) 檢測、報警與通訊
 - a. 報警啟動及信號（音訊或視覺）
 - b. 與人員之間的通訊系統
- (8) 人員移動
 - a. 居民（水準與垂直方向）
 - b. 消防員（水準與垂直方向）
- (9) 滅火系統
 - a. 自動滅火系統
 - b. 手動滅火系統
- (10) 消防作業
 - 出入口和通行條件
- (11) 結構完整性
 - 分區設計（防火分隔）
- (12) 場地設計
 - a. 曝露保護
 - b. 其他因素（供水、交通可達性）

4. 緊急語音通信 (EVC) 系統：

- (1) 針對第 III、IV、V、VI、VII 和 VIII 類所有大型建築滿足以下任一條件：
 - a. 可使用樓層面積 (AFA) 超過 5000 平方公尺
 - b. 總佔用人數超過 1000 人
 - c. 居住高度超過 24 公尺
- (2) 緊急語音通信 (EVC) 系統的需求
 - 可攜式無線電設備或手機的通信困難
 - 緊急回應團隊在盲點區域難以使用無線電設備或手機進行通信，從而影響以下任務的協調：
 - a. 消防作業
 - b. 疏散行動
 - c. 救援操作
 - d. 消防和救援行動的成功
 - e. 依賴現場指揮官之間的語音通訊
 - f. 確保始終向建築物內的人員通報最新情況
- (3) 緊急語音通信 (EVC) 系統的功能
 - 供緊急響應團隊和建築物內人員/消防管理員使用，用於：
 - a. 確定應急策略及採用的消防技術

- b. 加快及有秩序和系統化地進行疏散與救援
- c. 調配人力和設備
- (4) 兩種緊急語音通信 (EVC) 系統
 - a. 單向緊急語音通信系統
 - b. 雙向緊急語音通信系統

5. 消防指揮中心 (FCC)

一般要求是設置在靠近消防大廳或接近消防車通道和樓梯的位置並且能夠與建築物的所有區域進行通信。

(1) 緊急情況下的操作概念

三階段

- a. 階段 1：通知消防單位
- b. 階段 2A：疏散－有序地疏散建築物內的人員
- c. 階段 2B：緊急關閉程序、消防、危險物質監控、控制與救援
 - (a) 關閉關鍵系統
 - (b) 控制和撲滅火災
 - (c) 監測危險物質 (HazMat)
 - (d) 實施控制措施與救援行動
- d. 階段 3：去汙－清除污染物並恢復環境安全

(2) 火災事件中的關鍵行動

- a. 消防安全經理 (FSM) 在消防指揮中心 (FCC) 的行動
- b. 確認情況
- c. 評估情況及已疏散人員的數量
- d. 調動公司緊急響應隊 (CERT)
- e. 確定火災位置
- f. 持續進行的疏散
- g. 在集合點點名

(3) 低層與高層建築定義 (新加坡)



Low Rise Building
(less than or equal to 24m; 8 storey)



High Rise Building
(height of more than 24m)

- a. 無通信系統的低層建築（低於 8 層）
 - (a) 「單階段報警」和「全面疏散」
 - (b) 聽到首次警報時，所有人員需立即疏散至建築物外
- b. 具有通信系統的低層建築（低於 8 層）
 - (a) 「雙階段報警」和「全面疏散」
 - (b) 警報聲（持續不少於 1 分鐘）應被視為警示信號，人員需準備進行疏散
 - (c) 確認發生火災情況後，第二次連續警報響起，所有樓層應立即進行全面疏散
- c. 高層建築（高度超過 24 米）
 - (a) 「雙階段報警」和「分階段疏散」
 - (b) 首次警報將在所有樓層響起，作為警示信號
 - (c) 第二次警報確認火災情況後，將啟動分階段疏散
 - (d) 第一階段：「緊急樓層」以及其上下兩層開始疏散
 - (e) 其餘樓層被建議等待進一步指示
 - (f) 一旦疏散樓層報告「清空完畢」，第二階段開始
 - (g) 第二階段：疏散「緊急樓層」以上的樓層（一次不應超過 20 層）
 - (h) 第三階段（最終階段）：疏散「緊急樓層」以下的樓層
 - (i) 情況將決定是否需要通過各種方式對建築物進行全面疏散。
 - (j) 每次疏散不超過 20 層，以防止發生踩踏事故。

Evacuation Model				
	Low-Rise			High-Rise
	No EVCS	With EVS but with Atrium Space e.g. Dept Stores	With EVC & <u>Compartmented</u> Floors e.g. Industrial Building	
Height	Less than or equal 24m			More than 24m
Alarm	Single-stage	2-stage	2-stage	2-stage
Evac	Total	Total	Phased	Phased

(上圖)新加坡低層／高層建築火警疏散原則

(四) 飛機棚廠火災

1. 課程目標

該課程培訓計畫旨在使經驗豐富的機場消防員掌握消防站管理的理論、原則和實踐，涉及各種緊急情況的戰術滅火以及火場指揮，以準備他們擔任機場消防官員的角色，大部分培訓應集中於實踐演練。

2. 棚廠火災

由於飛機、棚廠及其附屬設施具有極高的價值，因此需要仔細運用相關危險知識。培訓計畫應向參與者介紹處理此類火災時需要考慮的各種危險、行動限制、疏散需求、結構脆弱性以及其他相關因素。在本課程中，我們學到了：

- (1) 描述與飛機棚廠相關的各種危險
- (2) 描述疏散需求
- (3) 描述飛機棚廠的結構脆弱性
- (4) 描述處理此類火災時需要考慮的其他各種因素

本課程旨在向學員提供識別和應對飛機棚廠火災事故的知識和技能。棚廠是用於存放飛機、進行維護、修理或大修（MRO）的建築或結構。在進行各種操作時，會暴露出不同的危險因素。任何涉及這些操作的火災都可能危及棚廠及其內部設施。



3. 封閉環境的影響

棚廠內的封閉環境使得火災情況與露天的飛機火災大為不同。

- (1) 熱量和煙霧
在封閉的空間內，熱量和煙霧會迅速積聚，增加火災的蔓延速度和危險性。
- (2) 對其他飛機的風險
如果棚廠內有多架飛機，火災可能會迅速蔓延至其他飛機，導致更大範圍的損失。
- (3) 其他暴露風險如有有毒氣體、燃油洩漏等，可能會導致火災更為複雜和危險。
- (4) 行動限制
封閉環境可能會限制消防員的活動範圍和有效滅火的空間，增加滅火

和救援的難度。

4. 熱量和煙霧

由於飛機、棚廠及其附屬設施的極高價值，需要謹慎運用相關危險知識。熱量和煙霧的迅速積聚飛機火災的特點是高溫和大量濃煙，但是：

(1) 大量煙霧的積聚

在封閉的棚廠中，煙霧會迅速積聚，限制視野並增加疏散和滅火的難度。

(2) 輻射熱擴散

輻射熱會向周圍環境擴散，並在建築物內反射，進一步加劇火災蔓延和損害。

5. 對其他飛機的風險

飛機在棚廠內通常比其他地方更靠近，因此火災從一架飛機蔓延到另一架飛機的可能性非常高。

6. 行動限制

(1) 棚廠內通常被維修設備、手推車、千斤頂、維修平台等物品所圍繞，這些都會妨礙滅火行動。

(2) 這些環境因素的綜合作用會限制對火災的撲滅，同時使周圍的許多昂貴設備暴露在損壞或摧毀的危險中。

7. 常見因素

在火災應對的初期，必須做出的一個關鍵決策是是否打開棚廠的主門。

(1) 打開門會減少上述環境條件的影響，有助於改善火場的通風，降低熱量和煙霧的積聚。

(2) 關閉門則會加劇這些影響，限制熱量和煙霧的散發，可能導致火災蔓延更快。

8. 各種危害

(1) 熱危害

a. 開門

(a) 會導致迅速的燃燒反應發生

(b) 周圍環境的溫度得到降低

(c) 高溫氣體能夠逸散出去

(d) 打開門後，棚廠內的熱蒸汽會逸出，而冷空氣則會進入棚廠，說明降低內部溫度。

b. 關門

會導致棚廠內溫度更快速地上升，因為熱量被困住，熱空氣不斷循環。

(2) 煙危害

- a. 開門：煙霧可以逸出，不太可能在門上方積聚。
- b. 關門：火焰可能減弱，但可燃蒸氣和氣體仍然存在。

(3) 暴露危害

- a. 開門
 - (a) 打開門會形成「上風」和「下風」條件，導致火災在某一方向上蔓延更快，而在另一個方向上蔓延較慢。
 - (b) 上風區域的工作條件可能相對較好，其他飛機在該區域相對安全。

(4) 關門

下風區域的條件可能和關閉門時一樣糟糕，火災的蔓延會更難控制。

(5) 其他暴露危害

其他設備可能促使火災擴大，進一步增加火災的規模和危害。

9. 救援行動

(1) 障礙物

開門：無重大危險

關門：限制進入火災區域，並限制棚廠內可用的活動空間。

(2) 撤離需求

開門：可進行撤離

關門：

- a. 放棄任何撤離飛機和設備的努力。
- b. 消防隊員只能依靠滅火來儘量減少飛機和設備的損害。
- c. 飛機和設備的價值高於棚廠結構本身。
- d. 大規模撤離是可行的。

(3) 可變因素

- a. 似乎關閉棚廠門的缺點大於優點，但其他因素可能會影響決策。
- b. 機場消防的反應（人力與資源）
- c. 棚廠內工作的人員數量也有所不同。
- d. 棚廠設備的可用性也存在差異。

(4) 接受有限的行動

在某些情況下，由於人力不足等原因，可能無法進行棚廠撤離，機場消防只能採取有限的行動。此時，保持機庫門關閉，直到有足夠的增援到達，可能更為迅速有效，同時努力使用可能只有一條水線來控制火勢。

(5) 建立廣泛行動的條件

在機場消防全員到位且具備足夠人力進行撤離的情況下，開門的優勢

非常明顯，而在通道受限、行動受阻的情況下，這些人力資源的價值將大大降低。換句話說，只有在能夠充分利用資源的條件下，反應的力量才具有真正的優勢。

而開門的情況下：

- a. 對於沒有自給式呼吸器（SCBA）的人來說，環境仍然可以忍受。
 - b. 如果水線只佈設在入口處，由於棚廠面積很大，覆蓋效果會受到限制。
 - c. 能見度足夠良好，適合有組織的工作。
 - d. 可以撤離飛機和設備，以便於：
 - (a) 清理地面空間，便於水管的移動
 - (b) 限制火勢蔓延的潛力
 - (c) 降低可能的總火災損害
- (6) 其他重要因素
- 無法移動的飛機
- a. 部分拆解且置於千斤頂上的飛機顯然更難以撤離。
 - b. 這種情況的飛機可能會阻礙其他飛機的移動。
- (7) 火災位置與風向的關係
- a. 開放門會將機庫劃分為上風區和下風區。
 - b. 如果火災位於上風端，開啟機庫門會導致大部分機庫處於危險的下風區。
 - c. 如果火災位於下風端，開啟機庫門則會在大部分機庫區域內形成相對安全的條件。
 - d. 替代通道：如果主門關閉，供滅火使用的替代通道在不同機庫之間差異很大。主門中設置的小門（如柵門）是常見的設計。
- (8) 撤離優先順序
- 在撤離過程中，撤離應優先於滅火行動。只要工作條件仍然可接受，撤離相對簡單，並且能夠確保完全安全。
- (9) 戰術與技巧
- 滅火機庫的操作與滅火地面上的飛機類似：
- a. 進行救援任務的可能性較小。
 - b. 洩漏的燃料不太可能在飛機周圍廣泛擴散。
 - c. 火災不太可能直接暴露於攻擊面，可能需要先找到進入火災區域的方法，才能開始滅火。
 - d. 火災可能發生在離地面較高的位置。
- (10) 人員配置與水線佈設
- 在需要使用泡沫的情況下，重型輸水管線會成為不利因素。水線的佈設必須確保能夠達到有效的工作位置。將一條水線分配給兩名隊員比透過增加更多的水線來過度消耗隊員的體力要更好。

遠程射水適用於覆蓋大範圍的火災區域。

(11) 中央防火門的使用

使用中央門和靠近火源一端的門，相較於使用機庫兩端的門，具有相當大的優勢。

(12) 火災控制

- a. 水線應均勻分佈在火源周圍，而不是集中在上風側。
- b. 水線的位置必須是為了撲滅火災，而不僅僅是包圍火源。
- c. 水線的位置應足夠接近，以便對火災本身進行準確的攻擊。



(五) 公路隧道中的消防作業

1. 原則－滅火以救援

- (1) 目的不是為了保護財產
- (2) 是為了簡化和加速救援操作
- (3) 保持與另一端出入口的聯繫
- (4) 進行偵察
- (5) 定位火源
- (6) 確定氣流方向
- (7) 攻擊火源
- (8) 搜救行動

2. 人力需求

- (1) 指揮 - 2 名指揮官
- (2) 偵察 - 2 名隊員
- (3) 滅火 - 4 名隊員和 1 名指揮官
- (4) 搜救 - 4 名隊員和 1 名指揮官
- (5) 車輛操作 - 取決於車輛數量

總計：4 名指揮官和 10 名隊員

對於兩端的操作，總共需要 28 名人員

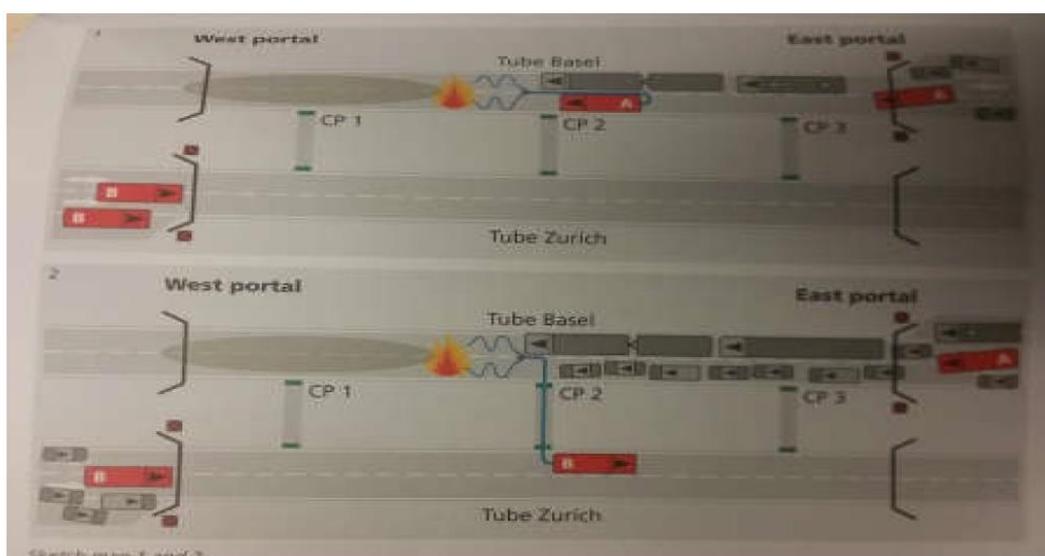
3. 戰術

- (1) 雙側進攻
- (2) 在隧道事故中，應從兩端進行接近

4. 雙管隧道／單向交通

在這種情況下，通常會採取以下策略和措施：

- (1) 進攻方向：確保從上風處或遠離火源的方向進入，避免煙霧和火勢影響救援行動。
- (2) 疏散路徑：考慮到單向交通，疏散通道應確保不會與正在進行的滅火或救援行動衝突。
- (3) 資源配置：根據隧道的具體情況，可能需要在兩端部署不同的救援和滅火力量，以確保全面覆蓋。
- (4) 設備與人員：雙管隧道可能需要特殊的設備和策略來應對可能的火災蔓延，確保兩側的通道和通風系統得到有效利用。



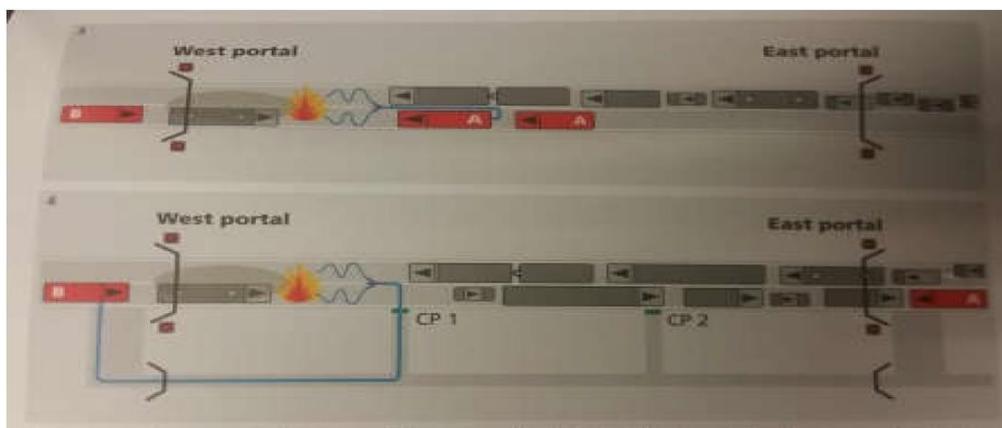
(上圖) 雙管隧道／單向交通的救援戰術

5. 單管隧道／雙向交通

(可能會有掉頭車輛) 在這種情況下，以下策略和措施應予以考慮：

- (1) 緊急疏散與通行：雙向交通可能會導致交通擁堵，因此疏散行動必須迅速並有序進行，避免發生交通瓶頸。
- (2) 防火與滅火策略：由於隧道兩端可能受到不同火災影響，滅火行動應確保能夠覆蓋整個隧道，並且儘量避免火災蔓延至另一端。應準備充分的滅火器材並確保能迅速進入火源區域。
- (3) 掉頭車輛的應對：掉頭車輛可能會影響緊急救援和撤離的流暢性，因此應提前做好疏導和指引工作。需要設置明顯的標識和指示，確保車輛能夠順利轉彎並脫離火災區。

- (4) 人員部署與通信：考慮到雙向交通的複雜性，需要在隧道兩端及關鍵位置部署足夠的人員進行指揮與疏導，同時保持良好的通信聯繫，確保資訊傳遞及時，避免混亂。



(上圖) 單管隧道／雙向交通的救援戰術

6. 隧道救援的兩大障礙—煙霧與車輛

在隧道火災或緊急情況下，煙霧和車輛是兩個主要的障礙物，可能對滅火、撤離和救援行動造成重大影響。以下是應對這兩種障礙物的策略：

(1) 煙霧

- 煙霧管理**：隧道內的煙霧可能導致能見度極低，嚴重影響疏散和滅火行動。應使用適當的通風系統，盡可能排除煙霧，或通過控制煙霧擴散來保護逃生路線。
- 逃生路徑**：確保逃生通道的標識清晰，且通過指示燈或緊急照明系統提供有效指引。在高濃度煙霧區域，應優先指引人員沿著風向或煙霧較少的路徑撤離。
- 防護裝備**：消防員應佩戴完整的個人防護裝備，包括自給式呼吸器（SCBA），以確保在煙霧中進行有效的救援和滅火。
- 通風與排煙**：如果隧道配有通風系統，應啟動系統來降低煙霧濃度。必要時，也可以使用大流量風機進行局部排煙。

(2) 車輛

- 交通管理**：在發生火災時，隧道中的車輛可能會阻塞疏散路徑或影響滅火行動。應迅速評估交通狀況，採取措施清理通道，並指引車輛駛離危險區域。
- 掉頭車輛的應對**：如果車輛需掉頭撤離，可能會導致交通堵塞，應提前設置好標識和指示，引導車輛快速、安全地撤離。
- 滅火與救援通道清理**：車輛位置可能會阻礙滅火通道的設立。因此，需要優先清理車輛並設置水槍線路，確保滅火工作不受阻礙。
- 車輛火災應對**：如果隧道中的車輛發生火災，特別是易燃或危險品運輸車，應立即進行隔離並採取特殊的滅火措施，如使用泡沫滅火劑

等。

7. 綜合應對策略

- (1) 協調作戰：在應對煙霧和車輛的障礙時，滅火、救援與交通管理應協調進行。消防、急救、員警等多方力量需要緊密配合，確保隧道內的人員能夠迅速安全撤離，火災能夠得到有效撲滅。
- (2) 資源調配：根據隧道的長度和火災規模，合理調配人員和設備，確保有足夠的資源應對煙霧、車輛及其他可能的障礙。



8. 通訊與協調

隧道事故需要持續的協調，隧道事故中的應急響應需要各方人員（如消防員、急救人員、員警等）之間的緊密協作和持續溝通，確保每個環節的行動得以順利進行。

精確的通訊非常重要，由於隧道內的通風系統通常非常嘈雜，強烈影響通訊品質，因此在這種環境下，通訊系統必須具備足夠的抗干擾能力。使用對講機或其他適用於高噪音環境的設備非常重要，確保資訊能夠及時、準確地傳遞。具體措施如下：

- (1) 無線通訊設備：使用高品質的無線對講機或頭戴式通訊設備，能夠有效減少背景雜音的干擾。
- (2) 手勢與信號：在通訊受限的情況下，手勢、閃光燈或其他視覺信號可以作為輔助通訊手段，確保人員之間的及時協調。
- (3) 建立預定的通訊協定：制定標準化的通訊協定和緊急信號，以便在高噪音環境下快速、清晰地傳達指令和資訊。
- (4) 指揮系統：指揮官應保持與各組隊員的定期聯繫，確保行動順利進行，並根據情況調整策略。
- (5) 通過有效的通訊和協調，可以在隧道事故中減少混亂，提高救援效

率，確保所有人員的安全。

9. 公路隧道滅火

(1) 空間條件

隧道的最小高度通常為 4.5 公尺，具有巨大的空間體積。這種空間條件意味著：

- a. 滅火人員可以在隧道內進行較為自由的操作，但同時也需要考慮到火災蔓延的速度和火源的潛在高度。
- b. 需要足夠的滅火設備和人員來覆蓋整個隧道的火災區域。

(2) 滅火車輛的使用

- a. 在隧道火災中，滅火車輛的作用不僅是直接撲滅火源，還應通過冷卻周圍區域來減少火勢蔓延。
- b. 需要使用兩條小水線，確保能夠靈活地操作並且有效控制火災。
- c. 小水線的優勢：更適合於狹窄空間中的精確滅火，同時避免過多的水浪費。

(3) 滅火劑的使用

- a. 水是最常用的滅火劑，特別適用於撲滅液體火災、固體火災等。
- b. 對於隧道火災，如果火源涉及特殊材料（如電氣火災、化學品火災等），則可能需要使用其他滅火劑（如泡沫、乾粉等）來有效撲滅火焰。

(4) 滅火技巧

- a. 直接噴射：對於火勢較小或可以直接接近的火源，應通過直接噴射水流進行撲滅。
- b. 冷卻周圍區域：使用兩條水線時，要確保不僅撲滅火源本身，還要冷卻火災周圍區域，以防火勢蔓延。
- c. 封閉火源：對於隧道內的火災，有時需要通過封閉火源來阻止空氣流動，從而限制火災的蔓延。
- d. 氣流控制：適當控制隧道內的氣流方向，避免煙霧和火勢被風力加速傳播。

(5) 水壓

- a. 高水壓對於遠距離和高空的滅火至關重要。在隧道中使用高水壓可以幫助水流到達較遠或較高的火源位置。
- b. 水壓要根據火災規模和滅火器材的容量進行調整，確保每條水線能夠提供足夠的水流量和噴射距離。

通過這些技術手段，滅火人員可以有效應對隧道火災，控制火源並確保疏散通道暢通。

10. 搜救行動

- (1) 下風側生還機會極小
在火災中，隧道的下風側因煙霧和有毒氣體的蔓延，生還的機會非常小。因此，搜救行動應優先在上風側進行。
- (2) 大多數人會自行逃生
隧道內的人們通常會試圖自行逃生，尤其是當火災發生時，許多人會向出口方向靠近，甚至可能造成擁堵。因此，指引和疏導是非常重要的。
- (3) 少數人會留在車內，例如受傷者
一些受傷的人可能無法逃離，仍然待在車輛內。搜救人員需要特別關注這些被困在車內的人員，使用設備快速解救。
- (4) 濃煙會遮擋出口標識
隧道內的濃煙會使出口標識變得難以辨認，增加了疏散的難度。因此，消防和救援人員需要提前瞭解隧道內的結構，做好疏散路線的標記和指引工作。
- (5) 滑門不易被識別
如果隧道配備滑門，受困人員可能不容易識別這些門作為撤離出口。需要通過標識和照明來確保這些門清晰可見。
- (6) 人們可能會在緊急電話亭尋找庇護，儘管不適合
緊急電話亭通常是人員在突發情況下尋找庇護的地方，但這些地方通常空間狹小且通風不良，無法為大規模撤離提供安全保障。搜救人員需要儘快引導人員到更安全的地方。
- (7) 嬰兒或小孩可能會被遺落在車輛地板上
在緊急疏散過程中，尤其是有嬰兒或小孩的家庭，可能因慌亂或受傷而未能及時撤離。這些嬰兒或小孩可能會被遺落在車輛的地板上，搜救人員需特別注意這些弱勢群體。

11. 搜救行動的重點

- (1) 迅速定位被困人員：優先在火災和煙霧較輕的區域進行搜救，迅速清理和引導人員撤離。
- (2) 設備與人員的協作：需要使用專用的搜救設備（如呼吸器、工具等）進入受困區域，保障搜救人員和被困者的安全。
- (3) 確保疏散路徑暢通：清理疏散通道，確保標識清晰，方便受困人員順利撤離。
- (4) 特別照顧弱勢群體：特別關注受傷者、兒童和老年人的撤離，提供額外幫助和安全保障。

12. 五人搜救小組程序

在隧道或類似緊急環境中的搜救行動中，五人搜救小組是一種常見的編制和操作方式。以下是典型的五人搜救小組的工作程式：

(1) 小組組成

一個五人搜救小組通常包括以下人員：

- a. 組長 (Leader)：負責指揮和決策，確保搜救行動的協調與安全。
- b. 副組長 (Deputy Leader)：協助組長工作，負責與其他小組或單位的溝通。
- c. 兩名搜救員 (Rescue Operatives)：負責實際的搜救行動，如進入危險區域、疏散被困人員等。
- d. 後勤支持員 (Support Operative)：負責攜帶和管理救援設備，提供必要的物資支援。
- e. 通訊員 (Communicator)：負責保持與外部指揮中心的聯繫，確保資訊流通。

(2) 搜救行動的步驟

a. 步驟 1：入場準備

評估情況：組長評估火災或事故的狀況，確認隧道的結構和危險區域（如火源、煙霧、氣體洩漏等）。

分配任務：確定每個成員的具體任務，確保每個人明白自己的職責，確保通訊暢通。

檢查裝備：檢查並確保每個成員的個人防護裝備（如呼吸器、防火服、通訊設備等）完好，準備好必要的救援工具（如擔架、切割工具等）。

b. 步驟 2：進入與偵察

偵察火災區域：副組長和搜救員首先進入隧道或災區，進行初步偵察，尋找火源和被困人員的位置。通訊員與指揮中心保持聯繫，即時回饋情況。

識別障礙物：識別可能的障礙物（如滑動門、濃煙、掉頭車輛等），評估安全路徑。

c. 步驟 3：搜救與疏散

進入危險區域：搜救員進入火災或煙霧最密集的区域，尋找被困人員。在必要時，副組長和通訊員提供支援，確保搜救員的安全。

救援行動：將被困人員從危險區域中解救出來，並通過預定的疏散通道引導到安全區域。對於無法自救的受傷人員，應使用擔架或其他適當工具進行救援。

d. 步驟 4：後勤支持

物資補給：後勤支援員根據需要提供水、氧氣、藥品等物資支

持，確保團隊成員能夠持續進行救援。

檢查與修復：後勤支援員還負責檢查設備的損壞情況，並進行簡單修復，確保設備正常運轉。

e. 步驟 5：撤離與確認

組織撤離：一旦大部分被困人員被救出，組長和副組長負責組織團隊成員撤離，確保沒有遺漏的人員。

現場確認：搜救員再次檢查區域，確保所有人員都已撤離，並確認沒有其他被困或受傷的人。

f. 步驟 6：總結與回饋

回饋與報告：通訊員將搜救行動的結果報告給指揮中心，確保所有情況得到記錄。組長和副組長會進行總結，評估行動中遇到的問題，以便改進後續的應急操作。

(3) 小組協作和安全

協作與信任：五人小組中每個成員的緊密協作是成功的關鍵。所有成員必須彼此信任，及時傳遞資訊，執行指令。

安全第一：整個過程中，確保小組成員的安全始終是第一要務。如果情況變化，組長應根據現場情況靈活調整策略。

13. 總結

五人搜救小組在面對複雜的隧道或災難現場時，通過明確的分工和精細的步驟，不僅可以有效提高搜救效率，還能確保每個成員的安全。團隊成員之間的溝通、協調與合作是成功完成搜救任務的關鍵。

五、機場消防滅火戰術與技術

(一) 飛機引擎滅火戰術與技術

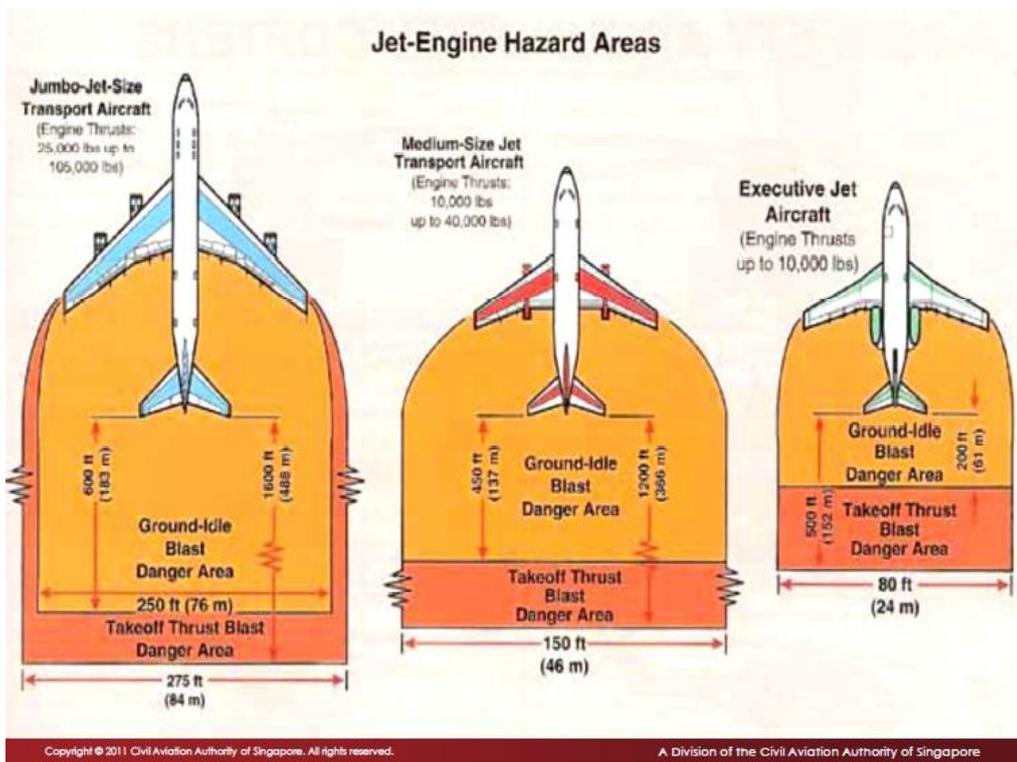
飛機引擎火災有很多樣態，較輕微的情況飛機可藉有己身的滅火裝置進行滅火，而較為嚴重的則要仰賴機場消防，因此機場消防必須有能力評估當前的狀況，以決定任務的優先順序，並以平時所學的專業技能，確保事故飛機的安全。

1. 飛機引擎起火時，當機場消防抵達現場後，有幾個重點必須掌握：

- (1) 最初的責任由第一位出席的 AFO 負責。
- (2) 由於發動機起火可能迅速升級為重大火災，各消防車輛應以前後方式定位。
- (3) 飛機後方必須留有足夠的空間。

- (4) 請求飛機駕駛關閉仍在運轉的發動機。
- (5) 注意發動機運轉時巨大噪音所帶來的危害。
- (6) 協助疏散乘客至遠處的安全區域。
- (7) 穿戴全套個人防護裝備(PPE)和自給式呼吸器(SCBA)。
- (8) 確保人員、設備被正確定位和部署。
- (9) 如果發動機內部發生火災，快速有效率的行動是非常重要的。
- (10) 儘早檢查飛機內部是否有火災發生的可能。
- (11) 如果存量足夠，優先考慮使用 BCF、Halon 1211 或 CO2 滅火。
- (12) 發動機前後均應佈設水線。
- (13) 如果火災的輻射熱可能引燃油箱，立即使用水霧降溫。

機場消防在執行發動機火災滅火時，必須密切注意發動機螺旋槳、引擎進氣口和排氣口區域是極為危險的，消防員必須對這種危險保持警覺並避免隧道視野。同時，不得於正在運轉的發動機旁進行任何作業。



(上圖) 各類型飛機發動機尾流所影響的危險範圍

2. 機場消防隊發動機火災的基本訓練與認知：

- (1) 涉及飛機發動機的事故需要具體戰術和技術。
- (2) 熟悉所有飛機類型，使用機場。
 - a. 引擎類型和配置

- b. APU
- c. 消防面板
- (3) 應確保消防站內的培訓計劃盡可能涵蓋場內所有類型的飛機。
- (4) 對以往飛機事故的研究。
- (5) 應制定抵達事故現場後快速溝通的程序。



(上圖) 發動機上的消防員面板

當飛機發動機起火時，有幾個可能會造成現場搜救人員操作困難的因素，包含：飛機機體可能傾倒、短時間內必須疏散大量的組員和旅客、在混亂中人員和設備的正確定位、消防泡沫噴灑後對發動機造成的損害、發動機燃燒後可能釋放危險物質、大量燃油的洩漏等等。



(上圖) 消防泡沫噴灑後可能對發動機造成損害

發動機起火時，飛機結構可能會倒塌，因此人員的正確定位和防止受傷是非常重要的，將裝備和消防人員定位在火災可能發生時水線可以完全覆蓋的範圍。

(二) 飛機起落架滅火戰術

飛機起落架事故發生時，除了對機體結構造成損害外，可能還會對機組員及乘客構成危險，因此機場消防員必須於訓練中學習專業的戰術和救援技巧，並認知到自己和乘客將面臨的風險，因此制定明確的訓練計劃並使消防人員具備熟練的戰術，將會使執行飛機起落架火災時的安全性提升。

此外，大型廣體飛機的起落架數量較多且結構複雜，火災可能透過起落架井傳播到飛機內部。而起落架火災也可能導致主油箱破裂進而發展為一場重大災難，因此在火災初期，冷卻油箱是非常重要的環。

1. 飛機起落架起火時，當機場消防抵達現場後，有幾個重點必須掌握：

- (1) 快速有效地處理問題為首要責任，任何飛機事件或事故顯然都由第一責任人負責抵達 AFO。
- (2) 佔據預先規劃的位置或作為位置情況決定。
- (3) 快速有效的介入對於限制事件。
- (4) 考慮撤離飛機的需要並通知如果事件失控，機組人員。
- (5) 儘早檢查飛機內部。
- (6) 在起落架前後佈設水線。
- (7) 所有消防人員均穿戴全套個人防護裝備。
- (8) 遠離所有機輪的側面。

2. 以下是幾種飛機起落架所造成的問題及應對方式：

- (1) 起落架過熱
 - a. 部屬水線。
 - b. 不能直接噴灑冷卻介質。
 - c. 讓機輪自然冷卻。
 - d. 如果現場督導航空公司人員認為起落架已降溫，消防人員即可返隊待命。

(2) 起落架起火（初期）

- a. 避免燃燒的金屬遇冷水破裂，必須在起落架前後同時灑水。
- b. 可以使用雙介質滅火戰術，以水加上 DP、海龍或二氧化碳。
- c. 高風險區域必須以水霧降溫及防護。
- d. 遠離輪殼區域。
- e. 如果火勢無法控制，必須考慮立即疏散組員及乘客。

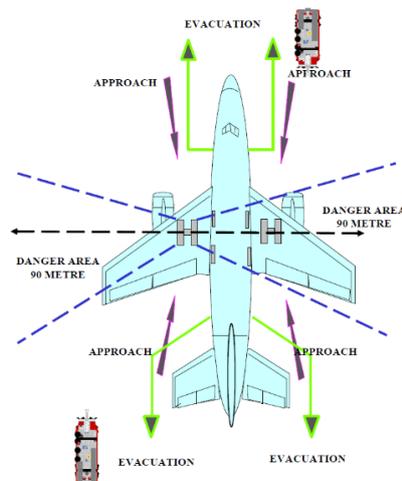


(3) 起落架起火（全面燃燒）

- a. 起落架其後皆須部屬人員。
- b. 建議機組員立即疏散乘客。
- c. 採用雙介質滅火戰術，以水加上 DP、海龍或二氧化碳。
- d. 假設起落架火勢失控，則利用消防車的監視設備去佈設泡沫
- e. 遠離輪殼區域。
- f. 如果火勢擴散，則利用水線撲滅。

在火勢撲滅後，現場人員必須持續灑水冷卻機翼下方區域，以避免餘溫過高，並在現場持續待命至督導及航空公司人員認為起落架冷卻已足後，方能返隊待命。

當飛機起落架起火時，有幾個可能會造成現場搜救人員危險的因素，包含：飛機機體可能傾倒、短時間內必須疏散大量的組員和旅客、在混亂中人員和設備的正確定位、灑水冷卻時造成的熱衝擊、機翼下的高危險區域、起落架的液壓系統、飛機碳纖維等材質燃燒後釋放出的危險物質、火勢轉移、大量燃油洩漏等等。



（上圖）機輪爆炸的危害區域及救援疏散方向

六、特殊事件緊急應變

(一) 危險物質災害的控制與緩解

1. 課程目標

本課程旨在讓參與者熟悉處理危險物質事件時的相關重要性及其應對優先事項與行動，完成本課程後，消防人員將能夠：

- (1)描述在危險物質事故中進行風險與收益評估及保障救援人員安全的方法。
- (2)說明不同的暴露防護措施。
- (3)描述防禦性控制技術。
- (4)解釋撤退決策的要素。
- (5)說明結束行動的決策流程。

2. 風險與效益評估

指揮官需評估應對行動的風險及效益：

- (1)是否能有效控制問題。
- (2)是否會對救援人員造成不必要的風險，而幾乎或完全無效益。
- (3)若危險物質覆蓋範圍廣且對大量人群造成負面影響，救援人員必須為了自身安全撤離。

3. 危險物質事故的撤離策略

(1)概述：

撤離是處理危險物質事件中的首要任務之一，儘管具備完善的計劃，該行動仍存在重大風險，尤其是在需要進入居民區建議撤離時。因此，撤離策略的制定與實施需要綜合考量安全、效率與資源配置。

(2)撤離準備：

在下達撤離命令之前，必須確保設立安全的避難區域與合適的臨時庇護場所，以保障受影響人群的安全。同時，在正式開放撤離地點或結構之前，臨時撤離區域可能成為關鍵緩衝地點。

(3)撤離過程：

為確保撤離行動順利進行，需要安排合適的交通工具，以便所有群體能順利抵達指定撤離地點。此外，根據《緊急應變指南》，指揮官需迅速確定需要優先撤離的初始區域，並根據危險物質的擴散情況調整範圍。

(4)危險物質的監控:

技術人員應使用專業設備監測危險物質的濃度及移動速率，從而準確評估影響範圍並確定最佳撤離路線與方案。這不僅能確保行動的有效性，還能最大程度減少暴露風險。

(5)消防員的安全與防護:

執行撤離任務的消防員可能直接暴露於危險物質之中，尤其是在疏散過程中經過或穿越受污染區域。為此，必須為消防員提供足夠的個人防護設備，以降低潛在風險並確保任務順利完成。

(6)就地避難的應用:

在某些情況下，撤離並非最佳選擇，取而代之的是就地避難策略。透過讓居民留在室內，並關閉門窗及通風系統，可有效阻止污染物進入，從而減少對人員的傷害。

(7)決策因素:

最終撤離或就地避難的決策，取決於危險物質的毒性、事故的預期持續時間，以及可用資源的充足性。這需要指揮官根據現場條件靈活判斷，並迅速作出行動安排。

(8)小結:

危險物質事故中的撤離策略，需要在確保人員安全的同時，兼顧行動的效率與資源的合理分配，透過有效的規劃與執行，消防員與指揮官可將事故的影響降至最低。

4. 危險物質事件中的搜救策略

(1)生命優先原則:

在所有搜救行動中，保護生命始終是第一優先事項。然而，火場環境與危險物質事件中的搜救存在本質差異。火場中的搜救通常要求快速行動，將受害者從充滿煙霧的環境中迅速移出。而在危險物質事件中，搜救必須更加謹慎，先對現場條件進行全面評估，以確保行動的安全性。

(2)搜救條件的評估:

在危險物質事件中，指揮官需評估是否能在熱區安全地執行搜救行動。這包括考量危險物質的類型、濃度及擴散速度，以及熱區內的環境危害程度。沒有充分的安全保障前，搜救行動不可貿然進行。

(3)防護裝備與程序:

為保障搜救人員的安全，進入熱區執行任務的救援隊必須穿戴適當的個人防護裝備（PPE）。這些裝備包括化學防護服、呼吸器及其他專業設備，旨在最大限度地減少救援人員的暴露風險。

(4)受害者的處理:

受害者救出後，需在暖區進行去污處理，以防止二次污染。這一程序

至關重要，因為受害者可能攜帶危險物質的殘留，對其他人員及環境造成威脅。

(5)綜合策略:

危險物質事件中的搜救行動需要精確的規劃與執行，必須平衡快速救援與人員安全之間的矛盾。搜救策略應根據現場情況靈活調整，同時嚴格遵守標準操作程序（SOP），以確保行動的有效性與安全性。

5. 防護及控制

(1)暴露防護

- a. 透過撤離居民，將暴露者從威脅中移除。
- b. 在威脅與暴露者之間設置屏障。
- c. 使用化學方式中和威脅。

(2)控制與遏制

- a. 控制（Confinement）：將危險物質控制在現場或釋放區域內。
 - (a) 使用堤壩或築堤方式控制物質。
 - (b) 將蒸氣限制在特定區域內。
- b. 遏制（Containment）：採取措施阻止洩漏或釋放。
 - (a) 封堵或修補容器裂縫。
 - (b) 將翻覆的容器扶正。

6. 易燃液體蒸氣控制策略

(1)涉及危險物質火災的處理原則:

在處理涉及危險物質的火災時，必須保持高度謹慎。這類火災的特性與一般火災有所不同，撲滅前需要全面了解物質的特性。部分危險物質可能會與水發生劇烈反應，因此，救援人員必須根據物質的化學性質與物理特性選擇適當的應對策略。

(2)泡沫劑的應用:

大多數易燃液體火災可使用泡沫劑進行有效撲滅。泡沫劑可覆蓋燃燒表面，隔絕氧氣並抑制蒸氣生成，從而阻止火勢蔓延。常見的泡沫劑類型包括：

- a. 水成膜泡沫（AFFF）：適用於廣泛的易燃液體火災，具有快速滅火性能。
- b. 氟蛋白泡沫：提供長效保護，適合大型油類火災。
- c. 蛋白泡沫：成本較低，適合一般用途。
- d. 高膨脹泡沫：適用於密閉空間火災，能快速填充空間抑制火勢。

(3)策略選擇與注意事項:

撲滅易燃液體火災時，泡沫劑的選擇應基於火災規模、物質性質及火場環境條件。特別是在危險物質火災中，任何滅火行動均須經過現場

評估，確保不引發二次危害。此外，救援人員需接受專業訓練，以正確操作泡沫滅火裝備。

7. 高壓氣體鋼瓶蒸氣控制策略

(1) 威脅來源與影響

高壓氣體鋼瓶中的內容物可能具有易燃性或毒性，因此在處理此類事件時需特別謹慎。威脅的性質主要受以下因素影響：

- a. 鋼瓶內容物：不同氣體的化學特性會影響危害程度，例如某些氣體易燃或具有高毒性。
- b. 存放區域：鋼瓶所處的環境（如人口密集區、通風條件）會加劇或減少事故的影響範圍。
- c. 鋼瓶設計與完整性：鋼瓶的結構穩定性和是否存在損壞是事故風險的重要考量。

(2) 應對措施

在應對高壓氣體鋼瓶蒸氣洩漏或相關事故時，需採取以下行動：

- a. 撤離與救援：優先確保人員安全，必要時對受害者進行救援。
- b. 糾正措施：包括密封鋼瓶洩漏點或穩定翻倒的鋼瓶，以防止危害擴大。
- c. 滅火行動：若發生火災，需選擇適當的滅火劑，避免對氣體產生不良反應。
- d. 去污處理：確保受影響區域和人員的徹底去污，以防止二次污染。

(3) 資源與文件管理

事故處理過程中需確保必要資源的可用性，包括專業設備和個人防護裝備，完成後需撰寫書面文件，詳細記錄事故情況及應對過程，並進行評估與檢討，以便為未來類似事件的應對提供參考。

8. 危險物質事故的減緩策略與決策

(1) 減緩策略的選擇

處理危險物質事故時，可採取多種策略以減少危害範圍與影響，包括：

- a. 撤離 (Evacuation)：將受影響人員移至安全區域，避免暴露於危險環境中。
- b. 控制 (Confinement)：限制危險物質於釋放區域內，防止其擴散。
- c. 遏制 (Containment)：採取措施阻止危險物質的進一步洩漏。
- d. 吸收 (Absorption)：使用吸收材料將洩漏物質固定以便後續處理。
- e. 稀釋 (Dilution)：加入水以降低危險物質的濃度。
- f. 分散 (Dispersion)：擴散危險物質的蒸氣濃度至更大區域，降低局部危害。

(2) 撤離與就地避難的決策考量

在危險物質事件中，撤離與就地避難的選擇需經過嚴格的評估，特別是在以下情境中：

- a. 事件快速發展：若事故進程過快，可能在干預前已結束，撤離難以實現。
- b. 高致命性事件：當事故風險過高，應急人員可能無法安全介入，需避免採取直接行動。

9. 犯罪或恐怖事件的應對策略

(1) 應對特殊情況的額外考量

在可能涉及犯罪或恐怖活動的事件中，應急人員必須採取額外的防範措施，確保行動安全和事件證據的保存：

- a. 通知執法機構：一旦懷疑存在犯罪或恐怖活動，必須迅速聯繫相關執法機構協助處理。
- b. 現場保護：應優先保護潛在犯罪現場，避免人員進出干擾證據的完整性。

(2) 現場管理與證據保存

在事件處置過程中，應急人員需採取以下措施以保護證據並協助調查：

- a. 安全保障：確保所有應急人員和相關人員的安全。
- b. 證據保存：包括現場標記、實物保留及環境保護，避免污染或丟失關鍵證據。
- c. 攝影記錄：使用攝影設備詳細記錄現場情況，為後續調查提供參考依據。
- d. 人員限制：控制進入現場的人員數量，僅允許必要的應急人員進入操作，避免對現場造成額外影響。

(3) 協同合作

處理此類事件時，應急人員與執法機構需密切合作，確保應對措施與調查程序相協調。執法機構將主導案件調查，而應急人員需在專業範疇內提供必要支持。

10. 結論

危險物質事故的應對策略需靈活應用，結合現場實際情況選擇最適合的行動方案。撤離與避難決策的制定應以保護生命為核心，並綜合考量事故風險、進程及應急能力，確保行動的科學性與有效性。

(二) 處理特殊緊急事件

1. 課程背景與目標

課程內容主要針對飛機水上事故救援策略、放射性物質的識別與應對策略，強化了學員在特殊及高風險場景下的應變能力。隨著航空運輸發展，機場消防人員需面對各種罕見緊急事故，如飛機墜入水中或涉及放射性物質的火災。本課程旨在：

- (1) 提升水上救援技能：掌握飛機水上事故的操作程序與戰術概念。
- (2) 應對放射性物質事故：學習識別放射性物質及其危害，並執行應對策略。
- (3) 強化現場管理能力：制定救援策略並有效協調救援資源，確保安全高效的應變作業。

2. 機場緊急計劃或水上救援計劃 (AEP, Airport Emergency Plan or Water Rescue Plan)

(1) 計劃內容：

應包括適合應對此類緊急情況的程序或設備，確保在相關區域能迅速有效地進行救援行動。

(2) 明確協助單位的分工與責任：

定義出動區域、參與單位的職責以及互助組織的職責範圍，確保所有行動有條不紊並協調一致。

3. 海上空難事件

(1) 在應對水上航空事故時，可能遇到以下問題：

- a. 飛機沉沒：事故中的飛機可能迅速下沉，對救援行動造成重大挑戰，尤其在深水或惡劣條件下。
- b. 燃料洩漏與溢出：燃油洩漏可能擴散於水面，形成燃燒或污染風險，需要迅速控制並使用防火措施。
- c. 水流：強烈的水流可能影響救援設備及人員的操作安全，特別是在開放水域或湍急環境中。
- d. 燃料箱破裂：破裂的燃料箱可能導致大量燃料外洩，加劇火災風險並增加對環境的污染危害。

(2) 應對建議：

- a. 快速行動：部署水上救援設備，確保飛機沉沒前完成初步救援。
- b. 環保防護：使用吸附材料或設備減少燃料污染。
- c. 現場安全：根據水流情況調整救援計劃，確保人員與設備穩定。
- d. 火源預防：雖火災的可能性會因點火源被抑制而顯著降低，但為確

保預防水面燃料因火源引燃，滅火設備應隨時待命。

(3) 潛水小組的組織與使用

a. 進行水下救援任務須知：

當進行水肺潛水作業時，應在水面上方顯示標準的潛水旗或“Alpha”旗，示潛水作業正在進行，船隻應避開作業區。

b. 應提供給潛水員/海上救援隊的訓練內容：

(a) 水肺潛水技能：基本的潛水操作與緊急情況處理技能。

(b) 水下搜索與回收技術：包括目標物的定位、識別和回收方法。

(c) 船艇操作 (Boat Operations)：掌握操作救援船隻的技術，確保船隻能穩定支援潛水作業。



c. 潛水員的作用：

(a) 搜索：定位乘客、飛行員或殘骸。

(b) 回收：取回重要物品（如黑匣子）或營救受困人員。

(c) 評估：檢查燃料洩漏情況或機體損壞狀況。

(4) 戰術及行動

a. 戰術對於保護救援人員安全、控制災害範圍以及提高救援效率至關重要，以下為主要戰術考量的整理與分析：

(a) 環境因素對燃料與火勢的影響

(b) 風向與風速：風的方向與速度決定了漂浮燃油的擴散路徑，救援行動必須考慮上風區域的佈置以避免燃料擴散至高風險區。

(c) 水流方向與速度：水流會推動燃油的擴散，救援設備應部署於下游位置以形成有效的屏障。

b. 應對行動：

(a) 使用水柱並以掃射的方式將火勢從燃油擴散區域分離。

(b) 必要時使用泡沫滅火劑進行火勢控制，防止火災進一步擴散並確保救援區域的安全。

c. 消防船接近燃料與火源的方法

(a) 迎風而上：消防船應從上風方向接近，避免煙霧和有毒氣體對人

員造成威脅。

- (b) 逆流而上：消防船應從水流的上游接近，以確保穩定操作並防止船隻被水流推向危險區域。
- d. 倖存者定位與救援
在水域中，倖存者通常會受到風與水流的影響漂移，救援人員應優先搜索這些區域，以快速定位倖存者並進行有效救援：
 - (a) 下風處：倖存者可能隨風漂移至下風方向。
 - (b) 下游處：水流通常將倖存者推向下游位置。
- e. 淹沒飛機部分的倖存者
 - (a) 飛機的淹沒部分可能仍有被困的空氣，足以讓倖存者維持生命。
 - (b) 行動建議：救援人員應密切檢查淹沒的飛機部分，不應忽略任何生命跡象，並迅速採取行動以增加倖存機會。
- f. 潛水員進入策略
 - (a) 潛水員應從淹沒部分的最深點進入，因為這是最有可能接近關鍵區域的位置。
 - (b) 效益：此策略可減少水流或殘骸對行動的干擾，並確保潛水員能快速、安全地完成搜索與救援任務。
- g. 指揮中心：應在鄰近岸邊的最適合位置設立指揮中心，以便於進行救援行動的協調和指揮。
- h. 救援船隻航空緊急服務
救援船隻是航空緊急服務（AES）中的重要組成部分，負責執行水域救援、火災撲滅及人員撤離等任務，這些船隻通常具備以下功能：
 - (a) 快速反應能力：可快速抵達事故現場，提供即時支援。
 - (b) 多功能性：裝備水砲、泡沫滅火系統等設施，能同時應對火災和燃油洩漏。
 - (c) 高效救援：專為搜救與撤離設計，能安全快速地轉移倖存者至安全區域。



4. 放射性物質航空器火災應對程序及策略

(1) 危險物品分類：

依據國際民用航空組織之危險物品航空安全運送技術規範，危險物品共分為九大類：

- a. 第一類：爆炸物品。
- b. 第二類：氣體。
- c. 第三類：易燃液體。
- d. 第四類：易燃固體、自燃物質、遇水釋放易燃氣體之物質。
- e. 第五類：氧化物、有機過氧化物。
- f. 第六類：毒性物質、傳染性物質。
- g. 第七類：放射性物質。
- h. 第八類：腐蝕性物質。
- i. 第九類：其他危險物品。

(2) 輻射危害

輻射的分類與危害

- a. 電離輻射：包括 α 粒子、 β 粒子、伽瑪射線和 X 射線。這類輻射會損害生物組織和 DNA，可能導致癌症或其他健康問題。
- b. 非電離輻射：包括紫外線、可見光、紅外線和射頻輻射。雖然危害較低，但過度暴露於紫外線會導致皮膚損傷和皮膚癌風險增加。

(3) 常見的輻射來源

- a. 核設施：核洩漏或事故可能釋放有害輻射。
- b. 醫學影像：X 射線和其他影像技術可能使患者及醫務人員暴露於輻射。
- c. 氡氣：建築物內的天然放射性氣體，增加肺癌風險。
- d. 宇宙輻射：高海拔作業（如航空機組人員和太空人）會遭受較高輻射劑量。

(4) 輻射影響

- a. 短期影響：高劑量輻射會引發輻射病，症狀包括噁心、嘔吐、掉髮，嚴重時可導致死亡。
- b. 長期影響：長期低劑量暴露可能導致癌症、基因突變及其他慢性健康問題。
- c. 環境危害：核事故或不當放射性廢料處置會導致土壤、水和空氣污染。

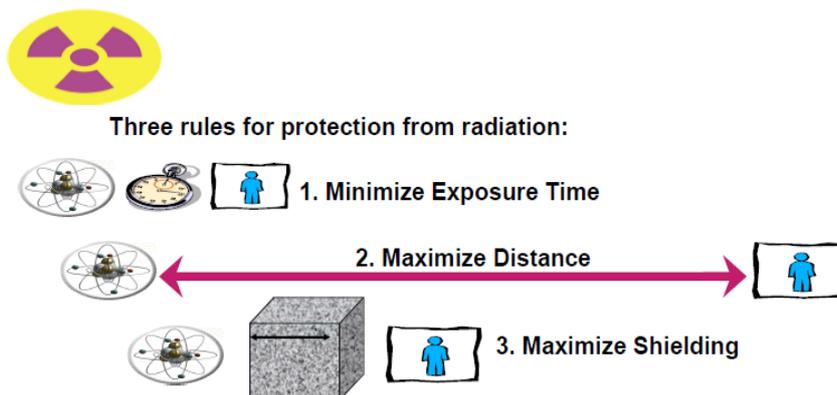
(5) 應對措施

- a. 防護裝備：使用適當的個人防護裝備（PPE），如防輻射服和鉛屏蔽裝置。
- b. 減少暴露：限制暴露時間，保持安全距離，並建立輻射監測系統。
- c. 環境控制：嚴格管理核設施和放射性廢料的處置，避免污染擴散。

(6) 輻射防護

為防止輻射危害，應遵循以下三大原則：

- 縮短暴露時間:減少在輻射環境中的停留時間，降低累積輻射劑量。
- 增加距離:與輻射源保持足夠的距離，輻射強度會隨距離增加而迅速減弱。
- 加強屏蔽:使用適當的屏蔽材料（如鉛或混凝土）阻擋輻射，保護人員免受輻射的直接傷害。



(7) 輻射事故的應對措施

- 識別輻射存在：使用輻射監測儀和個人劑量警報器檢測輻射水平。
- 隔離並控制受影響區域：封鎖受影響區域，防止進一步暴露與污染擴散。
- 就地避難或疏散：根據輻射劑量水平決定適當行動：選擇就地避難或進行必要的疏散。
- 提供即時醫療救護：為受到輻射影響的人員提供必要的醫療救護。

(8) 放射性物質運輸機構

- IAEA - 國際原子能機構 (International Atomic Energy Agency)：聯合國機構，負責監管放射性物質的運輸規範與安全。
- IATA - 國際航空運輸協會 (International Air Transport Association)：根據國際航空運輸協會 (IATA) 標籤，核實放射性物質的輻射強度及其相關標準。

這些機構確保放射性物質在全球範圍內的安全運輸，並為相關作業提供國際標準指引，確保運輸及處理過程中減少風險。

5. 應對涉及放射性物質的航空器火災程序

- (1) 機場消防與救援隊的角色，作為第一應對單位，主要任務包括：
 - a. 疏散乘客：優先確保所有乘客安全撤離事故現場。
 - b. 檢測輻射洩漏：使用輻射監測設備確定是否存在放射性物質洩漏。
 - c. 控制危害擴散：在適當權責機構到場前，採取措施防止放射性污染擴散。
- (2) 初步行動：
 - a. 穿戴個人防護裝備、空氣呼吸器及輻射劑量監測儀，確保自身安全。
 - b. 通知相關權責機構，啟動專業應急處理程序。
 - c. 封鎖事故現場，將事故地點與周圍環境隔離，限制非必要人員進入。
 - d. 減少污染擴散，採取措施控制放射性污染物向周邊環境的擴散。
 - e. 上風方向滅火，避免救援人員受到煙霧及輻射影響。
 - f. 於現場設置明確的危險分區，便於指揮和操作，確保人員安全。
- (3) 進階行動：
 - a. 確定控制點和危險分區：

明確事故現場的控制區域和危險分界線，方便後續應急行動的進行。
 - b. 疏散受影響區域人員：

迅速將受影響區域內的所有人員撤離至指定的集合區域，確保其安全。
 - c. 救接受傷人員：

在不接觸可疑放射性物質的前提下，使用快速救援方法將受傷人員救出，並確保救援人員自身安全。
- (4) 行動要點及注意事項：
 - a. 減少污染擴散：

採取有效措施控制放射性污染的擴散，避免對環境和人員造成進一步危害。
 - b. 上風方向滅火：

確保救援人員在上風方向進行滅火操作，避免受到輻射煙霧影響。
 - c. 專業建議下操作：

未經專業人員指導，嚴禁接觸或操作可疑的放射性物質。
 - d. 禁止飲食吸菸：

在事故現場內，禁止所有飲食和吸菸行為，以防止放射性污染的攝入或交叉感染。

(5)最後行動：

a. 執行去污措施：

對受污染的人員、裝備和區域進行徹底的去污處理，防止輻射擴散。

b. 記錄機組人員和乘客信息：

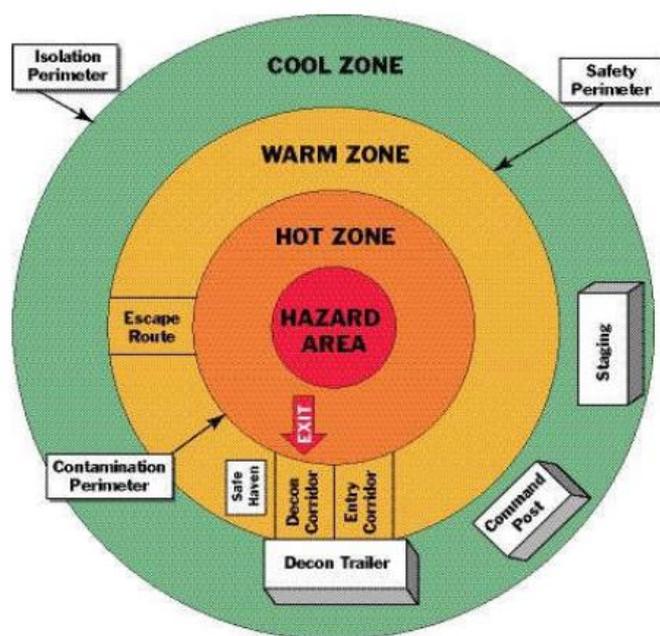
詳細登記所有機組人員和乘客的身份及相關信息，便於後續追蹤和處理。

c. 必要時提供醫療協助：

為可能受到輻射影響的人員提供即時醫療救助。

d. 終止任務：

在確認事故現場已完全受到控制且不存在潛在危險後，正式宣布任務結束。



(三) 涉及非法行為航空器應變處置

1. 課程背景與目標

隨著全球安全威脅日益嚴峻，航空安全成為各機場的重要課題。面對劫機、炸彈威脅及化學/生物攻擊等非法干擾事件，機場消防單位需具備即時應變能力及有效的風險控管知識。本課程旨在：

- (1)了解各類非法干擾行為的風險，包括劫機、炸彈威脅及化學/生物恐怖攻擊。
- (2)掌握應變措施與程序，確保機場消防單位能迅速回應，並協調相關單位。

- (3)加強現場指揮與資源運用能力，有效管理事件現場並減少災害擴散風險。

2. 國際民航組織（ICAO）指出：「機場緊急應變計畫（AEP）應提供在機場或其周邊發生緊急事件時需採取的協調行動。」

(1) 緊急事件範例

- a. 航空器緊急事故
- b. 包括炸彈威脅在內的破壞活動
- c. 遭非法劫持的航空器
- d. 危險物品事故
- e. 建築物火災
- f. 自然災害緊急情況
- g. 公共衛生緊急情況

(2) 機場作為潛在軟目標

機場是擁有大量人員流動的關鍵設施，被恐怖分子視為「軟目標」，可造成大規模人員傷亡。航空器遇到非法行為時，可能對乘客及應急救援人員產生嚴重問題，如機組人員安全等。

3. 劫機事件的應對措施

(1) 原則與安全考量

在非法劫持航空器的事件中，航空緊急服務（AES）不直接介入機上或地面劫持行動的處置。應急行動的核心原則是確保乘客與機組人員的安全，所有決策均應以此為首要目標。

(2) 風險管理措施

為減少非法劫持事件帶來的風險，應採取以下行動：

- a. 隔離劫持航空器：將劫持的航空器停放於遠離其他航空器停機位、建築物或公共區域至少 100 公尺（符合國際民航組織 ICAO 標準）的隔離停機位，直至非法干預行為結束。
- b. 停機位安全檢查：確保該停機區域下無易燃氣體、燃料管線或電力電纜，以降低二次危害的風險。
- c. 泡沫車部署：在距離劫持航空器至少 100 公尺處部署一輛泡沫消防車，以備緊急情況下使用。

(3) 乘客撤離策略

若需撤離乘客，應採取以下措施：

- a. 無登機橋撤離：在無法使用客運航站樓登機橋的情況下，可考慮使用可移動式登機坡道，或依靠航空器內建的樓梯或逃生滑梯進行撤離。
- b. 確保人員安全：撤離過程中應充分考慮現場環境，避免增加乘客與

機組人員的風險。

(4) 專業參考與合作

詳細的非法干預應對程序應參考《國際民航組織（ICAO）預防民航非法行為安全手冊》。應急人員需與執法機構及航空公司密切合作，確保行動的有效性與安全性。

(5) 小結

非法劫持事件的應對需以乘客與機組人員的生命安全為核心，並結合隔離、撤離與專業協作等策略進行全面管理。所有行動必須基於風險評估，並符合國際民航標準。

4. 炸彈威脅事件的應對措施

(1) 炸彈威脅的類型

- a. 與航空器相關之情況：
 - (a) 飛行中
 - (b) 地面上
 - (c) 特定威脅 / 非特定威脅
- b. 與航空器無關之情況

炸彈威脅的應對措施如下表所示：

炸彈威脅類型	具體威脅 (Specific)	非具體威脅 (Non-Specific)
描述	當威脅與特定的航班或航空器相關，並且在收到威脅時有證據表明該威脅並非惡作劇。	威脅的接收方式或內容可能表明涉及多個航班或航空器，或基於相關情況顯示出強烈的惡作劇特徵。
採取行動	全面行動 (Full Action)。	部分行動或不採取行動 (Partial action or no action)。

(2) 炸彈威脅的應對措施

a. 預防與應急行動

在接獲特定炸彈威脅時，應根據標準程序進行以下行動：

- (a) 確認停機位置：在航空器宣布進入“全面緊急狀態” (Full Emergency) 後，與塔台 (ATC) 確認指定的遠端停機位置。
- (b) 消防車待命：所有消防車應按照預定位置待命，為可能的爆炸或火災風險做好準備。
- (c) 護送航空器：派遣一輛泡沫消防車 (FT) 護送航空器至遠端停機位，並在至少 100 公尺外準備應對火災情況。

- (d) 撤離乘客與機組人員：建議飛行員立即疏散航空器上的所有乘客和機組人員。
- b. 現場處置
 - (a) 降低應急狀態：當所有人員安全撤離後，將“全面緊急狀態”降級為“地面運作”。
 - (b) 行李與貨物檢查：手提行李、客艙、托運行李及貨艙需由 CBRE（化學生物放射性與爆炸處理）團隊進行卸載與搜索。
 - (c) 保持信息更新：向塔台（ATC）及警方即時回報乘客撤離情況及地面處置進展。
- c. 風險管理與防護
 - (a) 消防車駐守：消防車需留在現場，直至所有行李與貨物經 CBRE 團隊或爆炸物處理單位（EOD）清查完畢。
 - (b) 快速應急庇護所：如有必要，可在距離航空器 100 公尺外設置兩個快速應急庇護所，並提供照明設備。
 - (c) 無線電設備限制：在受影響航空器或可疑爆炸物 15 公尺範圍內禁止使用無線電設備，以防引發意外爆炸。
- d. 炸彈威脅的特定情境應對
 - (a) 地面航空器：對於已在地面的航空器，需護送至指定炸彈警告區域。
 - (b) 多重威脅情況：如遇同時多個炸彈威脅，需按照單一威脅標準處置，但選擇替代停機位。
- e. 總結
 - (a) 與炸彈威脅相關的行動需確保安全距離，並避免直接處置可疑爆炸物。
 - (b) 優先確保乘客和機組人員安全撤離，且在威脅情況未解除時禁止任何人登機。

5. 化學/生物/輻射威脅應對措施 (CBR, Chemical/Biological Radiological Sabotage)

(1) 背景與潛在威脅

化學、生物及放射性威脅是當前航空安全環境中的現實挑戰，其特點包括：

- a. 化學威脅：化學劑（CA）是人造物質，可通過吸入、接觸或攝入對人體造成傷害甚至死亡。主要類型包括：
神經劑（如沙林）、血液劑（如氰化氫）、水泡劑（如芥子氣）、窒息劑（如氯氣）和鎮暴劑（如催淚瓦斯）。
- b. 生物威脅：生物劑（BA）為微生物或毒素，可致命或引發疾病（如炭疽、天花及肉毒桿菌毒素），此類威脅因無色無味且症狀延遲出現

而難以察覺。

- c. 放射性威脅：放射性物質（RA）可能通過釋放輻射對人體造成短期或長期傷害，其影響包括噁心、嘔吐、肺功能受損甚至死亡。

(2)現場管理與控制

a. 指揮與現場控制：

- (a)航空緊急服務（AES）負責最初應對，並在事件確認後啟動新加坡民防部隊（SCDF）。
- (b)AES 在現場設置管制區域並迅速啟動救援，為傷者提供急救和去污處理。

b. 區域劃分與監測：

- (a)劃分熱區（Hot Zone）與暖區（Warm Zone）進行檢測與監測，防止無授權人員進入。
- (b)SCDF 設置隔離區域，並根據疑似物質的情況決定距離（室內 50 公尺，室外 100 公尺）。

(3)去污處理

- a. 在初期階段，AES 評估是否需要對受影響人員進行去污，並由 SCDF 安排去污車輛執行。
- b. 去污應選在靠近水源且易於接近的區域，並考慮風向以降低二次污染的風險。

(4)行動與通報

- a. AES 需將事件通報給機場運作中心經理（AOCM），並配合 SCDF 或其他應急部門進行行動協調。
- b. 對於第二航廈以外的 CBR 事件，機場危機管理中心（ACMC）將與機場運作中心（AOC）合作處理。

(5)總結

- a. 在 CBR 威脅下，安全距離的保持與嚴格的現場控制至關重要。
- b. 優先保護乘客與應急人員的安全，並在所有程序中確保監測、通報及去污措施的到位。

七、英國機場消防及 JESIP 概覽

(一) 英國 JESIP 聯合緊急服務互通計劃

1. 計劃目標與背景

- (1) **JESIP 的核心目標**：聯合緊急服務互操作計劃旨在提升多機構合作的效率，以共同合作、拯救生命及減少傷害為主要目標。該計劃與模型已成為英國互通性標準，涵蓋應對各類重大事件時所需的結構與指引。
- (2) **重大事件的定義**：重大事件需多機構協作處理的特殊情況。其定義依情境不同，可能對某些機構構成挑戰，但對其他機構則可能影響較小，因此必須透過多機構共同合作，以定位事件情況。
- (3) **宣布重大事件的權限**：任何緊急應變機構皆可宣布重大事件，需隨時審查情況以評估是否升級。

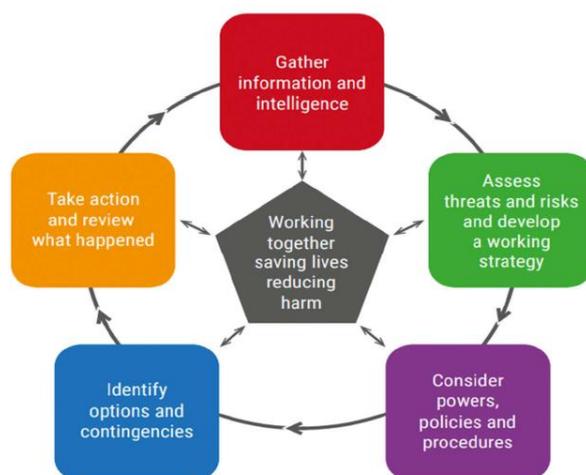
2. JESIP

(1) 遵循的五大關鍵原則

- a. 共同定位
- b. 溝通
- c. 協調
- d. 共同了解風險
- e. 共享情境意識：



- (2) METHANE 報告系統：
 - a. 明確事件性質、地點、危險因素、安全通道等詳細資訊。
 - b. 評估傷亡情況與響應需求，確保各方瞭解事件規模。
- (3) 聯合決策模型：
 - a. 以人為本，優先考量拯救生命和減少傷害。
 - b. 結合風險分析與目標導向制定決策。



3. 多機構合作應對

- (1) 合作行動的策略與規劃：
 - a. 制定清晰目標，包括何地、何時、如何達成任務。
 - b. 確保各機構活動與總體目標一致，提升行動效率。
- (2) 多機構事件的風險評估：
 - a. 評估事件中具體威脅與危險，並實施相應的控制措施。
 - b. 分享各機構的風險見解，避免意外後果。

4. 學習與改進

- (1) 聯合組織學習：
 - a. 強調跨機構回顧與討論事件經驗，推動知識共享。
 - b. 從過往經驗中尋求改進應對能力的機會。
- (2) 持續改進機制：
 - a. 根據實際事件的分析結果，更新應對策略與資源分配。

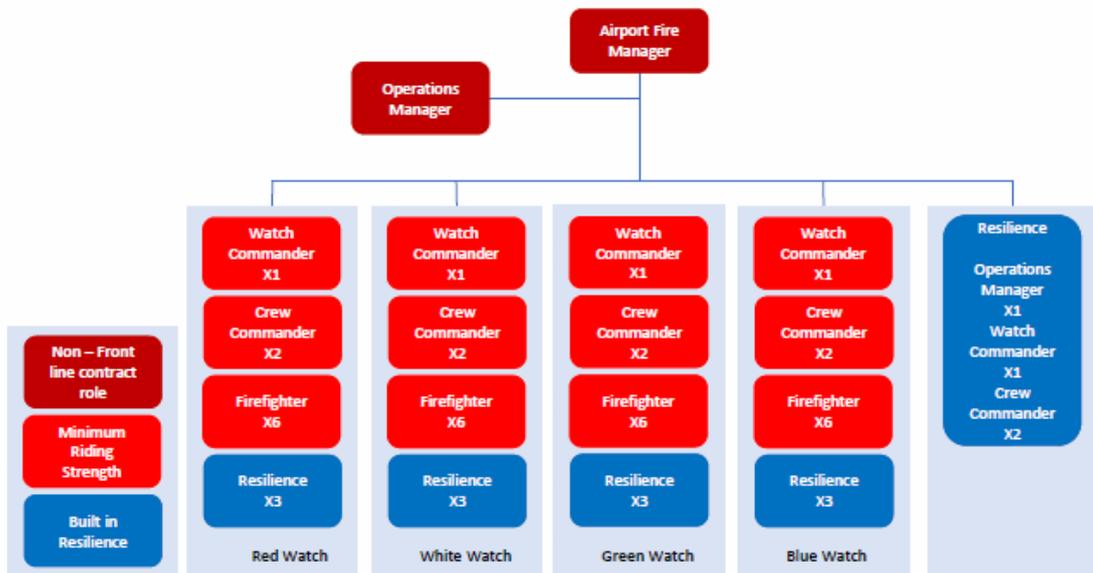
5. 實務補充

- (1) 策略制定的關鍵考量：
 - a. 制定行動計劃時需回答“什麼、誰、何時、何地、為何及如何”等問題。
- (2) 重大事件中的資訊共享與管理：
 - a. 即使在資訊不足的情況下，也需根據現有資料快速制定行動計劃。
 - b. 確保敏感資訊的適當使用與保護，同時促進透明溝通。

(二) 英國格拉斯哥機場消防救援服務概覽

1. 營運時間與輪值制度

- (1) 格拉斯哥機場消防救援服務全年無休，提供 24/7 的支援，依照 CAA/EASA 的標準運作，白天為 10 級機場，晚上為 9 級機場。
- (2) 包括四個分隊，每分隊均有完整的設備與人員配置，滿足日間與夜間不同類別的需求。



2. 消防救援服務的設施與設備

(1) 設施

- a. 消防站內包含 7 輛專業消防車輛與 2 部救援船艇，並設有專用消防訓練場地。

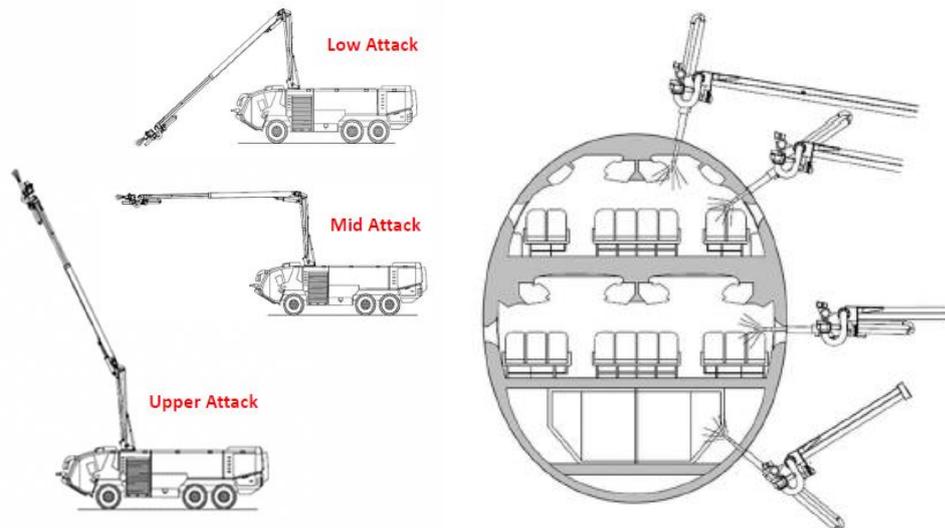


- b. 訓練設施提供機場消防單位與外部單位的專業培訓(機組員及航空從業人員之火災訓練、急救課程、私人機構消防單位等)。



(2)HRET 技術

- a. Rosenbauer Panther CA5 車輛配備 HRET 技術，支持高、中、低位攻擊，適用於多樣化的火災應對。
- b. 車輛搭載大容量水和泡沫儲存裝置，能快速部署於不同情境，滿足國際民航組織的滅火要求。

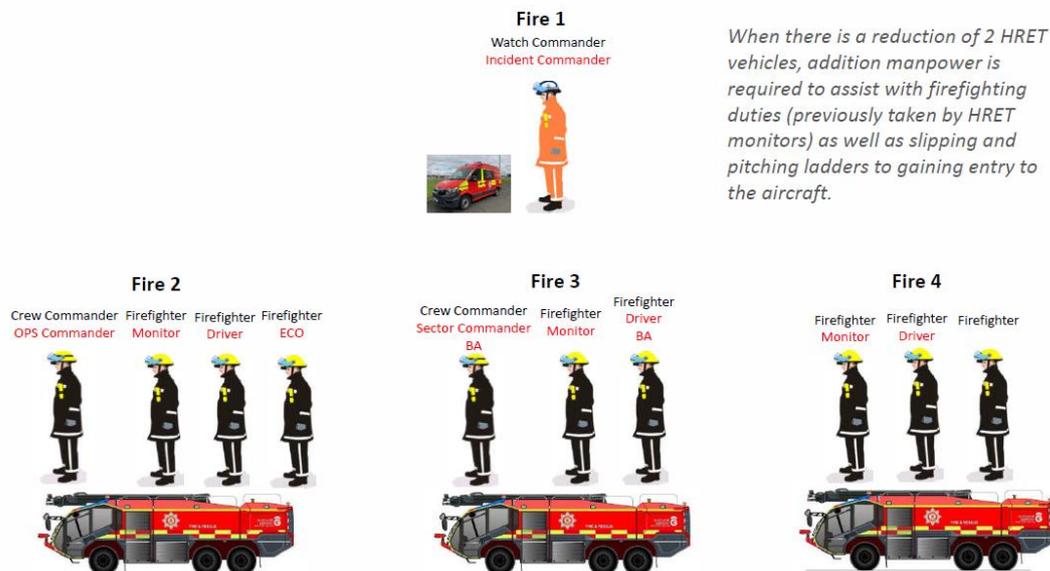




3. 應急反應與指揮系統

(1) 反應時間

- a. 根據法律規定，在能見度最佳的情況下，消防車需在 2 分鐘內到達運作跑道，3 分鐘內完成全面佈署。
- b. 反應時間納入機場緊急計畫，確保快速支援並連續施用滅火劑。
- c. 當減少 2 輛高空滅火車時，需增加人力協助滅火任務（之前由高空滅火車監控員負責），並協助架設和操作梯子以進入飛機內部。



(2) ICS 系統

- a. ICS 系統為事件指揮官提供組織與部署資源的框架，確保指揮行動的有效性與安全性。
- b. 功能包括風險評估、任務分配與控制措施管理，適用於多類型突發事件。

4. 服務範疇與事故分類

(1) 服務範疇

- a. 包括飛機緊急事件、交通事故、醫療救援、河流與海上救援、毒性、生物性、放射性及核子物質事件(CBRN)等。
- b. 除了日常消防救援外，還負責人道主義援助及危險物質應對。

(2) 事故分類

- a. 飛機相關事件包括本地待命、全面緊急與地面事故等類型。
- b. 根據事故性質與嚴重程度，制定適合的救援策略，並部署所需資源。



肆、心得及建議

- 一、新加坡樟宜機場以嚴格的標準保障機場安全，包含反應時間遵照 ICAO 建議規範，在最佳能見度下 2 分鐘內到達跑道任一位置，即能看出其在維護機場安全上不遺餘力。
- 二、新加坡樟宜機場的 AES 部門具有相當的規模，光是機場消防單位成員就約有 600 人之多，在各消防站都有其不同的專業性，針對不同機型、不同任務屬性進行戰術佈署，並在各消防站都有車輛及裝備的備援規劃，除了具備高專業性和規模化運作外，在硬體上也兼具備援規劃的完整性，看得出其對機場營運服務的高度責任心，如此規模和專業性對各國機場具有很大的參考價值。
- 三、新加坡全年的火警案件逐年下降，歸因於政府單位對於火災預防及公共安全之重視，而在樟宜機場之消防單位都有火災預防科的設置，甚至還有專屬消防單位的督察部門，能看出機場單位對於各專業領域的高度重視及專業分工的精細化。
- 四、本次參與的訓練課程涵蓋了入室搜救的實務操作訓練。儘管各國在入室搜救制度上略有差異，新加坡全年火警案件僅約為台灣的十分之一，卻在各組模擬入室搜救中展現了卓越的技術，充分反映其搜救制度的成熟與國際化水平，令人印象深刻。



五、面對國際淨零排放的趨勢，歐洲各機場陸續採用電動消防車作為主力車輛，新加坡也正朝此趨勢邁進。新加坡民防部隊（SCDF）率先引進配備高科技系統的電動消防車，不僅能透過電腦運算輕鬆駛過崎嶇地形，還能在行駛中進行砲塔操作。車輛內搭載模組式滅火機器人（MFM），有效降低消防人員進入危險區域滅火時的受傷風險。

六、新加坡樟宜機場接軌國際趨勢，在主力消防車導入科技化救災設備，如下圖所示，包含配備高空伸縮砲塔（HRET）的機場消防車，透過砲塔上的熱顯像儀定位機艙內火點後，可進行蒙皮穿刺射水操作，另外亦包含配備消防專用之救援梯車，有利於消防人員在第一時間提供旅客可靠的撤離路徑，透過梯車內置的消防系統能直接在梯頂平台處輕鬆完成水線佈設，在搜救行動中大幅增進搶救時效及降低消防人員體力負荷，新穎科技化的車輛裝備成為機場消防單位救援的重要利器。而為了減輕消防人員的體力負擔，樟宜機場消防隊引進傷患搬運機器人，透過遙控器操作或啟用自動跟隨模式（遙控器配對）輕鬆完成傷患的搬運作業，特別在面臨大量傷患情況可大幅降低人力負擔，提升救援效率。面對科技化救災趨勢，新加坡亦穩定向前邁進，充分展現其全球化的宏觀視野，為各國機場提供了具啟發性的借鑑價值。



- 七、新加坡機場消防隊建立了完善的設備檢查與維護機制，確保所有救援裝備，如消防車輛、空氣呼吸器、泵浦及搶救裝備等，始終處於最佳運作狀態。落實標準化的日常檢查與管理機制，提升設備穩定性與可靠性。
- 八、新加坡機場消防隊在多元化模擬演練中展現了卓越的實戰能力，尤其是在飛機內部火災、危險物質災害與建築火警的應變中表現突出。建議在桃園機場內部演練中加入更多模擬情境，如大型航空器火災與危險物洩漏事故，提升應急協調能力與實戰能力。
- 九、新加坡課程強調通訊設備與無線電操作的標準化應用，確保在各種情境下的通訊效率。通訊與協作能力優化也是本次的學習重點，應定期檢討現有通訊流程，確保其能因應不同突發情境。同時，建議將手勢信號作為輔助通訊手段推廣至全體隊員，以應對通訊中斷或高噪音場景，進一步提高團隊間的默契與反應速度。
- 十、面對航空業全球化發展趨勢，新加坡樟宜機場的科技化救援裝備與系統運作為全球機場樹立了標竿。建議桃園機場持續與國際消防機構合作，引進先進技術與理念，確保機場營運安全與救援效率達到國際一流水準。

附錄一：課程證書



附錄二：學員合影

