

出國報告(出國類別：進修)

赴新加坡參加
「飛航安全管理調查與分析課程」
出國報告

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：

劉子瑜技正

邱浩偉課長

派赴國家／地區：新加坡

出國期間：114 年 12 月 7 日至 12 月 13 日

報告日期：115 年 2 月 5 日

目錄

壹、	目的.....	3
貳、	過程.....	4
一、	行程紀要	4
二、	課程表	4
三、	授課講師簡介	5
(一)	Dr Andrew Lowe	5
(二)	Brent Hayward.....	5
四、	課程內容	5
(一)	人為疏失	5
(二)	公正文化	8
(三)	組織事故以及系統性調查方式.....	9
(四)	人員涉入（Human Involvement）	12
(五)	情境條件（Contextual Conditions）	14
(六)	組織因素（Organisational Factors）	17
(七)	事故預防之屏障（Barriers in Accident Prevention）	19
(八)	「人類表現限制」（Human Performance Limitations）	22
(九)	「目擊者訪談技巧」（Witness Interviewing Techniques）	25
(十)	「調查議題」（Investigative Issues）	30
(十一)	「有效的調查發現與安全行動」（Effective Findings & Safety Actions）	34
參、	心得與建議.....	37
一、	心得	37
二、	建議	40
(一)	優化總臺內部事件調查流程，強化本局安全監理與風險辨識功能	40
(二)	辦理飛航管制事件調查人員專業訓練，提升調查作業之品質與一致性.....	40
(三)	持續參與飛航管制事件調查之國際訓練，精進本區飛航安全.....	41

壹、目的

為提升飛航管制事件分析與調查能力，識別飛航管理環境下安全調查與分析之關鍵因素，提出有效結論與建議，進行人為疏失及公正文化之管理已建立安全飛航作業環境，交通部民用航空局（下稱本局）派員赴新加坡民航學院（Singapore Aviation Academy, SAA）參加飛航安全管理調查與分析（Air Traffic Safety Management Safety Investigation and Analysis）課程。

該課程係新加坡民航學院長期開設之課程，由澳洲人為因素及航空安全顧問公司 Dédale Asia Pacific 資深講師 Dr Andrew Lowe 及 Brent Hayward 負責課程教授，提供飛航管制相關事件之調查、分析、組織層面風險、人為因素等議題之相關訓練。

臺北飛航情報區（Taipei FIR）航行量於 COVID-19 疫情後持續回升，114 年總管制架次為 1,716,894 架次業接近疫情前（108 年）之水準，且預期將持續上升，為因應航情提升之相關風險本局國家民用航空安全計畫以「飛航管制案件發生率 1.0 次/十萬管制架次以下」為安全目標，本局飛航服務總臺（下稱總臺）亦據以訂定相關之飛航服務安全績效指標（Safety Performance Indicator, SPI）管控飛航管制案件發生之相關風險。

透過本案訓練課程，可使調查飛航管制相關事件之承辦人員學習使用國際間準則、系統化、邏輯化之調查與分析流程，並將涉及層面由單一個人提升至整體組織，期能從識別風險發生之根源，並據以研析予以緩解或管理之應對作為；除了在事件發生後的被動檢討，課程亦教授「主動整合風險評估技巧（Proactive Integrated Risk Assessment Technique, PIRATE）」於事件發生前，以預設的可能情境及發生事件進行虛擬之調查分析，藉以預擬風險事件發生之相關措施。

貳、過程

一、行程紀要

日期		行程說明
12 月 7 日	星期日	搭乘中華航空 CI753 航班/長榮航空 BR215 由桃園國際機場出發至新加坡
12 月 8 日至 12 月 12 日	星期一至 星期五	飛航安全管理調查與分析課程
12 月 13 日	星期六	搭乘中華航空 CI754/長榮航空 BR216 航班由新加坡返國

二、課程表

日期	課程大綱
12 月 8 日	1. 課程簡介 2. 人為疏失管理及公正文化 3. SHEL/O 及 SOAM 系統性調查方式介紹 4. 系統性事件分析方法(SOAM)
12 月 9 日	1. SOAM 分析方法：人為涉入 2. SOAM 分析方法：背景因素 3. SOAM 分析方法：組織及系統因素 4. SOAMZ 分析方法：事件防範措施 5. 案例研討
12 月 10 日	1. 人為表現 2. 訪談技巧 3. 訪談練習 4. 案例研討
12 月 11 日	1. 調查相關議題 2. 調查發現及安全行動研提 3. 分組練習
12 月 12 日	1. 分組練習及簡報 2. 課程總結

三、授課講師簡介

(一) Dr Andrew Lowe

曾任澳洲皇家空軍（RAAF）心理師（1976 年-1997 年）、Mercer Cullen Egan Dell 金融顧問公司管理顧問（1997 年-2001 年）及 Dédale Asia Pacific 之首席顧問（2001 年至 2021 年），在駕駛員評選、飛航訓練、航空器事件及事故調查、組員資源管理（CRM）訓練及執行、安全文化強化、訓練管理及改變管理領域皆有相關經驗。

(二) Brent Hayward

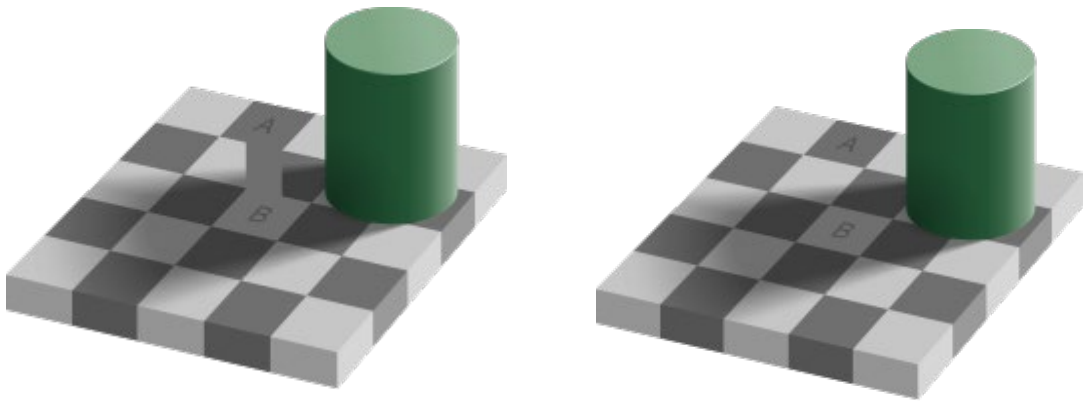
曾任澳洲皇家空軍（RAAF）心理師（1978 年至 1990 年）、澳洲航空(Qantas)航空心理師（1990 年至 1995 年），自 1995 年起任職 Dédale Asia Pacific 之管理顧問至今，在駕駛員評選、飛航訓練、航空器事件及事故調查、組員資源管理（CRM）訓練及執行、人為因素訓練應用、安全管理系統等領域皆有相關經驗。

四、課程內容

(一) 人為疏失

1. 原則 1：只要是人類都會犯錯，再有經驗的人（如鐵達尼號的 Edward John Smith 船長）也會犯簡單的錯誤，人們必須要從錯誤中學習並且據以調整後續之表現。
2. 原則 2：影響人為疏失的因素很多，諸如訓練、程序、壓力、疲勞、裝備及設計等。
 - (1) 表現相關因素(performance shaping factors)：可分為人員/個人因素，如生理/心理適性、能力、注意力及資訊處理等；工作/情境因素，如裝備、環

境、工作負荷及程序等。



〔圖 1. Edward H. Adelson 棋盤陰影錯覺，A 格與 B 格的亮度其實一樣〕

(2)發生疏失的條件：不適當的裝備、缺乏睡眠、時間壓力、生理時鐘低點（circadian low points）、工作交接、設計缺陷、溝通不良等。

3. 原則 3：最好的人員也會犯錯，以 1988 年德國 Rammstein 空軍基地特技表演事故為例，技術高超義大利特技飛行員在執行高難度的穿心表演時，因為駕駛員的些微的角度偏差，擦撞編隊另外 2 架僚機，造成 3 架特技機失事及駕駛員死亡，另外波及地面的一架直升機及大量觀眾，造成地面 67 人喪生、500 多人受傷。該事件除了直接檢視操作的駕駛員外，背後仍有更多的組織因素必須探究。



〔圖 2. 1988 年德國 Rammstein 基地表演事故〕

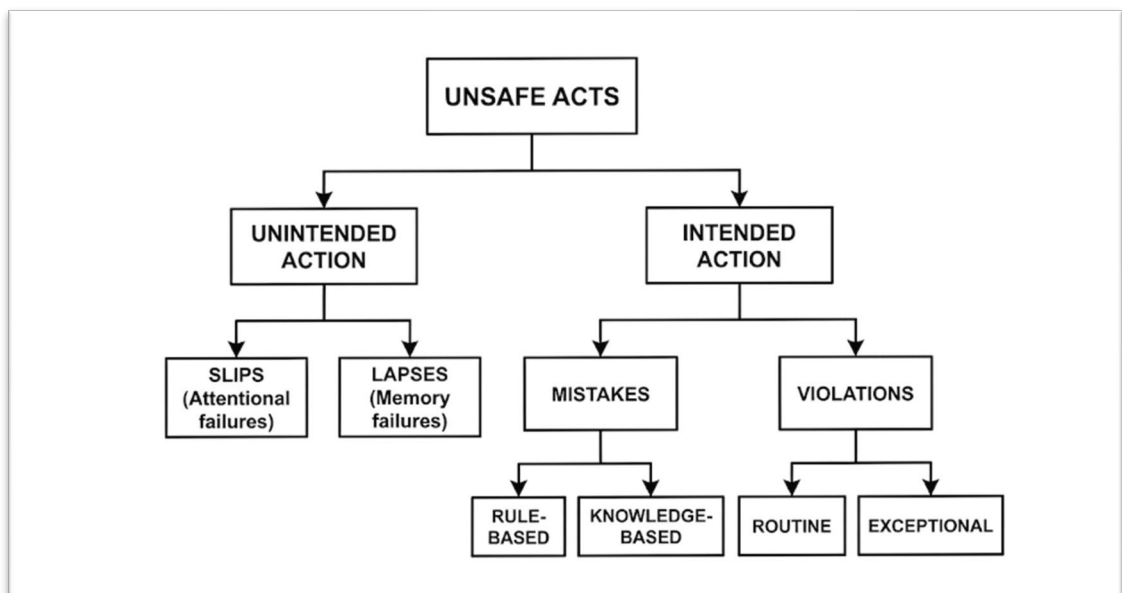
4. 原則 4：行為的本身與造成的後果並沒有直接關係，如一名老太太不小心將陽臺的花盆推落，如果老太太住 1 樓，後果可能只是花盆破掉，但如果老太太住在 4 樓又剛好有行人從樓下經過，那可能就是嚴重的後果。發生嚴重事故時的人為疏失可能並不是十分嚴重的錯誤，而可能只是平常會發生的簡單錯誤，只是配合不同的情境而產生嚴重的後果。



〔圖 3. 相同的錯誤搭配不同的情境會產生不同的後果〕

5. 原則 5：單一疏失鮮少造成事故：事故是由一連串事件累積而成，通常是由許多有關因子組成的失誤鏈（error chain）所致。有關因子間的關聯性就是失誤鏈，各因子通常會有一先後的發生次序，而各因子間可能彼此相關或不相關。因此執行事故調查時往往需要建立事件發生的時間表以釐清事故發生的原貌。以不穩定進場最後造成衝出跑道事故為例，一連串的風險螺旋（risk spiral），由疏失造成的情況、情況衍生的違規、接續衍生的情況及疏失，最終導致事故的發生，即是典型的範例。
6. 原則 6：只識別出疏失無法防止事件發生：首先要將“不安全的行為（unsafe acts），現已改名為“人員涉入（human involvement）”予以分類，

可分為故意及非故意的行為。非故意的行為可再分為計畫正確但注意力失效或分神的閃神（slips）；計畫正確但記憶失效的記憶斷片（lapses）。故意的行為可分為錯誤（mistake），即計畫不正確時發生規則型及知識型之錯誤；另一種故意行為是違規，又可分為個人行為（蓄意破壞、魯莽、怠惰）、例外狀況（如跳下鐵軌救人）及常態性的必要違規（規定無效，不違規做不下去）。處理人員涉入行為就像打蚊子，只打一兩隻蚊子仍會持續有其他蚊子出現，必須從根源找出孳生蚊子的水坑予以處置，才能徹底解決持續產生的蚊子問題。



〔圖 4. Reason 不安全行為分類模型〕

(二) 公正文化

推行公正文化是提升整體安全的最有效方式，過往對人為疏失的觀念已從針對並解決個人問題，轉變為將人為疏失視為潛藏在系統的徵狀，必須改變個人背後的整體環境才能有效防止事件再發生。

安全文化也是報告文化，有良好的回報文化組織才能從中瞭解潛藏的風險，而要使員工願意主動回報，對管理層的信任是關鍵，而這又涉及管理階層不處分的作法，但公正文化並非不處分文化，而是必須建立一個可接受及不可接受的行為底線，對不可接受之行為仍應採取相應的處分但仍必須從中理解並學習涉及的相關失誤。

(三)組織事故以及系統性調查方式

組織事故（organizational accident）係指非單一原因造成的事故，而是指發生在防禦嚴密、複雜且高風險系統中的罕見且災難性事件。這類事故通常是由多個層面的失效共同導致，而非僅僅是第一線人員的錯誤所造成。

1. 組織事故的4大特徵：組織事故與一般的個人事故不同，它通常具備以下特性：

- 多重失效組合之結果：由不同層級的失效（failures）結合所致的結果，絕非單一因素造成。
- 發生於特定系統：通常發生在擁有嚴密防護措施、複雜、低風險但具「高危害性(hazard)」的系統中，例如航空及核能相關產業。
- 人為因素僅是導火線：該類事故往往涉及位於作業「尖端」（sharp end）的第一線人員（如飛行員、管制員）之錯誤或違規，其通常是事故發生的觸發點。
- 其根源存於組織：促成事故的因素可追溯至組織高層的「潛在條件」（latent conditions）。

2. 組織事故的核心理論：瑞士起司模型（The Reason Model）

James Reason 教授提出的模型解釋了組織事故如何發生。事故的發生就像光線要穿過多片瑞士起司上的孔洞，需要所有防禦層的漏洞同時排列成一直線才能成功穿透，而該模型又將關鍵的失效因素區分為兩類：

- 顯性失效（Active Failures）：指第一線人員（如機師、駕駛員）的錯誤或違規行為，該類失效會產生立即性的負面影響。
- 潛在條件（Latent Conditions）：指組織內部的因素（如設計缺陷、管理決策、訓練不足），其製造了讓錯誤發生的環境。這類條件可能潛伏很長一段時間，直到它們與當地的誘發條件及顯性失效結合，最終促成突破系統的安全防禦的結果。著名的案例為 1985 年日本航空 123 班機空難，起因是 7 年前的一次維修不當（潛在條件），最終導致機體抵抗金屬疲勞能力大幅降低而發生事故。

3. 分析方法：

在調查組織事故時，必須採用「系統性觀點（The Systemic Approach）」而非「個人指向觀點（The Person Approach）」：

- 個人指向觀點：傾向將事故歸咎於個人的粗心或疏忽，該觀點雖然在法律判決上十分便利，但無法解決根本問題，因為「人非聖賢，孰能無過」。
- 系統性觀點：重點在「改變人們工作的條件」，而非試圖改變人類的本性。調查的重點是屏障（barrier）為何失效，以及如何改進系統以減少未來發生的機率。

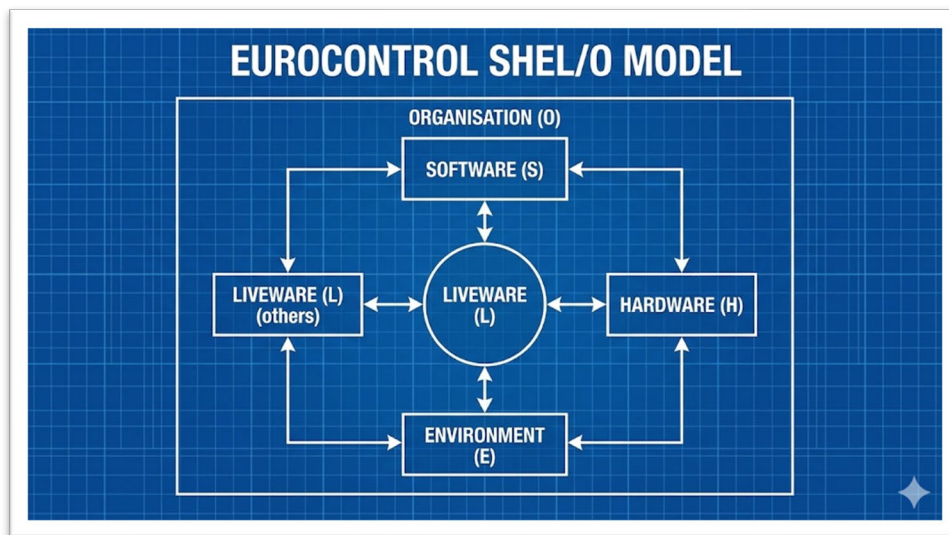
4. 調查工具：SHEL/O 模型

為了系統性地收集組織事故的數據，常使用將 Elwyn Edwards 提出的 SHELL 模型再擴充之 **SHEL/O 模型**，此模型將事故因素分類為：

- S (Software)：程序、手冊、法規。
- H (Hardware)：設備、設計、人機介面（HMI）。
- E (Environment)：工作環境、物理條件（如噪音、光線）。
- L (Liveware)：人員本身（身心狀態）以及人與人之間的介面。

- O (Organisation)：組織因素，包括政策、訓練流程、風險管理與組織文化。

與 SHELL 模型分析各層因素不同，SHEL/O 模型在本課程中旨在進行資料蒐集分類的系統性工具，不對各因素間之介面作進一步探討。

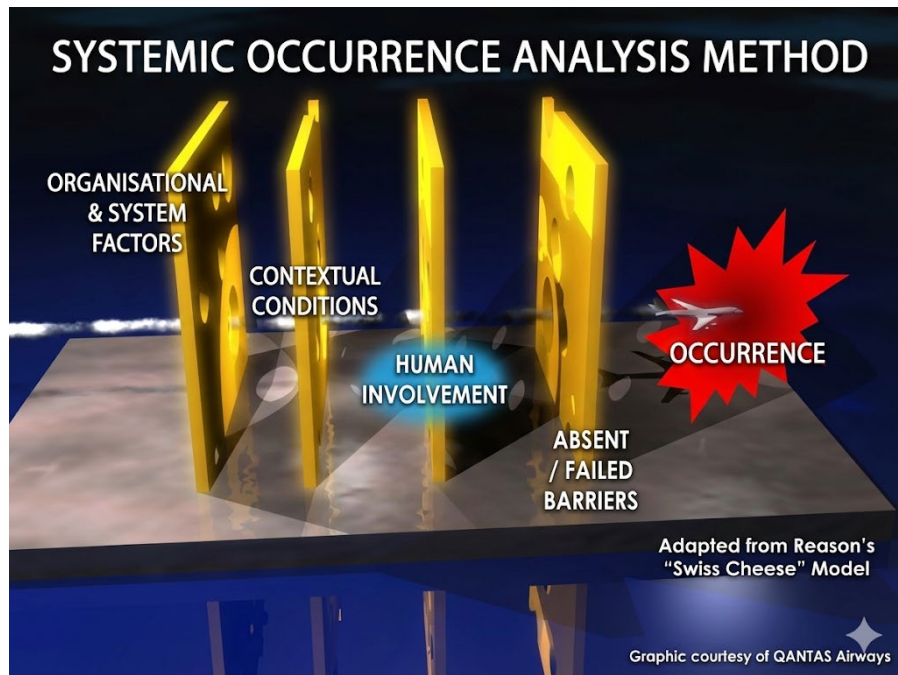


〔圖 5. Eurocontrol 使用之 SHEL/O 模型示意圖〕

總結來說，組織事故屬於**人為的災難**，雖然可能由個人錯誤觸發，但其根本原因在於組織內部長久以來未被發現或解決的系統性缺陷。

5. 分析工具：SOAM 模型

以 Reason 的瑞士起司模型為基礎發展出的系統事件分析方法（Systemic Occurrence Analysis Method，簡稱 SOAM），將 SHEL/O 所分類出的各項因子，再以 SAOM 模型予以連結及分析。



〔圖 6. SOAM 模型〕

(四) 人員涉入（Human Involvement）

人員涉入（舊稱為不安全的行為），係指直接觸發事故或事件的人員行為，在瑞士起司模型中屬於顯性失效的層面，人員涉入不一定都造成不良的結果，也可能是拯救事件免於陷入災難的關鍵，如 2009 年 1 月 15 日全美航空 1549 號班機的「哈德遜河的奇蹟」（Miracle on the Hudson）。根據國際民航組織（ICAO）相關文件之描述，人員是航空系統中最有彈性、適應性及最有價值的元素，但同時也是最脆弱並可能對系統表現產生負面影響的元素。

1. 核心定義：人員涉入並非泛指所有與人相關的資訊，而是特指「觸發」事件發生的行為或疏忽。
 - 具體定義：觸發事件發生所涉人員的作為（Actions）或不作為（Omissions），包含錯誤（Errors）或未遵守規定（Non-compliance/Violations）。
 - 判斷標準（Check Question）：要確定某個因素是否屬於「人員涉入」可先確認該因素之描述是否為緊接於事件之前發生，且觸發了該事件的作

為或不作為。人為涉入在某些情況下可能不是在事件當下出現，如日航 123 號班機機尾爆炸或是在挑戰者號太空梭失事時，駕駛員僅是乘客，人為涉入可能是早在事件發生更久之前。

2. 關鍵區別：「人員涉入」常與「情境條件（Contextual Conditions）」混淆，人員涉入並不包含關於相關人員的所有事實資料：
 - 人員涉入：僅指觸發事件的當下行為，例如推錯操縱桿、未回應航管呼叫。
 - 情境條件（Contextual Conditions）：則是其他關於人員的相關事實，例如人員感到疲勞、訓練不足、壓力大、身心狀態等，這些資訊係被歸類為「情境條件」，而非人員涉入本身。
3. 人員在系統中的雙重角色：在分析「人員涉入」因素時，必須理解人類在航空或複雜系統中的本質：
 - 最靈活也最脆弱：人類是系統中最具彈性、適應力及價值的元素（例如可在電腦無法處理的情況下採取創新的作法），但也是最容易受到負面影響而導致表現下降的一環。
 - 打破迷思：雖然統計數據常顯示 70-100% 的事故涉人為錯誤，但不能簡單地認為「人就是問題」。事實上，正是這些人在設計、操作和維護系統，更多時候是人們創造了安全（People create safety），適時修補了系統的漏洞，而阻止了危險事件的發生。
4. 調查與分析方法：在調查人員涉入時，建議採取以下步驟與觀點：
 - 由內而外的觀點（Inside View）：引用 Dekker (2002) 的概念，事件調查者應穿上「組員的鞋子」（Crew's Shoes），採取當事人觀點試圖理解在事故發展的當下，為什麼該行為對當事人來說是合理的，而非僅僅使用「後見之明」（Hindsight）進行批判。

- 分析流程：

- (1) 識別「緊接於事件發生前」的人員行為（錯誤或違規）。
- (2) 接著識別促成或允許這種行為發生的情境條件（Contextual Conditions）。
- (3) 最後通過改變條件或建立新的屏障（barrier）來管理錯誤。

(五) 情境條件（Contextual Conditions）

情境條件（Contextual Conditions）是理解組織事故中「為什麼」發生人為錯誤的關鍵環節。如果說「人員涉入」是描述「執行了什麼作為」，那麼情境條件就是解釋「為什麼這些作為在當下對當事人來說是合理的」。

1. 定義與定位：

- 核心定義：情境條件是指在事件發生當下或緊接於事件發生前已經存在的背景條件。
- 調查定位：情境條件為事件「搭建了舞臺」（set the scene），並直接影響了人員的作為或不作為，它們也被稱為「不安全行為的心理前兆（Psychological precursors of unsafe acts）」、「塑造人員表現之因子（Performance Shaping Factors）」、工作或環境條件及情境條件等。要判斷一個資訊因素是否屬情境條件，可先確認「該因子是否描述了工作場所、組織氣候，或是人員的態度、人格特質、人員表現限制、生理或情緒狀態等，而這些因素有助於解釋他們的行為」。

2. 五大分類範疇

分類	說明與範例
工作場所條件 (Workplace conditions)	指硬體、程序或工作安排之相關議題。例如：時間壓力、工具設備不足、程序不明、監管不足、人力配置不佳等。

組織氣候 (Organisational climate)	指組織內部的文化氛圍。例如：責備文化、容忍違規、缺乏符合規定之獎勵、不公平的懲處、「大男人主義 (Macho)」等。
態度與人格特質 (Attitudes and personality)	指個人的人格特質與態度。例如：過度自信、對工作不滿、自尊心低落、習得性無助 (learned helplessness)、冒險傾向等。
人類表現限制 (Human performance limitations)	指人類固有的認知或能力限制。例如：技能不足、訓練不夠、注意力分散、確認偏誤 (Confirmation bias)、容易出錯的傾向等。
生理與情緒因素 (Physiological/emotional factors)	指影響身心狀態的短期因素。例如：疲勞、睡眠障礙、家庭問題、壓力、單調無聊 (導致警覺性下降) 等。

3. 與錯誤及違規的關聯：

James Reason 的研究指出，特定的情境條件容易引發錯誤 (Error) 或違規 (Violation)：

- 引發錯誤的條件 (Error Producing Conditions)：如對任務不熟悉、時間壓力、人機介面設計不良、資訊過載等，這些因素會增加無心之過發生機率。
- 引發違規的條件 (Violation Producing Conditions)：如管理階層與員工衝突、認為規則無意義、鼓勵冒險的文化，或是讓人覺得「這件事不會發生在我身上」的僥倖心態。

4. 調查分析的邏輯：從「情境」議題溯源到「組織」議題

在事故調查中，情境條件扮演著連接「第一線人員行為」與「組織潛在缺陷」的橋樑：

- 第一步：檢視人員涉入（Human Involvement）的資訊，確認「是什麼因素解釋了他們的行為」，以找出情境條件。
- 第二步：針對情境條件探究可能原因，將分析推向組織因素

（Organizational Factors）之層面。以課程的案例探討 2015 年 12 月 17 日紐西蘭漢密爾頓機場（Hamilton Aerodrome）飛航管制事件為例：

(1) 紐西蘭漢密爾頓航機低於隔離之事件中，發現「管制員經驗不足」之因子（情境條件）。

(2) 續探究為何管制員經驗不足，進一步查出該機場塔臺「人員流動率高」之資訊。

(3) 接續探究為何管制員流動率高，進而查找出「該機場地處偏遠，但組織缺乏支持員工留任之相應策略」之組織因素。

5. 管理與改善建議：

- 並非所有條件都能改變：有些環境條件（如天氣）是不可避免的，並無法直接消除。
- 改善的重點著重在組織：雖然識別出了情境條件（如疲勞），但相關改善建議（Recommendation）不應只停留在「叫員工多休息」，而應針對組織的作為或不作為（例如排班制度改革）進行改善，透過修正組織因素，間接改善工作現場的情境條件。

(六)組織因素（Organisational Factors）

組織因素（Organisational Factors）是系統性事故調查模型（如 SOAM）中層級最高、影響最深遠的環節，其代表組織內部的系統性缺陷，並且產生讓第一線人員出錯的環境與條件。

1. 核心定義與調查定位：

- 定義：組織因素是指在事故發生之前就已經存在的組織文化、系統、流程或決策。
- 調查定位：組織因素是導致「情境條件」（Contextual Conditions）產生或允許這些不良條件持續存在的根本原因。要判斷一個因素是否屬組織因素，可確認該項目是否描述了組織的文化、系統、流程或決策之面向，且該面向在事件發生之前就已存在，且與情境條件的產生或允許其繼續存在有所關聯。

2. 12 大組織因素分類

代碼	因素名稱	說明
TR	訓練 (Training)	訓練的品質與適合性。包含課程設計、授課方式、時數、考核標準以及訓練是否符合實際任務需求。
WM	人力資源管理 (Workforce Management)	直接影響作業人員的管理措施。包含排班 (Rostering)、人力配置、疲勞管理、薪資獎勵制度、職務安排與徵才流程。
AC	權責 (Accountability)	職責之分配與監督。包含高層對安全的承諾、清楚定義安全責任、以及確保責任落實之相關機制。
CO	溝通 (Communication)	組織內部資訊流動之情形。包含關鍵安全資訊是否有效傳遞予員工，以及正式與非正式溝通管道的順暢程度。
OC	組織文化 (Organisational Culture)	影響「我們這裡如何做事」的共同價值觀。包含對安全的承諾、公正文化 (Just Culture)、對潛在風險的警覺以及從錯誤中學習的能力。例如美國太空總署 NASA 追求時效文化、面對風險的沉默文化，造成挑戰者號及哥倫比亞號兩次重大事故。
CG	目標衝突 (Competing Goals)	生產/營利目標與安全目標間之衝突。為了經濟利益、時程規劃或特定團體利益而犧牲安全。例如 BP (英國石油) 墨西哥灣深水地平線 (Deepwater Horizon) 事故為了經濟利益而犧牲各種安全裕度。
PP	政策與程序 (Policies and Procedures)	書面指引的品質。包含標準作業程序 (SOP) 的清晰程度、適用性、更新頻率、可取得性以及標準化程度。例如 1999 年澳洲航空(Qantas) QF1 航班因公司採用減推力以節省油耗的政策間皆導致該航班在曼谷降落時衝出跑道之事故。
MM	維修管理 (Maintenance Management)	設備與設施維護的規劃與監督。包含維修排程、資源分配，以及對外包廠商 (Contractor) 的管理與監督。如 1979 年美國航空因發動機維修未按標準流程導致一架 DC-10 在芝加哥機場失事、1990 年英航 BAC111 航班因維護不當致風擋玻璃脫落事件。
EI	設備與基礎設施 (Equipment and Infrastructure)	硬體的設計與品質。包含工具的可用性、人機介面 (HMI) 的適用性以及工作環境的物理條件。如米蘭機場 2001 年跑道入侵事件涉機場標線及相關設備。

代碼	因素名稱	說明
RM	風險管理 (Risk Management)	識別與監控風險的系統。包含組織如何分析、管理並持續監控與人員、設備或環境有關的潛在危害。
CM	改變管理 (Change Management)	組織應對重大改變之規劃與管理。包含引進新技術、組織改組或重大流程改變時，如何管理過渡期間之風險以及員工之接受程度。
EE	外部環境 (External Environment)	組織無法直接控制但受其影響的因素。包含法規、監理要求、經濟大環境、機場基礎設施等。如 2002 年德國烏柏林根空中相撞事故與國際間對 TCAS RA 作業流程有關。

(七) 事故預防之屏障 (Barriers in Accident Prevention)

「屏障」(Barriers) 或防禦機制 (Defenses) 是事故預防與調查中的核心概念。在 James Reason 的「瑞士起司模型」中，事故發生是因為所有的屏障都同時失效或出現漏洞。

1. 核心定義與調查定位：在安全系統中，屏障是用來阻擋危害 (Hazards) 造成損失 (Losses) 的防護措施。
 - 屏障與事故發生：從屏障的角度來看，發生安全事故 (Safety Occurrence) 意味著現有的屏障失效 (Failed) 或是缺乏 (Absent) 應有的屏障。
 - 縱深防禦 (Defences-in-depth)：高風險系統通常依賴多重屏障保護 (如多層城牆)，即是包含「安全裕度」(Redundancy) 與「多樣性」(Diversity) 設計之理念。
 - 調查定位：在事故調查中，要識別某個因素是否屬於「失效或缺乏的屏障」，可以確認「該項目是否描述了一個工作程序、人員意識、物理障礙、告警、自動控制系統或是保護措施，而其設計目的是為了預防事件發生或減輕其後果」。

2. 屏障的兩大形態：屏障可以根據其性質分為兩類：

- 軟性防禦（Soft defences）：依賴人員遵守的非實體措施，例如：法律、法規、手冊、程序（SOP）、檢查（Checking）、簽核、稽核、交接系統、工作許可證、溝通系統等。
- 硬性防禦（Hard defences）：工程設計上的實體安全功能，例如：自動化安全裝置、物理隔離牆、防呆裝置等。

3. 六大屏障功能（Barrier Functions）

屏障功能	定義	範例	應用階段
1. 意識 (Awareness)	對系統狀態、風險的理解，以及對規則與程序的認知。	訓練 (CRM, OJT)、督導 (Supervision)、交接簡報 (Handover)等。	預防 (Prevention)
2. 限制 (Restriction)	透過物理、功能或行政手段，限制動作或設定動作的前置條件。	標準通話 (複誦/確認)、互鎖裝置 (Interlocks)、軟體邏輯鎖定。	預防 (Prevention)
3. 偵測 (Detection)	警告系統狀態異常或即將發生危險的指示系統。	警示燈號、告警系統 (TCAS, GPWS)、衝突警示 (STCA)。	預防 / 解決 (Prevention / Resolution)
4. 控制與恢復 (Control & Recovery)	從異常狀態中恢復，將系統帶回安全狀態。	飛行包絡線保護、車輛穩定控制系統、人員的操作介入。	解決 (Resolution)
5. 保護與圍堵 (Protection & Containment)	控制有害能量或物質之擴散，保護人員免受傷害或減少環境損害。	防火牆、過濾器、安全帶、安全護具 (PPE) 等。	減災 (Mitigation)
6. 逃生與救援 (Escape & Rescue)	讓潛在受害者逃離失控的危害，治療傷患或恢復環境。	緊急逃生程序、逃生滑梯、急救措施 (First Aid)等。	減災 (Mitigation)

4. 人員在系統中的雙重角色

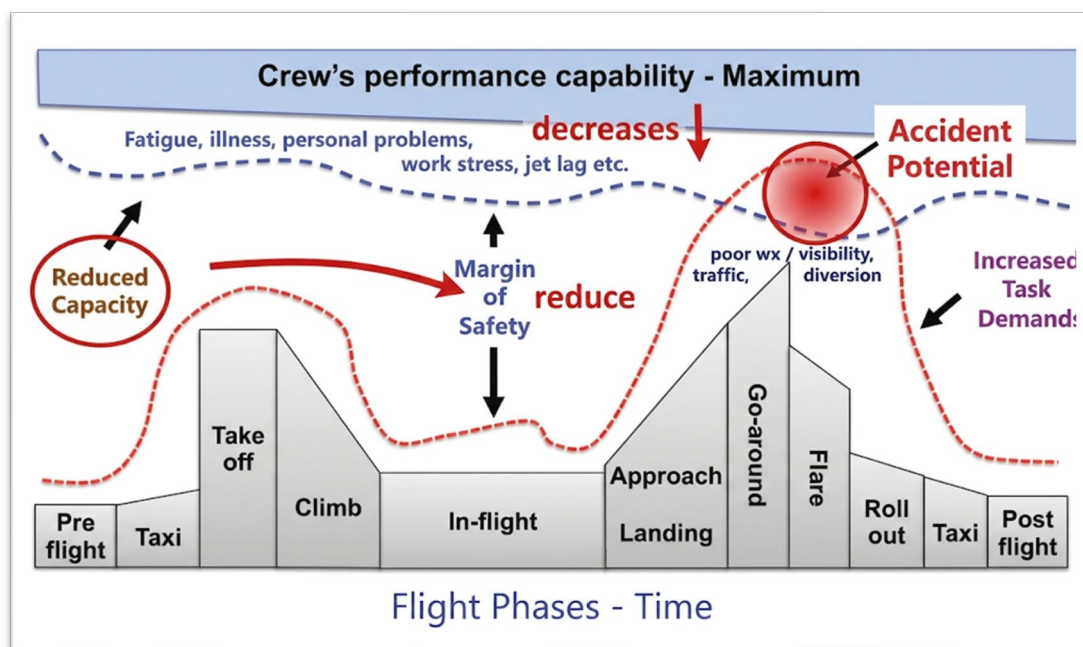
- 作為危害（Human as hazard）：傳統觀點著重於人員的失誤（Slips、Lapses、Mistakes）與違規，並將人員視為系統中的危害。
- 作為防禦（Human as defence）：另一觀點則認為人員是最靈活的屏障，其可透過調整（Adjustments）、彌補（Compensations）、恢復操作（Recoveries）甚至英勇的即興發揮（Heroic improvisations），在最後關頭挽救系統失效。

5. 屏障本身也可能成為風險：導入屏障並非毫無負面效果，屏障本身可能也會導致相關風險。

- 屏障可能只是轉移了錯誤發生的位置，而非消除錯誤。
- 屏障可能使系統變得更複雜且不透明（Less transparent/visible）。
- 屏障往往依賴操作人員的正確互動，需有正確及有效的訓練。
- 屏障本身可能反而引起災難性的結果。

(八) 「人類表現限制」 (Human Performance Limitations)

1. 核心概念：人員能力、工作負荷與安全裕度之概念，以飛行各階段作為範例說明。

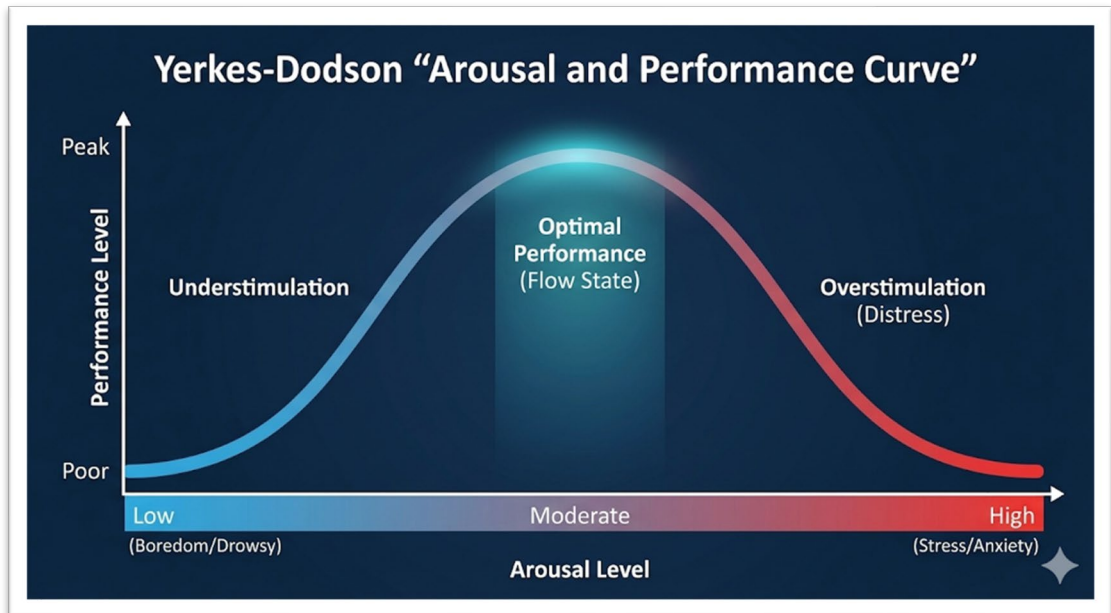


〔圖 6. 飛行階段之組員能力、工作負荷及安全裕度變化示意圖〕

- 安全裕度 (Margin of Safety)：「組員的最大表現能力」與「任務需求」之間的差距，為執行任務的安全裕度。組員的表現能力 (capability) 可能因疲勞、疾病、個人問題、工作壓力、時差等因素而降低；任務需求 (workload) 則會因惡劣天氣、航情繁忙、執行轉降、重飛等因素而增加。
 - 事故發生之潛在風險 (Accident Potential)：任務需求超過組員之能力即會產生事故風險。
2. 關鍵限制一：疲勞 (Fatigue)
疲勞是消耗身心資源的結果，會隨時間累積並導致人員表現下降。

- 疲勞的調節機制：主要受睡眠/清醒週期、晝夜節律（Circadian rhythms）以及睡眠慣性（剛睡醒時的昏沈感）等人體機制影響。
 - 疲勞與酒精的類比：依據 Dawson 和 Reid (1997) 的研究指出，持續保持清醒對人體影響等同於血液酒精濃度（BAC）升高：
 - (1) 持續保持清醒 17 小時 相當於 0.05% BAC，在本國 0.03% BAC 即達酒駕行政罰標準，0.05% 血液達刑罰標準。
 - (2) 持續保持清醒 24 小時 相當於 0.10% BAC。
 - 風險管理：疲勞的風險需要多層面的方法管理，及採取疲勞風險管理系統（FRMS），其包括危害識別、人員教育、排班系統管理（Rostering）以及參考生物數學疲勞模型（如疲勞風險指數 Fatigue Risk Index，FRI）等。
3. 關鍵限制二：壓力（Stress）
- 壓力是對人體對環境干擾的反應，可分為短期（急性）與長期（慢性）。
- 喚醒與表現曲線 (Arousal and Performance Curve)：表現與喚醒程度呈倒 U 型關係（圖 7），過低（睏倦）或過高（激動/恐慌）的喚醒程度都會導致人員表現不佳，只有在適中的「最佳區間」才能發揮最佳表現。
 - 壓力的症狀：
 - (1) 生理：心血管問題、睡眠障礙、肌肉緊繃。
 - (2) 心理：焦慮、情緒改變、自信低落。
 - (3) 心智：注意力不集中、健忘、判斷力變差、發生隧道視野（Tunnel vision）效應。
 - (4) 行為：喪失動力、抄捷徑心理、易怒或過動。

- 任務壓力 (Task Stress)：源於時間壓力、目標衝突、工作中的干擾或設備不良，這類壓力會導致決策猶豫、冒險行為增加或忽略細節的行為表現。



〔圖 7. 喚醒與表現曲線〕

4. 情境知覺 (Situational Awareness, SA)

- 定義：準確感知影響飛航安全的因素與條件，即「知道周遭發生什麼事以及接下來可能發生什麼」。
- 4 個層級：
 - (1) 感知 (Perceiving)：察覺周遭狀況。
 - (2) 理解 (Understanding)：明白這些狀況的意義。
 - (3) 預測 (Projecting)：預判接下來會發生什麼（防禦策略的核心）。
 - (4) 識別威脅並評估風險。
- 喪失情境知覺的警訊 (Red Flags)：含糊不清、過度專注、進度落後、違反程序或溝通不良。

5. 決策模式（Decision Making model）

- 分析型決策（Analytical）：

- (1) 特點：檢視所有選項，評估機率，找出最佳解。

- (2) 適用時機：時間充裕、選項明確、惟缺乏經驗或需要向他人辯護決策時。

- 直覺型決策（Intuitive/Naturalistic）：

- (1) 特點：基於經驗與知識，快速識別模式（Pattern recognition）。

- (2) 適用時機：時間緊迫、情況不明確、面臨立即威脅時。

- 案例探討：1998 年 HMAS Westralia 軍艦火災事件，艦長在高風險與時間壓力下決策的困難：必須在短時間內決定是否釋放二氧化碳滅火，這可以拯救船上大多數船員，但將導致仍受困人員窒息。

(九) 「目擊者訪談技巧」（Witness Interviewing Techniques）

1. 訪談的目的與證據的本質

- 目的：訪談的主要目的是獲取事件相關或是更詳細的資訊以重建事件經過，同時也是與外部各方建立或維持良好關係、推廣安全觀念的機會。

- 證據的類型：

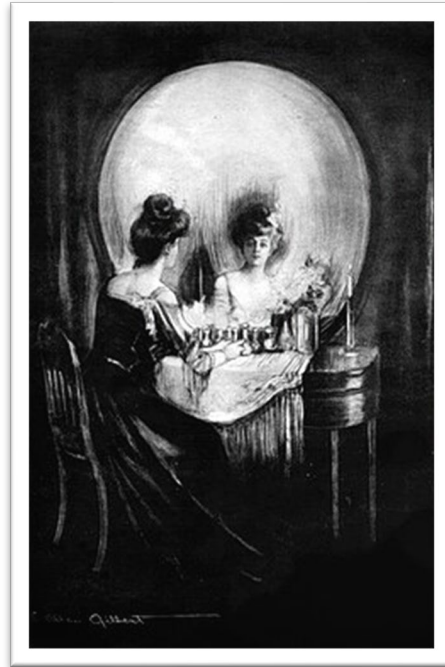
- (1) 硬性證據（Hard Evidence）：物理性的、永久的、事實導向（如黑盒子數據）。

- (2) 軟性證據（Soft Evidence）：行為科學相關、易逝的（Perishable）、帶有主觀意見（如證詞）。因為人類記憶會隨時間衰退或受影響，因此訪談必須及時進行。

2. 人類記憶與認知的侷限（為何訪談不易）

目擊者的證詞往往不可靠，受多種因素影響：

- 感知限制：受限於目擊者所在地的照明、速度、距離，目擊者自身的壓力、恐懼以及「預期心理」（Top-down process，我們常看到我們「想」看到的）。



〔圖 8. Charles Allan Gilbert 所畫 All is Vanity〕

- 記憶的可塑性（Elizabeth Loftus 實驗）：
 - (1) 用詞影響記憶：實驗顯示，詢問車子是「撞毀（Smashed）」還是「碰到（Contacted）」，會顯著改變目擊者對行車速度的評估。
 - (2) 誘導產生錯誤記憶：誘導性提問甚至能讓目擊者「回憶」起根本不存在的細節（如沒看見碎玻璃卻回答有）。

提問句	受訪者平均估計車速 (mph)
About how fast were the cars going when they smashed into each other?	40.8
About how fast were the cars going when they	39.3

collided with each other?	
About how fast were the cars going when they bumped into each other?	38.1
About how fast were the cars going when they hit each other?	34.2
About how fast were the cars going when they contacted each other?	31.8

〔 表 1. Elizabeth Loftus 訪談實驗 〕

- 美國航空 AA587 航班空難案例： 349 名目擊者的證詞南轅北轍（有人看到火，有人沒看到；有人說左轉，有人說右轉），證明不能單純依賴證詞，仍需與物理證據交叉比對。
3. 訪談前的準備與進行原則
- 準備工作：建立訪談團隊，建議由一人主導詢問，另一人輔助/記錄，可以減低詢問人必須同時詢問以及紀錄的工作負荷；明確設定訪談目標，也就是那些資訊是訪談中想獲得的；訂定計畫，確認訪談的主題及範疇；確認問題的型態(何時、何處)、提問的順序以及優先性、確切的用詞；在訪談時應確實按照計畫執行，並在訪談結束前再次確認訪談目標是否都達成。
 - 基本原則：
 - (1) 事前準備至關重要。
 - (2) 及時性（Timeliness）：記憶是易逝且有被影響（汙染）的風險。
 - (3) 地點（Location）：利用環境線索協助回憶。

(4) 建立信任 (Rapport)：讓受訪者放鬆；被錄音/錄影通常會讓受訪者不適。

(5) 狀態 (Status)：淡化調查員的官方權威感。

(6) 語言：避免使用業界用語 (Jargon)、專有名詞或縮語。

(7) 情感狀態：理解受訪者會有焦慮、壓力、困惑等情緒。

4. 訪談開始之前：

- 自我介紹。
- 選定不具威脅、讓受訪者安心的環境。
- 建立信任。
- 介紹訪談的角色以及訪談的目的，例如明確告知訪談的目的是為了找出與事件相關的線索，用以預防類似的事件再度發生。
- 向受訪者確認是否可以做筆記或是錄音/影（建議最多採錄影）。

5. 提問技巧

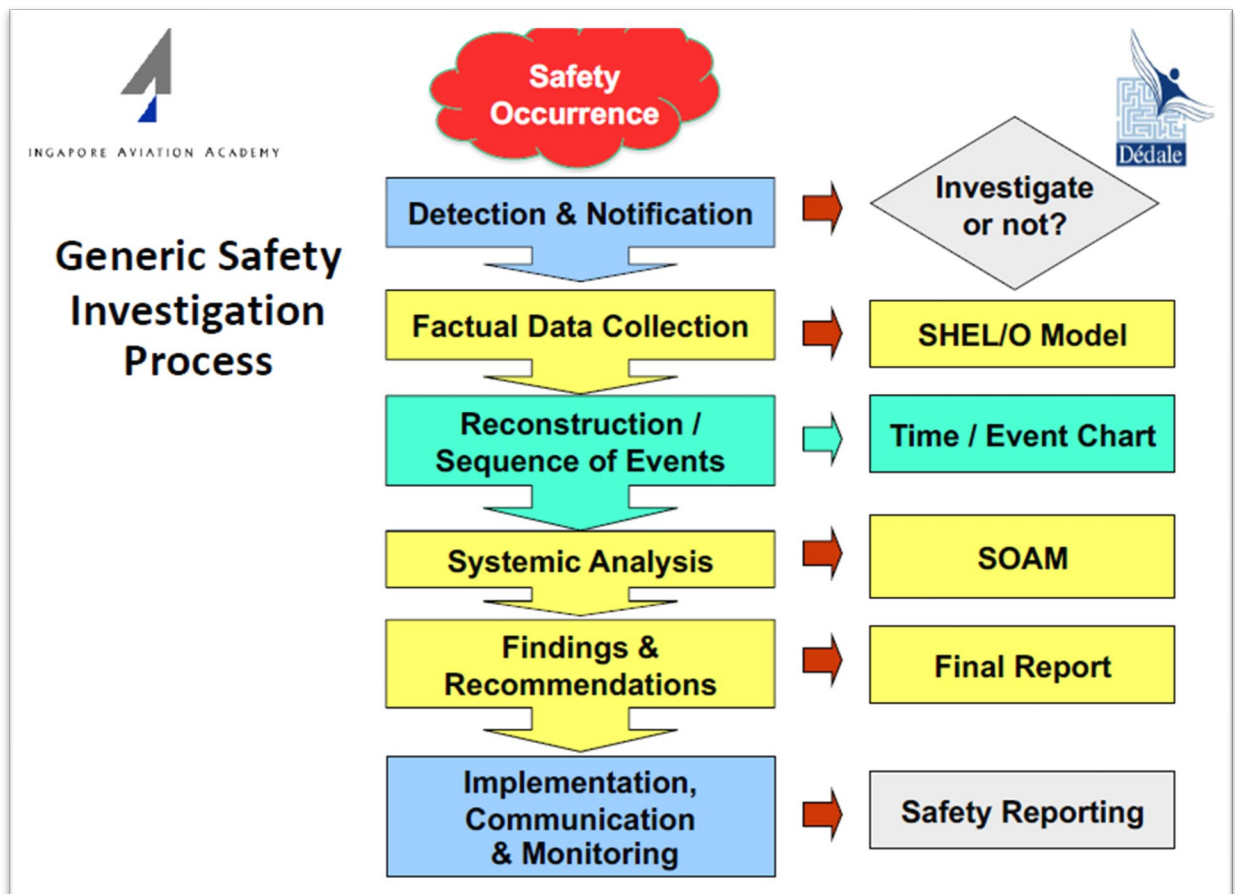
- 自由回想 (Unstructured Free Recall)：
 - (1) 訪談開始時使用。
 - (2) 例：「請告訴我發生了什麼事。」然後保持聆聽，讓受訪者描述。
- 開放式問題 (Open-ended Questions)：
 - (1) 鼓勵廣泛的回答，探索新話題。
 - (2) 例：「請描述接下來發生了什麼？」、「當天早上的工作負荷如何？」。
- 鼓勵性回應 (Encouraging Responses)：透過點頭、眼神接觸、簡單的「嗯哼」、簡單重複字詞等任何可以鼓勵受訪者繼續陳述的方式即是鼓勵性回應，可用來表達支持或同情、理解及循跡、避免影響對話的方向等。

- 重述/換句話說 (Paraphrasing)：用自己的話總結受訪者的說法，用於確認理解是否正確，並展現積極聆聽的態度。
 - 封閉式問題 (Closed Questions)：
 - (1) 僅在需要確認具體細節時使用。
 - (2) 例：「你當時確切站在哪裡？」、「當時車速多少？」。
6. 訪談應避免的方式
- 誘導性問題 (Leading Questions)：
 - (1) 定義：問題本身暗示了答案，或預設了框架。
 - (2) 錯誤範例：「你看到引擎冒出黑煙了嗎？」（這暗示了煙是黑色的）。
 - (3) 修正範例：「你看到了什麼？」。
 - 其他禁忌：
 - (1) 使用負面問句（如「你那時沒有過勞吧？」）。
 - (2) 一次問多重問題（Complex questions）。
 - (3) 隨意透露其他證人的說法。
 - (4) 打斷受訪者。

(十)「調查議題」(Investigative Issues)

1. 事件調查的目的與流程

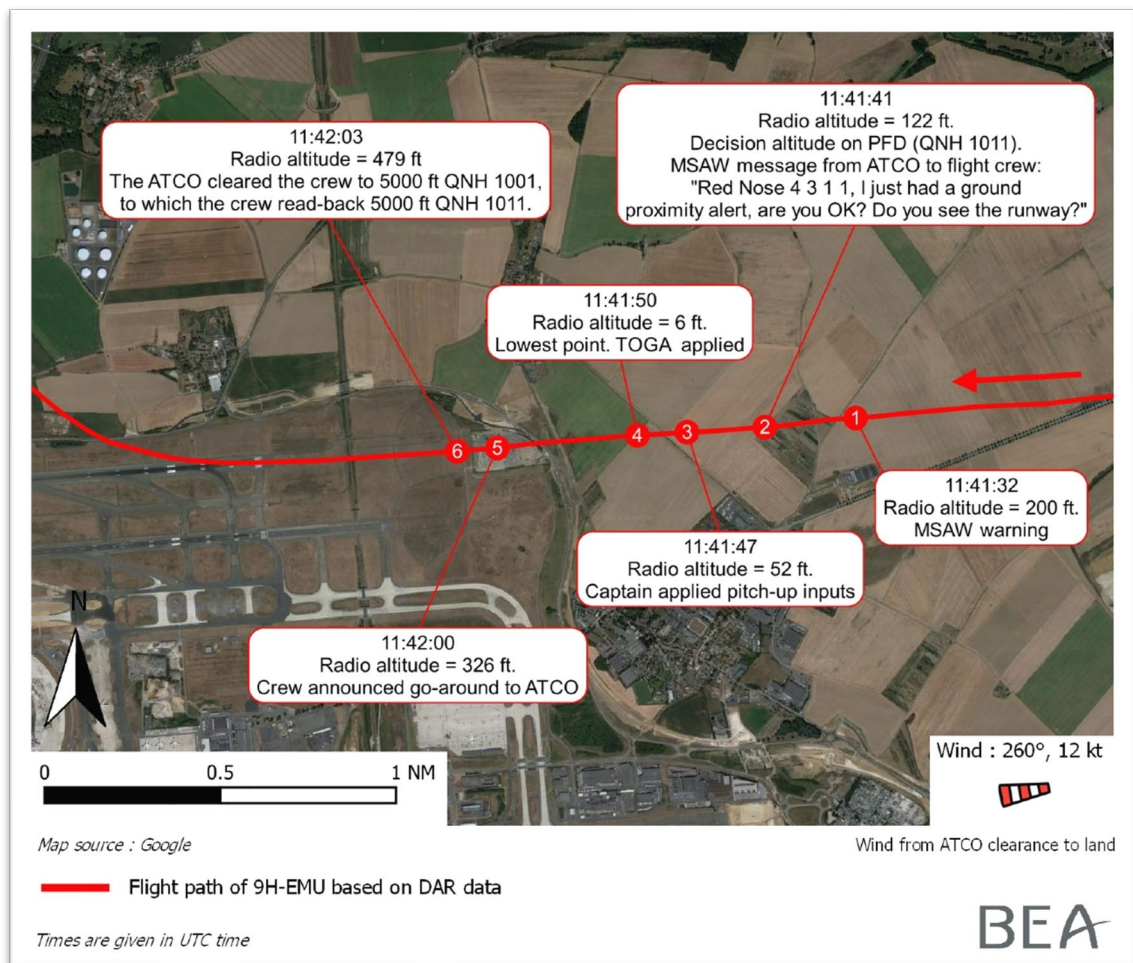
- 目的：依據 ICAO 附件 13 (Annex 13)，調查的唯一目的是預防事故與事件的再發生，而非追究過失或責任。
- 重要性：調查是整合式安全管理系統 (SMS) 的基本要素，能協助業主履行提供安全工作環境的義務，識別系統缺陷並導入預防措施。
- 調查流程：包含偵測與通報、事實資料收集、事件重建 (順序)、分析、結論與建議，以及安全措施之執行與持續監控。



〔圖 9. 事件調查之基本流程〕

2. 資料分析工具

- 時間軸（Time lines）：建立事件發生的先後順序對於理解事實至關重要。
- SHEL/O 模型與 SOAM（系統性發生分析方法）：以系統性分析方式處理所蒐集到之事實資料。
- 圖表輔助：善用流程圖等圖表輔助對事件的說明（圖 11）。



〔圖 10. 法國 BEA 利用地圖及飛航軌跡展示 2002 年 5 月航機接近地障事件發生過程〕

3. 案例探討：新加坡航空 SQ006 事故

- 事件概述：機組員在颱風的大雨與低能見度下，誤入已關閉且有施工機具的 05R 跑道起飛，導致飛機撞毀，83 人罹難。

- 表面的錯誤：機組員選擇了錯誤的跑道。
 - 系統性背景（為何這對他們來說合理？）：
 - (1) 機組員選擇 05L 是因為該跑道較長，在惡劣天氣下被視為更安全的選擇。
 - (2) 機組員不熟悉該機場區域（平常習慣用 06 跑道）。
 - (3) 機組員以為管制員（ATC）正在監控他們的位置，但實際上 ATC 並未察覺剛航機進入錯誤跑道（且依程序當時航管無須告知確切位置）。
 - 結論：若只責怪機組員或懲罰錯誤，將導致人員隱瞞失誤，組織將失去識別風險與學習改正的機會。
4. 人為錯誤的觀點改變：新舊觀點的對比，調查人員看待「人為錯誤」的方式將決定調查的深度：
- 舊觀點（Old View）：認為人為錯誤是事故的原因（Cause）。調查目的是找出誰做錯了，然後「處理」這些犯錯的人員。
 - 新觀點（New View）：引用 Sidney Dekker (2002) 的理論，認為人為錯誤是系統深層問題的症狀（Symptom）。
 - (1) 採取當事人觀點（Inside View）：調查人員必須穿上「組員的鞋子」，去理解在當時的情境（Context）下，為什麼當事人的評估和行動有其道理。
 - (2) 改善方向：行動應著重於改變情境條件，而非改變人性。
5. 調查人員的偏誤與人為因素專家之角色
- 常見偏誤：
 - (1) 調查員應持續確保蒐集事實資料而非猜測；

(2) 避免情緒涉入，注意潛在陷入偏誤的情形，持續謹記依事實資料分析；

(3) 避免使用評判性語言，如當事人應該如何/不應該如何；

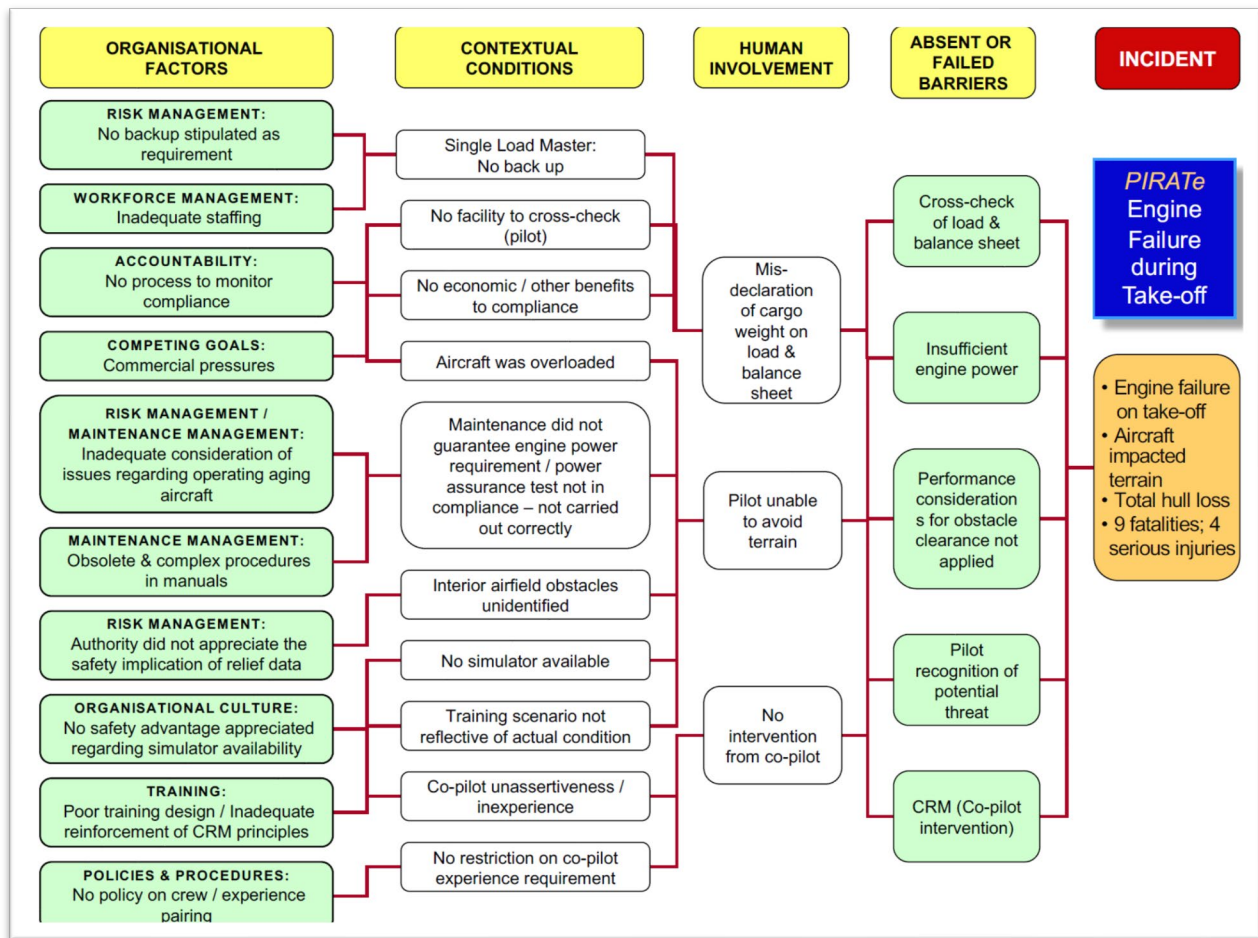
(4) 勿採用假設性觀點；

(5) 避免採用簡單解釋方式，這容易造成聚焦於檢討單一個人之錯誤，謹記應採用系統性思維。

- 人為因素專家的角色：可以在調查中提供關於人員表現（決策、壓力、疲勞）、組織及系統相關議題、資料收集分析以及證人訪談的專業建議。

6. 主動式風險評估技術(Proactive Integrated Risk Assessment Technique, PIRATe)

- 概念：為主動式（Proactive）預防事故發生的方法，利用小組專家會議模擬潛在可能發生的事故進行探討與分析。
- 流程：
 - (1) 發展一個符合現實的關鍵場景（例如：起飛時引擎失效）。
 - (2) 識別可能因素：包含人員涉入、情境條件、組織因素以及失效或缺席的屏障，即使用 SHEL/O 及 SOAM 分析工具。
 - (3) 提出安全行動及改善建議。
- 分析範例：在引擎失效的模擬場景中，識別出的組織因素包括「人力配置不足（Workforce Management）」、「經濟壓力（Competing Goals）」、「訓練設計不良（Training）」等深層缺陷（圖 12）。



〔圖 11. PIRATe 操作範例，以起飛時引擎失效做為模擬情境〕

(十一) 「有效的調查發現與安全行動」 (Effective Findings & Safety Actions)

1. 核心理念：從「調查發現」到「安全行動」

調查的最終目的並非為了找出誰犯錯，而是為了修復或改善系統。

- 針對系統而非個人：有效的安全行動應聚焦於系統性問題（Systemic problems），而非針對個人的錯誤或違規。
- 連結性：安全行動必須與調查的結論（Findings）有直接且清楚的連結。

- 針對屏障與組織：根據系統性分析方法（如 SOAM），建議應針對兩個層面提出：

(1) 缺乏或失效的屏障（Barriers）。

(2) 組織與系統因素（Organisational & System Factors）

2. 制定安全行動的黃金法則：SMARTER

- S (Specific)：具體明確。
- M (Measurable)：可量化的。
- A (Accountable)：明訂權責對象。
- R (Reasonable)：合理的。
- T (Timely)：及時的（設定期限）。
- E (Effective)：有效的（能真正降低風險）。
- R (Reviewed)：經過審查的。
- 安全行動撰寫格式建議：

(1) 避免大量出現「應該要（should be）」用詞，如應該要定期檢視程序、應該要確認流程、應該要發布安全通告等。

(2) [職位或組織] + [應採行動] + [特定期限]，如「飛航服務提供者（ANSP）應在 3 個月內修訂相關程序」。

(3) 需注意僅建議「制定新程序」（Write a new procedure），如果人員未經適當訓練、程序設計不友善或與現有流程衝突，該程序可能會被忽略或錯誤執行，甚至增加風險。

3. 案例探討：

- 2000 年新加坡航空 SQ006 事故：
 - (1) 臺灣飛安會（ASC）初期的發現：偏向歸咎於機組員未確認滑行路徑、未口頭確認跑道、缺乏情境知覺等。

(2) 新加坡交通部 (MoT) 之回應：中正機場缺乏對機組員正確滑行或提醒錯誤之關鍵指引，如缺乏跑道關閉標記、未設置實體阻絕設施、滑行道中心線燈光與標線不連續或不清楚。

- 2001 年米蘭利納特 (Linate) 機場跑道入侵事故：

(1) 失效屏障：場面搜索雷達未運作（以購置卻未安裝）、未設置跑道警戒燈 (Runway guard lights)、未使用低能見度作業程序 (LVP)。

(2) 組織因素：

- 資源管理 (EI/RM)：機場未遵守 ICAO 第 14 號附約中標線與燈光之規範。
- 溝通 (CO)：航管使用非標準術語通話。
- 目標衝突 (CG)：Cessna 商務航空因經濟壓力導致即使能見度未符標準仍放行航班。

4. 調查報告撰寫基本架構：

- 簡介 (Introduction)
- 事件摘要 (Summary of Events)
- 分析 (Analysis)：使用 Reason 模型或 SOAM 圖表。
- 調查發現 (Findings)：分類為「失效屏障」、「人員涉入」、「情境條件」與「組織因素」。
- 安全行動 (Safety Actions)：針對上述發現提出的具體改善措施。

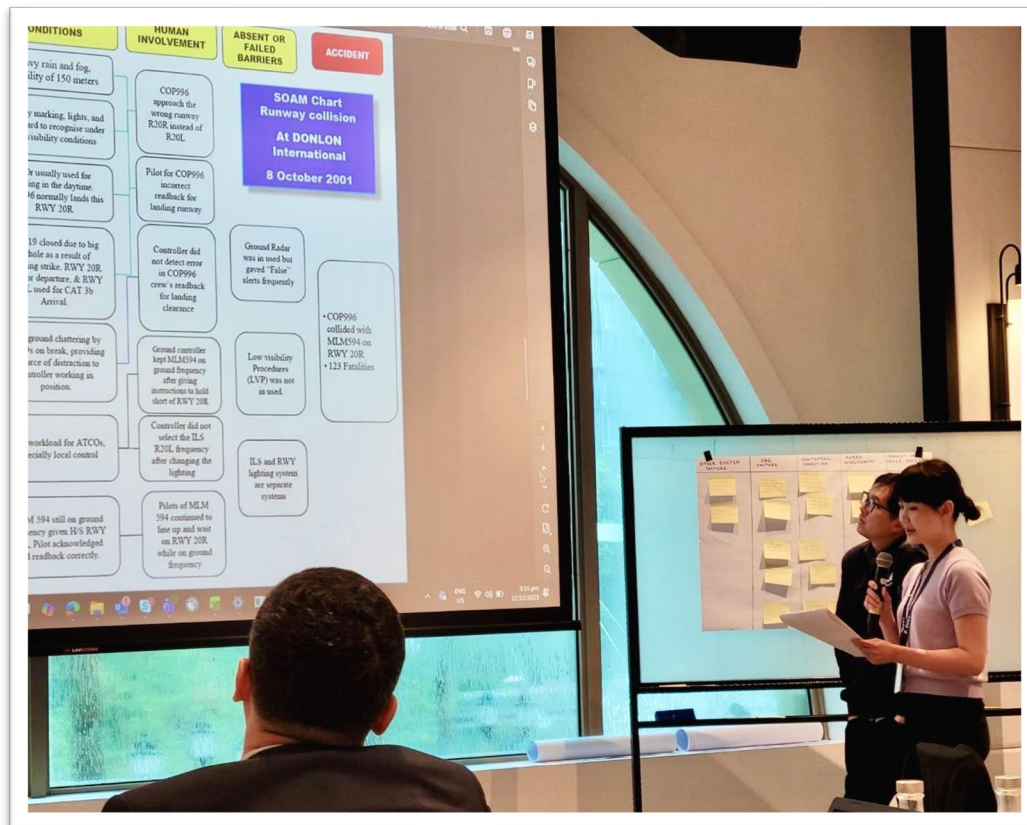
參、心得與建議

一、心得

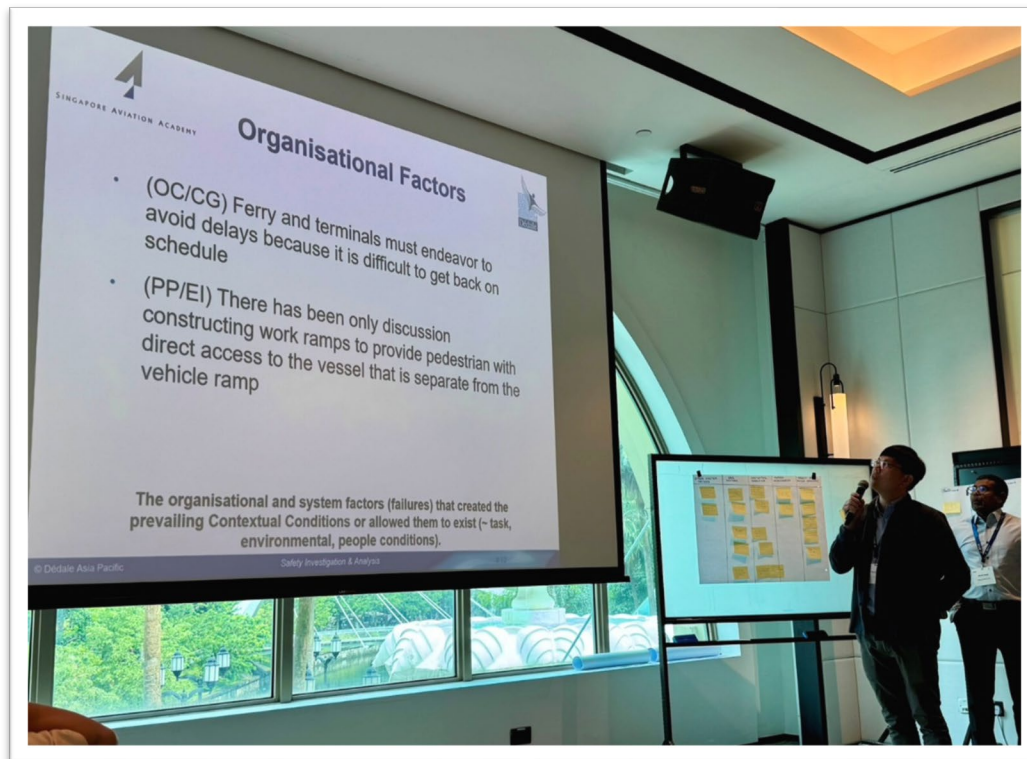
本次課程除提供清楚且完整之理論說明外，並隨時搭配分組實作，透過實際案例引導學員運用課程所授理論。每日課程開始前，講師亦安排各組學員進行前一日課程之心得分享與問題討論，使學員得以逐步且清楚地理解課程教授之分析方法、訪談技巧、組員協調，以及調查報告撰寫等核心能力。整體課程設計兼具系統性與實務性，於短短五天內完成相當紮實之訓練，成效良好。

過往事件調查常採用 SHELL Model 進行分析，而本次課程雖同樣以 SHELL Model 為基礎，惟進一步納入組織因素（O），透過 SHEL/O Model 作為初步資料蒐集與分類之工具。後續則結合事故調查之基礎理論一起司模式，發展出 SOAM 分析模式，針對所蒐集之資料進行關聯性探討與系統性分析。首次學習到整合過去所知各類事件調查理論之完整系統性分析方式，收穫良多。

本次課程另一項寶貴的學習經驗，為與來自不同飛航服務組織之學員進行互動與合作。由於學員背景與文化差異甚大，且課程最後之調查簡報，講師刻意安排學員分析不熟悉之領域（如鐵路、航海），或透過設計虛擬情境，運用 SOAM 分析方法探討可能風險（PIRATe），各組學員須在有限時間內相互溝通、協調並適時妥協，共同理解陌生之專有名詞、進行任務分工、資料擷取與小組討論，最終提出分析結果及改善建議。此一跨國合作之經驗，為本次課程之外相當難得且深具啟發性之學習收穫。



〔圖 12、本局航管組劉技正子瑜分組報告主動整合風險評估技巧(PIRATE)虛擬情境〕



〔圖 13.總臺邱課長浩偉分組報告加拿大渡輪事故調查分析結果〕



〔圖 15、本課程學員與講師合影〕

二、建議

(一) 優化總臺內部事件調查流程，強化本局安全監理與風險辨識功能

事件調查之目的在於修復與改善系統，有效之安全行動應聚焦於系統性問題，並與調查結論具備明確連結。依系統性分析原則，調查發現應著重於缺乏或失效之安全屏障，以及組織與系統性因素，以確保所擬改善措施能回應風險根源。

本次課程所涵蓋之資訊蒐集、系統性分析、人為因素、訪談技巧及報告撰寫等內容，可用以優化總臺內部飛航管制事件調查流程，在現行 SHELL MODEL 較缺乏之組織層面、屏障及防禦機制作更深入的系統性分析，探究過往不易發覺之潛在風險。

就本局航管組角色而言，經優化後之調查流程與成果，除可作為總臺內部安全管理與持續改善之依據外，亦可提供本局執行安全監理、資訊分析及風險辨識之重要參考，使本局得以掌握飛航管制事件之系統性風險趨勢，並據以研議監理重點與方向，形成由單位回饋至主管機關、再回流至系統改善之正向循環，落實透過經驗學習持續強化飛航安全之目標。

(二) 辦理飛航管制事件調查人員專業訓練，提升調查作業之品質與一致性

本次課程所採行之調查人員訓練模式，包含理論與實作並重、即時學員回饋搭配講師說明、分組演練強化溝通協調，以及在有限時間與資訊條件下完成符合規範之分析報告等作法，對於飛航管制事件調查人員之專業培訓具高度參考價值。

現行國內航管事件調查人員之專業訓練，多由飛安基金會統一辦理，其課程對象涵蓋軍方、航空公司等，較難完全貼合飛航管制事件調查之作業特性與

實務需求。建議後續總臺可參考歷年累積辦理事件之經驗以為實際案例研討，並以本次課程所學及飛安基金會課程理論為基礎，邀集人為因素專家、國家運輸安全調查委員會、航空公司及本局相關單位等給予專業指導，自辦調查人員之訓練課程，搭配現行調查處理規則及一致性之調查報告體例，確保訓練內容與實務調查作業相互銜接。

藉由推動飛航管制事件調查人員專業訓練制度化，可有效提升調查作業之品質與一致性，亦可協助本局掌握飛航管制事件之系統性風險趨勢，落實風險導向安全監理，進而持續精進我國飛航安全水準。

(三) 持續參與飛航管制事件調查之國際訓練，精進本區飛航安全

新加坡民航學院開設本課程雖已多年，惟其教學內容仍緊扣近年實際發生之重大飛航事件，講師於課程中引用並引導學員深入討論近期案例，包含日本航空 516 號航班與海上保安廳航空器跑道入侵事件，以及濟州航空 2216 航班衝出跑道事件等，使學員得以即時掌握國際間飛航安全議題之最新發展。

此外，課程期間與來自不同國家之學員進行交流，針對公正文化之推動、事件調查實務上所面臨之困難、分析技巧之應用，以及飛航服務相關作業經驗等議題進行意見交換，所獲得之跨國實務觀點與經驗分享，為課程理論教學以外極為寶貴之收穫。

建議持續規劃並派員參與飛航管制事件調查相關之國際訓練與交流活動，藉以掌握最新調查理念與分析方法，持續精進專業能力，並吸收他國實務經驗回饋至國內制度與作業中，確保本區於飛航管制事件調查領域得以維持與國際接軌之專業水準，進而持續強化本區飛航安全。