

出國報告（出國類別：訓練）

台北 IATA 訓練中心航空人為因素(Human Factors in Aviation) 訓練課程 結訓報告

服務機關及姓名職稱：

民航局台中航空站 林祖運 組長
中華航空 王鈺佳 資深管理師
星宇航空 詹媛 課長
飛行員協會 洪上庭 副機長
飛安基金會 劉川鼎 業務員

派赴國家：

中華民國

出國期間：

2026 年 8 月 17 日至 8 月 21 日

報告日期：

2026 年 9 月 21 日

摘要

財團法人中華民國台灣飛行安全基金會（以下簡稱飛安基金會）配合民航安全政策，每年持續薦選航空業界相關從業人員參與國際專業訓練，以擴大產業視野、強化風險治理能力，並協助國內航空體系接軌國際標準。本次薦選民航局、中華航空、星宇航空、飛行員協會、及飛安基金會等單位人員共 5 員，參加自 2026 年 8 月 17 日至 8 月 21 日 IATA 於台北訓練中心辦理之航空人為因素(Human Factors in Aviation)課程。

本次課程由講師 Rasul Razak 帶領學員認識航空人為因素(Human Factors in Aviation) 的基本概念及其於航空安全管理中的實務應用，課程內容涵蓋 SHELL 模型、組織事故與瑞士乳酪模型 (Swiss Cheese Model)、自動化、標準作業程序 (SOP)、檢查表、情境意識、決策、疲勞與壓力、工作負荷、人為錯誤，以及威脅與錯誤管理 (Threat and Error Management, TEM) 等重要議題。課程透過案例研討、小組討論及實務經驗分享，引導學員從個人、工作環境、組織管理及安全防禦等不同層面，分析人員表現與航空系統間的交互影響，並辨識可能導致安全事件的人為因素與系統性風險。整體而言，人為因素管理不僅著重於個人的操作表現或錯誤，更強調組織、程序、設備、環境及人員互動所共同形成的安全系統。本次訓練有助於提升國內航空單位對人為因素風險之辨識、分析與管控能力，並可將相關知識運用於安全評估、變更管理及安全事件調查，作為後續強化安全管理制度與安全文化的重要參考。

目錄

摘要	1
目錄	2
壹、目的	3
貳、課程規劃	4
一、授課講師	4
二、課程表	4
三、教學方式	5
四、評分標準及完訓資格	5
參、課程內容	6
一、簡介與課程概述 Course Introduction	6
二、航空人為因素概述 Introduction to Aviation Human Factors	6
三、SHELL 模型 SHELL Model	9
四、組織事故概論 Introduction to the Organizational Accident	11
五、瑞士乳酪模型第一道防線：組織 Swiss Cheese Barrier I: The Organization.....	14
六、瑞士乳酪模型第二道防線：工作環境 Swiss Cheese Barrier II: The Workplace.....	18
七、航空作業環境自動化 Automation in the Aviation Workplace.....	19
八、標準作業程序 SOPs	21
九、檢查表 Checklist	22
十、瑞士乳酪模型第三道防線：人員 Swiss Cheese Barrier III: The Human	24
十一、情境意識 Situational Awareness	25
十二、決策 Decision-Making	25
十三、疲勞與壓力 Fatigue and Stress	26
十四、工作負荷 Workload	29
十五、人為錯誤 Human Error	30
十六、瑞士乳酪模型第四道防線：防禦措施 Swiss Cheese Barrier IV: Defenses	32

十七、威脅與錯誤管理 TEM.....	32
十八、駕駛艙與飛航管理之資源管理訓練 RMT in the Flight Deck and ATM.....	33
肆、心得與建議	34
伍、附錄	36

壹、目的

人為因素已成為現代航空安全管理的重要基礎。隨著航空系統日益複雜，自動化程度持續提升，飛航、航管、維修、機場及地面作業人員所面臨的工作環境、資訊量與決策需求亦不斷增加。航空安全事件的發生往往並非單一人員失誤所造成，而可能涉及人員能力與限制、設備設計、標準作業程序、工作環境、組織管理及人員互動等多項因素。因此，如何從系統性角度理解人的能力與限制，辨識人員與航空系統各項介面可能產生的不匹配，並建立適當的風險控制及安全防禦措施，已成為提升航空安全的重要課題。

本次參與 IATA 航空人為因素 (Human Factors in Aviation, HF) 課程，目的在於透過系統化訓練，強化航空從業人員對人為因素基本概念及人員表現限制之理解，並進一步認識 SHELL 模型、組織事故、瑞士乳酪模型 (Swiss Cheese Model)、自動化、標準作業程序 (SOP)、檢查表、情境意識、決策、疲勞與壓力、工作負荷、人為錯誤以及威脅與錯誤管理 (Threat and Error Management, TEM) 等重要議題。藉由課堂講授、案例分析及小組討論，使學員從個人、工作場所、組織與安全防禦等不同層面，理解人為因素如何影響航空作業與安全績效，並掌握分析安全事件背後系統性因素的方法。

期能透過本次訓練，提升國內航空相關單位對人為因素風險之辨識、分析與管理能力，將人為因素觀念實際運用於安全評估、變更管理、安全事件調查及日常作業管理之中，並促進管理階層與第一線人員共同建立以系統思維、風險管理及持續改善為基礎的安全文化。藉由降低人員、設備、程序、環境及組織間可能產生的不匹配，進一步強化航空系統整體防禦能力與營運韌性，作為持續提升我國航空安全水準及與國際安全管理理念接軌的重要基礎。

貳、課程規劃

一、授課講師

本次課程講師 Rasul Razak 為具多年航空業實務與專業訓練經驗之 IATA 講師，長期投入航空安全、航空公司營運及專業人才培訓。公開資料顯示，其曾任馬來西亞航空 (Malaysia Airlines) 副總經理，具備航空公司營運管理實務背景；近年則持續擔任 IATA 專業課程講師，曾教授 IOSA Airline Auditor 等航空安全相關訓練，授課對象涵蓋不同國家及航空公司的專業人員。其教學結合航空公司實務經驗與安全管理觀念，著重透過案例分析及經驗分享，引導學員理解航空人為因素、安全風險及組織管理等議題，並將相關概念實際運用於航空作業與安全管理工作中。

二、課程表

本次課程自 115 年 8 月 17 日至 8 月 21 日，為期五天。每日上課時間為上午 9 時至下午 5 時，每日 8 小時，共計 40 小時。

課程安排					
行程	8/17 (星期一)	8/18 (星期二)	8/19 (星期三)	8/20 (星期四)	8/21 (星期五)
0900 1000	模組 1 簡介與課程概述	模組 3 組織事故概論	模組 5.1 航空作業環境自動化	模組 6.1 情境意識	模組 10 瑞士乳酪模型第四道防線：防禦措施
1000 1010	休息				
1010 1100	模組 2 航空人為因素概述	模組 3 組織事故概論	模組 5.2 標準作業程序	模組 6.2 決策	模組 10.1 威脅與錯誤管理
1100 1110	休息				
1110 1200	模組 2 航空人為因素概述	模組 4 瑞士乳酪模型第一道防線：組織	模組 5.3 檢查表	模組 7 疲勞與壓力	模組 10.1 威脅與錯誤管理
1200 1300	午休時間				
1300 1400	模組 2.1 SHELL 模型	模組 4 瑞士乳酪模型第一道防線：組織	模組 6 瑞士乳酪模型第三道防線：人員	模組 8 工作負荷	模組 10.2 駕駛艙與飛航管理之資源管理訓練
1400 1410	休息				

1410 1500	模組 2.1 SHELL 模型	模組 5 瑞士乳酪模型第二道防線：工作環境	模組 6 瑞士乳酪模型第三道防線：人員	模組 9 人為錯誤	模組 10.2 駕駛艙與飛航管理之資源管理訓練
1500 1510	休息				
1510 1700	每日課程演習	每日課程演習	每日課程演習	每日課程演習	每日課程演習
	分組討論	分組討論	分組討論	分組討論	期末測驗

三、教學方式

本次課程採實體授課方式辦理，課程內容結合理論講授、案例解析、分組討論及課堂分享，使學員能在面對面互動中理解課程重點，並將所學概念與實際工作經驗相互連結。講師除透過簡報說明核心知識外，亦安排不同情境案例，引導學員從各自單位及職務角度進行分析，藉此提升學員對課程議題之實務理解與應用能力。

課程進行期間，學員依小組方式參與討論及練習，針對指定題目提出觀察、判斷及可能改善作法，並於課堂中進行成果分享。透過不同航空相關單位人員之交流，可使學員瞭解同一議題在不同作業環境下可能面臨之挑戰，進而培養跨部門溝通、風險辨識及問題解決能力。實體教學亦有助於講師即時掌握學員學習狀況，並依課堂反應適時補充說明或修正觀念，使課程內容更貼近實際作業需求。整體而言，本課程藉由講授、討論與實作並重之方式，強化學員對專業知識之吸收，並提升其將課程內容落實於日常業務之能力。

四、評分標準及完訓資格

學員需達到 70%以上的成績方視為通過，達到 90%以上者將被認定為以優異成績通過。若成績低於 70%，將視為未達標，需重新參與相關訓練。

課程評核內容如下：

評分項目	內容	佔比
期末測驗	選擇題 25 題	50%
團隊練習	分組報告及練習	40%
出席率	課堂出席與參與率	10%

參、課程內容

一、簡介與課程概述 Course Introduction

本次課程旨在協助學員建立對航空人為因素 (Human Factors in Aviation) 之整體認識，了解人的能力、限制及工作表現如何影響航空作業安全。課程內容由航空人為因素基本概念出發，逐步介紹 SHELL 模型、組織事故、瑞士乳酪模型 (Swiss Cheese Model)、自動化、標準作業程序 (SOP)、檢查表、情境意識、決策、疲勞與壓力、工作負荷及人為錯誤等議題，使學員能從人員、設備、程序、環境、組織及團隊互動等不同面向，理解影響航空安全的人為因素及其彼此間的關聯。

透過本課程，學員將學習如何運用人為因素相關知識辨識航空作業中的人員表現問題與潛在風險，並從組織、工作場所、人員及安全防禦等層面分析安全事件形成的原因。課程亦涵蓋威脅與錯誤管理 (Threat and Error Management, TEM) 以及駕駛艙與飛航管理之資源管理訓練等內容，並透過案例研討，培養學員將人為因素概念應用於實際航空作業的能力。完成訓練後，學員應能將所學運用於安全評估、變更管理及安全事件調查等工作，協助組織更有系統地辨識人為因素風險、強化安全防禦措施，並持續提升整體航空作業安全。

二、航空人為因素概述 Introduction to Aviation Human Factors

(一)航空人為因素的定義

依據國際民航組織 (International Civil Aviation Organization, ICAO) 的定義，人為因素 (Human Factors) 係指「透過有系統地整合人類科學與系統工程，以最佳化人員與其活動之間關係的專業領域」(A field of endeavor concerned with optimizing the relationship between people and their activities, by the systematic integration of human sciences and systems engineering)。換言之，人為因素的核心在於了解「人」如何與工作、設備、程序、環境及其他人員互動，再藉由系統設計與管理，使人的能力能夠適切發揮，同時降低人的限制對航空安全造成的影響。

IATA 教材進一步將人為因素說明為所有可能影響人員執行任務能力，以及達成特定工作要求或期望的條件。因此，凡是會影響「人員表現 (Human Performance)」的因素，都可納入人為因素的範疇。人員表現則是指人員成功完成任務的能力，可透過工作結果進行觀察與衡量。兩者之間具有密切關聯：人為因素是影響人員表現的各項條件，而實際的人員表現則是個人、科技、社會、組織及作業情境等因素交互作用後所呈現的結果。

(二)人為因素與航空安全

航空作業高度依賴人與系統間的協調，即使航空器、設備本身功能正常，若其設計未充分考量人的生理、認知與操作特性，仍可能增加人員發生錯誤的機會。教材以 1943 年 Alphonse Chapanis 對軍機操作錯誤的研究為例，當時部分飛行員於落地後誤將起落架收起，而非操作襟翼。調查後發現，起落架與襟翼控制裝置位置相近且外型相似，使飛行員容易在特定情境下誤操作。後續透過改變控制桿外型，使不同功能能以觸覺及外觀加以辨識，即有效改善相關問題。

此案例反映航空人為因素的重要觀念：安全事件不能僅以「人員犯錯」作為解釋，而應進一步檢視設備、程序及工作環境是否符合人的能力與限制。教材因此強

調，系統設計必須將人的特性納入考量，良好的設計、教育訓練、安全調查與組織管理，皆可降低人為錯誤發生或進一步造成不良後果的機會。

航空人為因素的發展亦逐漸由早期著重設備與操作介面，擴展至訓練、安全調查及組織管理。1970 年代後，航空界開始更加重視人為因素，包含航空安全報告制度及組員資源管理 (Crew Resource Management, CRM) 等概念。現今，人為因素已成為航空產業的重要核心專業，相關知識廣泛運用於「設計、訓練、營運及安全」等領域，並逐步整合至安全管理系統 (Safety Management System, SMS) 之中。

(三)航空人為因素的三個分析層面

IATA 教材將航空人為因素分為「個人層面 (Individual Level)」、「社會層面 (Social Level)」及「組織層面 (Organizational Level)」三個主要層面。個人層面又可進一步分為生理與認知面向。透過不同層面的分析，可避免僅從個人錯誤解釋安全問題，進一步了解人員表現如何受到團隊、工作環境與組織制度影響。

1.個人層面－生理因素 (Physiology)

生理層面主要探討航空環境及工作型態對人員身體與心理狀態所產生的影響。每個人的生理條件均存在差異，因此即使處於相同工作環境，不同人員所呈現的反應與工作表現亦可能不同。教材列舉的重要生理因素包括疲勞、壓力、晝夜節律變化及時差等，另包含缺氧、高空減壓症、噪音、空間迷向及視覺等航空環境因素。

(1)疲勞 (Fatigue)

疲勞代表人員未獲得充分休息的狀態，可區分為急性疲勞與慢性疲勞。急性疲勞通常與短時間內睡眠不足或高強度活動有關；慢性疲勞則可能由多次急性疲勞持續累積形成。疲勞可能降低警覺性、注意力與工作能力，因此是航空作業中重要的人為因素之一。

(2)壓力 (Stress)

壓力是人體面對外在情境需求時，為了適應、因應並恢復正常狀態所產生的反應。航空工作具有時間壓力、工作負荷、異常狀況及高度安全責任等特性，若壓力未獲適當管理，可能進一步影響注意力、決策及工作表現。

(3)晝夜節律 (Circadian Rhythms)

人體具有約 24 至 25 小時的正常生理週期，人的警覺程度與表現會隨一天不同時間產生變化。依教材內容，人員表現通常於中午及 19:00 至 21:00 間較高，而 03:00 至 06:00 及約 15:00 附近則可能出現較低的表現水準；實際情形仍會受到年齡及個人差異等因素影響。

(4)時差 (Jet Lag)

跨越時區飛行可能造成生理時鐘與所在地時間不同步，特別是東向飛行通常需要較長時間重新適應。教材指出，時差可能造成疲勞、晝夜節律紊亂、消化及排便改變，並降低人員正常工作能力。

2.個人層面－認知因素 (Cognition)

認知係指注意力、語言運用、記憶、知覺、問題解決及思考等較高層次的心智活動。航空從業人員在執行任務時，需要持續接收、篩選、理解與處理大量資訊，並據此形成判斷與決策。然而，人的注意力、記憶及資訊處理能力並非無限，因此可能受到工作量、干擾、疲勞或其他因素影響。

3. 社會層面 (Social Level)

社會層面主要探討人與人之間的互動，以及這些互動如何影響個人行為與工作表現。航空作業通常由多人共同完成，飛航組員、飛航管制員、維修人員、簽派人員及地面作業人員均需要透過持續溝通與合作完成任務，因此團隊互動本身即為航空安全的重要人為因素。

重要社會層面議題包括：

- 團體動力與團體衝突 (Group Dynamics and Group Conflict)
- 團隊合作 (Teamwork)
- 溝通 (Communication)
- 決策與偏誤 (Decision Making and Bias)
- 領導 (Leadership)
- 共享情境意識 (Shared Situational Awareness)

良好的溝通、團隊合作與領導可協助成員共享資訊、發現彼此遺漏的風險並共同處理異常狀況；反之，溝通不完整、團隊衝突、決策偏誤或情境意識不一致，則可能降低整體團隊的作業表現。

4. 組織層面 (Organizational Level)

組織層面著重於研究工作場所中的人類行為，並透過評估個人、團體及組織間的互動關係，找出可改善員工福祉及組織績效的作法。航空人員的行為及工作表現並非僅由個人能力決定，組織所建立的制度、文化、訓練、資源配置及績效管理方式，同樣會影響第一線人員的工作狀態與安全表現。

主要組織層面議題包括：

- 人員招募 (Recruiting)
- 人員甄選與職務配置 (Selection and Placement)
- 教育訓練與發展 (Training and Development)
- 組織文化 (Organizational Culture)
- 組織氣候 (Organizational Climate)
- 績效評估 (Performance Assessment)
- 獎勵制度 (Reward System)
- 職業健康與身心福祉 (Occupational Health and Well-being)

因此，若航空組織僅要求第一線人員「避免犯錯」，卻未同步檢視人員配置、訓練品質、工作制度及組織文化，即難以完整管理人為因素風險。人為因素管理應同時涵蓋個人、團隊與組織，使安全管理由個人責任進一步提升至整體系統層級。

(四) 人為因素與人員表現的關係

人員表現並非單一因素的結果，而是個人、科技、社會、組織及作業情境等因素彼此交互作用的結果。為提升人員表現，航空業可運用團隊合作、錯誤管理、情境意識、溝通、領導、壓力管理及人因工程等工具，協助人員在既有能力與限制下維持安全且有效率的作業。

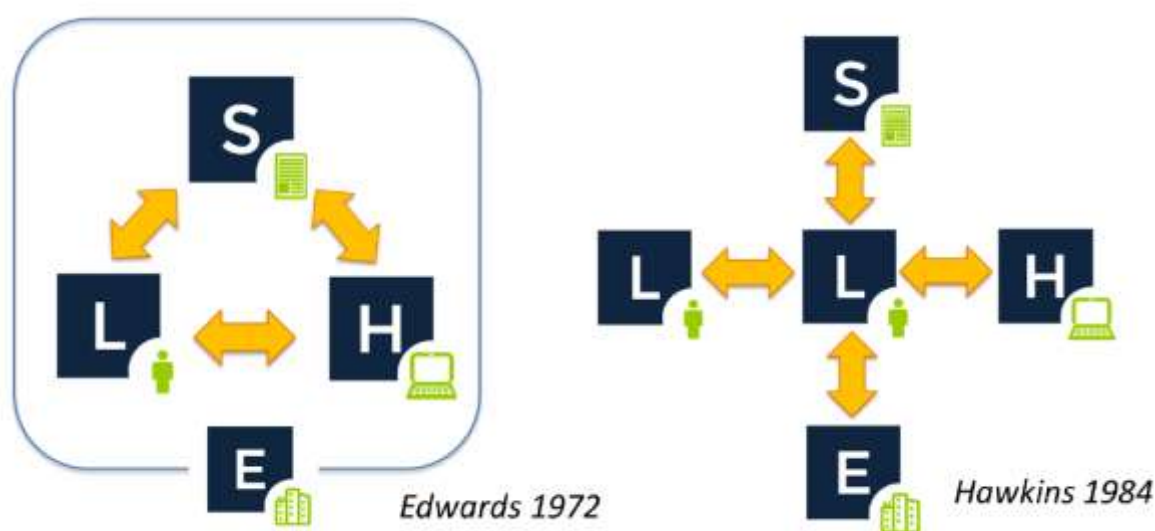
因此，航空人為因素的目的並非要求人員永遠不犯錯，而是理解人在實際工作環境中的能力與限制，進一步透過合理的系統設計、設備介面、工作程序、教育訓練、團隊合作與組織管理，降低錯誤發生的可能性，並避免單一錯誤持續發展為安全事件。從現代航空安全管理觀點而言，人為因素已不再是單獨的訓練議題，而是

航空器與設備設計、第一線作業、教育訓練、安全調查以及安全管理系統中不可或缺的重要基礎。

三、SHELL 模型 SHELL Model

SHELL 模型是航空人為因素領域中常用的系統性分析工具，主要用於辨識影響人員執行任務能力的因素、分析系統各要素間的互動與不匹配（Mismatch）、評估系統變更影響，以及從人為因素角度進行事故分析與風險評估。ICAO 亦指出，SHELL 模型可透過系統化方式協助安全調查中的問題辨識與資料蒐集。

SHELL 分別代表 Software、Hardware、Environment 及 Liveware，並以執行任務的「人（Liveware）」為模型核心，再分析人與其他系統要素之間的互動關係。人是整個系統中最具彈性的要素，但每個人在生理與心理狀態、認知能力與限制、技能及經驗等方面皆存在差異，因此即使處於相同作業環境，其工作表現亦可能不同。



圖表 1 SHELL MODEL

(一) Liveware—Hardware 人員與硬體介面

Liveware—Hardware (L-H) 係指人員與設備、工具及其他實體系統間的人機互動。良好的設備設計應符合人的生理及認知特性，包括控制裝置的位置、形狀、操作方式及資訊顯示等，以降低誤操作風險。

「替代性錯誤（Substitution Error）」，包括操作錯誤的控制裝置、忘記操作、操作方向錯誤、無意間啟動設備，或需要時無法觸及控制裝置等。事故調查時應進一步檢視設備設計或配置是否影響資訊取得、反應時間、操作順序、工作負荷、方向辨識及習慣性操作。

(二) Liveware—Software 人員與軟體介面

Liveware—Software (L-S) 係指人員與系統中非實體要素的互動，包括：

- 標準作業程序（SOP）
- 作業手冊
- 檢查表
- 符號及標示
- 工作方法與單位作業慣例
- 對 SOP 的遵循或未遵循情形

分析時應確認相關手冊、檢查表、航圖及文件是否可取得並實際使用，不同文件間的格式、內容及用詞是否一致且易於理解，以及書面或電腦資訊是否可能造成混淆、延遲反應或誘發錯誤。此外，自動化系統與電腦操作介面是否影響人員行動及工作負荷，亦屬重要分析項目。

(三) Liveware—Environment 人員與環境介面

Liveware—Environment (L-E) 包含「自然環境」與「組織環境」兩個面向。

自然環境包括天候、大氣壓力、溫度、振動、噪音及照明等。事故調查時應確認環境因素是否影響視覺、聽覺或前庭感知，是否促使人員採取作業捷徑，以及天候、機坪、機場或其他基礎設施是否造成延誤，進而降低安全裕度或限制人員可採取的行動。

組織環境則包括資源配置、營運壓力、管理方式、角色與責任、安全文化、訓練方式及法規遵循等。分析時應確認是否存在經濟或法規壓力影響決策、管理政策是否影響工作條件，以及相關政策與標準是否獲得適當執行、接受、監督與管理。

(四) Liveware—Liveware 人員與人員介面

Liveware—Liveware (L-L) 主要探討人與人之間的互動，包括：

- 溝通
- 團隊合作
- 人際關係
- 社會及文化規範

航空作業高度仰賴團隊合作，因此分析時應確認團隊成員是否有效合作、是否充分運用可取得的資源、與其他作業人員的互動是否影響團隊表現，以及溝通或溝通不足是否影響後續行動與決策，可透過組員資源管理（CRM）、團隊資源管理（TRM）及航線導向飛航訓練（LOFT）等訓練方式，強化人員間的溝通、協調與團隊合作能力。

(五) Liveware 人員本身

除分析人與外部系統的介面外，SHELL 模型亦重視人員本身的能力與限制，主要可從三個面向進行檢視：

1. 身體因素

確認人員是否具備完成任務所需的身體能力，以及是否存在身體或感官限制，造成操作困難或錯覺。

2. 生理因素

檢視健康、營養、疾病、菸酒或藥物使用、壓力、疲勞及生活型態等因素，確認人員是否處於適合執行勤務的生理狀態。

3. 訓練、知識與經驗

確認人員所具備的訓練、知識與經驗是否足以應付當時情境，並評估近期經驗是否影響行動、人員是否正確理解任務，以及注意力需求或資訊處理量是否超過其能力。

(六) SHELL 模型的核心概念

SHELL 模型的重點並非單純將事故因素分類，而是找出人員與設備、程序、環境及其他人員之間是否存在「不匹配」。例如：

- 控制裝置容易混淆：L-H 不匹配。
- SOP 複雜或與實際作業不符：L-S 不匹配。

- 惡劣天候、噪音或營運壓力影響表現：L-E 不匹配。
- 團隊溝通不足或資訊未共享：L-L 不匹配。
- 疲勞、壓力、能力或訓練不足：Liveware 本身因素。

因此，在事故調查或風險評估中，SHELL 模型可將分析焦點由「人員犯了什麼錯」進一步延伸至「哪些系統條件增加錯誤發生的可能性」。透過系統性檢視 Liveware、Liveware-Hardware、Liveware-Software、Liveware-Environment 及 Liveware-Liveware 等面向，可更完整辨識安全事件背後的人為因素，並據以改善設備、程序、工作環境、訓練與組織管理，降低類似事件再次發生的風險。

四、組織事故概論 Introduction to the Organizational Accident

組織事故（Organizational Accident）的概念在於安全事件通常不是由單一人員、單一錯誤或單一設備故障所造成，而是個人行為、工作條件、技術系統、程序及組織管理等多項因素長期交互作用的結果。IATA 以「傳統觀點」與「新觀點」說明事故肇因分析思維的演進，並強調人為錯誤不應被視為調查終點，而應作為深入辨識系統問題的起點。

（一）事故肇因的兩種觀點

航空事故中經常可發現人為錯誤，但對於「人為錯誤」可以有兩種不同的理解方式。

1.傳統觀點（Old View）

傳統觀點將人為錯誤視為事故的主要原因，調查重點通常在於「誰應對結果負責」。例如失去情境意識、未遵守程序、未遵循法規或操作不當等，容易直接被認定為事件肇因。

此種觀點認為航空系統本身基本上是安全的，事故主要來自少數不可靠或表現不佳的人員，此概念稱為「壞蘋果理論（Bad Apple Theory）」。因此，改善方式通常集中於：

- 加強規章與程序，縮小人員自行判斷的空間。
- 導入更多科技，以監控或取代人員。
- 對表現不佳的人員進行懲處、降職或汰換。

然而，過度增加規定可能使實際作業逐漸偏離書面程序；增加自動化可能只是將錯誤轉移至其他環節；單純移除或處分個人，則可能只處理表面現象，而未能找出造成錯誤的根本系統問題。

2.新觀點（New View）

新觀點則將人為錯誤視為較深層系統問題的「症狀」，調查關注的是「什麼因素造成這個結果」，而非僅追究「誰造成這個結果」。

例如，當人員失去情境意識時，除了分析個人表現，也應進一步詢問科技設備是否適當；當人員未遵守程序時，應檢視程序是否清楚、合理且符合實際工作需求；當人員未符合法規要求時，則應檢視組織與營運環境是否存在促成該行為的因素。

新觀點認為，航空系統無法預先涵蓋所有可能發生的作業情境，科技、訓練與法規只能建立安全運作的基本條件，實際作業中仍會持續存在新的風險與脆弱點。第一線人員往往必須在時間壓力、不確定性及資訊不完整的情況下即時調整，因此人的適應能力本身也是維持航空系統安全的重要因素。

(二) 從「人為錯誤」轉向「系統問題」

傳統觀點與新觀點最大的差異，在於如何解讀人為錯誤。

傳統觀點	新觀點
問「誰應負責？」	問「什麼因素造成結果？」
人為錯誤是事故原因	人為錯誤是系統問題的症狀
錯誤是隨機、不可靠的個人行為	錯誤與設備、任務及作業環境具有系統性關聯
找到人為錯誤即可結束調查	找到人為錯誤只是深入調查的起點

因此，在現代安全調查中，若發現飛行員、飛航管制員、維修人員或其他第一線人員發生操作錯誤，應繼續追查其背後是否涉及設備設計、程序、訓練、工作負荷、營運壓力、組織政策或工作環境等因素，而非僅以個人疏失作為結論。

(三) 組織事故觀點下的安全管理

傳統安全管理往往假設大部分作業情境皆可事先預測，並認為只要建立完善的科技、訓練與規章，即可控制所有安全風險。但實際航空作業具有高度複雜性，無法事先預見所有可能發生的情境。

新觀點因此強調，制度與程序仍為必要的安全基礎，但安全管理不能只依賴「照章作業」。組織應持續觀察實際作業如何進行、第一線人員如何因應現場情況，以及制度設計與實際工作之間是否出現落差。

「理想的滑行階段（Ideal Taxi Phase）」與「實際滑行階段（Real Taxi Phase）」比較說明此一概念。理想流程通常呈現清楚且循序進行的任務，但實際作業可能同時受到無線電通訊、跑道變更、航管指示、交通延誤、檢查表、公司通訊及其他干擾影響，使人員必須不斷調整任務順序與注意力。因此，安全管理真正需要關注的是「實際工作如何完成」，而非僅以書面規定推測工作應如何完成。

(四) 新觀點下的安全調查

在新觀點下，第一線人員的操作錯誤只是安全調查的起點。調查應進一步檢視：

- 科技與設備是否適合實際作業需求。
- 程序是否清楚、合理並容易執行。
- 作業環境具有多少不確定性。
- 組織決策是否影響第一線工作條件。
- 是否存在營運或績效壓力。
- 訓練及人員配置是否符合任務需求。

調查的第一步，是重新建立事件當時第一線人員所掌握的資訊與情境，也就是教材所稱的「當事者觀點（Native View）」。調查人員應了解當時作業環境在相關人員眼中呈現何種狀態，以及為何他們在當時掌握的知識與資訊下，會認為自己的行動具有合理性，再進一步分析其對情境的認知與事後所知的客觀事實之間存在何種差異。

因此，安全調查的結果不應僅針對個人提出改善措施，也不宜單純以增加程序或法規作為唯一解決方式，導入新科技時亦應審慎評估其可能產生的新風險。較完整的改善措施應涵蓋：

- 組織決策（Organizational Decisions）

- 實際作業條件（Operational Conditions）
- 科技及設備特性（Features of Technology）

如此才能由系統層面降低類似事件再次發生的可能性。

(五) Bow Tie 分析與風險控制

Bow Tie Analysis（蝴蝶結分析）是用以辨識作業錯誤及系統控制的缺口，Bow Tie 是一種將事件原因、主要事件與後果以圖像方式呈現的定性因果分析工具。

其基本概念可分為：

「威脅 → 預防性防護措施 → 主要事件 → 復原性防護措施 → 後果」
事故發生前可透過預防性防護措施降低主要事件發生的可能性；事故發生後則利用復原性防護措施降低事件造成的後果。此外，相關防護措施也可能受到「升級因素（Escalation Factors）」影響而失效，因此亦需配置相對應的控制措施。

Bow Tie 分析的重要用途，是同時檢視事件原因、可能後果及現有防護措施，找出目前風險控制中的缺口，判斷是否需要增加或改善相關措施。因此，此工具亦是風險管理中「風險處理（Risk Treatment）」階段的重要方法之一。

(六) 組織事故的實務意涵

教材案例顯示，一起事故表面上可能涉及飛航組員低於標準的操作，例如在不良天候下未遵循公布的進場程序、於最低下降高度（MDA）仍未取得目視參考卻繼續下降。然而，進一步調查後亦發現其他系統因素，包括：

- 組員配置雖符合法規，但不利於高難度作業情境。
- 公司長期採行直接進場的作業慣例。
- 公司過往對法規存在錯誤解讀。
- 主管機關曾忽略公司先前的安全違規情形。
- 通勤航空作業缺乏適當標準。
- 機場營運單位缺乏足夠人力及資源。
- 飛航管制設施監督不足。
- 組員承受營運績效壓力。

此案例說明，如果調查僅停留在「組員未遵守程序」，便無法完整解釋事件形成的原因。只有將組織、監理、工作環境及第一線操作等因素納入分析，才能理解事故如何逐步形成。

(七) 組織事故與瑞士乳酪模型

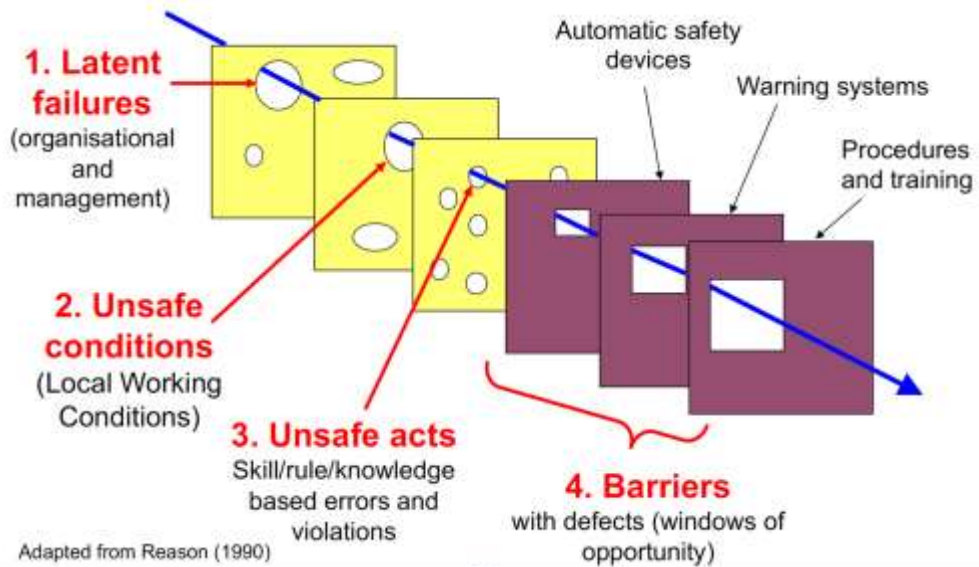
教材最後以 James Reason 的瑞士乳酪模型（Swiss Cheese Model）說明組織事故形成的過程。航空系統通常具有多層安全防禦，例如自動安全裝置、警告系統、程序及訓練等，但每一道防禦都可能存在弱點。

模型將事故相關因素概分為：

- 1.潛在失效（Latent Failures）：來自組織及管理層面的問題。
- 2.不安全條件（Unsafe Conditions）：第一線人員所處的工作條件。
- 3.不安全行為（Unsafe Acts）：技能、規則或知識相關錯誤，以及違規行為。
- 4.防禦措施（Barriers）：用以防止事故或降低後果的安全防線。

當多層防禦中的弱點在特定時間同時排列，使危害得以穿越所有防線時，事故便可能發生。影響事故發展的系統性因素可能包括能力、程序、時間壓力、疲勞、

設備、經驗及干擾等。教材特別強調，若能辨識並改善這些「系統性原因」，其效果不僅能避免單一事故再次發生，也可能同時阻斷其他具有類似形成機制的事故發展路徑。



圖表 2 SWISS CHEESE MODEL

組織事故概念將航空安全調查的焦點由「找出犯錯的人」轉向「了解系統為何允許錯誤發生」。人員錯誤仍須被辨識，但更重要的是了解其背後的技術、程序、工作環境及組織因素。透過此種系統性觀點，可使安全調查與風險管理從個別事件修正，進一步發展為針對整體航空系統的持續改善措施。

五、瑞士乳酪模型第一道防線：組織 Swiss Cheese Barrier I: The Organization

瑞士乳酪模型中的第一道防線為「組織（Organization）」，事故中的許多潛在失效，往往早在第一線人員執行任務之前，即已存在於組織決策、資源配置、制度設計及管理環境之中。組織層級的重要因素包括安全文化、系統與設備設計、財務、資源、安全管理及多元文化因素等，這些因素雖不一定會立即造成事故，但可能逐漸形成系統弱點，當與其他不安全條件或第一線錯誤同時出現時，便可能削弱整體安全防禦。

(一)系統安全 System Safety

系統安全是一種將安全納入系統設計及發展過程的工程方法，其概念不僅著重事故發生後的改善，而是在系統建立初期即辨識危害（Hazard）、可能事故（Mishap）及風險（Risk），並透過設計降低危害發展成事故的可能性。

安全介入措施的優先順序如下：

1.最低風險設計（Design for Minimum Risk）

優先透過設計直接消除危害，例如限制飛機俯仰操控權限，使航空器不易進入失速狀態。

2.加入安全裝置 (Incorporate Safety Devices)

若無法完全消除危害，則加入能主動防止事故發生的裝置，例如失速推桿器 (Stick Pusher) 偵測接近失速後，自動將操縱桿向前推。

3.提供警告裝置 (Provide Warning Devices)

若危害仍可能發生，應透過警示提供人員足夠時間採取修正措施，例如失速警報提醒飛行員採取適當操控。

4.建立程序與訓練 (Develop Procedures and Training)

最後才以程序及訓練協助人員控制風險，例如透過模擬機訓練飛行員處理失速狀況。

此一順序顯示，安全管理應優先透過系統與設備設計降低風險，而非將安全責任主要放在第一線人員必須正確操作之上。

(二)安全文化 Safety Culture

英國 Health and Safety Commission (HSC) 定義，組織的安全文化是由個人與團體的價值觀、態度、認知、能力及行為模式共同形成，並決定組織對健康與安全管理的承諾、管理方式及實際能力。

具正向安全文化的組織，通常具備三項重要特徵：

- 建立在相互信任基礎上的溝通。
- 組織成員對安全重要性具有共同認知。
- 成員相信組織所採取的預防措施確實有效。

「安全文化就是沒有人監督時，組織仍會如何行動。」換言之，安全文化並非僅存在於安全政策或標語中，而是反映於管理階層及第一線人員每日實際做出的決策與行為。

影響安全文化的主要因素包括：

- 1.管理階層的行動與優先順序。
- 2.政策與程序。
- 3.主管的管理方式。
- 4.安全規劃及目標。
- 5.對不安全行為的處理方式。
- 6.員工訓練與工作動機。
- 7.員工參與及對制度的認同。

「破窗理論 (Broken Windows)」說明，若組織對小型問題或不安全現象長期不處理，這些問題可能逐漸累積甚至快速擴大。因此，安全文化的建立亦包含對小型異常及早發現、回應及改善。

(三)良好安全文化的要素

有效的安全文化與安全通報密切相關，五項重要要素：

- 資訊 (Information)：員工了解影響安全工作環境的人員、技術及組織因素。
- 意願 (Willingness)：員工受到鼓勵並願意主動通報自身經驗及安全問題。
- 責任 (Accountability)：組織能清楚區分可接受與不可接受的作業行為。
- 彈性 (Flexibility)：安全資訊能迅速傳遞至適當的決策層級。
- 學習 (Learning)：組織具備從安全通報中分析問題、汲取經驗並採取改善措施的能力。

安全文化亦會隨組織成熟度逐步發展，可以將其概分為五個階段：

「病態型 (Pathological) → 被動反應型 (Reactive) → 制度管理型 (Calculative) → 主動型 (Proactive) → 創生型 (Generative)」

成熟度越高的組織，安全管理越能由事故發生後的被動處理，轉向主動尋找尚未造成事故的問題，最終使安全成為日常營運與決策的核心價值。

(四)安全文化的評估

安全文化不能只依賴管理階層主觀認定，而應透過系統化方式進行評估，工具包括 EUROCONTROL 安全文化調查、IATA Safety Culture Survey 及安全文化工作坊等。

完整的安全文化評估通常包括：

1. 評估前準備，使管理階層及員工了解目的並取得支持。
2. 資料蒐集，包括量化問卷與質化訪談、工作坊、焦點團體、現場觀察、歷史資料及背景資料分析。
3. 安全文化分析。
4. 問題診斷、結果回饋與後續改善。

評估過程應遵循匿名與保密、獨立與公正、尊重不同意見、提出實際可行方案及回饋結果等原則，以提高員工願意如實反映問題的程度。

(五)安全通報 Employee Safety Reporting

安全通報是建立安全文化及了解實際營運的重要基礎。教材指出，再完整的計畫與程序也無法涵蓋所有可能發生的情境，而最了解系統實際如何運作的人，往往正是每天執行工作的第一線人員。因此，安全通報是蒐集實際安全資料、重新檢視及改善作業系統的重要工具。

此概念亦可由「設想中的工作 (Work as Imagined)」與「實際完成的工作 (Work as Done)」理解。組織所制定的程序代表預期作業方式，但實際工作可能因服務壓力、程序不再符合現況、捷徑效率較高、主管默許、非正式作業方式逐漸形成，或訓練未能提供足夠知識與技能，而產生「實務漂移 (Practical Drift)」。因此，安全通報的重要價值之一，就是讓管理階層了解正式程序與實際作業之間的差距。

(六)成功安全通報制度的條件

有效的安全通報制度需要組織提供適當支持，包括：

- 足夠的人力、設備及訓練資源。
- 清楚的管理及通報架構。
- 明確的職責與責任分工。
- 清楚且容易理解的程序。
- 即時、容易取得且具有實質內容的回饋。
- 對通報人員提供適當保護。
- 通報結果能實際促成制度或作業改變。

安全通報管理流程可分為四個步驟：

- 1.通報（Reporting）：蒐集事件、情境及不安全條件。
- 2.儲存（Storage）：資料標準化並確保後續容易取得。
- 3.分析（Analysis）：將原始資料轉換成有意義的安全資訊。
- 4.資訊交換（Information Exchange）：分享分析結果，使組織其他單位亦能從資訊中學習。

最終目的並非累積大量通報，而是依分析結果建立或強化「軟性防禦」及「硬性防禦」，例如法規、訓練、程序及技術設備等，真正降低風險。

(七)安全通報制度類型

安全通報分為：

- 1.強制通報（Mandatory Reporting）：依 ICAO Annex 19 及 Annex 13 等規範要求進行。
- 2.自願通報（Voluntary Reporting）：人員在無法律強制要求下主動提交安全資訊。
- 3.保密通報（Confidential Reporting）：保護通報者身分，亦可採匿名方式。

通報制度能否發揮作用，與安全資訊受到何種程度的保護密切相關，如果員工擔心安全通報可能帶來懲處或其他不利後果，就可能降低通報意願，進而使組織失去辨識潛在危害的重要資訊來源。

(八)Air Ontario 1363 案例與組織失效

教材以 Air Ontario 1363 班機事故說明組織層級因素如何形成潛在失效。事件中，飛航組員最後決定在機翼未除冰的情況下起飛，但事故調查顯示，第一線行為背後同時存在多項組織及作業因素，包括：

- 組員未執行地面除冰及繞機檢查。
- 航空公司在輔助動力系統（APU）故障的情況下派遣航空器。
- 運行控制單位提供不正確的飛航放行資料。
- 修正後的天氣預報未妥善傳遞。
- 地勤單位未適當追蹤相關作業。
- 客艙組員未將所觀察到的安全疑慮有效傳達給飛航組員。

事故背後亦存在模糊的操作程序、缺乏標準化作業手冊、訓練不足、經驗較少的組員搭配、組員挫折感、公司合併及不同企業文化整合等「容易產生錯誤的條件（Error-Producing Conditions）」。

事故調查因此指出，雖然機長必須對當日落地及起飛的決定負責，但整個航空運輸系統同樣未能提供其做出適當決策所需的充分工具及支援。此案例具體說明，第一線的不安全行為往往只是事故鏈中的最後環節，背後可能存在長期累積的組織性缺失。

(九)公正文化 Just Culture

建立安全通報制度亦需要「公正文化（Just Culture）」作為基礎，EU Regulation No.376/2014 說明公正文化係指第一線人員若依其經驗及訓練做出相稱的行動或決策，不應因此受到懲罰；然而，對重大過失、蓄意違規或破壞性行為，組織仍不應容忍。

公正文化的核心並非免除所有個人責任，而是在「鼓勵安全通報」與「維持合理責任界線」間取得平衡，使人員願意提供真實安全資訊，同時維持組織必要的專業及行為標準。

瑞士乳酪模型中的「組織」是航空安全最前端且影響最深遠的一道防線。設備設計、資源配置、管理決策、安全文化、教育訓練及安全通報制度，均可能決定第一線人員日後所面對的工作條件。ICAO Annex 13 強調，事故與事件調查的唯一目的在於預防事故與事件再次發生，而非歸責或追究責任。因此，組織應透過安全文化、有效通報、公正文化及系統性風險管理，持續辨識並改善潛在失效，使安全管理由事故發生後的被動修正，逐步轉向主動預防與持續學習。

六、瑞士乳酪模型第二道防線：工作環境 Swiss Cheese Barrier II: The Workplace

本部分主要探討工作場所中的各項環境、設備介面與人體工學因素對航空安全的影響。

(一)損害人類表現的航空環境因素（Environmental Factors）

有多種物理與環境因子會削弱航空從業人員的表現：

1. 視覺錯覺（Visual Illusions）：大腦誤判視覺資訊而產生與現實不符的認知。
 - 地形坡度：進場五邊地形低於跑道時，飛行員會誤判高度過高；進場五邊地形高於跑道時，會誤判高度過低。
 - 跑道坡度：上坡跑道會讓飛行員誤判高度過高；下坡跑道則會誤判高度過低。
2. 空間迷向（Spatial Disorientation）：飛行員無法正確判斷飛機相對於地球的姿態、高度或空速。
 - 旋轉錯覺（Somatogyral Illusions）：由角加速度引起（如：長時間恆速轉彎會導致失去轉彎感）。
 - 軀體重重力錯覺（Somatogravic Illusions）：由線性加速度或重力（G 力）改變引起。例如仰頭錯覺（Head-up illusion），飛行員在加速時會誤以為機頭正在上仰。

- 動暈症（Motion Sickness）：當前庭系統的輸入與視覺輸入產生衝突時發生（例如目視移動與內耳感知不一致）。
- 3.噪音（Noise）：任何會干擾溝通、損害聽力並引發頭痛、疲勞與壓力的聲音。高分貝噪音會導致通訊困難（造成理解失誤）並降低注意力。
- 4.溫度與濕度（Temperature & Humidity）：人體對高溫的耐受力小於 3 小時；皮膚溫度降至 18°C 時，手部會喪失靈巧度；噴射客機的低濕度環境會引起身體不適與脫水。
- 5.氣壓（Pressure）：客艙失壓會導致快速減壓與缺氧，有效認知時間（Time of Useful Consciousness, TUC）在 35,000 英尺處僅剩 33 至 54 秒，40,000 英尺處僅剩 16 至 27 秒。
- 6.照明（Illumination）：照度不足會增加閱讀風險（如讀取儀表、辨識跑道）；眩光則會降低看清關鍵物體的能力。
- 7.震動（Vibration）：持續暴露於震動中會損害視力、干擾神經肌肉控制並引發疲勞。

(二)航空業的人體工學與人機介面 (Ergonomics in Aviation)

人體工學旨在優化人與機器在系統中的互動。人機介面間的雙向溝通主要透過以下媒介實現：

- 1.顯示器（Displays，機器對人傳遞資訊）：
 - 可透過視覺（如：電子檢查表、警示燈）、聽覺（如：失速警告）與觸覺（如：震桿器）三種途徑呈現。
 - 分為動態（如：飛行顯示器 PFD、高度計）與靜態（如：標誌、標記）；亦分為類比（指針式）與數位（直接顯示數字）形式。
- 2.控制器（Controls，人對機器傳遞指令）：依據所需操作力量，分為低（按鈕）、中（手柄）、高（舵踏板）三種級別。

設計時除了物理外觀，還必須契合使用者的心智狀態（Mental model）；以 TCAS（空中防撞系統）為例：利用視覺與聽覺發出不同顏色編碼以顯示緊急程度（高度緊急度/碰撞威脅：紅色；中度緊急/潛在威脅：橘色；低度緊急/無威脅：白色）。

(三)實體人體工學與人體測量學 (Physical Ergonomics & Anthropometry)

- 1.實體人體工學：關注解剖學、人體測量學、生理學等對身體活動的影響。探討重複性動作、不佳姿勢、材料搬運與工作環境對身體的損害與舒適度（如鍵盤設計、安全防護）。
- 2.人體測量學（Anthropometry）：研究人體尺寸與測量的學科。用以檢測個人的定性特徵（如膚色、虹膜）與定量特徵（如身高、肢體長度、力量），是提昇人機互動介面設計的基礎科學。

七、航空作業環境自動化 Automation in the Aviation Workplace

本單元主要探討在駕駛艙與空中交通管理（ATM）中引進自動化技術的定義、目的、人因挑戰及成功實施的要素：

(一)航空自動化的定義與引入目的

1. 定義：指全部或部分替代人類操作員執行的功能，或將飛行組員的部分任務分配給機器（包括代替人類監控與決策的警告與告警系統）。
2. 引進目的：
 - 使科技普及（如客艙組員的自動艙門輔助系統）。
 - 提升經濟效率與可靠性（如自動油門、自動駕駛、地勤設備維護調度軟體）。
 - 減輕工作量（如機器行李裝卸）。
 - 更精確的控制與導航（如顯示器的靈活性、自動或半自動拖車）。
 - 提高安全性（如 CAT III 自動著陸）。
 - 節省駕駛艙空間。

(二)自動化引發的問題與對人類的影響

1. 邏輯理解困難：人類難以理解自動化系統的內部邏輯，常產生「它現在在做什麼？」、「為什麼會這樣做？」、「下一步會做什麼？」等疑惑。
2. 狀態意識（Status Awareness）不足：人機介面設計若未能提供清晰、可解讀的反饋，會導致人類無法有效監控系統的當前狀態，也難以使系統操作符合人類意圖。
3. 自主性與控制權衝突：系統在接收高階指令後，能自行執行的動作多寡，以及其覆蓋（Override）人類控制的權限程度，需要妥善界定。
4. 角色轉變與技能流失（Skill Fading）：人類從積極操作者轉變為監控者，導致在失去電腦支援，改為手動操作技術時面臨挑戰。
5. 過度信任或不信任自動化的三種結果：
 - 自動化誤用（Misuse）：過度依賴自動化，導致監控失效或決策偏誤（例如韓亞航 214 號班機空難）。
 - 自動化疏用（Disuse）：因不理解或缺乏信任而忽視、未使用自動化。
 - 自動化濫用（Abuse）：因系統設計師先前的決定，迫使操作員在無法使用或必須使用的情況下互動。
6. 核心原則：自動化不應主導一切。設計應採用以人類為核心的技術設計（Technology-centered approach），亦即人是技術引入的核心，技術必須適應人類並對使用者友善。

(三)駕駛艙自動化

1. 飛航管理系統（Flight Management System, FMS）：作為駕駛艙自動化的核心，FMS 是負責飛行計畫與導航管理（透過 GPS、INS 等感測器定位）的專用電腦，通常透過包含小螢幕和鍵盤的控制顯示單元（CDU）控制，並將計畫傳送至電子飛行儀表系統（EFIS，包含 PFD、MFD、EICAS）顯示。
2. 四種互動樣式與局限：選單選擇、表單填寫、文字暫存區輸入（Scratchpad）與圖形化使用者介面（GUI），每種都有其優缺點，本質問題在於飛行員必須學習與記憶繁瑣的互動程序。由於功能繁多，選單結構往往過於專一且深入，缺乏架構全局觀，容易導致操作錯誤與混淆。
3. FMS 與操作錯誤：

- 延遲顯現的錯誤：資料鍵入多在飛行前完成，輸入錯誤可能在數小時後才顯現（latent errors，潛在錯誤），使機組員難以將當前狀況與先前的輸入錯誤連結。
- 預期偏差：過早輸入詳細資訊會讓機組員對飛行發展產生刻板預期。

4. 關鍵啟示：

- 自動化並未消除錯誤與工作量，而是改變了其本質（將「行動錯誤」轉化為「思考錯誤」）。
- 自動化在常規情況下能減少工作量，但在異常情況下反而會增加工作量。
- 自動化不能取代人類，但改變了飛行組員的工作型態。

(四) 航管 (Air Traffic Management, ATM) 自動化

1. 現行 ATM 系統的支援工具：包含起降管理系統、雷達資料處理、電子航班條、短期衝突告警 (STCA) 及中期衝突檢測 (MTCD) 等。
2. 面臨的挑戰：採購設計未反映實際營運需求、對人類表現關注不足、角色與責任定義不清、缺乏備份程序 (人工接管) 的規劃。
3. SESAR 計畫提出的四大成功要素：
 - 使用者參與：管制員必須參與自動化的設計與開發階段。
 - 改善人機介面：提升系統狀態意識並改善工作量管理，並引入團隊資源管理 (TRM) 原則。
 - 明確的角色與責任：減少人類作為單純監控者的依賴，新分配的職責與問責制必須清晰且無模糊空間。
 - 系統整合與降級應變：對管制員而言，自動化故障必須容易判斷，且人工接管 (Fallback/Manual Reversion) 程序必須在管制員的能力合理範圍內。
4. 訓練要求：培訓必須包含自動化邏輯、功能、模式，以及應對失效時的人工接管任務，以確保服務延續。
5. 持續監控：必須在日常 ATM 營運中持續監控新技術的使用狀況。

八、標準作業程序 SOPs

本單元主要探討 SOP 的重要性、設計原則，以及人員為何會偏離標準作業程序。

(一) SOP 的定義與設計重要性

- 管理意圖的溝通橋樑：SOP 傳達了管理階層期望營運人員執行作業的方式，是營運人員與營運管理階層之間的溝通關鍵。
- 設計優劣的影響：
 - 具備一致性與運作邏輯的設計：能贏得營運人員的尊重、引發遵循意念，並避免執行時的混淆。
 - 缺乏一致性與運作邏輯的設計：容易引發人員的挫折感，進而導致程序偏離 (Deviations)。

(二) SOP 設計的「4 個 P」

SOP 的設計與實施是由以下四個層次遞進組成的：

1. **哲學 (Philosophy)**：管理階層對於如何營運的整體願景，主要分為兩種哲學：
 - 彈性授權 (Wide road)：授予個人相當的裁量權，讓營運人員能根據實際作業狀況彈性調整。
 - 明確律定 (Straight-jacket)：高度嚴格管束，幾乎不給予裁量空間，無論狀況如何都必須完全遵循 SOP。
2. **政策 (Policy)**：組織對於營運、維護、訓練、權力行使、個人行為等層面的廣泛具體規範。
3. **程序 (Procedures)**：具體的操作動作順序（與政策維持一致），明確規範了「誰、在何時、何地、如何、做什麼」的過程。
4. **實踐 (Practices)**：在工作場所（如駕駛艙、客艙、機棚、機坪、塔台等）中實際發生的狀況。
 - 程序是由管理階層制定，而實踐則是由第一線人員所執行。
 - 組織的終極目標是讓「程序 (Procedures)」與「實踐 (Practices)」完全一致。

(三)不遵守程序 (Procedural Deviation) 與回饋機制

- 偏離程序的原因：包括個人主義、自滿 (Complacency)、挫折感、以及複雜或不當的 SOP 設計等。
- 因應對策：建立第一線人員（如飛行員）至管理階層的回饋機制。此機制必須是正式的，且管理階層在收到營運人員的 SOP 相關反饋時，必須強制給予回覆。
- 異常狀況下的程序偏離：
 - 若未遵守程序挽救了局面，會被視為「好」決策；若未能挽救局面，則為「壞」決策。
 - 管理階層必須明確規範在異常條件下，何時才允許、接受程序的偏離。

九、檢查表 Checklist

本單元主要探討檢查表 (Checklist) 的重要性、不同類型、執行方法以及設計上的常見問題與改善策略。

(一)檢查表的重要性與基本目標

- 人機介面的核心：檢查表是人與機器之間不可或缺的介面，確保營運人員能正確配置設備以利操作。若設計存在漏洞，可能導致檢查表被誤用 (Misuse) 或疏於使用 (Non-use)。此外，人員對檢查表抱持積極的「態度」也至關重要。
- 正常狀態檢查表 (Normal Checklist) 的三大目標，屬於經常性使用的檢查表，其目標在於：
 - 協助營運人員配置設備，並為設備操作提供連貫的動作順序。
 - 讓團隊成員「保持同步 (in the loop)」，強化團隊概念。
 - 促進團隊協調、實現成員間的相互監督，並合邏輯地分配工作量。

- 非正常狀態/詳細檢查表（Abnormal/Expanded Checklist）的三大目標，其目標在於：
 - 作為記憶指引。
 - 確保採取所有關鍵行動。
 - 在高工作量或高壓力的情況下，強化團隊的協調合作。

（二）檢查表的設計方法與內容選擇

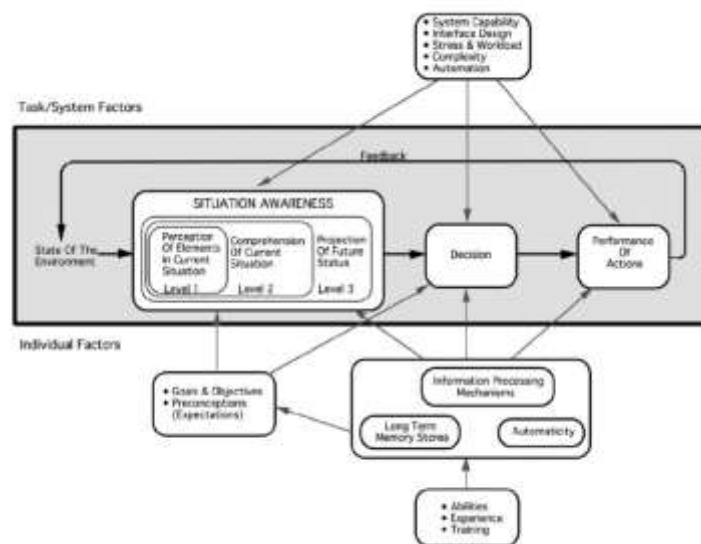
- 設計方法：
 - 挑戰-驗證-回覆（Challenge-Verification-Response）：運用複式預防（redundancy）避免犯錯的保護機制。
 - 呼叫-執行-回覆（Call-Do-Response）：錯誤仍有可能未被察覺，且過程較為繁瑣、耗時。
- 項目內容的選擇：
 - 列出所有設備項目：長而詳細，但可能因繁瑣而導致執行成效不佳。
 - 僅限關鍵項目：最契合人類的表現極限與工作特性。

（三）檢查表的常見問題

- 術語與控制項目名稱模糊：
 - 使用模糊的術語（如「set（設置）」、「check（檢查）」、「normal（正常）」）。
 - 控制項目的名稱不一致（例如將開關稱為 Master switch / Start switch / Engine switch；或將油門稱為 Throttles / Thrust levers / Power levers）。
 - 緩解策略：避免使用籠統的回覆（如 set、checked），回覆應明確描繪出該項目所期望的具體狀態或數值（例如：on、off、18psi）。
- 項目的排列順序：
 - 關鍵項目優先：應將最關鍵的項目安排在靠近檢查表開始的位置。因為隨著時間推移，人員容易受到中斷或分心影響，完成後續項目的機率會逐漸遞減。
 - 排除非關鍵項目：非關鍵項目會平白消耗時間、增加工作量，並使人員分心，無法專注於當前操作階段極為關鍵的任務。
- 項目重複與重點強調：
 - 需注意對特別重點項目（Killer items）或可能需要重新設置的項目（如襟翼 flaps、配平 trim 等）進行重複確認或特別強調。

十、瑞士乳酪模型第三道防線：人員 Swiss Cheese Barrier III: The Human

此章節延續瑞士起司模型(Swiss Cheese Model)的概念，探討安全防禦鏈中的第三道屏障「人(Human)」。課程指出，組織、工作環境及程序固然是重要的安全屏障，但最終仍需由人員透過感知、判斷與行動將系統安全落實於日常作業，因此「人」既是最重要的防線，也可能成為最脆弱的環節。課程中運用 Endsley Model 說明人類在作業過程中的認知運作機制，並以義大利航空 404 號班機(Alitalia Flight 404)案例說明飛行員因感知與判斷錯誤，最終導致事故發生。

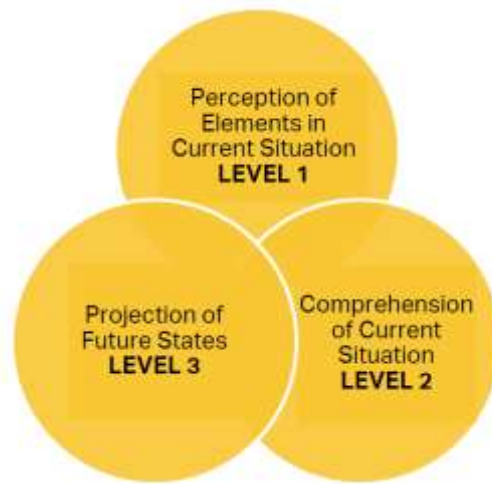


圖表 3 The Endsley Model

人類本身同時具備「能力」與「限制」。雖然透過訓練、經驗與專業知識可以提升作業表現，但感知(Perception)、記憶(Memory)及注意力(Attention)皆存在先天限制。課程中透過多種視覺錯覺、記憶測試及注意力實驗說明，人類所看見的並非客觀事實，而是經過大腦解讀後的結果，因此在特定情境下極易產生誤判。感知會受到環境背景、期待心理與既有經驗影響，而注意力資源有限，也容易因分心或過度專注而忽略關鍵資訊。

十一、情境意識 Situational Awareness

情境意識 (Situational Awareness, SA) 被定義為個體對周遭環境資訊的感知、理解，以及對未來狀況的預測能力，是航空安全作業的重要基礎。課程引用 Endsley 提出的三層式模型，將 SA 分為 Level 1「感知(Perception)」、Level 2「理解(Comprehension)」及 Level 3「預測(Projection)」。唯有正確完成前一層次，才能建立後續的情境理解與未來判斷。



圖表 4 Unpacking Endsley SA

課程以新加坡航空 SQ006 事故作為案例分析，事故調查指出，機組員因喪失情境意識，在錯誤跑道執行起飛而釀成重大事故。分析顯示，事故同時涉及三個層面的失敗：未察覺錯誤跑道資訊(Level 1)、未正確理解導航訊息(Level 2)，以及錯誤預測未來情勢(Level 3)。透過這個案例能理解情境意識不是單一能力，而是一個持續蒐集資訊、交叉驗證及更新認知的動態過程。

十二、決策 Decision-Making

本課程深入探討人類在複雜作業環境中的決策過程，以及影響決策品質的認知因素。課程一開始即指出，人們在現實環境中往往面臨資訊不足、時間有限及情況不確定等挑戰，因此決策並不完全建立於理性分析，而經常受到經驗、直覺及心理偏誤影響。

課程中利用著名的 Linda Problem 說明連言謬誤 (Conjunction Fallacy)，讓學員親身體驗即使具備知識背景，仍可能受到直覺判斷影響而產生非理性選擇。此外，Availability Heuristic 及 Framing Effect 等案例也說明，人們經常依據最容易想到的資訊或資訊呈現方式進行判斷，未必符合實際風險大小。

另外還介紹了 DECIDE 與 FORDEC 等標準化決策模型。雖然模型本身並非保證正確答案的工具，但能協助人員有系統地整理事實 (Facts)、評估選項(Options)、分析風險 (Risks)、執行決策 (Execution) 並持續檢查 (Check)。我認為其最大價值在於降低情緒、時間壓力及個人偏見對決策過程的影響。

DECIDE

- D** Define the problem
- E** Establish the criteria
- C** Consider all the alternatives
- I** Identify the best alternative
- D** Develop an implement a plan of action
- E** Evaluate and monitor the solution and feedback when necessary

圖表 5 DECIDE MODEL

- F** FACTS
- O** OPTIONS
- R** RISKS AND BENEFITS
- D** DECISION
- E** EXECUTION
- C** CROSS-CHECK

圖表 6 FOR-DEC MODEL

以 US Airways 1549 事件作為案例，說明機組員如何在極短時間內完成資訊整合與風險評估，最終做出哈德遜河迫降決策。有效決策的關鍵不在於擁有所有資訊，而是在有限資訊與時間條件下，運用適當方法做出最合理選擇。

十三、疲勞與壓力 Fatigue and Stress

(一)、疲勞 (Fatigue)

依據 ICAO 之定義，疲勞為「因睡眠不足或延長清醒時間、晝夜節律相位，或工作負荷（心理及/或身體活動）所導致之生理狀態，其特徵為心智或身體作業能力下降，可能損害（組員）警覺性及其安全操作航空器或執行安全相關職責能力」之生理狀態。

疲勞之形成同時受兩方面影響：生活型態（做了什麼）及人體生理狀態，例如：生活型態：執勤時間、工作負荷、任務類型及個人習慣；人體生理狀態：恆定睡眠調節系統及晝夜節律。

當睡眠壓力升高時，我們需要透過睡眠降低壓力並恢復作業能力，若忽視疲勞警訊而持續執行勤務，則可能造成警覺性、反應速度、判斷力及情境察覺能力下降，最終導致降低作業績效。

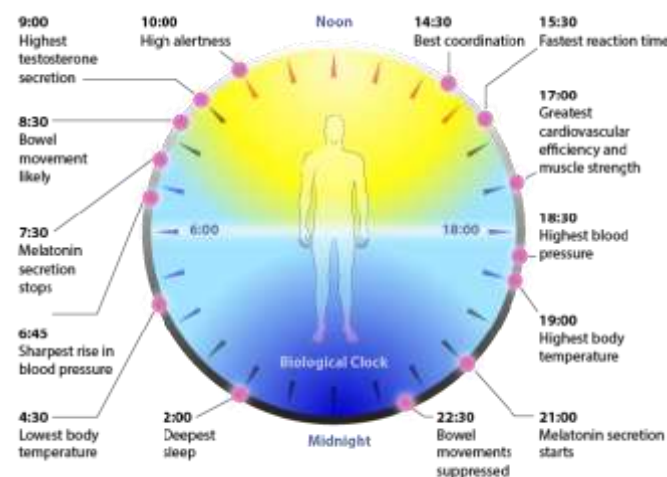
因此，為有效管理疲勞，組織及個人應負有共同責任；組織則必須透過適當的排班、休息安排及疲勞風險管理制度，降低疲勞對飛航安全的影響，個人亦必須適當休息並主動通報疲勞。為有效管理疲勞，組織及個人得採取下述管理機制，辨識可能影響疲勞之因素，並採取適當措施，以降低疲勞對警覺性、判斷能力及安全作業表現的影響：

1.3-Processes Model

若欲探討疲勞之形成，應先了解人體內三種生理機制之運作原理，以及其彼此間之交互作用。

(1)Process C (Clock，生理時鐘)：

即晝夜節律，係指人體警覺性及認知表現會隨一天中之時間自然變化，而非在 24 小時內維持固定水平；即使人員獲充分休息，然於人體生理時鐘之低警覺時段工作，作業表現仍可能受到影響。



圖表 5 晝夜節律

(2)Process S (Sleep，睡眠壓力)：

即睡眠恆定機制，係反映個體於清醒期間睡眠需求逐漸累積，並於睡眠期間逐步消退之生理調節機制，藉以維持睡眠與清醒之恆定；一般而言，人類平均約可維持 16 小時之清醒狀態：

清醒期間：睡眠壓力會隨著清醒時間增加而逐漸累積；清醒時間越長，產生睡眠之驅力越強。

睡眠期間：累積之睡眠壓力會隨睡眠後會逐漸消退（睡眠驅力降低）。

(3)Process W (Waking，清醒時間)：

即指睡眠慣，係指剛睡醒後，短時間內仍處於昏沉、反應較慢及警覺性不足之狀態，通常會隨著清醒時間增加而逐漸減弱；若是從深度睡眠中醒來，影響可能更加明顯，且可能造成暫時性注意力下降、反應速度變慢或思考及判斷能力降低等狀態。

前述三類程序可能同時造成影響，例如：組員睡眠不足狀態下於凌晨執勤，如剛從機上輪休中醒來，睡眠壓力、晝夜節律及睡眠慣性可能同時降低其作業表現；因此，疲勞管理必須同時考量睡眠歷史、執勤時間、生理時段，以及醒來後所需之清醒時間。

2. 疲勞因素 (Fatigue Factors)

於了解前述生理機制後，可以更清楚地理解疲勞之形成原因；常見之疲勞因素包括：

- (1) 工作環境：如噪音、照明等環境條件可能增加疲勞。
- (2) 休息環境：如噪音、照明等因素可能影響休息及睡眠之恢復效果。
- (3) 工作負荷：如執行任務時所需承受之工作量、心理與生理之負擔。
- (4) 睡眠：睡眠時間、睡眠品質及睡眠不足等因素，造成睡眠過程受到干擾或恢復效果不佳。

組織與個人可藉由理解 3-Processes Model 所涉及之生理機制及疲勞成因，實施對疲勞作業人員之疲勞管理；此類管理對象不應僅限於執行一線組員，亦可進一步擴及其他輪班作業人員，以確保作業人員在適當之生理狀態下執行勤務，進而達成安全作業管理目標。

此外，在組織條件許可之情況下，亦可針對機組員建立疲勞風險管理系統 (Fatigue Risk Management System, FRMS)，透過持續性疲勞危害辨識、風險評估、監控與改善，以科學化、數據導向及系統性之方式管理疲勞風險。

(二)、壓力 (Stress)

壓力是一個多因素、多面向的概念，包含壓力來源、壓力所造成的影響，以及個體因應壓力而產生的生理與心理反應。當個人知覺到所面臨的要求超過自身能夠調動的個人或社會資源時，便可能產生壓力狀態或壓力感受。

壓力本身並非負面的生理機制，而是身體為了生存與適應環境而演化出的警報及動員系統。然而，當壓力反應過於強烈、頻繁，或長時間無法停止時，原本有助於適應的機制便可能轉變為身心負擔。

1. 壓力反應系統 (Stress Response System)

適度之壓力可以提升表現，然持續性壓力，表現則逐漸下降，前述進程即為壓力反應系統 (Stress Response System)；壓力反應系統分為三個階段：Reaction (反應期)、Resistance (抵抗／適應期) 及 Exhaustion (衰竭期)，相應說明如下：

•Reaction (反應期)：

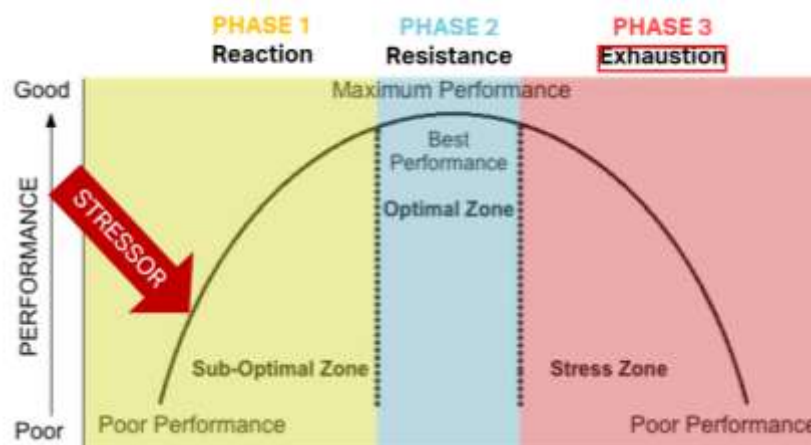
剛受到壓力或刺激時，會啟動相應壓力反應；作業表現會從較差逐漸提升。

•Resistance (抵抗／適應期)：

身體維持穩定並適應壓力，於壓力下得逐漸達最佳化區域 (Optimal Zone)；如壓力持續，壓力與表現達到相對平衡，則可達到最大作業表現範圍 (Maximum Performance)。

•Exhaustion (衰竭期)：

若壓力長時間持續、未有適當恢復時間，則將進入壓力區（Stress Zone），作業表現將逐漸下降，甚至出現表現不佳（Poor Performance）之狀況，並可能出現焦慮、緊張、注意力下降或思考混亂等狀態。



圖表 6 壓力反應系統

2. 壓力源（Stressors）

壓力並非單純源自外在壓力源本身，而是取決於個體對壓力源之認知、評估及因應反應所影響；不同個體在人格特質（Personality）、內外控取向（Locus of Control）、抗壓性（Resistance）及整體壓力承受度（Overall Stress Level）等心理特性上有所差異，故即使面對相同工作情境或壓力事件，亦可能產生不同程度的心理與生理壓力反應。

為有效管理工作壓力對作業人員身心健康及作業表現之影響，組織應建立適當之壓力評估機制，透過評量表辨識並分析各項壓力因子對個體之影響程度；依據評估結果，組織應提供相應之支持措施與必要資源，包括工作安排調整、主管支持、心理諮詢、教育訓練及團隊溝通等，以降低壓力源所造成之負面影響，並提升作業人員之壓力調適能力與整體作業安全。

十四、工作負荷 Workload

本節將就工作負荷討論其對於作業人員工作表現之影響。工作負荷（Workload）係指在特定時間內，能完成多少工作（能力／產能），屬於個體主觀感受；任務量（Taskload）係指在指定期間內，被期待要完成多少工作（預期完成量），偏向外在、客觀、可以被描述或量化之工作要求。

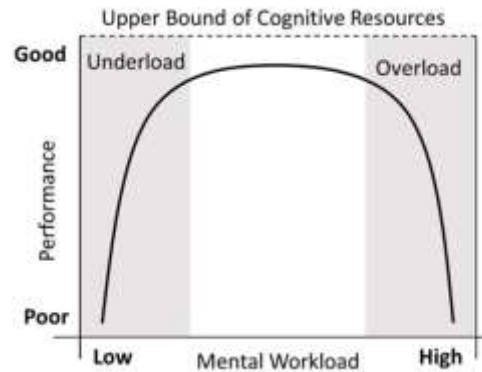
組織給予作業人員之任務量，隨個體差異，其所感受之工作負荷亦會不同，過多或過少之負荷量都可能影響其工作表現，故若能將作業人員之任務量維持在適當範圍內，便有助於提升作業安全性與工作表現。

（一）、工作負荷超載(Overload)

當作業人員所承擔之任務量超過其當下可運用之身心能力、時間或資源時，可能導致工作效率逐步或立即下降，造成注意力分散、決策品質降低、反應遲緩及作業錯誤增加等情形，進而影響作業安全與任務執行品質。

（二）、工作負荷低載(Underload)

當作業人員所承擔之任務量不足以維持其適度之專注與工作投入，或工作內容長期處於重複、單調及缺乏變化的狀態時，可能產生注意力不足等情形；此類工作特性容易使作業人員出現精神渙散、警覺性降低或反應遲緩等現象，進而影響其持續維持適當工作投入與作業安全之能力。



圖表 7 工作負荷

為使作業人員之任務量維持在適當範圍內，以提升作業安全性與工作表現，組織得透過下述措施進行改善：

- 增加作業人員之經驗，經驗與熟練程度會影響任務執行的效率及所需心智負荷。
- 提供適當訓練，提升作業人員執行工作的能力，降低因不熟悉工作而產生之額外負荷。
- 明確且標準化之工作程序，以降低判斷上之不確定性，並減少不必要之工作負擔。
- 提供合理作業時間，以避免因時間壓力造成過度負荷，及因工作量不足而降低警覺性。
- 適當運用自動化系統，以減少作業人員執行高重複性或繁瑣之作業，但仍維持其對系統之監控能力。
- 合理之工作排程及休息時間，以降低疲勞累積，維持作業人員之注意力與工作表現。

此外，組織可採用主觀評估（Subjective Assessment）及神經生理學評估（Neurophysiological Assessment）等多元方法，衡量作業人員於執行任務期間所承受之工作負荷；透過評估，組織可更全面地掌握工作負荷對作業人員注意力、認知功能及作業表現之影響，並據以調整工作設計、人力配置、任務分派及相關支持措施。

十五、人為錯誤 Human Error

錯誤並非同一種東西。教材依計畫與行動的關係，把常見情形分成執行階段的失敗與規劃階段的失敗，並另外處理有意偏離規定的違規。這樣分類的用處，不在給事件貼標籤，而在決定後續要改程序、改訓練、改介面，還是要處理動機與組織壓力。

執行階段的失敗，指的是當事人原本知道該做什麼，計畫本身也可以成立，卻在出手或記住步驟時出了差錯。注意疏失常見於高度熟練之後：開車去客戶公司，卻在出門後自動開上每天上班的路；或在駕駛艙高負荷時，不自覺改用母語。另一類看起來像「放錯地方」或「按錯開關」的情形，往往也與當下注意力被占用有關，例如找手機最後在冰箱旁發現，或本要對客艙廣播，卻打到對空頻率。知覺混淆則是兩個物件或兩個顯示在空間或型態上太相近，使動作落到錯誤目標上；教材所舉復興航空 235 的情形，便是在引擎失效後，把正常發動機誤認為故障側而關閉。記憶缺失則多發生在工作被

斷之後：航管或組員做檢查單做到一半，對外通話插入，回過頭來已不記得做到哪一項；若當下沒有實體標記或強制回退程序，漏項就會進入下一階段。

規劃階段的失敗稱為判斷或計畫錯誤，重點不在手滑，而在選錯目標或選錯方法。有時規則本身是好的，只是用錯情境，例如依該跑道「通常往南」的經驗核准起飛，卻未核對當班少見的北向離場程序，因而造成間隔損失。有時則是規則本身就不完備，當事人仍據以行動，例如只看側後視鏡便認定超車道無車，忽略盲點；或看到發電機警示燈，立刻執行發電機失效程序，卻沒有把燈號與發動機失效一併解讀。這類情形若只要求「再小心一點」，通常無效，因為當事人當下並不認為自己走錯路。

違規與上述非故意失敗不同，它是明知規定而選擇不遵守。教材提醒，違規仍要看動機與頻率。蓄意造成損害的破壞行為極為少見，但不能從分類中消失；更常出現的是為了圖快、圖方便或讓工作比較順手的最適化違規，以及在班表、流量與安全程序互相衝突時，現場為了把任務做完而做的必要性違規。就頻率而言，有些違規已重複到變成「這裡大家都這樣」，當事人甚至不再意識到自己在破例；有些則是自認遇到前所未見的狀況，認為必須跳步才能過關。組織若把所有違規都當個人品德問題，或把所有違規都當可以理解的權宜，最後都無法決定要改制度還是要劃紅線。

教材反覆引用 Mach 的話：知識與錯誤出自同一源頭，只有結果能告訴我們那一次是成功還是失敗。這句話的實務意義是，錯誤是常態，而且會隨專業程度改變面貌。新手的錯誤常常是學習過程的一部分；專家的錯誤則可能來自自動化過深、對熟悉線索過度自信，或在壓力下仍沿用平日有效的捷徑。因此，調查如果只停在「有沒有照標準作業程序」，很容易把系統問題寫成個人素質問題。

也因此，Module 9 用相當篇幅談公正文化。所謂公正文化，並不是不予追究，而是先建立足以讓人開口的信任：人員因提供安全資訊而受到鼓勵，同時清楚知道可接受與不可接受行為的界線。航空領域已將其視為法規要求，不再只是倡議。其運作方式通常是：通報身分予以保護，調查先聽當事人如何理解當下情境，大多數再發情形以訓練、程序或介面修正來預防，只有在重大過失、蓄意違規或破壞行為時才進入懲處。教材並指出，這套做法對組織並非只有倫理意義。沒有穩定、可預期的調查與處理流程，風險圖像會是盲的；有了誠實通報，組織才比較有機會在下一件事前看到趨勢。

若要把個別錯誤連回系統，教材介紹兩種常用分類。HFACS 由不安全行為往上找前置條件、不安全督導與組織影響；SHIELD 則相反，先看組織與督導，再落到前置條件與行為。無論由哪一端開始，重點都是問層與層之間如何互相加劇，而不是把調查結論寫成單一動作名稱。

2019 年 3 月 1 日 Lauda A320 (OE-LOA) 在倫敦 Stansted 起飛時發生包覆性引擎失效，組員中止起飛。機上無明顯火煙，駕駛準備以右發滑離跑道時，發現左前艙門已開、滑梯放出，旅客正在撤離。報告顯示艙門開啟至右發關閉之間約兩分十七秒，部分旅客攜帶行李，十人受傷。客艙組員事後表示，失效聲響與機身左偏使其驚嚇，注意力集中在飛機本身的動靜，並未聽到機長「attention crew: on station」的廣播，同時感受到旅客注視的壓力。若只用「客艙自行撤離」來概括，能學到的很少。較有用的讀法是同時看到知覺與注意如何在巨響後窄化、駕駛艙與客艙在中止起飛後如何確認意圖、旅客行為如何改變撤離節奏，以及程序是否預設了「無火煙、仍有活車」這類容易讓兩邊解讀不一致的狀態。這正是錯誤分類加上層級分析想逼出來的討論。

十六、瑞士乳酪模型第四道防線：防禦措施 Swiss Cheese Barrier IV: Defenses

Module 10 把訓練、程序、檢查單、組織作為與 TEM 畫成層層防禦，呼應瑞士起司的說法：每一層都會有破洞，真正危險的是破洞在時間上對齊。防禦的目的因此不是打造不會失敗的人，而是讓威脅在進入駕駛艙、席位或客艙之前被看到，讓錯誤在變成非期望狀態之前被困住，並在狀態已經變差時還有時間減輕後果。

十七、威脅與錯誤管理 TEM

TEM 被英國 CAA CAP 737 表述為一種預先思考的實務：預測並避免作業威脅與錯誤，並管理已經出現的部分。它不是多一本手冊，而是一種作業心態。教材強調，組織各層都必須接受錯誤會發生，重點是處理而不是假裝可以根除。組員要主動尋找可能的威脅與自身可能的錯誤；一旦攔截失敗，便轉而限制後果。非技術技能在此的位置很清楚，它不是獨立的人格課程，而是讓 TEM 在現場行得通的條件之一。

TEM 用三個詞把現場拆開。威脅多半不是當事組員自己造成的，它來自作業環境與支援系統，卻會增加複雜度，需要被拿出來管理，否則安全裕度會被悄悄吃掉。對飛行組員而言，威脅可以是天候、地形、機場狀況、交通密度、航管事件、語言隔閡，也可以是機件與自動化的異常、客艙狀況，或派遣、地勤、維修與時間壓力所造成的起點不順。對航管人員而言，跑道檢查、著陸後持短、相似呼號、高流量、噪音限制、天氣、縮小間隔、跑道穿越、復飛、空域限制、通信失效、系統故障或交叉跑道同時作業，都可能在同一時段疊加。對客艙組員而言，時間壓力、備降、駕駛艙事件、組員錯誤甚至失能、地面或維修端的疏失、裝備故障，以及酒醉旅客或廁所吸菸這類客艙安全事件，同樣會迫使程序在不完整資訊下執行。威脅清單必須依職務重寫，不能只背駕駛艙版本。

錯誤則是第一線自己的作為或不作為，偏離了組織或當班意圖，並且往往立刻降低安全裕度。飛行組員的錯誤可能出在飛機操控、程序執行或資訊交換；航管可能出在設備操作、間隔或席位交接程序，以及通話聽漏、聽錯；客艙則常見於檢查遺漏、指令傳錯艙門，或對設備操作不夠熟稔。非期望狀態是更往後一步的概念：事情已經走到安全裕度不足，只是還沒變成事故。它可以是錯誤的組態、走錯滑行路線、進場偏離、速度或航徑不穩定，也可以是航管席位上已經形成的非預期交通關係，或客艙滑梯模式不對、通道堵塞、加油時出口無人戒護、旅客未就座或在活車時展開撤離。TEM 要訓練的，就是在這三個階段都還有動作可做，而不是等調查報告才命名。

教材在討論立即改善時，並未把責任推回個人特質，而是指向程序與訓練是否跟得上異常情境：例如在異常處置中如何管理干擾、駕駛艙協調如何寫進標準作業程序，以及不對稱推力這類高負荷課目是否真的練到組員用得上。這種寫法與 Module 9 的層級分析是一致的，都是把「當下那個人」放回系統裡看。

若要在沒有事故時看見 TEM 實際長什麼樣子，教材介紹 LOSA 與 NOSS。LOSA 源於德州大學與 Continental 的合作，並在 1999 年後成為 ICAO 人因與飛安計畫中，發展人為錯誤對策的重要工具，相關說明見 Doc 9803。它的構想接近為航空公司做一次正常作業的健康檢查：受過訓練的觀察員坐在加座，看的是定期航班而非檢查或訓練班次，

蒐集環境條件、作業複雜度與組員表現。為了讓資料可用，LOSA 必須匿名、保密、不作為懲處依據，組員可以拒絕觀察，觀察員本身也要被信任。資料通常由管理層與工會共同倡議，以 TEM 為觀察架構，進獨立或受信任的資料庫，再經驗證後找出改善標的，並把結果回饋給線上組員。少了其中任何一項，尤其是把觀察寫進個人考績，觀察就會變成表演。NOSS 把同樣精神用到航管正常作業，讓單位看見特定席位或時段最常出現的威脅與錯誤、它們如何被管理，以及非期望狀態是否被及時拉回。對組織的價值在於：不必等事件，也能主動調整程序與訓練。

十八、駕駛艙與飛航管理之資源管理訓練 RMT in the Flight Deck and ATM

Module 10.2 處理的問題是：即使每個人都理解錯誤分類與 TEM，若團隊在溝通、監控、領導與決策上無法配合，現場仍可能把已知威脅放過去。CRM、TRM，以及維修端的 MRM、更分散運作環境中的 DRM，都屬於以人因為基礎、針對現場團隊表現的訓練介入。教材同時給了一個重要保留：無論課程設計多完整，團隊表現仍會被組織願景、價值、企業文化與專業文化，以及角色職責是否清楚所決定。訓練改不了班表衝突，也無法單獨修正權責重疊的程序。

CRM 的起點通常追溯到 1977 年特內里費事故之後。在那之前，正式訓練幾乎只承認飛機操控、航行這類技術技能，人與人之間如何把意圖對齊，並不被當成必須教會的能力。早期課程稱為 Cockpit Resource Management，焦點放在機長個人管理風格與溝通、態度、領導，而且多半是自願參加。1980 年代改稱 Crew，開始談團隊建立與壓力管理，但駕駛與客艙仍分開上課。1990 年代以後，兩邊被放進同一訓練場域，CRM 也被要求與技術訓練整合，並逐漸被當成組織安全文化的一部分；課程同時開始依各公司特性調整。1990 年代末，後續世代的課程明白寫出人在壓力下會失敗，錯誤不能總是被預防，於是訓練重心轉到錯誤管理。2000 年代以後，視野再放大，航管、簽派、工程等被納入同一系統來談資源管理。這段歷史要說明的是，CRM 並不是一套固定科目，而是隨著產業承認「誰算是團隊」而不斷外擴的實務。

值得注意的是，人的表現訓練與 TEM 訓練已進入證照與國際商用運作相關要求；相對地，CRM/TRM 本身並非 ICAO 標準，也不自動等於證照科目。它之所以仍然重要，是因為這套想法已被醫療、海事、核能與太空等其他高風險領域採用，成為把非技術技能講成可觀察行為的共同框架。典型內容包括團隊建立、溝通、監控與交叉檢查、領導與跟隨、壓力管理、決策及與自動化共處。至於要不要正式評核，教材保留了長期存在的爭論：評核有助確認課程有無效果、內容要不要改；但組員也可能把評核理解成心理鑑定，甚至出現訓練效果往相反方向走的情形。這提醒推動單位，評核設計必須先取得現場信任，否則分數會比行為更先出現。

TRM 是 CRM 進入航管服務提供者之後的對應做法。其目標並不是把管制員訓練成飛行員，而是減少航管系統中與團隊有關的錯誤，並讓人員、裝備與資訊被用在真正需要的地方，從而同時照顧安全與效率。課程內容環繞團隊與角色、領導、錯誤管理、溝通、情境覺察、決策、壓力，以及新自動化帶來的配合問題。能力項則寫成領導、任務管理、團隊合作、溝通、風險管理、情境覺察、決策、緊急處置與自我管理。若組織條

件允許，這類訓練的效益不會只出現在事件數，也會出現在任務是否較少被內部摩擦消耗、交接是否較穩定，以及人員是否感覺自己屬於一個更大且有效的作業體系。

肆、心得與建議

本次有機會至台北參加為期五天的人為因素（Human Factors, HF）課程，透過理論講授、實際案例分析、小組討論及講師經驗分享，對人為因素在航空作業及安全管理中的應用，有了更完整且深入的認識。過去在機場空側服務多年，對瑞士乳酪模型（Swiss Cheese Model）及 SHELL Model 等概念並不陌生，但多半著重於理論認識或事件分析，較少進一步思考如何將這些工具系統性地運用於日常工作。經過此次課程後，對於如何從人員、程序、設備、環境及組織等不同面向檢視安全風險，也有了新的理解。

課程中透過多項實際案例說明，事故或事件的發生往往並非單一因素所造成，而可能同時受到個人狀態、工作負荷、設備設計、作業程序、環境條件、團隊互動及組織管理等多重因素影響。瑞士乳酪模型可協助理解組織內不同安全防線如何產生缺口，以及這些缺口在特定情況下相互連結後，可能逐步形成事故；SHELL Model 則能從人員與軟體、硬體、環境及其他人員之間的介面，辨識其中可能存在的不匹配與風險。透過這些分析方式，能夠將事件調查的焦點從單一人員的錯誤，進一步延伸至其背後的作業條件與系統因素。

以機場空側管理工作而言，日常作業涉及大量標準作業程序，各空側作業單位所使用的 SOP、手冊及相關規範更為繁雜。然而，即使已有相當完整的程序與管制作法，實際作業中仍可能發生違規、異常或事故，其中一項重要原因便是人為因素。現行機場空側作業仍有相當高的比例仰賴人員執行，只要涉及人員操作，就可能受到疲勞、壓力、注意力、工作負荷、溝通、情境察覺及決策等因素影響。因此，安全管理不能僅仰賴程序本身，更必須思考程序是否符合實際作業需求，是否容易理解與執行，以及組織是否提供良好的溝通、監督與支援機制。

本次課程對 SOP 與檢查表（Checklist）的設計理念亦有相當深入的說明。過去在工作上較容易將程序視為遵循規範的一部分，但透過課程可以進一步理解，程序設計本身就是人為因素管理的重要環節。若程序內容過於複雜、文字不夠清楚、與實際工作情境產生落差，或未充分考量使用者的工作負荷及資訊需求，都可能增加錯誤發生的機會。因此，未來在制定、檢視或修訂相關程序與手冊時，除了考量法規與作業要求之外，也應從實際使用者的角度重新檢視內容是否清楚、合理且易於執行。

透過案例分析與小組討論，也更加體會到作業失誤未必單純代表人員能力不足，而可能與工作負荷、時間壓力、疲勞、資訊傳遞、程序設計及組織管理等因素相互影響。因此，在日常工作中，除應確實遵循既定程序，也應持續留意疲勞、壓力及注意力狀態，並透過有效溝通、交叉確認及團隊合作，降低錯誤發生的可能性。從管理角度而言，事件發生後亦不應只停留在追查第一線人員的錯誤，而應進一步檢視工作環境、程序設計及組織制度是否存在可改善之處。

此外，本次課程也提供了相當難得的交流機會。五天課程期間，與來自不同單位及不同背景的學員共同學習，透過課堂討論、案例分析及課餘交流，分享彼此在工作中面對的實務問題與經驗，不僅增加了對不同工作領域的理解，也能從不同角度思考航空安全與人為因素議題，使課程學習不僅限於教材本身，更延伸至各單位實際作業經驗的交流。

經由此次課程，對人為因素的認識已不再僅限於事故或事件發生後的分析工具，而是進一步延伸至日常作業、程序設計、團隊合作及組織管理等層面。未來在工作中，可運用 SHELL Model、瑞士乳酪模型及其他人為因素概念，主動辨識可能影響作業安全的風險因素，並在程序制定、事件分析及日常管理時，以更全面且系統化的方式思考問題。同時持續強化自我覺察、溝通協調及風險辨識能力，將人為因素的觀念真正落實於實際工作環境之中，以提升作業品質與整體安全。

最後，感謝飛安基金會提供此次訓練與交流的機會，使學員能透過完整的課程內容與實務案例，重新檢視人員、程序、設備、環境與組織之間的關係。這一週的學習除了增進對人為因素理論的理解，也提供了另一個角度重新思考日常工作與安全管理，對未來實務工作的推動具有相當大的助益。



圖表 8 講師與學員合照

伍、 附錄



Certificate of Completion



This is to certify that

Tsu-yun Lin

born on Nov 23, has successfully Passed with Distinction the IATA Classroom course

Human Factors in Aviation

Course duration: Aug 17, 2026 to Aug 21, 2026

Location: Taipei City, Chinese Taipei

Course Instructor: Rasul Razak



Willie Walsh
Director General, IATA



Certificate of Completion



This is to certify that

Yu-chia Wang

born on Jun 7, has successfully Passed with Distinction the IATA Classroom course

Human Factors in Aviation

Course duration: Aug 17, 2026 to Aug 21, 2026

Location: Taipei City, Chinese Taipei

Course Instructor: Rasul Razak



Willie Walsh
Director General, IATA





Certificate of Completion



This is to certify that

Yuan Chan

born on Oct 8, has successfully Passed with Distinction the IATA Classroom course

Human Factors in Aviation

Course duration: Aug 17, 2026 to Aug 21, 2026

Location: Taipei City, Chinese Taipei

Course Instructor: Rasul Razak

Willie Walsh
Director General, IATA



Certificate of Completion



This is to certify that

Shang Ting Hung

born on Aug 28, has successfully Passed with Distinction the IATA Classroom course

Human Factors in Aviation

Course duration: Aug 17, 2026 to Aug 21, 2026

Location: Taipei City, Chinese Taipei

Course Instructor: Rasul Razak

Willie Walsh
Director General, IATA





Certificate of Completion



This is to certify that

CHUAN-TING LIU

born on Oct 10, has successfully Passed with Distinction the IATA Classroom course:

Human Factors in Aviation

Course duration: Aug 17, 2026 to Aug 21, 2026

Location: Taipei City, Chinese Taipei

Course Instructor: Rasul Razak

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Willie Walsh', is positioned above a horizontal line.

Willie Walsh
Director General, IATA

