

出國報告（出國類別：進修）

「飛機失事調查訓練」及 「航空人為因素訓練」

服 務 機 關： 國家運輸安全調查委員會

姓 名 職 稱： 翟耀文 副調查官

派赴國家地區： 美國，加州洛杉磯

出 國 期 間： 112 年 10 月 01 日至 22 日

報 告 日 期： 113 年 01 月 05 日

目錄

摘要.....	i
一、目的.....	1
二、過程.....	1
2.1 授課講座.....	2
2.2 課程安排.....	4
三、訓練課程重點摘要與心得.....	7
3.1 調查法規與調查技術.....	7
3.2 藥物.....	11
3.3 飛機系統與直升機系統.....	15
3.4 調查方法與報告寫作.....	17
3.5 飛航記錄器.....	22
3.6 航空人為因素.....	24
四、建議.....	35

摘要

自美國萊特兄弟於 1903 年 12 月 17 日駕駛自行研製的[飛行者一號](#)成功的在人類歷史上首次完成受控的動力飛行後，後續的改良機型在 1908 年 9 月 17 日於麥爾堡為美國陸軍做示範飛行時因螺旋槳分解而墜毀，搭載的乘員陸軍中尉[湯瑪斯·塞爾弗雷奇](#)不幸遇難，至此開啟了航空事故調查的序幕；航空事故調查的技術與知識隨著航空科技的演進及人為因素的探討，已成為促進航空安全及防範未然至為重要的一環。



圖 1 奧維爾·萊特在麥爾堡的失事現場

SCSI 的飛機事故調查課程聘請相關領域資深的調查專家提供全面、有效率的飛機事故調查方法，課程材料涵蓋民用和軍用航空的調查程序、要求和方法。課程首先概述調查員的質素及所需具備的基礎知識，然後對調查事件進行準備、回應、分析和事故預防。課程中向學員們講解最新的調查技術，這些技術由來自民用和軍用航空組織經驗豐富的飛機事故調查員。講師將他們從現場學到的技術、經驗帶到課堂上。在講授調查理

論基礎後，進行案例研究和實際應用練習，將事故調查的真實場景及調查過程盡可能帶到課程中讓大家理解。

課程內容包含國際調查程序（ICAO）、調查準備、墜機現場的安全、血媒性病原體、調查準備事項和初步行動、往復式引擎、渦輪發動機、油類和燃料分析、結構及材料、材料實驗室參觀、火災分析、飛機系統、儀器、錄音設備、飛行數據分析、軍事方面和案例研究、殘骸打撈重建、水下打撈、攝影及現場繪圖、訪談技巧、飛機性能因素、事故電腦模擬、人為因素(HFACS 7.0 vs 8.0)、航空維修、生理及病理學、分析技術、法律常識、報告撰寫技巧、調查管理。本出國報告包含兩大部分：航空器失事調查及失事調查中之人為因素，前者將針對課程中調查的基本架構、國際法規、調查技巧等簡扼說明；後者則針對人為因素的分類及影響進行說明，另對 2023 新發展的 HFACS 8.0 更新的項目進行介紹。

一、目的

受訓者於 2023 年加入 TTSB 航空調查行列，於基礎訓練階段奉派至美國加州洛杉磯南加州安全學會 SCSI (SOUTHERN CALIFORNIA SAFETY INSTITUTE)接受兩周 AAI 及一周 HFAI 訓練，根據本會調查員訓練計劃，此兩項課程為完成國內基礎訓練後必須實施的國外訓練。

國外施訓的目的除強化調查員基礎知識及調查方法外，同時藉由面對國外專家及各國運輸調查單位人員進行交流及資訊共享，航空事故調查常因航空器製造、國際間飛航、旅客國籍等，通常牽涉數個國家，國外施訓的目的及所獲得之效益，在調查員之養成及上述跨國調查實務中將有莫大助益。

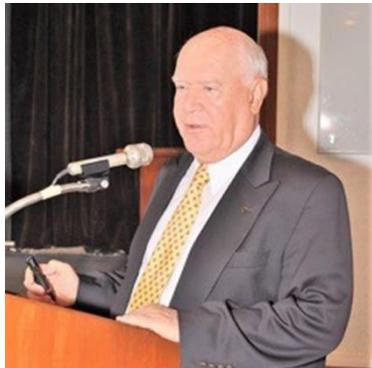
二、過程

由於 SCSI 為一教育機構，機構本身並無固定授課地點，此次授課租用雷東多海灘酒店之會議室施訓，課程所需之飛機殘骸展示場則位於酒店後方停車場區域。本次 AAI 訓練課程於美西時間 10 月 2 日至 13 日共 9.5 日，上午授課 3 堂下午 4 堂。AAI 課程由 3 位教師及兩位助教擔任，參訓學員 21 人，分別來自加拿大運輸安全調查局(TSB) 5 員、加拿大國防軍(Canadian Armed Force) 3 員、剛果民航局(ANAC) 3 員、美國海軍 (US NAVY)3 員、美國加州公路騎警(CHP) 2 員(直升機駕駛)、臺灣運安會(TTSB)1 員、以色列航空安全調查局(AIAI)1 員、澳洲運輸安全局(ATSB)1 員、巴布亞紐幾內亞航空局(CASA-PNG)1 員(直升機駕駛)、巴西空軍 1 員(直升機駕駛)

HFAI 訓練課程於美西時間 10 月 16 日至 20 日中午計 4.5 日，上午授課 3 堂，下午 4 堂。HFAI 課程由 1 位教師及兩位助教擔任，參訓學員 5 人，分別來自加拿大國防軍 (Canadian Armed Force) 3 員、臺灣運安會(TTSB)1 員、菲律賓私人直升機公司駕駛 1 員。以下分別就授課講座及課程安排作一概述：

2.1 授課講座

本次授課之講座 AAI 課程分別由三位教師施訓，個人簡歷介紹如下：



Caj Erik Frostell，加拿大多倫多大學航空航天研究所應用科學碩士；芬蘭赫爾辛基技術大學航空工程學位，並在芬蘭空軍接受基礎飛行訓練。Caj 曾擔任芬蘭航空委員會事故調查主管，他擔任該職位 13 年，參與了 300 多起事故調查。之後在蒙特婁國際民航組織 ICAO 擔任調查成員 16 年，目前擔任(ICAO)飛航事故首席調查員。在國際民航組織的職業生涯中，Caj 曾擔任過許多特殊任務。最近一次是在 1997 年與大韓民國的技術合作，調查 1997 年 8 月 6 日在關島發生的大韓航空波音 747 事故。

1996 年，Caj 被派往沙烏地阿拉伯，參與調查 11 月 12 日印度新德里附近沙烏地阿拉伯航空(Boeing 747)與哈薩克航空(IL-76)的空中相撞事件。同年，Caj 擔任國際民航組織小組組長，負責 1996 年 2 月 24 日古巴軍用飛機擊落兩架民用飛機的事件調查與報告撰寫。Caj 過去也曾擔任 ICAO 國際民航組織代表參與 1983 年 8 月 31 日大韓航空 007 號航班波音 747 遭蘇聯戰鬥機擊毀事件的調查（1992 年 12 月至 1993 年 6 月）。



Jonathan (Jon) Lee 自 2011 年以來一直擔任 SCSI 的航空事故調查員講師。他的主要工作是在加拿大政府 TSB 擔任航空安全調查員以及位於亞伯達省艾德蒙吞的加拿大西部辦事處的區域經理。他自 1999 年以來一直擔任飛機事故調查員，並自 2004 年起擔任埃德蒙頓辦事處的經理。他擔任主任調查員(IIC) 或 2IC 參與了 50 多項事故調查。Jon 有幸代表加拿大政府參與涉及加拿大航空航太產品的外國調查，並與 NTSB（美國）、TTSB（台灣）、ARAIB（韓國）、TSIB（新加坡）、AAIB（蒙古）、BFU（瑞士）和 AAIB（芬蘭）合作多起調查案。



Andrew Breuder 博士，擁有波士頓大學航空太空工程學士學位、空軍理工學院航太工程碩士學位、波士頓大學醫學博士學位和哈佛大學公共衛生學院公共衛生碩士學位。曾任美國空軍首席飛行軍醫，擁有超過 1155 小時的軍事飛行時間，駕駛過 20 多種類型的美國空軍和英國皇家空軍飛機，其中包括 350 小時的 B-52G 飛行時間。儘管不是正式飛行員，但在航空航天醫學住院醫師計劃(RAM) 的最後一年在德州倫道夫空軍基地接受噴射教練機 T-37 駕駛訓練。他獲得了航空太空醫學和醫療管理委員會認證，也具有聯邦工作場所藥物測試計畫醫師執行官(CPE)和醫學審查官 (MRO)認證。此前，他已被 FAA 指定為航空體檢師(AME)長達 20 年。在過去的七年裡，他一直擔任新罕布什爾州納舒厄丹尼爾韋伯斯特學院和新罕布什爾州南部工程、技術和航空學院的兼職講師，教授“空中交通管制基礎知識”和“空中交通管制中的人為因素”課程及航空/航太生理學。布勞德博士同時也是美國預防醫學委員會和航空太空醫學協會的會員。

本次 HFAI 航空人因教師，個人簡歷介紹如下：



Matt Robinson 在航空安全方面擁有數十年的知識和經驗。在海軍安全中心服役期間被正式指定為首席飛機事故調查員。他領導了多項調查，涉及超音速飛機、傾轉旋翼機和直升機，以及與維修和地面支援設備有關的航空地面事故。之後 **Matt** 被指派到佛羅里達州彭薩科拉的海軍航空安全學院任教。為期五週的安全學校的參與者包括外國安全官員、指揮官和海軍藍天使飛行表演隊的成員。

Matt 的航空生涯始於高中，當時他和其他七名同學建造了一架實際的實驗飛機轟動一時。KITPLANES 雜誌追蹤並記錄了他們的建造過程。之後於佛羅里達州 Embry-Riddle 獲得了航空系統安全碩士學位及取得 PPL 飛行員資格。**Matt** 加入海軍陸戰隊後取得海軍飛行員胸章，並成為 CH-46E 直升機飛行員。在海軍陸戰隊的職業生涯中，馬特曾擔任直升機隊指揮官、航空安全官。他也是飛行教官、飛行員考核官、夜間系統（夜視鏡）飛行教官和機組資源管理（CRM）教官。

目前，Matt 仍參與世界各地特殊案件的事務調查或擔任觀察員，並經常被傳喚為專家證人。SCSI 在全球的主要客戶（例如挪威軍隊、GCAA、美國海軍陸戰隊和美國海軍以及全球多個調查機構等）也指定 Matt 擔任專題授課講師。Matt 擁有商業運輸飛行員執照，包含旋翼機及和多引擎。他是國際航空安全調查員協會 (ISASI) 的正式會員以及人為因素分析和分類專家 (CHP)。他代表 FAA 的 FFAST 團隊進行演講，並經常撰寫有關調查和航空決策(ADM)的文章。

2.2 課程安排

訓練期間之課程配當表詳如表 2.1 所列。

表 2.1 2021 SCSI AAI/ HFAI 訓練課程配當表

日期 / 時間 (太平洋標準時間)	講題
Day 1/ OCT 2 0900-1000 1000-1100 1100-1200 1300-1400 1400-1500 1500-1600 1600-1700	AAI 開訓式、講座介紹、課程說明、學員自我介紹 課前測驗 國際民航組織 Annex13 簡介 事故調查計畫 事故現場調查 調查進度管理 事故現場安全
Day 2/ OCT 3 0900-1000 1000-1200 1300-1400 1400-1500 1500-1700	媒體及公共關係 事故調查技術 飛航操作調查 航管及機場調查 案例研討
Day 3/ OCT 4 0900-1000 1000-1200 1300-1400 1400-1600 1600-1700	水下殘骸搜尋與打撈技術 殘骸及零組件測試及研究 罹難者及親屬協助 COPA201 空難研討 分組討論

日期 / 時間 (太平洋標準時間)	講題
Day 4/ OCT 5 0900-1000 1000-1100 1100-1200 1300-1700	血媒性病原危害 人為因素分析及分類系統 HFACS 人為因素分析及分類系統 HFACS 航空醫學
Day 5/ OCT 6 0900-1000 1000-1100 1100-1200	事故通報與嚴重等級分類 人員訪談 分組訪談練習
Day 6/ OCT 9 0900-1100 1100-1200 1300-1700	機務維修調查 Air Georgian B1900D 案例研討 飛機系統簡介
Day 7/ OCT 10 0900-1000 1000-1200 1300-1400 1400-1500 1500-1600 1600-1700	攝影技巧 事故現場攝影練習 客艙環境及設備調查 加航 777 事故案例研討 組織因素與安全管理系統 SMS 案例研討
Day 8/ OCT 11 0900-1100 1100-1200 1300-1500 1500-1600 1600-1700	飛航紀錄器介紹 材料分析實驗室參觀 材料分析實驗室參觀 紀錄器搜尋案例研討 事故調查之無人機應用
Day 9/ OCT 12 0900-1200 1300-1400 1400-1500 1500-1600 1600-1700	事故現場資料蒐集 殘骸實驗場實作 殘骸實驗場實作 調查方法與技巧 事故方法與技巧

日期 / 時間 (太平洋標準時間)	講題
Day 10/ OCT 13 0900-1000 1000-1100 1100-1200	調查報告架構與寫作 調查報告架構與寫作 AAI 結業及頒發證書
Day 11/ OCT 16 0900-1000 1000-1100 1100-1200 1300-1500 1500-1700	HFAI 開訓式、講座介紹、課程說明、學員自我介紹 課前測驗 航空人為因素歷史及科學 美軍 C5 運輸機事故研討 航空器設計與顯示
Day 12/ OCT 17 0900-1100 1100-1200 1300-1400 1400-1500 1500-1700	航空自動化 人為失誤 人為失誤 案例探討 空間迷向
Day 13/ OCT 18 0900-1200 1300-1500 1500-1700	HFACS 生還因素 人員訪談
Day 14/ OCT 19 0900-1100 1100-1200 1300-1400 1400-1500 1500-1600	疲勞 壓力 壓力 事故案例研討 小組討論
Day 15/ OCT 20 0900-1000 1000-1100 1100-1200	組織文化 結訓測驗 HFAI 結業及頒發證書

三、訓練課程重點摘要與心得

南加州安全學會 SCSi (SOUTHERN CALIFORNIA SAFETY INSTITUTE) 成立已逾 30 年，該機構並無固定授課地點，本梯次 AAI 及 HFAI 假南加州雷東多海灘酒店會議室進行授課，該機構亦長年租用該酒店停車場部分空間作為殘骸實驗室(Crash Lab.)。



圖 2 上課實況

課程中每位學員的名牌均標示所屬國家國旗及所屬單位，上課時不時實施分組討論及作業，十分生動活潑，教學材料，包括講義、投影片、探討案例、影片等等資料，於訓練完成後均存放於 USB 隨身碟中交予每位參訓的學員攜回，課堂中亦無限量提供各式點心、飲料，實為 SCSi 十分貼心的服務。以下將對訓練過程中各項課程主題之重點內容摘要與心得彙整如下：

3.1 調查法規與調查技術

根據 AVIATION SAFETY NETWORK 的統計，目前各國因應航空事故成立調查機關的國家約 98 國，各國根據該國法律制定的調查法規原則上均依循國際民航組織 ICAO 國際民用航空公約，附約 13 航空器事故與事故徵候調查的基本架構；目前該附約最新版期為 2020 年 7 月發布之第 12 版，附約共分 8 個章節、2 項附錄及 6 項附篇。該附約各篇章重點如下：

- 定義航空器事故調查所牽涉之人、事及調查中使用之名詞。
- 說明附約 13 在 ICAO 會員國及非會員國之適用範圍。
- 強調事故調查之獨立性，事故所在國之責任及事故發生時保存殘骸、紀錄器及配合相關國家(製造或登記)進行調查之義務。
- 本章節說明事故時的通報義務，通報的內容、語言、格式；收到通知的各種角色之國家或機構所應提供之協助；
- 本章為較大篇幅之專章，主要說明事故調查工作之進行，權利與義務，主導權先後順序，執行調查國家所應執行的工作項目及需完成的事項。
- 本章節律定事故最終調查報告發布前之行政程序，使參與或相關之國家及機關能對報告內容充分表達意見；以及最終報告發布後安全建議地處理程序。
- 本章為針對不同重量等級之航空器事故報告差異及處理程序。
- 最後一章為針對事故預防及安全資料庫建立的說明。

該附約在主章節後尚有 2 項附錄及 6 項附篇，對以上 8 個章節的細項、格式、附表及參考應用進行說明。我國因國際政治因素及阻撓未能加入國際民航組織，但身為國際社會的一員，且國內有 4 家飛航國際線航空公司，客貨機航線達 199 條遍布全球 5 大洲，因此在航空器事故調查仍遵循 ICAO Annex 13 之規章及架構，國內”民用航空器及公務航空器重大飛航事故調查作業處理規則”內容也多參照 ICAO Annex 13，相輔相成，以期在航空事故調查流程與國際一致。

上課期間教師亦提及烏俄戰爭期間私人專機 Embraer Legacy 600 在莫斯科北部墜毀，機上 10 人全數罹難，其中包括瓦格納集團首腦普里格津，俄羅斯身為 ICAO 36 席理事會成員，卻拒絕依照 Annex 13 進行空難調查，且拒絕航空器製造國巴西的參與；加上戰爭期間竟沒收國外租用之航空器，因此在 2022 年的大會中投票通過將俄羅斯逐出理事會，這是極少數身為會員國卻拒絕遵守附約的案例。

當事故發生後，調查工作於焉展開，以下將以時間軸的方式探討整個調查行動的順序及應用的技術：

1. 通報：可分為兩大部分，外來的通報代表事故發生時，目擊者或航管或機場或救援單位對調查機關的通報，這必須先期的建置以及定時的演練，事故發生時才能即時不紊亂的將資訊集中到調查單位；對外則是調查單位接到通報後需根據事故的屬性及其嚴重性及 Annex 13 的要求通知各單位，並將資訊轉告採取行動後可能需要支援的單位，例如氣象、飛機維修組織、救援單位或媒體。
2. 組織：當事故發生後即需動員調查人力，此時需考慮事故的規模、事故地點、當地氣候、傷亡人數等資訊組織專業人力及分組；此階段有賴於平時的模擬籌畫及任務編組。事故發生時亦需立即派出先遣小組前往蒐集資料及證據保存，調查人員裝備可分為兩大類：個人裝備與調查員裝備，個人裝備又可分為可預先打包(Pre-Packed)及未預先打包(Not Pre-Packed)，調查員裝備則不屬個人，但亦需預先打包好；以上兩類裝備建議清單如下圖所示：



Investigator's Personal "Go Kit)

Not pre-Packed	Pre-Packed
<ul style="list-style-type: none"> • Passport & Extra Photos • Tickets, & Travel Authorization • Immunization Record • Credit Cards, Money • Business Cards • Medical Kit • Coveralls & Boots • Appropriate Clothes • Insect Repellent • Telephone Lists • Camera, Cards • Lap-top Computer • Tape Recorder, Cassettes • Cellular Phone 	<ul style="list-style-type: none"> • Hat, Gloves • Spare Glasses & Sunglasses • Spare Batteries – <u>All</u> Equipment • Knife, Binoculars • Tissues • Matches • Can Opener • Flashlight • Tape Cassettes • Padlock • Mirror • Surgical mask • Water Container • Calculator

圖 3 個人先遣裝備建議清單

Investigator's Pre-Packed "Go Kit)

<ul style="list-style-type: none"> • Tape Measure (12' & 100') • Magnifying Glass • Rulers • Compass • First Aid Kit • Whistle • Tools (Appropriate) • String • Small Magnet • Chalk & Eraser • Water Container & Cup • Cellophane Tape • Duct Tape 	<ul style="list-style-type: none"> • Notebook / Scratch Pad • Engineering Pad • Pencils & Pens • Felt Tip pens • Rubber Bands • Stapler • Tags & Labels • Surgical Gloves/ Masks • Exposure Suit (1) • Towelettes • Plotter • Knapsack • Paper clips • Zip-Lock & Static-Safe Plastic Bags
--	--

圖 4 調查員先遣裝備建議清單

3. 調查：此階段依事故的大小及嚴重程度直接影響了動員的人力及調查的科技應用。如以地點區分，海上空難涉及紀錄器打撈、殘骸打撈、罹難者打撈、水下建模；陸地空難涉及現場測繪、現場重建、殘骸處理、血媒管制等。在此階段調查人員將有適當專業分組各司其職，例如航務、機務、生還因素、家屬協助及心理諮商、資金運用及管理分組。此階段除當下的事故處理外亦將廣泛蒐集事實資料提供事件分析。
4. 分析及預防：此階段將運用大量的科技及分析方法對事件發生的各階段進行分析以找出事件發生的根因及預防措施，隨著科技的發展，愈來愈多的新技術輔佐了調查的效率及準確性。現場測繪方面，光學雷達(Lidar)技術利用脈衝雷射來測量目標的距離等參數及建構 3D 模型；無人機的運用加速對難以到達的場域或水下進行探勘及採樣；材料分析則運用了各式電子顯微鏡、同步輻射材料分析及斷層掃描技術，對可能造成事故的元件進行研判。對個人及組織的分析則利用各種人因工具進行分析；並對此事件產製調查報告及預防措

施或建議。調查的歷程十分龐雜，依據 ICAO 的建議需於 1 年後發布調查報告，但根據各國實務經驗，短則半年長則數年，甚至因無法取得足夠證據無法結案亦有之(如馬航 MH370 事件)下圖為調查歷程關係圖，整理了事故調查中，常規的進程及周邊可能進行的互動：

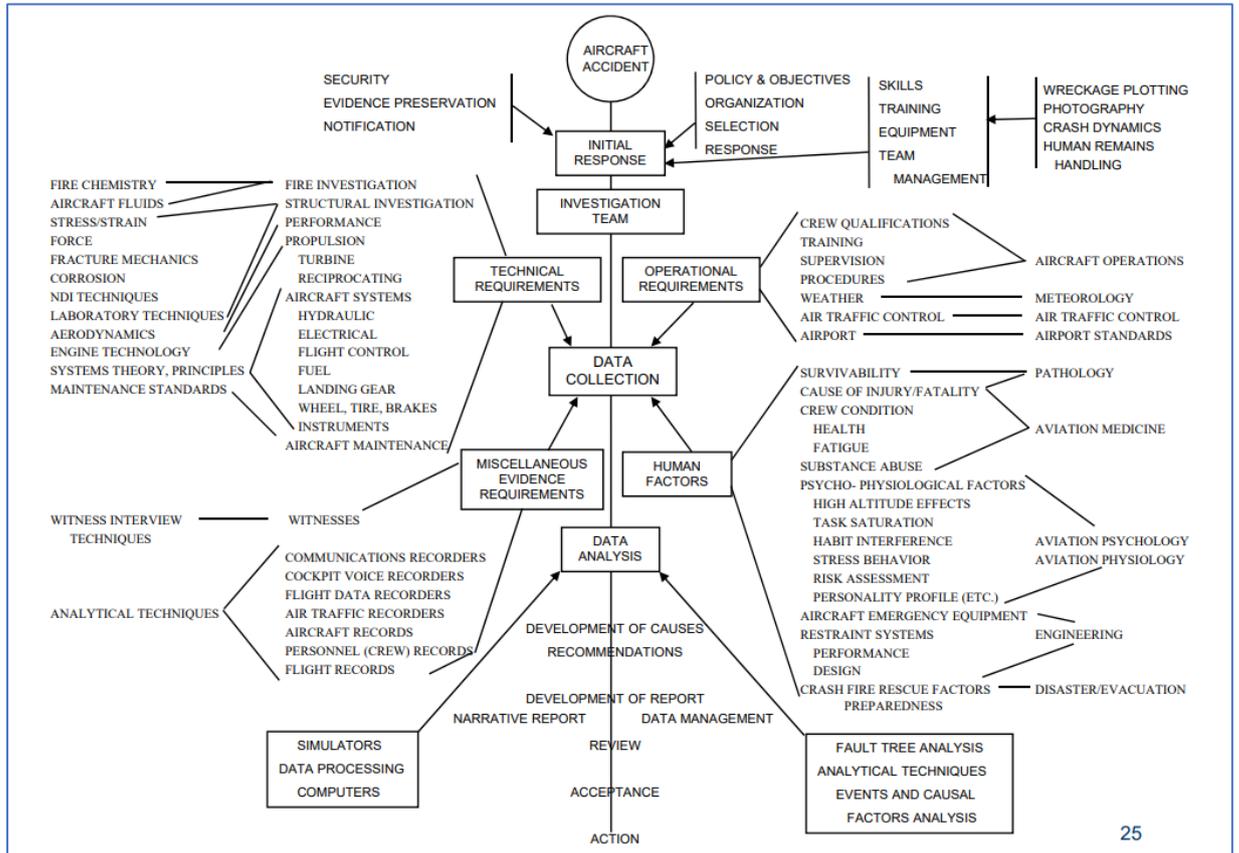


圖 5 調查歷程關係圖

3.2 藥物

人類的為了在天空中飛行而演化的：我們的身體需要大量氧氣，才能夠保持理智思考；耳內的結構，亦無法適應壓力的快速改變。而且人體可以輕易受各種外部和內部因素影響：睡眠、壓力、營養、酒精、藥物等等。為了讓人類能空中持續飛行，除了航空器的設計構造及系統外，人體的健康程度扮演了另一關鍵角色，而人體維持正常運作無可避免受到生理及藥物的影響，課程中以近一日的時間探討各種藥物對生理的作用及影響，以下就合法與非法藥物分述如下：

- 非法藥物：

1. **THC 與 CBD**：THC 即為四氫大麻酚，為國內管制第二級毒品及管制藥品；值得注意的是 CBD 大麻二酚（英語：Cannabidiol，簡稱：CBD）是大麻百多種有效成分中最具醫療價值的一種，有放鬆身心、保護神經、改善皮膚發炎、抗氧化、舒緩皮膚敏感泛紅、為皮膚表層建立保護屏障、改善皮膚自我修復力；對恢復皮膚健康、舒緩皮膚問題的能力，可以治療濕疹等病。國外許多非處方藥物甚至食品具有 CBD 成分，目前在無法排除 CBD 仍存有 THC 成分下，國內雖不屬於毒品及管制藥品，但考量具有多種藥理活性及可能的醫療用途，我國以一般藥品列管，航空從業人員對含 CBD 藥物的使用不可不慎。
2. **Delta-8 and Delta-10 THC**：此兩種藥物均為大麻素，都能提供溫和的鎮靜作用，帶來輕度的欣快、幸福和情緒提升的效果，以及緩解諸如疼痛等症狀，同時對失眠也有好處，但可能不如其他大麻素的精神作用那麼強烈。國外，尤其是歐洲及美國，人們將 Delta 8 THC 和 Delta 10 THC 用作藥物或娛樂用途，以美國為例，對 1 萬 6 千名卡車司機進行藥檢即有 9 千名對此藥物呈陽性反應，可見其使用的廣泛程度。
3. **Cocaine**：古柯鹼於 1855 年從古柯植物葉中提取的一種生物鹼，經與鹼加熱反應去除鹽酸，可製得俗稱快克(Crack)之產物。古柯鹼在 1880 年代被引進美國，並於 1980 年代開始盛行，隨後逐漸蔓延至歐洲、印度等地，古柯鹼屬中樞神經興奮劑，亦具有局部麻醉及血管收縮作用。吸食初期會產生欣快感、精力旺盛、注意力敏銳、思路清晰等主觀感覺，使用劑量增加後則會產生視幻覺、觸幻覺、聽幻覺、感覺扭曲、多疑、猜忌、妄想等精神症狀。可口可樂公司目前仍需每年進口 8 噸古柯葉生產原料配方。
4. **Amphetamines**：安非他命最初在 1887 年由德國科學家合成，1919 年日本合成甲基安非他命。美國於 1932 年製作為噴鼻劑上市，主治鼻塞。1933 年發現它具有中樞神經作用，於 1935 年製成錠劑，主要治療嗜睡症，也被用來治療憂鬱症。第二次大戰時，許多國家使用安非他命，例如英國在大不列顛空戰中讓飛行員保持清醒。戰後，日本開始氾濫使用，美國於 1960 年代開始濫用，1970 年代後因管制而減少，但 1990 年代又開始濫用。

5. **Opiates**：阿片(鴉片)是從一種原產於小亞細亞之一年生草本植物「罌粟」未成熟蒴果經割傷果皮後，滲出之白色汁液乾燥凝固而得，屬天然麻醉抑制劑，醫藥上用作麻醉性鎮痛藥和止瀉藥使用，長期或過量使用，會造成藥物依賴性；作為毒品吸食，對人體產生難以挽回損害甚至導致死亡。吸食鴉片後，可以初致欣快感、無法集中精神、產生夢幻現象，導致高度心理及生理依賴性，長期使用後停止則會發生渴求藥物、不安、流淚、流汗、流鼻水、易怒、發抖、寒顫、打冷顫、厭食、便秘、腹瀉、身體捲曲、抽筋等戒斷症狀；過量使用造成急性中毒，症狀包括昏迷、呼吸抑制、低血壓、瞳孔變小以及性冷感，嚴重的引起呼吸抑止致人死亡。
6. **Phencyclidine (PCP)**：俗稱天使塵(Angel dust)，於 1926 年首次合成，1950 年代開發作為麻醉之用，但隨後發現其會引起幻覺、躁動、胡言亂語、喪失方向感、精神分裂等副作用而逐漸被廢棄，並因其副作用會產生幻覺、欣快感而遭濫用，為歐美常見之濫用藥物；吸食過量會產生意識模糊、失去方向感、知覺異常、躁動、好鬥、暴力傾向、產生幻覺(尤其是視幻及聽幻)、胡言亂語，過量時甚會導致死亡。
- **合法藥物**：由於各國國情及食藥法規不同，課程中僅舉例美國空軍對航空人員合法用藥的種類、用量供學員參考，如圖 6 所示。

航空事故發生時，藥物及毒物檢驗為調查過程中非常重要的一環，藉由藥物及毒物的檢驗釐清航空人員是否受毒藥物影響，以及與事故的關聯。課程中對執行此項作業提出以下建議：

- ◆ 不應在事故現場採集死亡人員的血液或尿液進行檢測，檢測程序應在合格的場所進行屍檢或解剖時會同法醫或檢驗人員執行，並將樣本發送調查單位認可機構進行分析。
- ◆ 如果因某些原因必須在事故現場採集血液或尿液樣本，請勿使用含有酒精的消毒棉片或棉棒清潔身體皮膚，需使用碘類拭子或擦拭巾替代。

- ◆ 對於生還的機組人員，處理完外傷之後一定要盡速進行酒精及藥物測試或採樣，且必須遵循法規所律定的採樣程序；毛髮及指甲樣本不適用於毒藥物檢測。各類毒物於唾液及尿液中可檢出的時間如圖 7 所示：

Oral Medications for Occasional Use for a Maximum of 72 hr Continuous Use	No More than 2 Doses Per Week for Heartburn Symptoms Lasting <48 hr	Topical Medications for Occasional Use (Condition Must not Interfere with Flying or Life Support Equipment)
Acetaminophen (<i>Tylenol</i>) Ibuprofen (<i>Motrin, Advil</i>) Aspirin Naproxen (<i>Naprosyn</i>) Antacids (<i>Mylanta, Maalox, Tums, Rolaids</i>) Bismuth (<i>Pepto-Bismol</i>) Fiber (<i>Metamucil, Fibercon</i>) Simethicon (<i>Gas-X</i>) Docusate (<i>Colace</i>)	Famotidine (<i>Pepcid</i>) Omeprazole (<i>Prilosec</i>) Ranitidine (<i>Zantac</i>)	Hemorrhoid medications (<i>Preparation H, Tucks</i>) Topical antifungals (<i>Tinactin, Lotrimin</i>) 1% hydrocortisone cream (<i>Cortaid</i>) Vaginal anti-fungals (<i>Monistat</i>) Anti-infectives (<i>Polysporin, Neosporin</i>) Analgesics (<i>BenGay, IcyHot, Aspercreme</i>) Benzoyl Peroxide Chlorhexidine (<i>Peridex</i>) Salicylic Acid (warts)

Ref: Official Air Force Approved Aircrew Medications: OTC Medications Aircrew Are Allowed to Take without Flight Surgeon Approval. Effective 31 March 2008. Available at <https://kx.afms.mil/aerospacemedicine> (restricted access).

圖 6 美國空軍航空人員合法用藥種類及用量

Windows of Detection for Specific Drugs		
Category of Drug ¹	Oral Fluid Testing Window of Detection	Urine Testing Window of Detection
Amphetamines	1 – 3 days ²	1 – 9 days ²
Methamphetamines	1 – 4 days ²	2 – 4 days ²
Cocaine	1 – 4 days ^{2,3}	1 – 5 days ^{2,3}
Opioids	1 – 2 days ²	2 – 4 days ²
Marijuana	Up to 24 hours ^{2,4}	3 – 67 days ^{2,5}
Phencyclidine (PCP)	1 – 3 days ⁶	Up to 5 days ⁶

¹ Detection windows in the sources are dependent on amount of drug ingested, situations such as regular heavy use, and cutoff concentrations used.
² Cone EJ, Huestis MA. *Ann N Y Acad Sci.* 2007;1098:51-103, pp. 35-37, 42, 45-51, 54
³ Jufer R, Walsh SL, Cone EJ, et al. *J Anal Toxicol.* 2006;30(7):458-462, 460.
⁴ Newmeyer MN, Desrosiers NA, Lee D, et al. *Drug Test Anal.* 2014;6(10):1002-1010
⁵ Huestis MA, Mitchell JM, Cone EJ. *J Anal Toxicol.* 1996;20(6):441-452
⁶ Cook CE, Brine DS, Jeffcoat AR, et al. *Clinical Pharmacology and Therapeutics.* 1982; 31(5)625-634. While the authors did not report oral fluid concentrations, they did report correlation between plasma levels and oral fluid levels. As PCP was detectable in plasma for 72 hours (last time point), it is reasonable to assume PCP can also be detected in oral fluid that long.

圖 7 各類毒物於唾液及尿液中可檢出的時間

3.3 飛機系統與直升機系統

執行事故調查並非每位調查人員均為維修人員或對該機型系統及構造有充分了解，課程中針對定翼及旋翼機，螺旋槳及噴射動力進行一般性的講解，輔以實際事故案例以及事故現場對各系統的觀察及蒐證技巧及重點，以期增加參與學員於事故調查中分辨航機系統及殘骸部件基礎能力。

- 飛機系統課程中以不分機型、種類的方式對航空器主要系統及事故徵候進行說明，事故調查中需要注意及蒐集資料的有下列系統：
- 飛行控制系統(Flight control)航空器飛行控制是指由駕駛艙至各操縱面間的連結，以鋼繩、滑輪、連桿等進行操縱面控制或使用通訊語言命令伺服器以液壓或電力驅動。事故現場應觀察系統完整性、疲勞跡象、破損特徵、缺失零件等，課程中以實物舉例操縱鋼繩應力拉斷與疲勞拉斷的徵候。

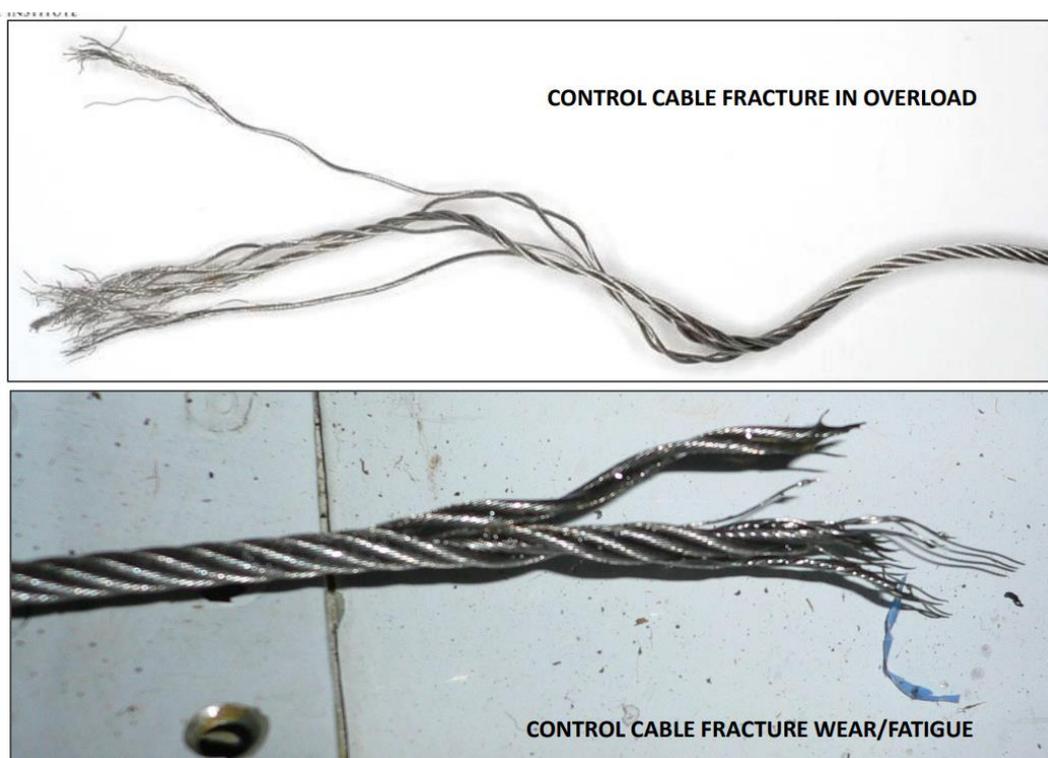


圖 8 鋼繩應力拉斷與疲勞拉斷的徵候

- 起落架系統(Landing gear)為航空器起飛與落地時承載重量的結構，事故時應注意完整性、缺失零附件、輪胎與煞車狀況、輪艙內部狀況、道面胎痕等徵候。

課程中舉例 2000 年 7 月 25 日，法航 4590 起飛滾行時因輪胎碾過先前起飛的美國大陸航空 DC10 引擎掉落零件，輪胎爆破後碎片擊破機腹油箱造成機翼及引擎起火因而墜毀。



圖 9 法航 4590 協和客機事故

- 液壓系統(Hydraulic system)提供飛行控制、起落架收放動力來源；自液壓油箱、加壓模組、液壓泵、控制模組、回油系統，觀察的重點如液壓油種類、致動器狀況、油濾、泵體狀況等。
- 動力及燃油系統(Power plan & Fuel system)包含自油箱、燃油泵到主引擎產生動力；觀察的重點有燃油種類、含水、微生物、管路、油濾、燃油控制、引擎內部損壞特徵。
- 氣動系統(Pneumatic system)為引擎引出氣體，提供氣動元件動力及空調系統(Air condition pack)供應空調及控制艙壓；應注意有供氣管路、閥體、調壓及洩壓裝置、由於引擎引出為高溫氣體另須注意超溫跡象。

- 儀表及動靜壓系統(Instrument & Pitot/Static system)此系統提供航空器姿態、航向、空速、高度及其他航行所需資訊；從探測器、管路與儀表間，電源供應、控制線路、儀表內機械均為觀察重點，課程中舉例 1992 年巴拿馬航空 201 班機因姿態儀線路問題致不正常指示，機組未能採取適當措施及空間迷向致飛機高速墜落。
- 電器系統(Electrical system)為供給全機電力來源及分布系統，包含電瓶、發電機、匯流排、斷電器、變壓器等；系統中之電路板、接點、饋線、保險絲、燒熔或過熱現象均為觀察重點。
- 直升機系統課程中除與飛機相同功能的系統外，就直升機特有的系統以不分機型、種類的方式進行說明，事故調查中需要注意及蒐集資料的有下列：
 1. 主旋翼系統(Main rotor system) 主旋翼是直升機上產生升力的主要旋轉組件，同時也可為直升機提供推進及飛行操縱，動力來自 1 或 2 具活塞或渦輪軸引擎經由齒輪箱驅動，調查時應注意旋翼片、槳轂、安裝銷、扭力臂、控制連桿、傳動機構等。
 2. 尾旋翼系統(Tail rotor system) 尾旋翼作用為抵銷主旋翼的扭力，改變尾旋翼片角度來平衡反扭矩及對直升機進行航向操縱；應注意其傳動管軸扭曲情形、控制連桿、旋翼片、齒輪箱。

3.4 調查方法與報告寫作

根據國際民航組織附約 13 對調查一詞的定義為”為預防事故而進行的過程，包括蒐集和資訊分析、得出的結論包括了確定原因以及安全建議。課程中對於調查方法的進程以 8 個步驟(圖 10)來呈現，較趨近於理論上、廣義的方式探討調查方法，以下就 8 個步驟說明如下：

- 事件評估 Occurrence Assessment：當事故發生後，首先對人(操作人或乘客人數，傷亡情形)、事(發生何類事故?墜毀?起火?衝出跑道?)、時(日間或夜晚)、地(陸地或海上，國內或國外?)、物(何類航空器?撞擊地面設施?機載物品)要盡可能初步瞭解後，立即選派及組織具有所需技能和專業知識的調查小組。團隊

的規模、需要的預算及其團隊成員所需邀請的專家取決於所調查事件的性質和嚴重程度。調查小組尚需要其他專家的協助，例如心理師、醫師、地方團體、飛機或引擎零附件製造商。

- **資料蒐集 Data Collection Process**：當調查團隊成立後，依照事故的種類及規模會有不同的專業小組及人數，此階段有大量的資訊需要蒐集及處理，包含了事故目擊者的描述及訪談(圖 12)、航空器儀表及記錄器解析、天氣、實驗室材料測試、殘骸分類及整理(圖 11)、飛行模擬或現場重建、操作者及相關人員生理狀態、專業能力及訓練、所作之決策、文件及記錄、公司組織及管理。當這龐大資料經過收集及統整後方能由調查員進行分析。
- **事故發生順序 Occurrence Sequence of Events**：當蒐集了足夠資料進行分析後便可對事故發生進行時間軸排序，以確定導致事故發生的確切順序及其因果關係和影響因素。此階段亦為模擬或重建整起事故從醞釀到發生的整個過程，所統整出的產出應該是與收集的紀錄和資訊一致，並且統一了事件發生前後參與這些事件的各個人員的觀點。
- **整合調查過程 Integrated Investigation Process**：此階段在評估風險並提供技術和操作因素與事故關聯解釋；分析事故前後的每一個事件，探究該事件為何發生不安全的狀況來提出事件發生原因的論證，並能夠得出結論及消除或減輕風險的安全措施。結論的類型包含了導致事件發生的主要（直接）原因和促成因素、具有潛在風險但未在此事件中導致任何事故，以及在分析過程中所發現任何具有差異但可能不具風險的因子。
- **防禦分析 Defence Analysis**：利用各種既有的分析方法，例如 Reason's Swiss cheese model 或 HAFCS model 等方法就個人到監管到組織間的各種可能造成事故的可能原因，及防堵這些原因的防禦機制有那些?貫穿這些防禦機制的原因為何?防禦機制是否不適當或未產生作用?或是缺乏某些防禦機制?
- **風險評估 Risk Assessment Process**： $Risk = Probability \times Consequences$ ，利用安全風險分析矩陣評估風險等級(圖 13)，根據事故發生的機率(Probability)乘於事故嚴重程度來評估出該事故風險等級，俾利採取相應措施以減緩風險。

8 Step Process

- Occurrence Assessment
- Data Collection
- Occurrence Sequence of Events
- Integrated Investigation Process
- Defence Analysis
- Risk Assessment Process
- Risk Control Option Analysis
- Safety Communication Process



圖 10 調查方法進程



圖 11 殘骸實驗場蒐集事故資料



圖 12 訪談實務演練

		Probability of Adverse Consequences Over Time				
		Frequent	Probable	Occasional	Unlikely	Most Improbable
Severity of Consequences	Catastrophic	High	High	High	Medium	Medium Low
	Major	High	High	High Medium	Medium	Low
	Moderate	High	Medium	Medium	Medium Low	Low
	Negligible	Low	Low	Low	Low	Low

圖 13 風險評估矩陣

- 風險控制選項分析 Risk Control Options Analysis：確認該事故風險後便須採取相應的緩解或風險控制措施，依嚴重程度由輕而重(基本要求到積極改進)，依序是提出警告或建議、加強訓練和教育、改變政策和程序、加強保護或防禦、改變工程設計降低危害。

- 傳播安全資訊與事故經驗教訓 Safety Communication Process：調查的最後階段應將該事故分析後的肇因、風險分析及最終報告發布，傳遞給國際相關機構向有權實施安全建議的人員和整個航空界傳達安全訊息。

報告寫作的課程中以 ICAO Doc 9756 國際民航組織航空器事故手冊為綱要，說明調查報告中四大部分：事實、分析、結論與建議，每個部分之格式及所應涵蓋的細項內容以及 ICAO 認可的工作語言，包含英語、法語、西班牙語、中文、俄語和阿拉伯語，報告從資料收集、撰寫到發布的流程；教師希望大家要有的理念是”你寫這份報告是為了飛航安全，不僅在您自己的國家，而是為了全世界”同時也分享了許多寫作的技巧，分述如下：

- 瞭解自己的讀者：會閱讀這篇報告的對象是誰?可能是航空專家，可能是罹難者家屬，可能是法官、律師；文章是否流暢，闡述具邏輯性，清晰易懂，引用材料注意版權及所有權。
- 先寫，後編輯：明瞭寫作與編輯的不同，兩者在大腦的思考部位不同，寫作是創造和開放性的，而編輯是認真和專注的，切勿一面寫作一面編輯。
- 以寫信方式練習寫作：寫 5 分鐘、10 分鐘、25 分鐘逐漸拉長。
- 盡量在上午期間撰寫報告：利用下午或晚上整理好材料，利用上午時間進行寫作。
- 注意故事的細節：分為三個層次，飛機墜毀在森林裡(無細節) 飛機墜毀在距離最近道路入口 125 公里的茂密北方森林中(具有初步細節) 這是一架加拿大德哈維蘭 DHC-6 雙引擎水獺飛機，由安大略省古德敦的 Reprobate Air Taxi Service 運營，並由喜歡使用膠帶的業餘機械師修復，墜毀在距最近道路 125 公里的茂密北方森林中(具有故事性)
- 避免指責文字：舉例「機場管理部門未能發現並修繕排水不良」改成「該跑道排水不良且未經修繕」
- 盡量使用單字或短句：例如「in view of of the fact」用「because」即可取代，或是「subsequent to」用「after」取代，在中文中則盡量避免贅字冗詞，例如「基

本上關於飛機起落架的部分」用「飛機起落架」即可；短句則需善用標點斷句，避免超過 1~2 行不斷句的情形。

3.5 飛航紀錄器

飛行紀錄器是安裝在飛機上的電子記錄裝置，目的是方便調查航空事故和事故徵候。該設備通常被俗稱“黑盒子”飛行記錄設備有兩種類型：飛行資料紀錄器（FDR）透過記錄每秒多次收集的數十個參數來保存最近的航行記錄；駕駛艙語音紀錄器（CVR）則保存駕駛艙內環境及通信的聲音記錄；這兩個設備通常裝於機尾，本體均設計可以抵抗劇烈的衝擊及燃燒，以及裝有水下發報裝置利於落水後的定位及搜尋。此次課程對於飛航紀錄器的最新發展有以下分享：

- **CVDR**：Cockpit Voice and Data Recorder，主要由 L3 Technologies 發展，結合 CVR 與 DFDR 合成為單一組件，能夠在單一紀錄器上記錄長達 25 小時的語音和飛行數據，與目前一代紀錄器相比，新型 CVDR 更輕、更緊湊。CVDR 呼應了 EASA 和 ICAO 將錄音持續時間延長至 25 小時的要求（現行的法規要求是 2 小時）。
- **ADFR**：Automatic Deployable Flight Recorder，因應法航 447 及馬航 370 事故，紀錄器因沉入深海難以準確定位失事地點；針對航程更長、在水上或偏遠地區飛行時間更長的飛機，例如空中巴士 A321LR、A330、A350 XWB 和 A380。ADFR 將為商用客機增加一項新功能：在發生重大結構變形或水浸的情況下立即彈離機身並且自動上浮至海面(圖 14)。紀錄器的防碰撞記憶體模組包含長達 25 小時記錄的駕駛艙語音和飛行數據，配備 406 及 121.5Mhz 整合緊急定位發射器 (ELT)，以幫助救援團隊快速定位及搜尋紀錄器漂浮位置。

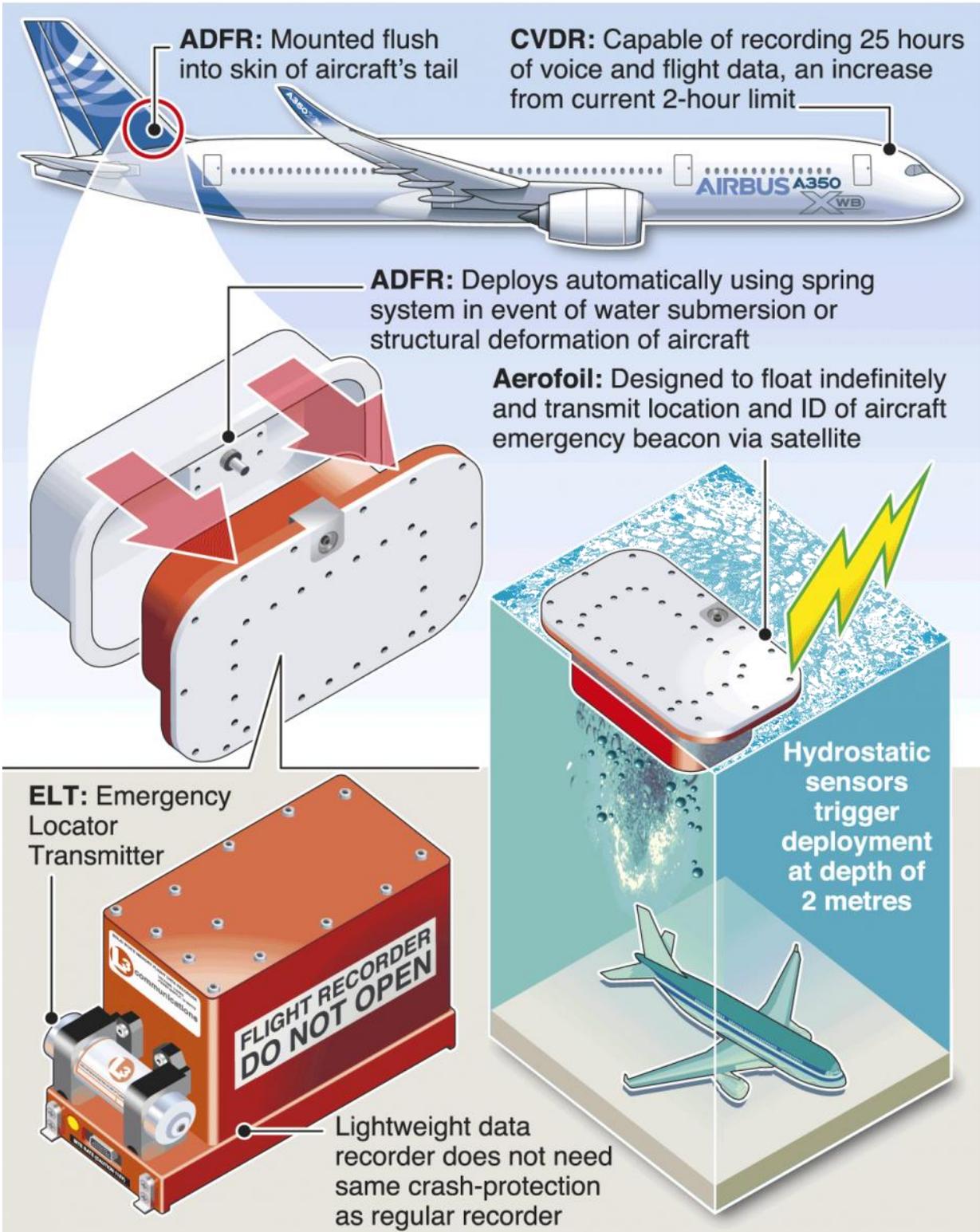


圖 14 ADFR 功能說明

- AIR : Airborne image recorder , 座艙影像紀錄器 , NTSB 提出駕駛艙圖像紀錄器對失事調查的重要性 , 影像不僅可以幫助事故調查 , 而且還可以通過定期評估

機組人員的行為來防止事故，目前業界均有成熟產品支援 CVR、DFDR、AIR 三合一機種，但因各國主管機關未強制安裝，機組人員或職業工會的排斥下，大多數的航空業者仍未採用這項裝置。

- LF-ULD：低頻水下定位器 (ULD)。現今使用的飛機都配備了帶有水下定位信標 (ULB) 的飛航記錄器(圖 15)。目前使用的 ULB 的可偵測音頻範圍由於其傳輸頻率為 37.5 kHz 而受到限制。低頻水下定位器以 8.8 kHz 傳輸具有更長的可偵測範圍，水下深度達 20000 呎，發報時間長達 90 日。一般的水下定位發報器均與記錄器安裝在一起，低頻水下定位器則為單獨組件的方式安裝於機體結構，目前業界生產的 SID88 已實際安裝於民用航空器。

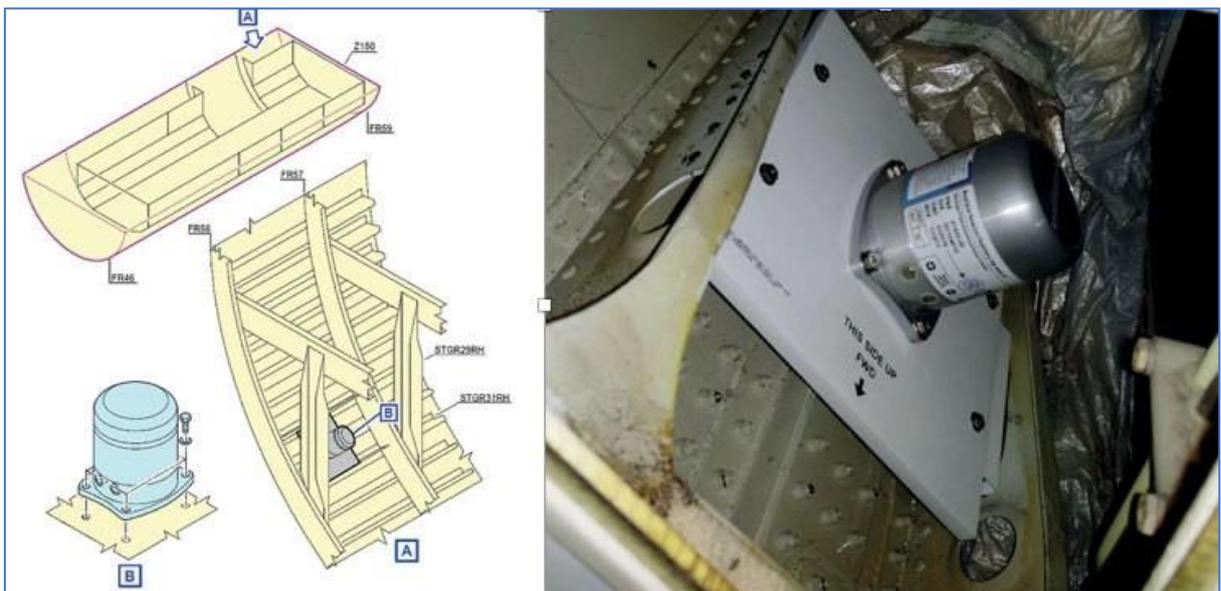


圖 15 SID88 安裝位置

3.6 航空人為因素

人為因素根據 ICAO 的定義，指的是彙整人類能力與限制因素，運用軟、硬體、工作、環境、訓練及人員管理等方法，使人為表現能達到安全、舒適而有效率的目標。並能以系統工程來整合人類科學並做並將之做系統化的應用，使人類與各項活動之間的關係達到最佳地步。而人為因素在航空領域，在建立和實踐和高標準的安全上，人的因素非常重要。隨著時間的推移，航空業界已經認識到，大多數與航空相關的事件和事故更多是人為錯誤造成的，而不是機械故障造成的。人為因素導致航空事故的比例隨著航空

科技的進步，航空器本身的故障或設計缺失不斷降低，因此人為因素的比例已超過了90%。此次訓練的最後一周為探討航空人為因素，主要有以下單元：

- 疲勞：根據國際民航組織 (ICAO) 的定義，疲勞可以定義為由於睡眠不足、長時間清醒、晝夜節律顛倒或工作負荷（精神和/或體力活動），這可能會損害人的警覺性和執行安全相關操作任務的能力，疲勞可以被描述為一種複雜的狀態，其特徵是缺乏警覺性、精神和身體表現下降，常常伴隨困倦，並且可以透過行為表現的變化觀察到，包括反應時間增加、注意力不集中，認知速度降低，情境意識降低，動機降低。航空業屬於高風險產業，容易受到疲勞的影響，特別是在航機運作安全和個人表現方面。由於航空業競爭激烈，未來與疲勞相關的事故/事件的風險可能會增加，航空公司可能會增加工時以優化生產力，因此，管理疲勞問題的有效管理策略(FMS)至關重要。疲勞主要有兩種：身體疲勞和精神疲勞。身體疲勞與肌肉無法達到預期水平有關。它可以是全身（全身）疲勞，也可以僅限於特定肌肉群。它通常是由於體能訓練或睡眠不足而引起，並且常常會導致精神/認知疲勞；精神疲勞導致注意力下降以及平常執行複雜甚至簡單的任務的能力下降。
- 壓力：壓力可分為個人壓力（**Personal Stress**）、工作壓力（**Job Stress**）及生理壓力（**Physical Stress**）。壓力的產生的成因有疲勞、訓練、遺傳、人格特質、文化，在航空而言尚有座艙資源管理、系統介面及狀況警覺等；壓力的產生又可分為慢性，是一種持續性的威脅或要求或是負面的經驗或影響；急性壓力則是突發狀況、災難、對單一事件的臨時反應。壓力對人的判斷力、狀況警覺能力及行為表現均會產生影響，影響的結果如何，取決於處理壓力的途徑和能力。適度的壓力下，人類的行為表現可提升到最佳境界，但達到某個峰值後轉變為負面效果，可能降低效率或注意力，甚至產生災難後果。圖 16 顯示領導者控制壓力所達到的”卓越光環”圖中黑色曲線在 **Comfort zone** 所產生的工作效率和表現，如果再施加良性壓力可能讓 **Performance** 繼續提升，但達到頂點後會因疲勞、注意力下降等因素產生負面結果。

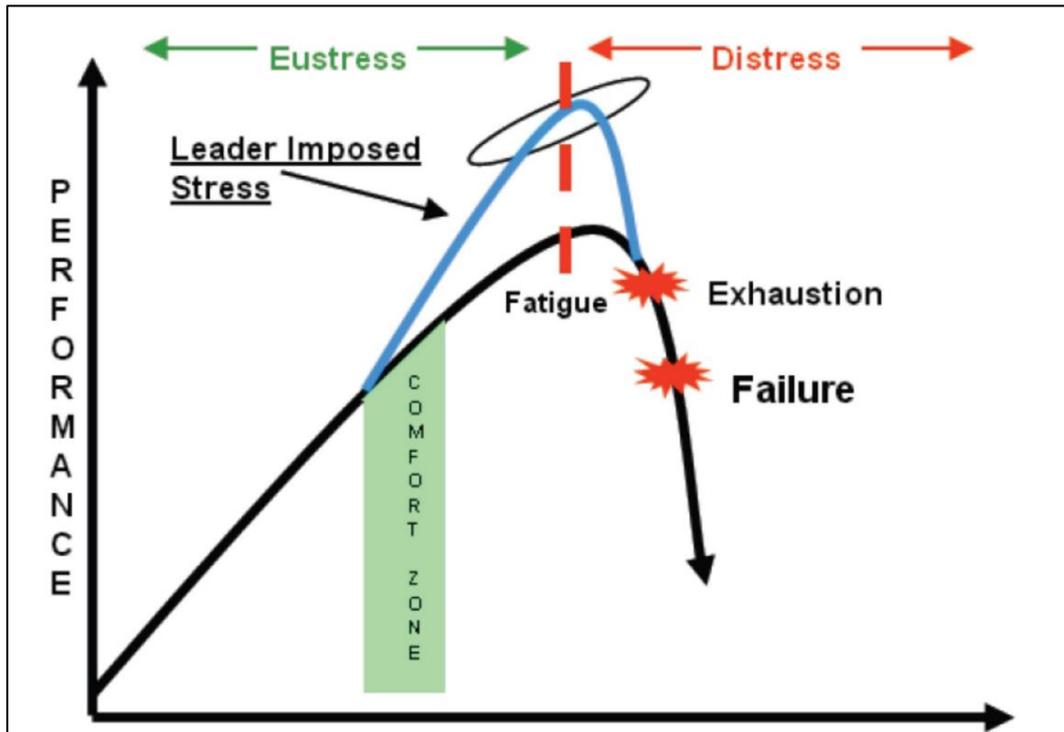


圖 16 卓越光環曲線圖

- 自動化：現代飛機越來越依賴自動化來降低人為因素和生理限制所導致的事務，達成更安全高效的運作。然而，如果被錯誤設定或處理不當，自動化也有可能導致重大事件。此外，自動化可能導致飛機出現不正常狀態，課程中說明了自動化取代傳統人為操作的優點和缺點如下：

1. 提高乘客舒適度
2. 改進了航線路徑規劃，降低天氣對飛航的影響
3. 系統監控與維修輔助系統（例如 AIRBUS 電子集中式飛機系統監控（ECAM）/Boeing 發展的發動機指示和組員警示系統（EICAS））相結合，可增強飛行員和維修人員對飛機系統狀態的監控。然而，當面對複雜的故障事件時，例如 2010 一架空客 380 從新加坡起飛後發動機破裂的重大事故，能夠呈現給組員的故障訊息無法呈現實際的機械損壞程度，甚至阻礙機組人員除了既有緊急程序外對特殊狀況的處置能力
4. 自動化可協助人類執行重複性或單調無回饋的工作，飛航的操作從手動操作轉變為系統監控角色，長期仰賴自動飛行可能產生或降低傳統手動

飛行能力，產生降低警覺或無法及時接替的負面影響，例如 2009 土耳其航空在荷蘭進場墜毀的事故(圖 17)，飛機在自動油門(AT) 接合的情況下飛行的飛行員很快就會失去關注速度指示的習慣。因此，當自動油門意外脫離時，飛行員可能不會立即注意到或對速度偏差做出反應。良好的自動化可以減少工作量，釋放注意力以專注於其他任務， 相較之下，設計不良的自動化會降低操作的感知能力，並在系統異常時增加工作負荷。



圖 17 2009 土耳其航空事故

- HFACS 7.0 v.s 8.0：人為因素分析及分類系統 (Human Factors Analysis and Classification System, HFACS) 最早由 Scott Shappell 博士和 Doug Wiegmann 博士開發。它是一個廣泛的人為錯誤框架，最初由美國空軍用於調查和分析航空事故的人為因素。HFACS 在很大程度上是基於 James Reason 的 Swiss 起司模型 (Reason 1990)。HFACS 架構提供了一個簡明有效的工具來協助調查過程。調查人員能夠有系統地識別組織內最終導致事故的主動和潛在故障。HFACS 的目標不是歸咎某人或團體的責任；是為了了解導致事故的根本原因，以便於擬定防範策略，避免事故再發生。HFACS 在人為因素的探討中廣泛地應用到各種產業，因應各種產業的差異，亦發展出許多版本的 HFACS，除了基本的四層架

構：不安全的行為、不安全的行為的先決條件、不安全的監管、組織影響，四項不變外，細項的人因探討因產業不同而有所差異。

此次課程中教師提出美國國防部 DOD(Department of Defense)HFACS 迎來重大變革，從 2023 四月起美軍使用多年的 7.0 更改為 8.0，在新的 8.0 架構中，四層組織仍然維持，但其下的架構整併部分相似的子因素，以及更改部分名稱更貼切的符合人為因素的時代改變，例如不安全行為中的違規(Violations)已不再使用，規定是因應組織的需求所訂定的，或是國家法律，在探討人為因素的過程中，不適據此來界定違法行為，因此在最新的 8.0 版本中，以 Known Deviations 取代，我們所得知的是某種偏離正軌或不尋常的行為。

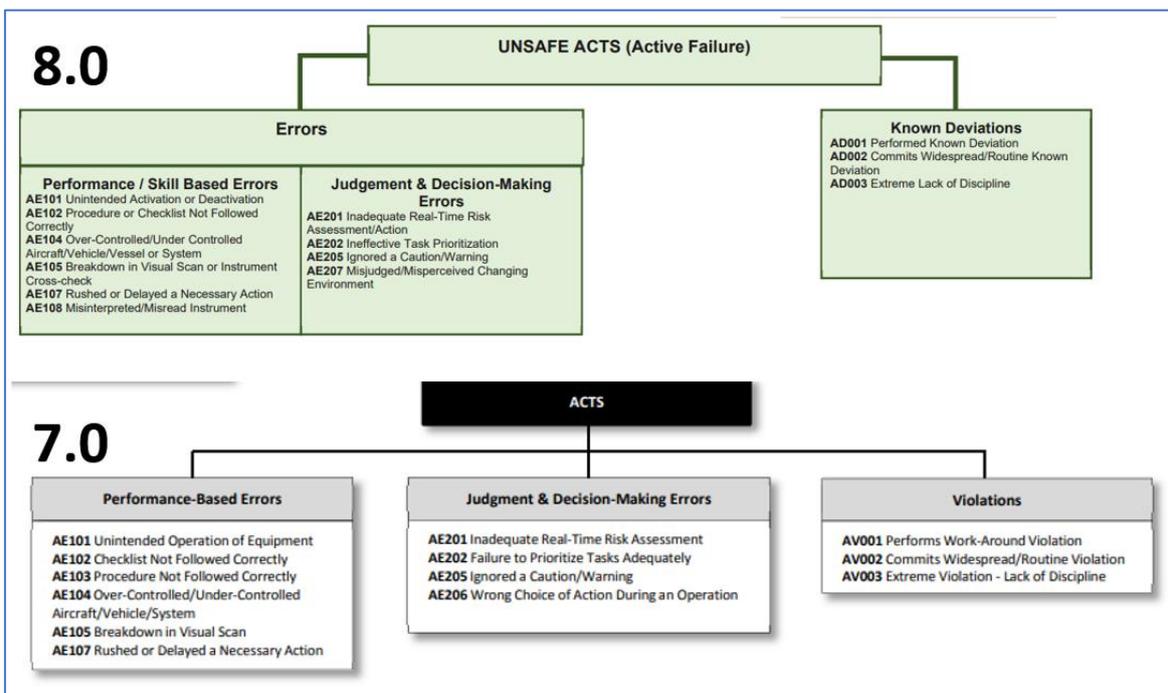


圖 18 HFACS 8.0 不安全行為

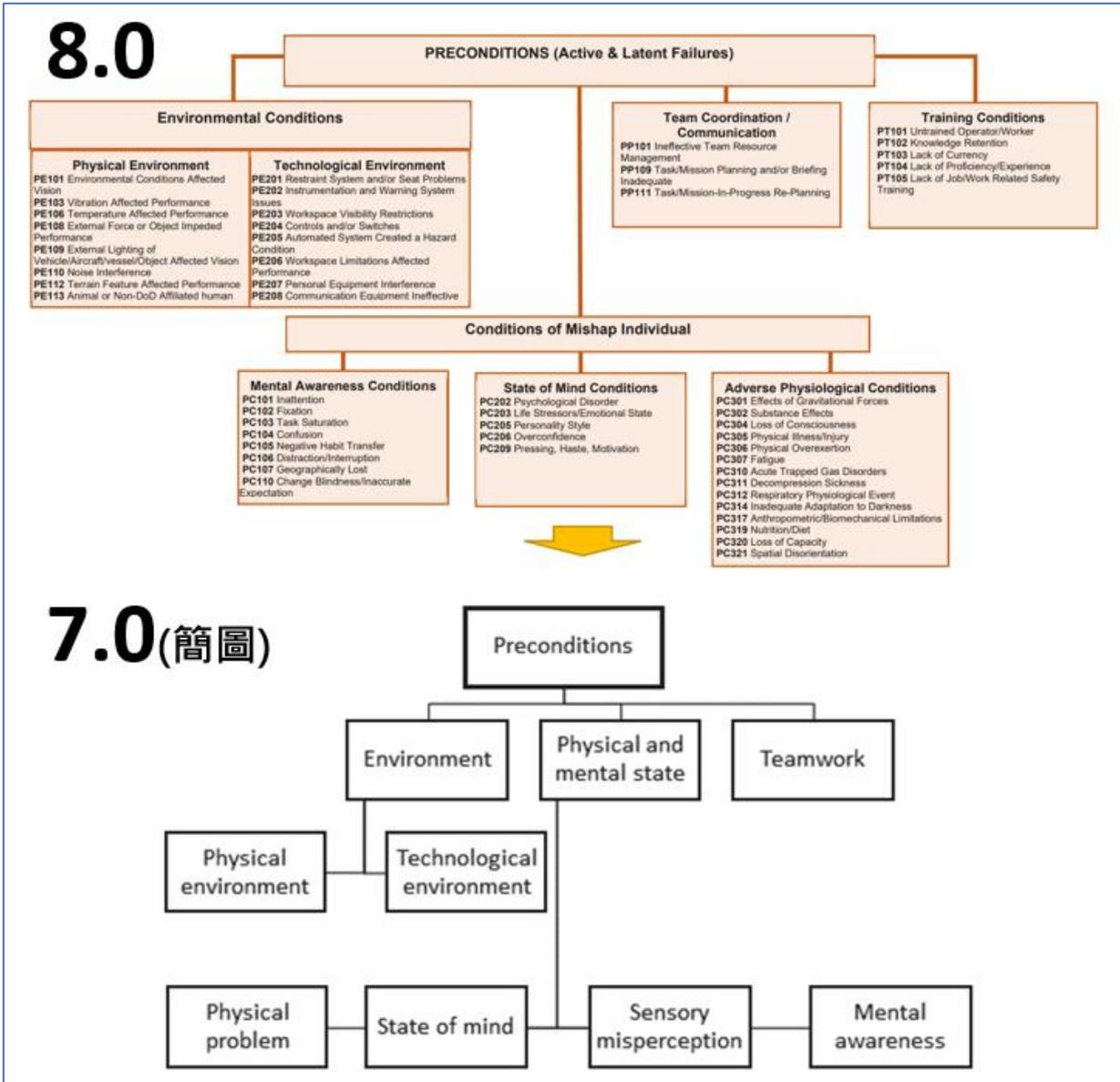


圖 19 HFACS 8.0 不安全的行為的先決條件

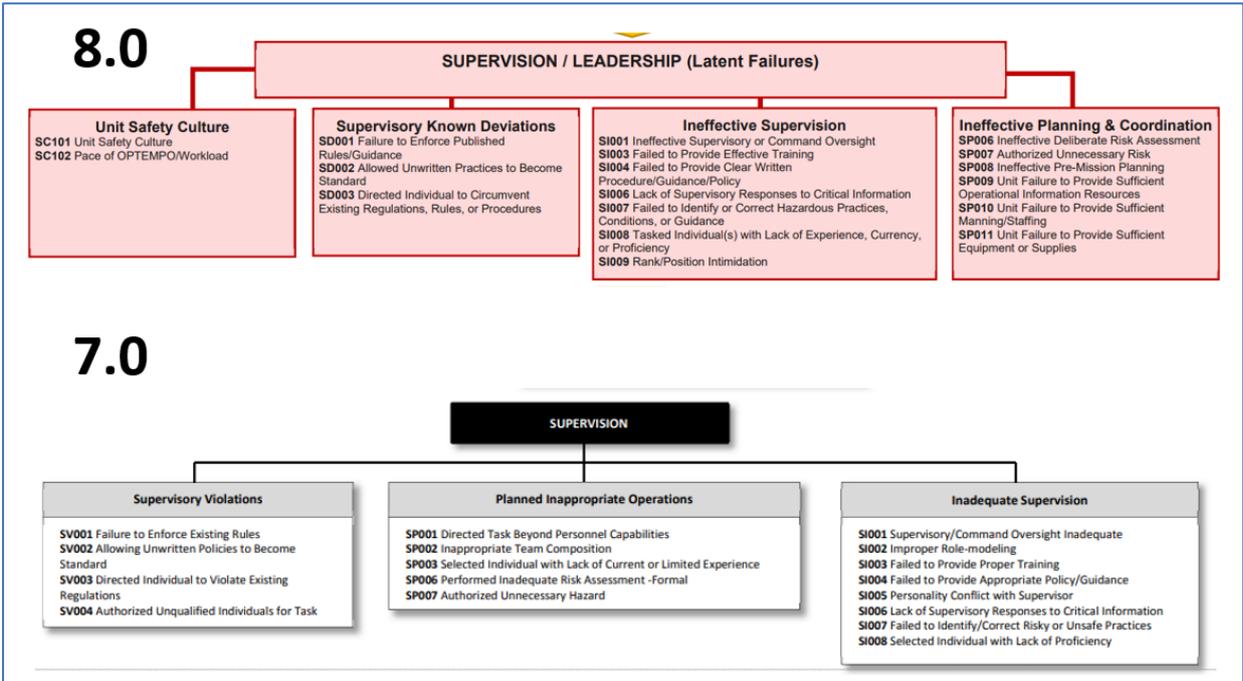


圖 20 HFACS 8.0 監管因素

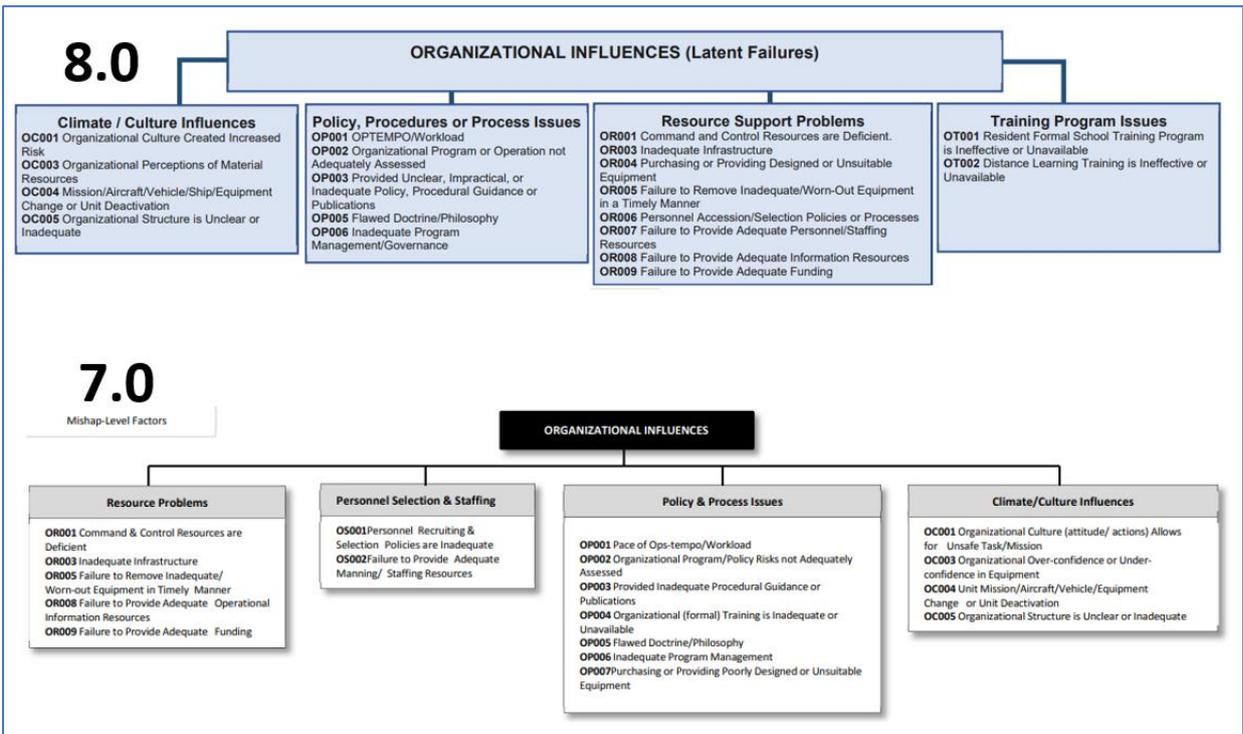


圖 21 HFACS 8.0 組織因素

- 空間定向障礙：當飛行員無法正確理解飛機相對於地球或其他參考點的姿態、高度或空速，我們稱之為空間定向障礙（**Spatial Disorientation**）在此課程中，教師首先對人類生理的感覺器官說明，人類的視覺和聽覺的主要提供廣泛的周遭環境的意識以及對細節的集中注意力，內耳的前庭提供三維運動及加速感覺，體感的壓力和觸摸提供本體感覺。然而，人類的感覺器官通常不夠靈敏，無法感知運動中緩慢且漸進的變化，此外，當運動突然變化時，感覺器官往往會高估變化的程度。空間定向障礙可能是由飛行情況或視覺誤解引起的，例如逐漸轉彎時，飛行員可能會感覺自己好像在直線航線上，如果飛機緩慢傾斜、上升或下降，飛行員可能不會察覺到這種變化，他會感覺到飛機處於水平狀態。以美國空軍為例，空間定向障礙（SD）在 1990 年至 1999 年的十年間共經歷了 36 起與 SD 相關的 A 級事故，損失總計 5.57 億美元及 44 名機組人員，SD 是與人為相關的飛機事故最常見的原因；空間定向障礙一般可歸納為三種型態：

1. **Type I unrecognized SD**：飛行員自身不會察覺空間迷失方向。換句話說，他並不認為有什麼不對。他所看到的，或是他認為所看到的得到了自身感官的證實。I 型定向障礙因為不自覺，是最危險的定向障礙類型，飛行員在沒有意識到問題的情況下未能識別或糾正迷失方向，通常會導致致命的飛機事故，大部分的 CFIT 均屬於 Type I。
2. **Type II recognized SD**：指飛行員對飛行高度、位置、運動做出錯誤判斷的一種錯誤感知。而且他們經歷了實際空間狀態和儀器視覺空間狀態之間的衝突，意即飛行員可能察覺處於錯覺後選擇相信儀表繼而做出改正，或是無法處理衝突後持續相信感官，繼而走向 Type I 的結果。
3. **Type III incapacitating SD**：則是失能的現象，當處於 Type II 的衝突中無法有效識別產生空間迷向的原因，即使他意識到迷失方向也無法糾正感覺系統衝突。在極端壓力下無法識別儀表資訊及操控飛機，極可能進入 Type I 狀態後失事。

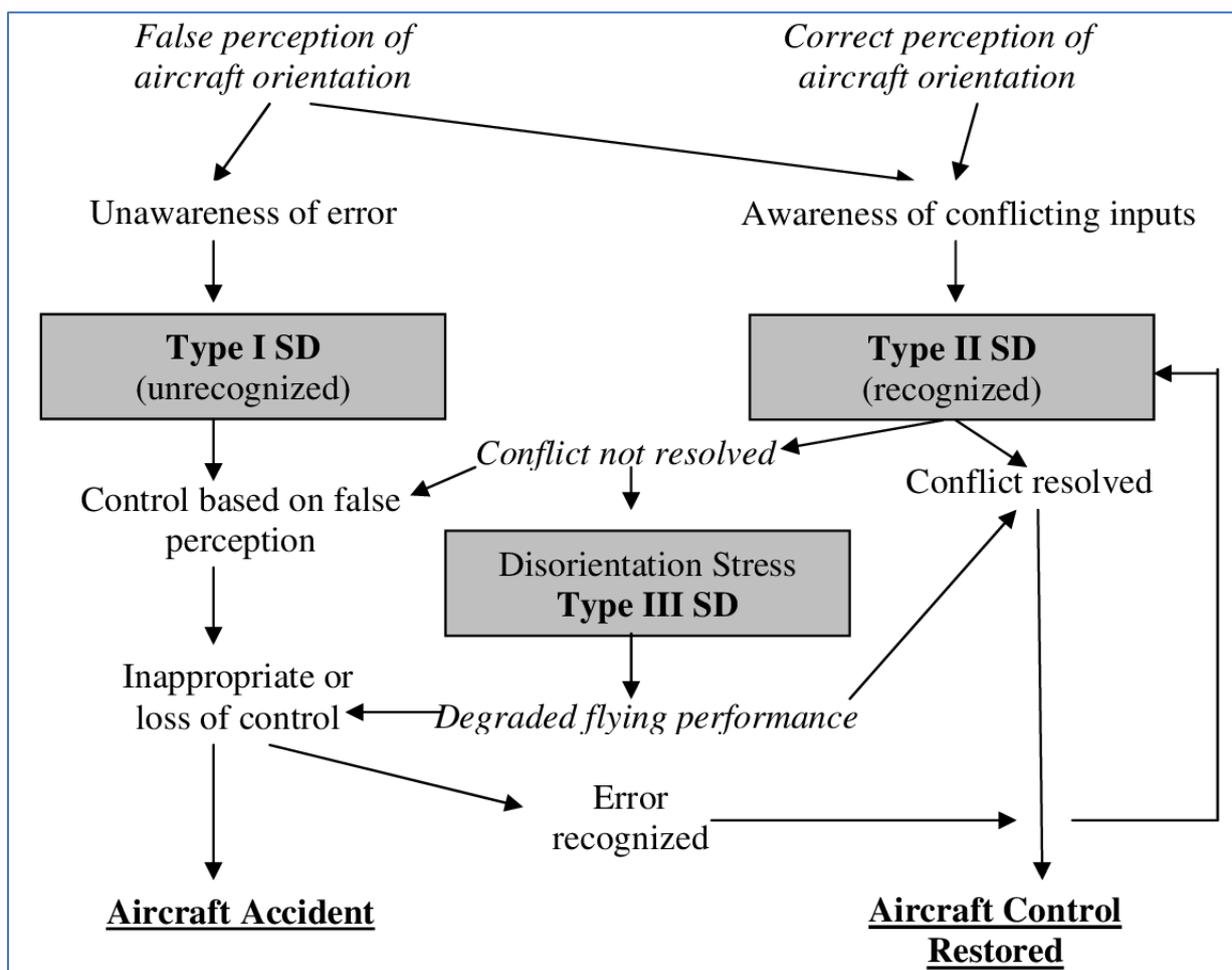


圖 22 空間定向障礙型別及發展脈絡

- 組織文化：Schein（1985）對於組織文化所下的定義為：組織文化是某一團體在學習應付其外在適應的問題（如策略、目標、完成目標的手段、績效的衡量和修正等）及內部的統整問題（如語言、界線、權力階層、親近、酬賞及懲罰、意識型態等）時，所發明、發現或發展出來的一套基本假設，而這些假設由於運作良好而被承認具有效度，可傳授給新成員，作為知覺、思考和感受上述問題的正確方式。在航空產業或團體中，組織文化間接或直接的影響安全的運作，當重大事故發生時，組織文化通常是事故背後的成因之一；課堂中教師舉正反兩案例說明組織文化的影響

正面案例：美國西南航空是以低成本戰略，由僅有 2 架飛機起家成為美國主要航空公司之一，並且是全球最大的廉航。西南航空公司躲避與美國各大航空公司的

正面交鋒，而另闢蹊徑去爭取潛力巨大的低價市場。採用明確的市場定位，只開設短途點對點航線，只用單一機型單一發動機型別。時間短，班次密集，單架飛機一日可執行高達 6 個航次。一般情況下，如果你錯過了西南航空的某一趟班機，你完全可以在一個小時後乘坐西南航空的下一趟班機。這樣高頻率的飛行班次不僅方便每日穿梭美國各大城市的上班族，更重要的是，在此基礎上的單位成本的降低才是西南航空所追求的。同樣為了節約時間，西南航空的機票不用對號入座，只分成前、中、後，乘客們進入該區域後可像搭公車一樣迅速坐下。在票務上，西南航空將票價簡化為三級，也是少有的完全不向顧客收取退改票的手續費或罰金的航空公司。票務成本由此進而降低。該公司的傳奇領導人赫伯·凱萊赫（Herbert Kelleher）永遠把員工擺在第一位，即使有時候甚至必須得罪旅客，也是如此。換言之，西南航空寧可奉勸過於苛求的旅客，改搭其他航空公司的班機，也不要員工受辱，在極度扁平化的組織中員工有充分表達意見和提出改善建議的機會及管道。



圖 23 美國西南航空精神標語

反面案例：復興航空，當教師將 GE235 即將墜入基隆河的畫面打上投影片時，不自覺驚呼了一聲 "our case" 很驚訝發生在台灣的空難事件竟成為飛機失事調查課程中的負面教材。首先教師請來自台灣的我對此一空難簡單的說明起飛到失去動力至失速墜河的過程，之後說明這家公司在組織文化的隱患：航空公司以飛行安全為首要，必須嚴格遵守降低風險的標準程序，遴選機師時也需採高標準，嚴守考核制

度，不適任立即淘汰。復興航空 2 次空難，事故調查都顯示機師未按標準程序，座艙資源管理鬆散，企業及機隊的管理「turn a blind eye to.....」。復興航空是台灣第一家民用航空業，歷經多次經營團隊更迭，長久以來品保、稽核、安全管理系統空有架構卻未落實執行，監理機關也未能有效督導，在一連串的重大失事後無法重拾旅客信任加上財務惡化，公司不得不宣布停止經營。



圖 24 復興 GE235 失速墜入基隆河瞬間

四、建議

1. AAI 及 HFAI 為參與航空失事調查人員的基礎課程，縱使先前具航空各領域經驗，此課程仍為必要，兩周之課程涵蓋各層面，從事故發生處理到完成調查報告，SCSI 雖為民間教育機構，但各科教師經歷及經驗確是一時之選，課程費用雖昂貴，但學得之寶貴經驗及知識對將來從事航空事故調查有立竿見影之效。由於授課均以英語教學，參與學員應充分完成國內初始訓練課程，尤其在人因課程具有基礎知識後再參加國際課程較能融會貫通。
2. 此課程參與學員來自多個不同國家、地區，有調查機構、軍方、警方及民間公司，除了課堂上共同學習的課程，更能學習到各國在失事調查上的獨特經驗，例如普遍使用直升機的澳洲，澳洲 ATSB 調查員分享了許多處理直升機高山事故的經驗，加拿大空軍則分享軍用大型運輸機事故處理知識；另外課程中留意到加拿大 TSB 所派訓學員多為具經驗之調查員，先前都已接受過 AAI 課程訓練，TSB 之理念為，航空科技日新月異，調查技術亦需與時俱進，AAI 及 HFAI 課程不僅是新進人員必修課程，亦適合資深人員重新複習及學習新知，因此 TSB 調查人員仍需定期赴教育機構參加複訓。國內派訓此類課程僅以新進人員為主，日後可考慮此模式增進調查人員專業能力；Covid-19 期間兩項課程採遠端授課人員更應重新參加實體課程以加深實務印象及國際交流。