

出國報告（出國類別：進修）

## 美國南加州大學飛機失事調查班

服務機關：國防部空軍司令部

姓名職稱：少校飛安官李易修

派赴國家：美國

出國期間：108年12月08日至12月22日止

報告日期：109年01月08日

## 摘要

本次「飛機失事調查班」(AAI: Aircraft Accident Investigation) 為美國南加州大學航空安全與系統管理學院主辦之課程，班次為 AAI 20-2，為期 12 天授課地點位於美國加州(California) 洛杉磯國際機場(Los Angeles Airport) 附近之銀行商業大樓(City National Bank Building)，授課內容以航空器失事調查規劃設計為主，分為失事調查(Investigation)、航空技術分析(Technology)、航空醫學研究(Medical)、航空管理系統(Aviation Safety Management Systems)、訪談調查要領(Interviews)、航機系統概論(Systems)、媒體應對關係(Media Relations)及實際案例實習(Case Study)等 8 項次；授課講師均曾擔任 NTSB(National Transportation Safety Board 國家運輸安全委員會)調查人員，且為飛機失事調查經驗豐富之失事調查專家，借課程提供全球各航空界(含軍方)失事調查人員相關寶貴經驗，提升學員專業知識並獲取新知，以落實航空器失事預防及調查工作能力。

整體課程以失事調查報告程序為主軸分析，藉各項課程講授，建立學員事故發生往往並非單一事件所造成之觀念，並多方面假設與思考，逐項細心求證及調查，並抽絲剝繭逐一挖掘事實還原真相，俾利撰寫合於事實避免爭議的調查報告，而最終目的是藉由飛安事故教訓，精進飛行安全，以減少人員及裝備災害的損失。講授內容除基礎理論外，亦結合各類失事案例配合解析、實物殘骸介紹說明及分組討論等方式實施，將課程所學配合實際操作運用，可立即將所學理論運用於實際操作的授課方式，令人印象深刻，且內容深入淺出，藉多起案例巨細靡遺說明調查經過，訓練學員面對失事案件時，能正確地著手調查，並將航空安全管理概念及航空器失事調查專業知識深植學員心中，有效建立學員正確的判斷能力；另講授失事案件與媒體應對關係，以避免造成媒體非專業報導誤導民眾，引起大眾過度關注，模糊焦點；最後藉分組討論與國際學員相互分享航空器調查技術與經驗，藉彼此交流吸收長處，提升訓練成效，期塑造優質飛安管理文化。

# 目次

壹、目的	4
貳、執行概況	5
一、行程	5
二、課程安排	5
三、班級介紹	6
四、講師介紹	6
參、授課內容	7
一、學校簡介	7
二、課程綱要	7
三、課程內容(過程)	7
(一) 失事調查 (Investigation)	7
(二) 航空技術 (Technology)	13
(三) 航空醫學 (Medica)	17
(四) 安全管理系統 (Aviation Safety Management Systems)	18
(五) 事件調查訪談 (Interviews)	19
(六) 航機系統 (Systems)	22
(七) 人因 (Human Factor)	24
(八) 殘骸實驗室 (Aircraft Crash Laboratory)	28
(九) 案例實習 (Case Study)	28
肆、學習心得	29
伍、建議事項	30
陸、課程紀實	31

## 本文

### 壹、目的：

本部督察室藉年度派訓南加大飛機失事調查班訓練課程，學習先進航空業界事故調查之學識理論，瞭解現今飛機失事調查方法與飛安知識相關議題之因應，藉由經驗豐富的師資講授、案例實習、調查技巧與知識，從事故中抽絲撥繭找出主因及潛在因素，進而精確擬訂飛安改善建議，期許學員完訓返國後發揚種子力量，培植飛航安全人才與完善組織文化，發揮所長，增進與行政院國家運輸安全調查委員會 TTSB (Taiwan Transportation Safety Board) 及美國國家運輸安全委員會 NTSB (National Transportation Safety Board) 實質交流，持續瞭解並更新飛機事故調查程序以提升飛行安全重要工作，預防及避免飛機失事因應作法，並藉失事調查理論與技術，精進各類機型飛安問題討論及處置方式，提供本軍整體飛行安全能量；另賡續落實飛安教育與風險預防觀念推廣至全軍同仁，回饋訓練之所學，為本次參加失事調查班目的。

貳、執行概況：

一、行程：

	飛航班次	出發地	出發時間	目的地	到達時間
去程	長榮 BR6	台 北	10812081120	洛杉磯	10812080650
返程	長榮 BR15	洛杉磯	10812202330	台 北	10812220605

二、課程安排：

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五
日期	12/9	12/10	12/11	12/12	12/13
0800-0850	INV 1	INT 1	MED 4	INV 12	TECH 4
0900-0950	INV 2	INT 2	MED 5	INV 13	TECH 5
1000-1050	INV 3	INV 7	MED 6	INV 14	TECH 6
1100-1150	INV 4	INV 8	MED 7	INV 15	TECH 7
1300-1350	SMS 1	MED 1	INV 9	TECH 1	INV 16
1400-1450	INV 5	MED 2	INV 10	TECH 2	INV 17
1500-1550	INV 6	MED 3	INV 11	TECH 3	INV 18
日期	12/16	12/17	12/18	12/19	12/20
0800-0850	M-R 1	SYS 1	SYS 5	LAB 2	CASE 1
0900-0950	M-R 2	SYS 2	SYS 6	LAB 2	CASE 2
1000-1050	M-R 3	SYS 3	SYS 7	LAB 2	CASE 3
1100-1150	M-R 4	SYS 4	SYS 8	LAB 2	CASE 4
1300-1350	M-R 5	TECH 8	TECH 11	LAB 2	授課期程 12/9 至 12/20 合計 10 天
1400-1450	M-R 6	TECH 9	TECH 12	LAB 2	
1500-1550	M-R 7	TECH 10	TECH 13	LAB 2	
1600-1650	M-R 8				

附註：INV(失事調查)、MED(航空醫學)、TECH(航空技術)、SMS(安全管理系統)、  
INT(訪談調查)、LAB(殘骸實驗室)、M-R(媒體關係)、SYS(航機系統)、  
CASE(案例實習)

### 三、班級介紹：

美國南加州大學(University of Southern California)航空安全管理相關課程為國際航空(含軍方)進修課程，開放國際航空專業報名參加，本次參與飛機失事調查班課程人員計有8國24員，其中18員為各國政府航空主管單位及民間航空業界從業人員，軍方共計6員(我國1員)；各參與國家及人員統計如后：

國別	政府機關	航空業界	軍方	備考
中華民國	2		1	
美國	8	5	2	
加拿大			1	
烏干達		1		
丹麥			1	
新加坡	1			
祕魯	1			
荷蘭			1	
合計：8 國 24 員(含軍方 6 員)				

### 四、講師介紹

#### (一)失事調查 (Investigation)：

授課講師 Mr. Keith McGuire 於美國 NTSB(National Transportation Safety Board 國家交通運輸安全局)工作 28 年，從事多年調查教學工作，曾任 NTSB 西北地區總裁，於 2006 年退休，經驗相當豐富，並於 NTSB 工作之前，為美空軍飛行員及飛安官，現同時具有民航機及直升機證照，也擔任國際民航組織飛機失事調查手冊更新指導講師。

#### (二)失事航空技術 (Technology)：

授課講師 Mr. Jack Cress 曾擔任美國海軍陸戰隊直升機飛行員 20 餘年，並參與越戰、黎巴嫩及韓戰等多次任務，現為顧問教官，專長為物理結構應力，經驗相當豐富。

#### (三)航空醫學 (Medical)：

授課講師 Mr. Allen Parmet 為醫學博士，負責醫學教學，具備人體醫學、人類生理構造及心理學研究等專長，曾參與過數 10 起飛機失事人員解剖研究，經驗豐富。

#### (四)失事安全管理系統/事件調查訪談 (Aviation Safety Management Systems/Interviews)：

授課講師 Mr. Thomas Anthony 現擔任南加大航空安全與系統管理學院「飛機失事調查班」負責人，專長為航空保安，曾擔任美國聯邦政府保安部門主管，並參與 911 恐怖攻擊後的保安緊急應變。

(五)失事人因 (Human Factor) :

授課講師：Mr. Malcolnn Brenner 從事多年調查教學工作 20 餘年，接洽過數起飛機失事採訪案件，經驗相當豐富，現擔任人因工程教學講師。

(六)失事航機系統/案例實習/殘骸實驗室 (Systems/Case Study/Aircraft Crash Laboratory) :

授課講師：Mr. Greg Phillips 於美國 NTSB 工作 16 餘年，並擁有超過 30 年飛行及 20 餘年飛機失事調查經驗，曾從事民航飛行工作，專業為機械工程師。

## 參、授課內容

### 一、學校簡介

美國南加州大學（University of Southern California）創建於 1880 年，為美國西岸歷史悠久的私立大學，該大學於 1952 年創立航空安全計畫課程，也是美國所屬研究大學中第一個成立航空安全計畫課程之學府，授課教師均有豐富經驗與專業知識，授課班次具有全球性及航空專業特性，參訓學員開放來自不同國家、地區、背景及專長，而南加大航空安全學院一直致力於保持在安全管理系統領域上的領導地位，該校每年提供約 20 門課程培訓學員（約 1000 名），無論是理論或實務操作上皆然，該校亦擁有獨特的失事殘骸實驗室，許多失事飛機殘骸在此實施現場重建，是為著名之飛機殘骸實驗室。

### 二、課程綱要

- (一)失事調查（Investigation）
- (二)航空技術（Technology）
- (三)航空醫學（Medical）
- (四)安全管理系統（Aviation Safety Management Systems）
- (五)事件調查訪談（Interviews）
- (六)航機系統（Systems）
- (七)人因（Human Factor）
- (八)殘骸實驗室（Aircraft Crash Laboratory）
- (九)案例實習（Case Study）

### 三、課程內容(過程)

#### (一)失事調查（Investigation）：

失事調查目的為找出失事確實肇因，進而提升飛安作為，而調查的定義則為數據及資料的獲得，藉分析數據並研判發生過程及原因，來完成調查報告撰寫，內容為失事調查準備、事件調查、現場調查、蒐證及報告撰寫等 5 項，分述如下：

#### 1、失事調查準備：

當事故發生時，通常發生在無法預期的時間與地點，現場總是一片混亂，不知該如何著手，掌握不到重點，往往失去一些重要線索及證據，所以該課程從經驗上累積一些在著手調查前，如調查編組、人員的遴選、訓練及一些防護措施等所需要準備事項供我們參考，可立即反應的處理程序，在事故發生時，能夠迅速著手調查行動，儘可能與搜救工作能同步進行，找出事故確實肇因。

- (1) 人員編組：通常由政府部門主導，該事發單位配合調查；另外也會請飛機製造商協助調查。成立調查委員會時，設立主委及代理人，其下區分機動小組與調查小組，採相互輪值以抄收事故信息與命令傳遞，專案調查小組依專業進行分組，其組織成員略劃分為主任委員、調查官、飛行調查委員、修護調查委員、醫務調查委員、協調員及其他委員等，依各國國情再做調整。

- (2) 擬定調查計畫要項：如交通工具安排、失事現場照相存證、各員作業檢查卡、失事調查箱、軍警單位通信支援現場警衛限制區劃分、殘骸存放規劃、殘骸重建計畫、各專業技術支援、失事搶救圖、失事新聞發布之政策與管制及調查演練等項目，並於「飛機失事調查計畫」擬定完成後，將計畫分送與失事搶救與調查相關單位人員。
- (3) 失事聯繫檢查表：在事故發生後，能有效迅速通知有關單位及調查人員，作為失事通知之依據。內容包含人員住址及電話號碼、單位及其職務代理人姓名。
- (4) 調查作業區分：飛機失事調查範圍大致區分為航務調查、機務調查及醫務調查 3 大項，分述如后：
  - A、航務調查：飛行操作、飛機性能、機場設施、天氣環境、航路管制及通話紀錄與目擊者證詞等資料。
  - B、機務調查：飛機各系統修護紀錄及飛行紀錄器（Fly Date Record）。
  - C、醫務調查：機組人員生心理狀況、精神狀況、有無疾病與藥物影響、毒物影響、酒精影響、視覺與錯亂、飛行疲勞、缺氧及遺體解剖調查。
- (5) 調查遵循原則：每一次失事調查均可提升失事預防知識與經驗，並精進空、技勤人員訓練、修護需求規劃，針對改良材料、設計等其他前瞻效果，調查內容精準及完善度，將影響失事預防的效果。
- (6) 失事調查箱（Go Bag）：應包括工作手套、調查作業程序檢查表、繪圖紙、筆記本、量角規一半圓分度規、量尺、圓規、各色粉筆、簽字筆、放大鏡、手電筒、地圖、筆記型電腦、錄音機或攝影機、四軸遙控空拍機、GPS 定位器、數位照相機、手工具、方位測量儀與三角架、磁羅盤、捲尺、繪圖板、油類樣品採集瓶、標籤、小零件包裝紙、大小塑膠袋、牙醫用彎鏡、小刀、繩索、失事初報表、失事機飛行手冊及簡易外傷救護藥品等調查裝備。
- (7) 衛生防護措施：大部分事故發生時，難免伴隨人員傷亡，為避免殘骸、病（血）媒介感染疾病應採取的措施，如護目鏡、連身工作服、工作鞋、口罩及防護面罩等防護裝備。
- (8) 其他：因事故地點可能為惡劣地形，或天候因素等影響，應備妥通訊器材（手機及無線電）、雨衣、太陽眼鏡、水壺、膠盔、綁腿及腰帶等安全防護裝備。

## 2、事件調查：

- (1) 儘可能在證據被搬動前到達失事現場，除搶救生還者外，亦要阻止殘骸非必要處理或移動，確保重要證（物）據能予以保留。
- (2) 找尋有無現場目擊人員，並記錄其姓名及住址，以利進行訪談，詢問事發當時狀況，來還原真相。
- (3) 找出失事現場殘骸及零件予以拍照並編號，以利後續調查。
- (4) 分析所有物證，詳細檢查，並不可將任何情況視為理所當然及主觀觀念產生，應客觀看待每一個可能性。

- (5) 檢查所有證據，不急於結論，應重複追查並驗證。
- (6) 為找尋失事真相，應追蹤每一可能之線索並予以綜合處理。
- (7) 訪查所有調查失事事件有幫助人員，不遺漏任何一位證人，只要有新的發現，可進行重複訪談，以確保未疏漏任何細節。
- (8) 保留殘骸或證物完整，直至調查結案為止。
- (9) 調查未終止結束前，避免作推測性結論，造成媒體不實報導。

### 3、現場調查：

航空器重大失事發生後，調查委員會應指定乙員調查員，擔任主任委員，並於接獲失事通知後指派，包括該事故航空器公司、民航局及飛機製造商等相關人員，儘速到達失事現場，展開初步調查作業，執行重點如后：

- (1) 管制現場 (Secure Area)：主任委員或代理人於現場自消防搶救指揮官接收現場指揮權責後，首先應檢查警衛部署警戒是否妥善及有無遺漏疏失，以維各項證據保持原狀，靜候更深度調查。
- (2) 訪談組員及目擊者證詞 (Interview Participants and Witness)：目擊者證詞為蒐證的重要工作，趁目擊者與當事人對失事印象記憶猶新之際，避免經他人影響或研討後，而改變先前的訪談證詞，不利後續調查作業。
- (3) 蒐集易受破壞或散失之證據 (Collect Perishable Evidence)：儘速蒐集所有易遭破壞證物（如油料樣品、漏出液體或散落文件、地圖、圖表及相關飛行資料等），並給予編號，避免吹散或未檢查即遺失，而無法蒐集之證據則進行拍照（如失事周遭環境相對狀況、撞擊痕跡等），避免可能因移動損壞或損傷證物後，誤導判斷與調查。
- (4) 巡查現場 (Walk Thru)：為使各調查委員能初步掌握失事現場狀況所採取行動，其巡查重點如下：
  - A、第一撞擊點位置（巡查初始點）。
  - B、判斷飛機撞擊方向與速度。
  - C、判斷飛機撞擊姿態與角度。
  - D、殘骸分布情形。
  - E、失事現場相對環境與範圍。
  - F、當時天候情況。
  - G、損毀情況。
- (5) 清點殘骸 (Inventory)：
  - A、由失事現場第一撞擊點開始，清點殘骸主體及主要組件：
    - (A)動力部分-發動機、螺旋槳。
    - (B)機翼及各操縱翼面。
    - (C)機身、座艙、儀表、彈射座椅及起落架。
    - (D)燃油分布情形。

- (E)其他:如各電線系路及裝備損毀情況。
- B、清點時如未發現殘骸主體或主要組件，則應格外注意該殘骸很可能為失事主要肇因。
- C、抵達現場依飛機完整度，先研判飛機是否撞擊前飛機已解體或結構失效，初判情況如下：
- (A)如兩翼翼尖均在現場，則可假定飛機撞地時，兩翼仍在機身。
- (B)如現場尋獲機頭與機尾，則可假定飛機撞地時，機身尚屬完整。
- (C)現場所見發動機完整無缺或螺旋槳葉片無短少，表示撞地前發動機未脫離飛機或葉片未於空中飛脫。
- (D)各操縱翼面、起落架組件、座艙與彈射椅必須尋獲，其與殘骸主體之相關位置，可有助於判斷失事機係以何種姿態失事及所須調查範圍。
- D、調查人員於清點殘骸時，應隨時繪製相關及相對位置圖表、作筆記、錄音或錄影相關位置及說明，以利後續能夠詳盡且正確標示殘骸分布情況。
- E、因殘骸有時仍必須移動，無法保持原狀，為避免相關重要證據消失，調查人員必須儘早瞭解失事現場情況及記錄。
- (6) 失事現場照相 (Photo)：建議以高畫數數位相機拍攝，清晰拍攝所須觀察全景與細微部分，如拍攝重點為失事現場全景、殘骸分布、地面撞擊情況（最初撞擊點至散布最遠的殘骸）、失事機殘骸主要組件有用之物證撞擊痕跡與現象（發動機、螺旋槳及螺旋槳撞擊地印痕、機翼及各操縱翼面、機身及座艙儀表板、機尾、起落架組件、重要機件或零件故障情形、起火情形、燃油流布區域及地面財物損毀情形等）。
- (7) 失事現場圖測繪 (DRAW) 包含位置圖、示意圖及殘骸分布圖等，分述如下：
- A、失事現場位置圖 (Location of Accident Site)：標示飛機失事地點與附近周遭環境及距最近機場方位與距離，適當比例尺地圖為 1/5000 至 1/25000，依殘骸散布情況來選擇，將重要地標、主要道路交通線、城鎮、山岳、河川及橋樑等先行簡扼標明，並註明指北方向，再標飛機撞擊位置、軌跡路線、各殘骸散布位置、飛機最後位置、參考地標、助航設施、目擊證人位置、高壓電塔、地面刮痕、地面軌跡、撞擊方向、參考河流、道路、管線、燃油流布區、火燒區域、機場跑道、滑行道、撞擊坡面及起降場地等。
- B、失事現場示意圖 (Scene of Accident Site)：將失事現場及附近有關地形、地貌及特殊地標等，更詳實地按比例繪出，如飛機失事時飛行軌跡、各撞擊點、地面拖行軌跡距離、主要殘骸位置及現場目擊證人各所在位置等資料一一繪出，使場景能夠依事實呈現。
- C、殘骸分布圖 (Wreckage Distribution Diagram)：主要功用為顯示飛機殘骸分布情形，分布圖無標準模式，能清晰描繪殘骸分布情形為主，重點如下：
- (A)飛機觸地及後續各撞擊點。

(B)航向及飛行軌跡。

(C)主要殘骸及組件位置；如發動機、螺旋槳、各操縱翼面、起落架、座艙、彈射椅及其他裝備等。

(D)螺旋槳或飛機撞擊地所造成之痕跡。

(E)殉職或受傷飛行人員位置。

(F)殘骸破片散布情形。

#### 4、蒐證：

證據可概分為人證與物證，分述如下：

##### (1) 人證 (Witness)：

A、專業人員 (Expert Type)。

B、目擊者 (Eye Witness)。

C、其他證人 (Other Witness)。

##### (2) 物證 (Material Evidence)：

A、飛機殘骸零件 (Parts)：包含飛機結構組件、動力配置系統、電氣、儀表、液壓、氧氣、空調系統、助航裝備、通信電子、彈射系統、燃油系統、滑油系統、液壓油系統及液體等。

B、失事現場位置 (Position)：證據須記載詳細失事地理位置、地貌 (如山、湖、坡地、濕滑地面、雪地等環境與天氣情形、分布圖及照片) 等。

C、文件紀錄 (Paper)：包含發動機、裝備補給、修護及相關法令、規定、指示、公告、飛行計畫、通話紀錄 (錄音抄件)、飛行員訓練紀錄、講評與日記等文件，應一併蒐集齊全。

#### 5、失事調查報告撰寫：

先由專業分組調查現場所蒐集之證物、證詞與事證，以及後續調查、測試及實驗結果；召集人再著手撰寫事實報告並於呈遞後，立即開始編寫分析報告；於各專業分組陸續完成分析報告後，主任委員整理各專業分組所報告重要事故分析、結論、建議等大綱，將全案調查報告可能須陳述大項摘要列出研討，並針對報告審查方式及參加人員等提出複審方向。

失事調查報告需團隊分工合作而成；為了讓團隊分工合作有效運作，團隊必須通盤瞭解總結報告要求事項，並善盡所擔負的專業分工如何與總結報告相容，在執行調查工作前就應該瞭解報告格式，否則自行其事結果是難以整合出一份前後呼應的報告，而任何飛機失事調查產品就是報告，無論撰寫的如何出色生動都不足以掩飾一個失敗調查，但一個失敗報告撰寫卻足以毀掉一個出色的調查，報告內容含括範圍如下：

- (1) 報告封面：內容包括報告種類、事故描述、航空器使用人或所有人、製造商、機型、註冊號碼、發生日期與地點及報告日期；另摘要報告：包括事故經過、調查結果、事故可能肇因、間接因素、飛安改善建議、失事調查機關與協同調

查代表及法源依據等，以下為報告本文內容事實資訊所含細目：

- A、飛機相關資料。
  - B、飛航相關記歷。
  - C、飛機損壞情況。
  - D、其他損壞。
  - E、人員資料。
  - F、人員傷亡情況。
  - G、天氣資料。
  - H、通訊內容及紀錄。
  - I、場站資料。
  - J、助航設施。
  - K、飛航紀錄器。
  - L、航空器殘骸及撞擊資料。
  - M、醫療及病理資料。
  - N、火災。
  - O、生還因素。
  - P、測試及研究。
  - Q、補充資料（組織與管理）。
  - R、有用或有效的調查技術。
  - S、概要：飛機失事通報、調查權責確認、合格的調查代表、調查機構、公布調查報告的權責、公布日期以及導致失事意外的簡要報告。
  - T、分析：針對事實資訊分析。
  - U、結論：研判失事可能肇因。
  - V、飛安改善建議。
  - W、附件：
    - (A) 機組員資料及紀錄。
    - (B) 飛航資料紀錄器記錄資料。
    - (C) 通訊記錄譯本。
    - (D) 相關的維修紀錄。
    - (E) 飛航計畫、重量及平衡資料。
    - (F) 手冊及技令上的相關頁次。
    - (G) 調查的技術及工程報告。
    - (H) 地圖及繪圖。
    - (I) 可公開的說明及證詞。
    - (J) 照片。
- (2) 報告品質控制：如果失事調查報告品質不足以支持結論與建議，這份報告很可

能會遭到拒收的命運，而且也無法發揮其預防再次發生類似失事意外的功能，調查員只是浪費時間，更遑論所投注於調查工作經費，如內容及邏輯有瑕疵，那遭受批評、質疑及攻擊聲浪是可預期，因此失事調查報告撰寫委員們，自接受任務至完成須時時警惕，以下所列為原則性考量：

- A、以讀者角度為考量：讀者沒有目擊現場實況，也可能缺乏專業知識背景，如果能以邏輯性及系統化的步驟來引導讀者，使讀者在閱讀完整報告後，預期讀者也能夠如同親身經歷調查過程一般。
  - B、自我審核報告：最佳的自我審核方法就是「逆向閱讀法」，由確認「飛安建議」開始，飛安建議是否符合「結論」內容？結論是否由「分析」結果所獲得？藉由分析是否根據失事調查所發現事實或調查員合理的專業推論來進行，最後一個審核步驟要確認沒有遺漏任何調查所發現的事實，否則一定引發爭議及質疑。
  - C、數據報告：數據報告格式因不同國家及調查機構而異，可能由調查員自行制定，以助於數據蒐集，也可能由電腦程式制定，以助於輸入電腦進行分析，有時候這類型的技術報告並不容易運用，須仰賴調查員數據蒐集能力以及資訊人員可以正確的輸入數據，使兩者相輔相成，在現今資訊科技發達的世界中，如要求蒐集飛機失事所有可能數據，基本上並不容易達成，所以經常須思考那些數據資料才是調查工作所需的，例如空中碰撞事件，蒐集發動機數據可說是浪費時間，過多無用數據反而妨礙未來分析工作。
- (3) 安全建議：安全建議是飛安失事調查後的積極行為然而一項安全建議用字是否合宜，對於安全建議事項的接受及執行狀況是具有關聯性的，調查結果及安全建議，應是要實際可行的，亦應注意執行工作人員實際改善能力及能夠查核執行程度。

## (二) 航空技術 (Technology)：

本課程以物理結構受力產生現象去探討失事調查方向，從殘骸中找出各結構受損情形，研判當時飛機可能撞擊的角度與姿態，並分析是否為飛機機械故障或人員操作不當，肇致飛機結構受損等，授課重點如后：

### 1、飛機結構調查：

主要調查是否與飛機或其組成件結構損壞有關，必須對全部殘骸及細微末節作澈底研究與判別，特別是機齡老舊飛機。由於金屬腐蝕問題及長期使用，其主要或次要結構體、接頭、配件及其他組合件極易產生材料疲乏或故障損壞，若非澈底調查，其真正原因不易發現，飛機因結構失效在飛行中解體與飛行員操作不當墜毀，兩者之間有時甚難區別，故在調查過程中，必須與其他資料核對，特別於初期階段、飛行歷程、氣象狀況、飛機性能、型別及操作時所受空氣負荷量等知識，將可協助決定失效之範圍，同時必須參考該機修護紀錄及使用經歷，參考飛機製造圖、同型號及同批之其他飛機，檢查結構零件、系統組合件修改及拆卸是

否與失事有關，對調查工作而言，重點在於針對失效零組件鑑識出失效原因，情形如后：

- (1) 應力超限：如果零組件上的作用力未超過原本設計所承受的應力，就會造成應力超限，其概略可以區分為飛行員不當操作、天氣及亂流所造成之應力超限。
- (2) 應力未超限：如果零組件上的作用力未超過原設計所承受的應力，卻仍然發生失效情形，其概略可區分為製造錯誤（零組件的製造未達原設計規格）、修護或改裝錯誤、部分零組件在進行修護或改裝，其產品壽限已經使其強度產生變化、承受負荷能力降低（經一段使用時期後金屬零件可能發生鏽蝕或因金屬疲勞發展為裂痕）。
- (3) 空氣動力應力超限：因空氣動力原因使一個完備的零組件因局部超過其設計應力，零組件就可能發生失效情況。

## 2、殘骸重建技術：

將全部殘骸破片用拼圖方法（Jig saw Puzzle）予以重新排列及組合，為調查結構失效、空中解體失事發生之順序；另空中起火火源追蹤，最有效的方法之一，殘骸重新組合之方法平面排列（Laid Out）及立體組合（3 Dimention），分述如下：

- (1) 平面排列（Laid Out）：由技術顧問及對該型機有經驗人員協助鑑定，確認殘骸破片應在位置，依機頭、機身、機尾、標誌及油漆等按部位排列，並將已解體變形之各殘骸零件重新拼組成原來形狀，但在技術上有其困難度。
- (2) 立體組合（3 Dimention）：飛機殘骸則可利用活動架支架及鋼纜等自屋樑上吊掛，或用鐵絲綁紮，將破碎殘骸定位於木架或粗孔鐵絲網上。
- (3) 飛機殘骸全部組合妥後，即可看出某一破損表皮之刮痕、皺紋或著火痕跡，在另一破片上亦有可相連之痕跡，此即表示該兩破片在破碎分離前，此一痕跡必已先行存在，如重新組合工作順利的話，除可查出表皮上痕跡，為由何物及自何處造成撞擊，自著火痕跡追蹤火源外，亦可查出飛機撞擊地面解體破裂時，各組件相互碰撞情形。
- (4) 進行殘骸重新組合時，應參考飛機修護或結構改裝之經歷：
  - A、由於機齡老舊，許多飛機構架及表皮歷經修補或改裝，如所用材料或修護品質欠佳，則可能影響結構強度及飛機重心，而改變飛行特性，造成結構失效因素，故由已知改裝紀錄，於檢查殘骸時，應特別檢查曾經改裝部位。
  - B、核對操縱面限度與該型機規定限度，如超越操縱面動作範圍時，可能使飛機於高速飛行動作時承受過大的應力。
  - C、檢查時，應檢查操縱面所有配重或其他平衡裝置，因平衡裝置在飛行中喪失、安裝不當或裝配不均，均可能導致震動，進而影響飛機結構強度，曾經有結構失效之失事事件，原因為配重裝置不當。

## 3、飛機結構失效調查項目：

- (1) 研判各種非撞地損壞部分所形成破損斷裂之可能原因。

- (2) 研判飛機載重與重心。
- (3) 核對該機實際載重物重量及固定方法是否與技令規定符合。
- (4) 檢查起落架與機艙位置與情況及其操縱手柄位置，是否有故障或失效之跡象。
- (5) 檢查各操縱翼面與配平絞鏈及結構。
- (6) 檢查配平使用位置。
- (7) 設法找到並縝密檢查操縱面與配平鋼繩、滑輪及連桿轉矩管等，是否有卡位、折斷或連接不當、碰擦或其他缺點。
- (8) 座艙與發動機滅火機曾否使用。
- (9) 儘可能實施殘骸重組，研判飛機解體順序。
- (10) 儘可能尋覓遺失機件，特別是無法在現場尋獲之操縱翼面，或主要組件。
- (11) 記下座艙內各操縱手柄位置，並攝取照片，如疑為撞地衝擊力而造成之操縱柄不正常之指示位置，應加以說明。
- (12) 檢查各電路斷電器與開關位置與情況。
- (13) 檢查氧氣系、氧氣瓶、管路接頭及調節器等情況，是否有異常或缺氧現象。
- (14) 檢查除冰系統。
- (15) 檢查座艙壁及地板情況，有無空中爆炸可能，如有空中爆炸跡象，艙壁及地板將遺有爆破痕跡。
- (16) 檢查風擋、側窗玻璃有否裂痕。
- (17) 檢查有無空中鳥擊跡象。

#### 4、常見失效情形：

飛機結構組合件金屬材料斷裂時，由於其所受負荷不同，而呈現出各種不同特性（如彎曲、壓縮、拉伸、剪切及扭轉等），說明如后：

- (1) 彎曲失效：材料彎曲損壞，通常均由拉伸應力與壓縮力之合力所造成，在分析一項純粹彎曲損壞時，應注意金屬裂紋橫切面上所承受的軸應力，如該金屬橫斷面上的材料穩定性夠大，不致於因壓力而發生翹曲變形時，則損壞是由拉伸應力所造成，在這種情況之下，如該金屬結構件係鋼脆性材料，則其斷裂發生是以拋物線方式進行，斷面與主要拉伸應力方向呈垂直狀。
- (2) 壓縮損壞：壓縮應力所造成各種材料損壞，在本質上與結構件穩定性有關，各種金屬結構件中，其材料所能承受壓縮應力各種限度通常很難達到，因此在結構件中焊接及壓縮部分，因壓（應）力而造成的損壞不易顯現，如壓縮應力超過材料負荷限度，各種不同性質材料，將產生不同之失效特徵。
- (3) 拉伸失效：分析拉伸應力所造成各種失效損壞，必須考慮金屬材料可延展性與鋼脆性，因二者所顯示之失效型態截然不同：

A、中度可延展性圓形材料受拉伸應力失效時，其斷痕成杯形，邊緣成 45°光滑切面，有縮小及內傾現象，中心斷痕則成拉伸型態，因材料結構與受力因素影響，斷痕邊緣時為垛狀缺口。

- B、高度可延展性材料受拉伸應力失效損壞時，斷痕可區分 2 部分，其一呈粗糙粒狀拉伸型態區，另一部分則呈現出 45°光滑之剪切型態面。
- C、鋼脆性圓形材料受拉伸應力失效時，其斷痕平整，且必然與拉伸應力方向成垂直，甚少有變形與歪斜之斷裂面，在飛機結構件中，純粹鋼脆之金屬可能不多，典型的鋼脆材料靜態超負荷所造成拉伸應力失效，其斷面四周常具有極細小 45°切面，在顯微鏡下，斷痕出現排列整齊窩型旋紋。
- (4) 剪切失效：分析剪切應力所造成各種材料損壞，必須瞭解金屬材料所具有之機械性質及雙向剪切應力對角線上發生之壓縮應力，當剪切力加諸於可延展性金屬件而發生損壞時，其斷面光滑且在斷面後有延伸情形，如屬鋼脆材料，則斷面後緣將出現 45°粗糙之拉伸型態裂口，此乃剪切應對角線上發生拉伸應力的結果，無論可延展性或鋼脆性材料受檢應力失效時，其受力前緣均呈現明亮半月型剪痕，此為典型剪切失效特徵。
- (5) 扭轉損壞：金屬材料受扭轉應力損壞，亦因材料本身不同性質而分別呈現不同之斷面特徵，簡介如后：
- A、可延展性金屬材料受扭轉應力損壞時，斷面光滑平整，具有剪切型態及不甚明顯之同心圓圈，此顯示損壞係由外而內，同時在材料軸心部位，呈現因扭力而造成螺旋型突出斷痕。
- B、鋼脆性金屬材料在受扭轉應力損壞時，其除斷面粗糙具 45°拉伸型態，斷痕有旋轉痕跡。
- C、中空圓柱受扭轉應力損害時，與受彎曲應力損壞特徵十分近似，且同樣具有 45°拉伸失效特徵，其不同點為斷面具有旋轉痕跡，但無彎曲變形現象。
- (6) 金屬疲勞損壞：通常係因機械經長時間承受往復或週期性負荷力，使其局部受力處產生塑性硬化，首先在金屬切面轉換處產生裂紋（切面轉換處如：孔口、螺紋、齒槽、工具刻痕、刮傷點及鏽蝕麻點等），此等切面轉換處由於應力集中，故極易產生疲勞裂紋，當機件繼續承受往復負荷力，疲勞裂紋區亦逐漸擴大，相對地機件受力部位逐漸縮減，應力則更為集中，如此因循惡化，超過其能承受之最大應力時，該機件則瞬間折斷。

### (三) 航空醫學 (Medical) :

飛機失事有兩種主因，即人因過失與機械故障，在失事案例中，人員過失所佔百分率遠較機械故障高，而人員過失可區分為飛行員、其他空勤組員、修維護人員及督導人員因素等，其中飛行員因素佔人員過失大部分比例；許多失事，係為人員未配合裝備操作規定要求，此因素可能為身體、生理、心理或三者兼具，其各別原因，必須予以發掘、分析及研判，並製作客觀而完整報告，所需人員及步驟概述如后：

#### 1、航空醫學調查員：

航空醫學調查員執行工作與其他調查員都是由蒐集資訊開始，但是所著重的資訊內容不同，其來源如后：

- (1) 失事殘骸現場。
- (2) 人體殘骸。
- (3) 目擊者證詞。
- (4) 生還者證詞。
- (5) 生還者檢驗報告。
- (6) 座艙人員家族病史。
- (7) 個人病史及醫療紀錄。

#### 2、初步醫學調查：

初步醫學調查工作由最早抵達失事現場醫護人員執行，通常是當地醫院或消防單位，但首要工作是搶救人員生命並非失事調查，而且行動可能影響後續調查工作進行。當失事現場發生在機場或附近，緊急應變單位及計畫可以快速反應處置，如失事現場為市區或市區附近，也可獲得相對快速處置，但如發生在偏遠地區，初步醫學快速回應的可能性就很低。

#### 3、法醫與醫療檢驗人員：

法醫處理罹難者人體殘骸的法定權責應非常明確，無論法醫是否曾經抵達飛機失事現場，法醫必須負責對罹難者出具死亡證明，他們的專業及經驗可以明確判斷死亡原因者，而大多數國家是由法醫視情況決定，可能認為不需要進行解剖，但因失事現場環境背景因素或其他證據遺留在罹難者人體殘骸上，而重大飛機失事可能有非常多罹難者，除了使用冰櫃保存人體殘骸外，還需要向其他醫療機構請求援助，因為無論是 DNA 檢驗或是進行解剖，都需要大量人力及時間。

#### 4、人體遺骸鑑識：

身分鑑別及認屍工作宜全由法醫負責，法醫區分為兩組，一組尋找屍體特徵並記錄，另一組蒐集死者背景資料，兩組資料核對無誤後，才能確認死者身分發交家屬領回，而鑑識工作由失事現場的人體及殘骸位置標示為起點，繪製發現位置圖並標示說明所見相關資訊，建立一標示及編號系統配合繪製發現位置圖，所有失事調查員都可能參與這項工作。

## 5、調查員安全防護：

航空醫學調查員及飛安委員會調查官執行飛機失事調查時，曝露存有「病（血）媒」的風險環境下，最常見的就是人體免疫缺陷病毒及肝炎病毒，除應知道其特性外、調查員還需要知道其感染途徑及去污染方法，保護自己並加以防護，避免於執行調查過程中遭受感染，影響自身安全及後續工作，穿著層級防護衣須依不同失事現場而調整，以確保自身安全，層級防護衣分類如后：

- (1) 一級防護衣物：安全帽、連身工作服層級防護衣、綁腿及工作鞋等，以預防飛機殘骸尖銳金屬碰撞、割劃及穿刺等傷害。
- (2) 二級防護衣物：連身帽式防水工作服、防水鞋、眼罩及口罩等，預防人體殘骸之病（血）媒感染，並在離開現場後立即予以銷毀拋棄，依美方職業安全與健康標準提供調查現場調查員安全標準，人員須先鑑識現場危險性及程度，建立進出點以便管制，現場調查員應使用個人保護設備，並且律定進食、飲水及吸煙等規則，離開後防護裝備就予以銷毀或拋棄，所有攜入現場的裝備都應妥善保護(如照相機)，確遵安全考量需要，妥善準備及實施前置訓練。

## 6、遺體解剖：

飛機失事調查人員可由解剖獲得相當參考資訊，而航空醫學調查員及飛安委員會調查官也須提供相關資訊以協助解剖工作進行，且可能對失事案件調查發揮關鍵性作用。

## 7、生還機組員：

一般重點置於基本身體檢查、酒精、藥物及毒品測試合法性，除個人病史、失事前個人 72 小時活動情形、飲食、休息、睡眠、飛行時間及身體狀況等外，還須注意其壓力、安定性、反應、家庭狀況及財務狀況等；另飛行紀錄包括之前有無意外事件紀錄、同儕評語、能力、職務升遷及人際關係等，均列入調查範圍。

## (四) 安全管理系統（Aviation Safety Management Systems）：

安全管理系統課程主要介紹管理系統架構，提醒學員事件調查時，須注意事件造成潛在因素及應注意安全管理系統運作情況，其目的為辨識並減緩風險，避免造成意外事件，事實上與調查目標相同，講師以字母大小來解說系統演變過程，如圖示：

$$S_{MS} \longrightarrow sMs$$

說明目前管理才是重點，將安全工作融入各單位日常管理作業，才是成功的安全管理系統，課堂上針對危險（Hazarads）與風險（Risk）亦有明確定義如下：

- 1、危險（Hazarads）：危險是指一種沒有損害或受傷環境、動作或背景，但存在著

損害或受傷的因素。

- 2、風險（Risk）：指一事件執行時可能發生嚴重狀況，講師也將危險識別、風險分析評估及減緩措施，以環環相扣相互運行的三個齒輪，來形容成功的安全管理系統就是這三個相輔相成結果，如下圖所示：



#### （五）事件調查訪談（Interviews）：

訪談目的是取得資訊，不是責備、讚許或令人難堪，事先安排訪談問題，要有時間或邏輯關係，訪談者 2 要素為擅於聆聽、思維有組織，並從過去訪談錄音帶、錄影帶或訪談紀錄不斷改善，聆聽才能獲得對方信任，才能知道對方說話誠意，思維有組織才能依對方回答找到重點，進行圓滿的訪談，重點如后：

##### 1、訪談技術：

訪談技術則是實務經驗實證，證人訪談過程中，常有同樣一個證人，不同的訪談者，其結果差異可能甚大，因此訪談者應學習如何進行訪談，經過適當訪談技術訓練與事前準備，方能喚醒證人記憶，但是記憶本身就是會受到個人經驗、事件特性及發生時間影響，所以訪談應越早越好。

##### 2、訪談原則：

先讓證人知道「你是我們重要的證人，你的資訊能提供我們很多線索幫助調查」及「這樣的訪談對飛安改善有莫大的幫助，但是我們無法給你任何承諾」等（例如：我們不會讓你的姓名留在紀錄上；你儘管說我們是以改善飛安為目的、你的說詞不會讓你失去工作），訪談時不要去迎合或反對對方說辭，以避免對方可能會因此見風轉舵，影響到整體事實陳述。

##### 3、證人：

係指所有與失事事件相關之人員，證人可能是親歷其事而逃生飛行人員、負責維護之修護人員、補給油料、氧氣之地勤人員、空中、地面飛航管制人員、任務派遣人員及作業系統無關但親眼目睹或聽到全部（部分）失事經過人員，為探討某些系統運作詳情而邀請某些專業權威人士提供學理上之意見或說明時，亦得視為

證人，人類記憶將隨時間消逝而淡化，故失事後愈早進行訪問，所獲之資料愈為完整，而調查人員應避免先入為主觀念，某些表面上無關緊要之訊息，與其他證據相印證時，往往成為調查關鍵所在。

#### 4、證人之尋找：

- (1) 尋找證人不應局限於失事現場，通常循飛行路線可發現重要證人。
- (2) 應從不同角度多方面去尋找證人，凡與失事有關人員均應訪談。
- (3) 失事發生當時情況，藉由尋找經過現場其他飛機機組員或搭機乘客，對確定失事當時實際天氣狀況有實質幫助，甚至可能目擊失事過程。
- (4) 現場目睹人或沿飛行路徑找到目擊者，對飛機冒煙、起火、發動機故障、低空飛行、不正常特技飛行、結構失效或操縱失效等，可提供有價值證詞。

#### 5、證人之證詞（Witness Statement）：

- (1) 飛機失事調查工作初步手續之一，為必先獲取證人之證詞，俾瞭解失事概況，劃定調查範圍。
- (2) 證詞須列入報告做為實際證據，因此必須聽取多人證詞，俾能相互印證比較，求得真實證據，此點在各種證人各有不同時尤其重要，不論取得多少人證詞，僅可採信能證明報告中所列事證詞。
- (3) 無航空經驗的證人，描述其所目睹的飛機動作常會力不從心，調查人員宜用一具與失事機型同型之飛機模型幫助其表達所見飛機當時情形與動作，此法即使在具有航空經驗的證人，於描述空中動作或互撞事件時，亦為重要。

#### 6、證人可靠性：

- (1) 審定證人可靠性與聽取其證詞同等重要，調查人員應先詢問其姓名、職業及有無航空經驗並予記錄，軍職人員應記錄其姓名、階級、職務及隸屬單位。
- (2) 調查人員詢問證人後，可在證人簽名欄下方簽註對證詞可靠度之意見，並確認相信或不完全相信證人所提資料之理由。

#### 7、應向證人詢問資料：要求證人回到目擊失事過程地點，模擬敘述所見實況，常用之方法如后：

- (1) 事件發生之時間。
- (2) 首先引領證人回憶飛機飛行姿態、火、煙及聲音等。
- (3) 當地天氣，特別是當時風向、風速、能見度、雨、雪、雹、雷電及氣溫等。
- (4) 當時空中有無其他飛機？如有飛機則詢問與失事機關係情形。
- (5) 當時看或聽到該失事機在臨近空中（或撞地時）情形，如高度、方向、姿態、任何不正常動作或不正常聲音。
- (6) 失事飛行員遺體與失事飛機關係位置，是否使用彈射座椅、降落傘或其他緊急裝備的現象？
- (7) 是否發生空中解體？
- (8) 有無看見信號彈或發光物？

- (9) 是否看見有人自飛機殘骸或失事現場取走任何東西？如發現有可疑人員，則詢問為何人。
- (10) 空中或撞地後起火（火焰或爆炸大小、顏色及起火點之部位）。
- (11) 看到自飛機掉下任何物體形狀。
- (12) 詢問附近是否有其他證人及其姓名與住址。

8、證詞紀錄：記錄證人所提供證詞，應逐字當場記錄，最常用記錄方法如后：

- (1) 請證人自寫證詞並簽字。
- (2) 證人口述由調查人員筆錄證詞後，由證人簽字備查。
- (3) 錄音須先取得同意。
- (4) 如證人為文盲或不願錄音，可由調查人員代為寫下證詞並予簽署「此項證詞由某人口述，筆錄並簽字」。
- (5) 如證人能畫簡圖或利用照片說明所見情況，則應採畫圖或利用照片說明，此等圖片應列為證物並予以編號，註明於證詞中。

9、蒐集證詞原則：

- (1) 所有證詞須加以證實，故須由不同場所尋找證人，比較各種不同陳述，以探求並剔除不正確資料，證詞與失事現場證據亦應予以比較印證。
- (2) 證人證詞必須於失事發生後儘快獲得，因時間較久後，證人可能誇大證詞或記憶模糊，使證詞不完整。
- (3) 許多證人易受影響，在聽取他人陳述或意見後，而改變其先前之陳述，故證詞須予錄音或筆錄並簽字。
- (4) 為預防傷害、財物損失或與失事有關證人證詞可能不正確，在作證前應予解釋調查目的乃確定有關失事一切因素，防止類似失事再度發生，其證詞不至用於紀律處分或涉及金錢、責任及職務調整處罰。
- (5) 如證人在進一步思考後，願意提供額外之資料，應鼓勵其補充原來證詞，惟補充資料應予另外記錄，不得用於修改原有陳述內容。
- (6) 關於失事各種所見事實，應給予證人陳述完全自由，對答案有暗示性之問題或插言導致重要細節省略，均應予避免。
- (7) 理想化情況是將各種不同證人做隔離詢問，避免多人商量，證詞受相互影響。
- (8) 有航空經驗人員證詞極易加入個人不成熟之主觀意見，應予以注意。

10、證詞詢問技術：詢問證詞重點是讓證人願意說，再適時引導，事實上運用非問句方式可能是很有效的方式，例如覆誦所說內容，除可印證外，更有助於證人回想再進行補充說明。

(1) 詢問內容：

- A、發問問題因人而異，先自我介紹說明訪談詢問重點及相關的責任義務，儘量減低證人不安情緒。
- B、問題優先順序先以一般性問題為主（如：請告訴我們你看到什麼？請告訴我

們你所能記得的過程或請多說明這一點等)。

C、避免暗示性詢問(如：發動機轉速是否為每分鐘 80%)。

D、避免不明確的詢問(如：是否看到飛機上有無任何燈光?)。

- (2) 運用機智、圓滑詢問技巧，鼓勵證人主動並樂意提供證詞。
- (3) 筆錄證詞必須逐字句記錄，不可放過任何細節。
- (4) 證詞錄音時，應解釋其證詞不須負法律責任。
- (5) 以 2 人為 1 組作證詞詢問最為適宜，由一人詢問，另一人筆記或錄音。
- (6) 問題要簡明扼要、口齒清晰，非問句方式可能是很有效的方式。
- (7) 方言表達能力有助取得證詞。

#### 11、影響詢問因素：

- (1) 人類記憶力有限，無法完整回憶其經歷事件，且因個人注意力集中角度各異，所提供陳述亦有不同。
- (2) 除上述先天性記憶問題外，調查詢問時應注意各種其他因素亦可能影響證人記憶力。
- (3) 調查人員應依上述因素明辨受訪人是否不願意或根本無法提供正確調查資料，其中分野甚大，受訪者確實無法回憶當時情況時，一再追問亦屬徒然，若受訪者係因某種原因不願說明實情時，調查人員應運用各種技巧爭取合作，且必須確認其資料是否真實無偽，證人訪談詢問可能是進行失事調查工作中最重要的項目，如須分組務必事先計畫如何進行及詢問調查內容，如果需要搭配組員共同執行，應挑選有經驗或是極具親和力的組員，儘速找到證人取得證詞，且需有心理準備、新問題及新疑點，於再次訪談及詢問證人時，隨時接受新證詞的出現。

#### (六) 航機系統 (Systems)：

現代航空機載設備具有多樣性和複雜性，系統調查工作日趨困難，由於所有系統及其操作都可與三個基本領域相關聯，因此調查人員必須對液壓，電力/電子和氣動裝備有良好的本職學識，以充分推展和分析現有事實，課程介紹主要調查系統項目為液壓、電氣、座艙加壓、空調、防冰系統、指示儀表、中央數據計算機、飛行監控、失速改正警告、無線電通信、導航系統、自動駕駛系統、火警探測、保護系統、氧氣系統及相關動力系統，分述說明如后：

##### 1、電氣系統 (Electric systems)：

管制通信紀錄通常將電子系統調查提供初步指導信息，可以參閱飛機修護手冊共同研析，變壓整流器、應急電力設備、電氣布線、斷路器、保險絲、連接器及集束線路，這些項目應在調查模擬操作期間獲得優先考慮，以進行詳細評估。

##### 2、液壓系統 (Hydraulic systems)：

現代飛機液壓系統對飛航而言極為重要，大多數大型飛機至少有兩個獨立的液壓系統，這些控制系統通常具有單獨的液壓儲存器與加壓泵，提供飛行控制致動器

或所謂的雙重致動器，大部分設計成串聯或併聯作用，在液壓系方面彼此獨立，在液壓系統故障，受影響控制組件具有進入旁路的集成控制閥系統，調查應儘可能從多方面的來源獲得液壓流體樣品，例如儲存器、過濾器、致動器和被尋獲的管線部分，確保採樣期間沒有發生污染，最好是被封蓋並送到實驗室組件中取出的樣品，嘗試運用壓力表分析所得實品，警告面板等來確定衝擊時的系統壓力，記錄所有與系統操作相關之讀數，例如輔助設備，多種顯示模式，正常操作和備份系統中系統壓力變化，如果可以確定整體系統正常運行，則調查員可以專注於單個組件而不是整個系統。

### 3、空調系統（Pressurization systems）：

空調系統包括壓縮機、冷凝器、蒸發器、空氣循環機、冷卻渦輪、渦輪壓縮機、水分離器與熱交換器，所有閥位及狀況應記錄在案，並與駕駛艙控制電門位置相符，調查員應檢查空氣循環機和渦輪壓縮機運轉情況確認故障來源證據，並檢查軸承、渦輪以及這些項目的連接狀況是否按規定執行潤滑。

### 4、防冰（水）系統（Ice and rain protection systems）：

防冰系統用於發動機、動靜壓探測管路、機翼及尾翼等各操縱面，其位置應記錄在案，並與駕駛艙控制設置相關，尤其是當懷疑有結冰情況（天氣報告、現場觀察或是飛行員報告）應檢查機翼防冰管道是否有故障或接頭鬆動跡象，這可能導致熱空氣被導向線束，流體管線與其他組成件可能由於過熱而導致故障或曾因加熱空氣燒損電氣布線絕緣紀錄。

### 5、儀表系統（Instrument systems）：

所有儀器皆應該被復原並嘗試判讀，將其讀數與狀況記錄，並檢查其餘連接儀表板處，壓力儀表軟管是否滲漏或連接不良跡象，電氣連接線束應檢查是否鬆動、接觸不良、短路、過熱或裂紋絕緣，依照飛機修維護手冊比對相關儀表交流電與直流電系路，以研判哪些儀表在撞擊前是否仍通電，讀數是否可靠，有幾種方法可用於確定在發生撞擊或失去電力時儀器讀數：

- (1) 事故現場所呈現讀數。
- (2) 用顯微鏡檢查衝擊時錶盤和指針的痕跡。
- (3) 比對齒輪的內部檢查與撞擊標記或捕獲的證據。
- (4) 同步電子數位訊號。

### 6、導航系統（Navigation systems）：

對座艙殘骸建檔時，應將頻率選擇器面板進行檢查所調頻率（尤其是進場階段的事務航機），這些頻率應與該地區的無線電設施相關；另外檢查選擇器面板和音頻選擇器面板上的音量控制旋鈕位置，以確定設備上設定的音量，用於通信和導航無線電設備並在兩個指示器上讀取頻率來目視檢查以確定預先選定的頻率。

### 7、飛行操縱系統（Flight control systems）：

各類飛機的飛行控制系統有顯著差異，主要區分為機械飛行控制系統、液壓機械

系統和線傳飛控（Fly-by wire）系統等三個系統，所有飛行控制系統控制關於飛機的縱、橫向和垂直軸線運動，飛行控制表面可以分為主要和次要（輔助）控制面兩大部分，主控制飛操面和輔助控制飛操面進行控制和致動，包括制動器、絞鏈、支架、曲拐、推拉管、拉桿、電纜、滑輪、平衡重及錘重。

#### （七）人因（Human Factor）：

課程內容主要針對民航運輸飛行安全管理工作而規劃設計，藉由美籍教授課堂講授飛安案例研究及分組討論等方式，學習美方航空安全管理機制，深耕學員航空安全管理概念及養成飛安管理共識，並與國際飛安整體觀念接軌，相互分享飛安知識與經驗，擴展國際視野，以達提升飛安訓練成效，塑造優質飛安管理文化。

##### 1、航空安全中人機介面的人因工程：

人因工程由波蘭科學家 W.Jastrzebowski 於 1857 年首先創用” Ergonomic” 這個名詞以來，人因工程（坊間有很多專家學者以 Ergonomics、human factors engineering 或 work sciences 等詞彙，其實都可以視為同義詞）逐漸成為心理學的應用領域之一，因為人因工程研究者經常要透過觀察與測量人的動作、行為反應，來推測環境刺激對人的影響，進而設計環境，使環境能適合人的習性運動，提升生產力與機器效能。

##### 2、座艙資源管理 CRM（Cockpit Resource Management）：

人因（Human factors）是一個跨學科的複合領域，旨在提升人類績效，並減少人為錯誤。其領域涵蓋了行為與社會科學、工程學及生理學，而由人因觀點探討飛航安全之 CRM，針對組員資源管理訓練課程在其後發展與演變，FAA 特別在法規中做了一致性規範與說明，以解決航空業界在實際使用上對 CRM 名稱所產生的混淆。首先在 1989 年 FAA 發布公告中（AC120-51A），受訓對象為航空器駕駛員。其乃根據傳統管理觀念所發展出理論，以心理學方式為根基並著重在個人風格與人際技巧的訓練，期望藉此改正不適任人員。人為疏失（Human Error）在所有航空事件與失事原因中所佔比例在 60%至 80%之間。傳統飛行員訓練重點在於飛行技術層面、偏重於個人表現，卻很少提及在飛航安全中同樣重要的組員管理問題。NASA 長期研究顯示，這些事件具有共同特徵。在一個多組員座艙中，飛航組員所遭遇的問題，通常和操作方面技術問題無關；相反的，通常和不良團體決策、無效溝通、不當領導及作業或資源管理不當等問題有關，分析如下：

##### （1）組員監控及交互檢查：

研究發現，許多失事及意外的發生，乃源於組員監控及交互檢查不確實，而嚴重影響飛航安全。因此，為確保高標準飛安，所有飛航組員必須嚴密監控航機飛行軌跡及系統運作，並積極地交互檢查另一組員動作。有效監控及交互檢查有可能是失事預防的最後一道防線，失事案件往往由一連串的錯誤所導致，若能及時偵測出其中一項錯誤並加以改正，便能將失事消弭於無形。此一監控功能在飛航全程是不可或缺，尤其在進場及落地階段的操控下撞地（CFIT）事

故仍然層出不窮，特別顯示出監控的重要性。

## (2) 疏失管理：

人非聖賢孰能無過，因此，只要是就會犯錯，讓每位同仁及主管瞭解疏失特性及管理方法，並在法規制度及執行技術上能建立一非為懲罰而懲罰的作業環境。儘管周遭環境再惡劣、急迫，壓力再大，藉著對自己行為特質的瞭解，並運用周遭可用資源，以即時有效發揮及運用其領導統御技巧與專業飛航知識，來達成安全與高效率的飛航任務，建造一和諧工作團隊。在飛行中飛行員常被迫切要做許多不同類型的決策，但都是不同備案之間做選擇，有些是直截了當的變通方法，就如放棄起飛或繼續起飛，有些決策則需要飛行員針對不明問題想出創造性的解決方案。

## 3、航空安全中的人因:

### (1) 什麼是人因（Human Factors）：

人類對於其生活、工作及活動的環境間互動，以及環境中各項事物對人類的影響，所產生一連串失誤及事故發生，基本上大部分皆為人的行為造成，此現象通稱為人因。人因是一個跨學科的複合領域，其宗旨在提升工作績效，並減少人為錯誤。該領域涵蓋行為與社會科學、工程學以及生理學。這門應用科學所研究的主題是人與人之間、以及人與機器之間語調，對象則包括個人與團隊，眾所皆知，不當系統設計或操作訓練，會導致個人的人為錯誤，進而降低系統績效。此外，組員作業（Crew Tasks）不當設計與管理，則會導致團體錯誤並進而降低系統績效。

### (2) 人因對於飛安影響：

航空安全領域中，波音公司曾針對人因問題著手研究探討過，當一個飛安事故發生是由一連串的失誤環節串連而成，因此，失事的預防就在於辨識是哪些因素構成，並設法除去其中的誤失。將其事件發生的責任歸屬加以清楚區分，並提出應採的適當措施，以期能打斷失誤串連，從而防止事故發生，這也是波音公司飛安的基本理念——從預防觀點切入飛安。

### (3) Swiss Cheese Model 所表達的概念：

A、事故的發生，是一連串防線失效結果。

B、不安全的動作（Unsafe Acts）雖然是最後一道錯誤，然而以系統面而言，系統預防的機制必有疏漏之處（Pre-condition for unsafe acts）。

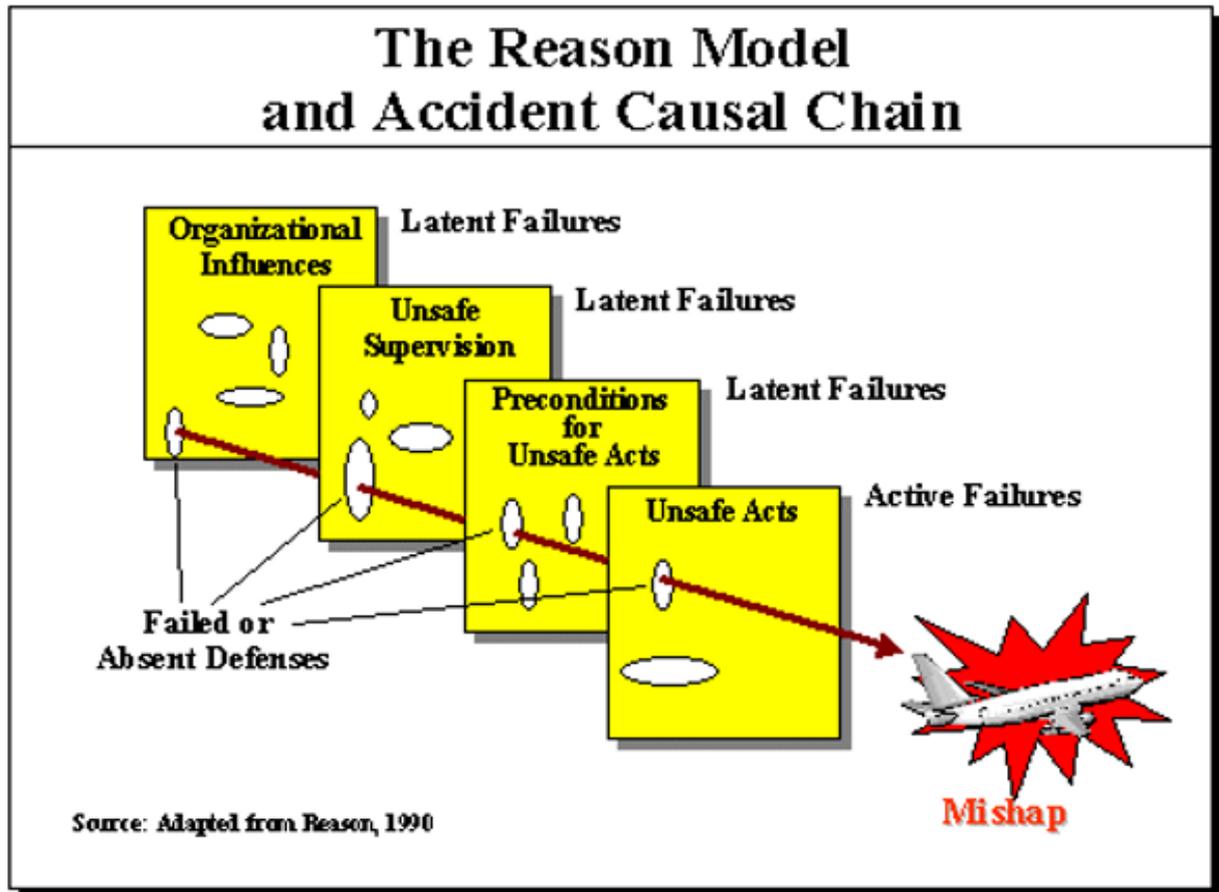
C、常常我們在事故之後都是檢討第一線飛行員的顯性失誤（Active failure），而忽略了背後潛在失誤（Latent Failure）因素。也就是一個事故的發生，通常有很多道安全防護機制失效，造成 Latent Failure。這樣的論點並不是在幫飛行員推卸責任飛行員維護安全的責任當然是責無旁貸；而在一個事故發生之後，必須要全面檢討各項可能因素，以期能更完備的預防事故再次發生。

D、可能組織中任何一個安全機制失效，對系統都會有顯著影響，Swiss Cheese

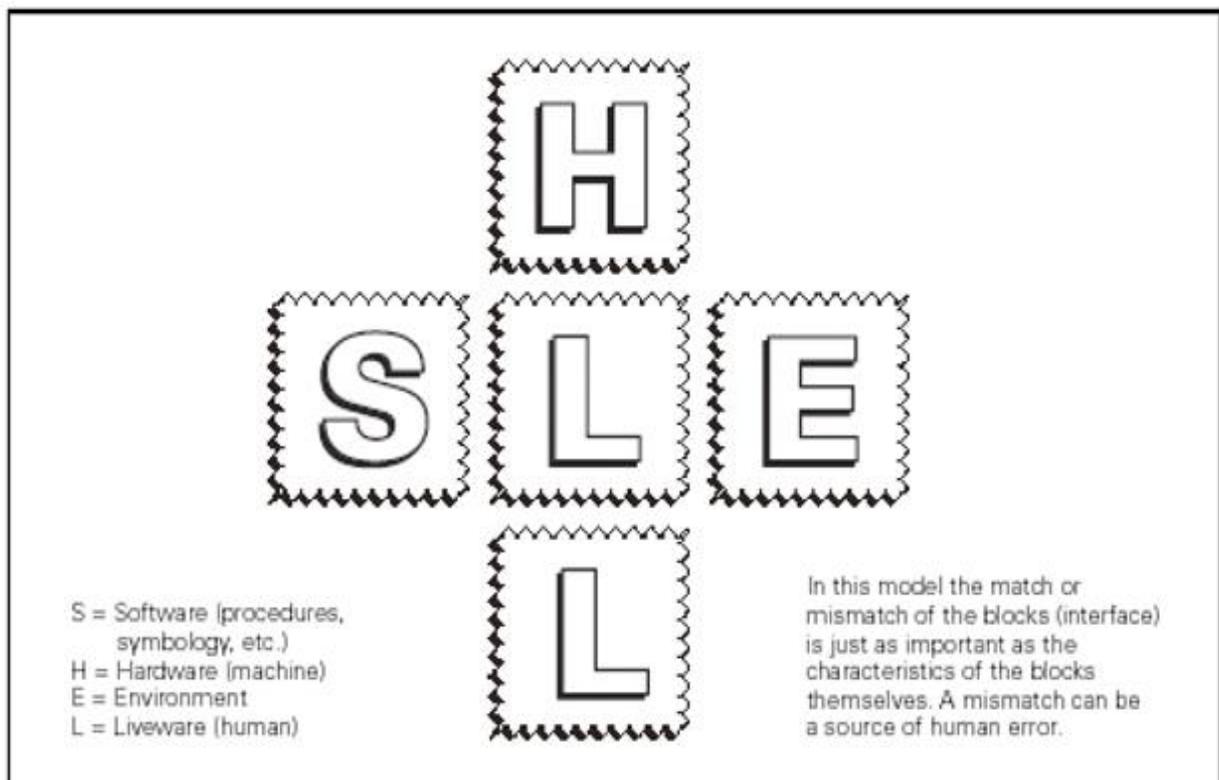
Model 可以是多層次的，不見得一定只有這四片，這四片中間仍有許多空隙（safety gap）存在。

(4) SHELL 模型因應理論：

飛航安全個體層面應用模型理論以 Edwards (1972) SHELL 模型為代表，該模式著重探討人與人 (Liveware)、人與軟體 (Software)、硬體 (Hardware)、環境 (Environment) 間的互動關係，其人、機、軟體及環境互動關係對飛航安全具有重要的影響，因此 SHELL 模型分析對於硬體、軟體及環境間介面上問題，較易控制在飛航安全界限內，唯對「人」的因素不易掌控及事先預防，現行各家航空公司為降低「人」為因素問題發生，常以訓練及再教育為主要預防因應作法，其中以 CRM (Crew Resource Management) 為主要訓練，落實飛安是航空體系共同的責任，而非單一歸咎於職場第一線人員的人為失誤，因而在新的管理模式中，係由「個人」人為失誤為主觀點，轉變為潛伏「組織行為 (集體)」為主的失誤觀點。



(SHELL) 模型



(八) 殘骸實驗室 (Aircraft Crash Laboratory) :

藉由 Malibu、MU-2B-60、Bonanza 三起失事殘骸，練習蒐證、拍照、分析失事原因。失事時是否空中解體、起火、起落架、飛操面狀態、儀錶指示、撞地時飛機之姿態等皆為觀察重點，藉由實驗室內現場殘骸，以分組方式執行案例實習研究調查。利用課堂所學航空技術 (technology) 及航機系統 (Systems) 進行殘骸結構與裝備系統深度調查，並在課後由各組提報調查判斷結果，最後由講師講解實際狀況，達到學習效益。

(九) 案例實習 (Case Study) :

案例研析主要為訓期第一週及第二週各一天，分組至研究室實際觀察飛機殘骸，以美國俄亥俄州 2010 年 1 月 18 日伊利里亞城市 (Elyria) 一架三菱 Mitsubishi MU-2B-60，雙引擎客機失事案例為練習題目，先不公開失事原因，要求班上學員組織為一調查團，採分組方式實施練習，分組有飛行小組、機務小組、公關組，各組以兩週內所學加以運用，將所見內容逐一記錄，並報告給各組組長，組長在綜整資料回報給主任調查官 IIC (Investigator In Charge)，由主任調查官擬撰報告，模擬美國 NTSB 進行審查，確認調查無誤，再由講師公布結果，並指導應注意事項。

#### 肆、學習心得:

課堂上每位學員均樂於表達自己的看法，分享自身經驗，雖然部分人員語言非英語系母語國家，但彼此都耐心聽取別人的意見，確實瞭解別人所要表達的意見，不會認為他人意見不正確而糾正，相對也不會認為自己意見才是對的，而授課講師更不會評論每個人意見，反而會認真看待每個人意見想法，讓提出意見或表達看法藉由大家討論，因為各國環境及民風不同，所以答案也沒有對與錯，只有藉分析後的答案達到大家共識。參訓心得如后：

- 一、南加大為私立大學，其相關航空安全管理與失事調查研究成立為美國最早的單位，故不論經驗與理論均有高度的水準，講師及課程安排都是以實務經驗結合學識理論來講授，其觀念與方法可增進參訓人員飛安專業本職學能，並藉調查內容加強飛安預防不足，可有效提升整體「飛行安全」。
- 二、美南加大失事調查訓練班講師相當重視以實務經驗結合學識理論的教學方式，藉由實際運作增進參訓人員調查能力，可供本軍飛安教育教學方式參考。
- 三、課堂上每位學員都會有自己的看法，且尊重他人意見，不會認為自己的意見不成熟，指導老師對大家提出意見都能慎重以對，誘導學員舉一反三，讓受訓學員願意再次發表個人看法，並共同研討以求精進，達到團隊精神訓練目標。
- 四、本次課程藉由航空失事調查，以學術性理論，提供飛機失事調查一個正確觀念及方法，進而探討飛安管理有無疏漏，航空器失事原因主要分成人因、環境及機械等三大因素，其中「人因」可以藉諸般手段加以預防，而失事調查目的乃是確實發掘問題根本，進而對人員實施教育，但不可為了預防而訂定過多不切實際的預防工作，進而造成人員疲乏，各國學員也均表認同，而良好飛安觀念的建立，應由上到下共同遵守所制定各項規定，不可有「一言堂」（Boss Say）之階級觀念，講究科學及事證，才能持續建立正確組織飛安文化。

#### 伍、建議事項：

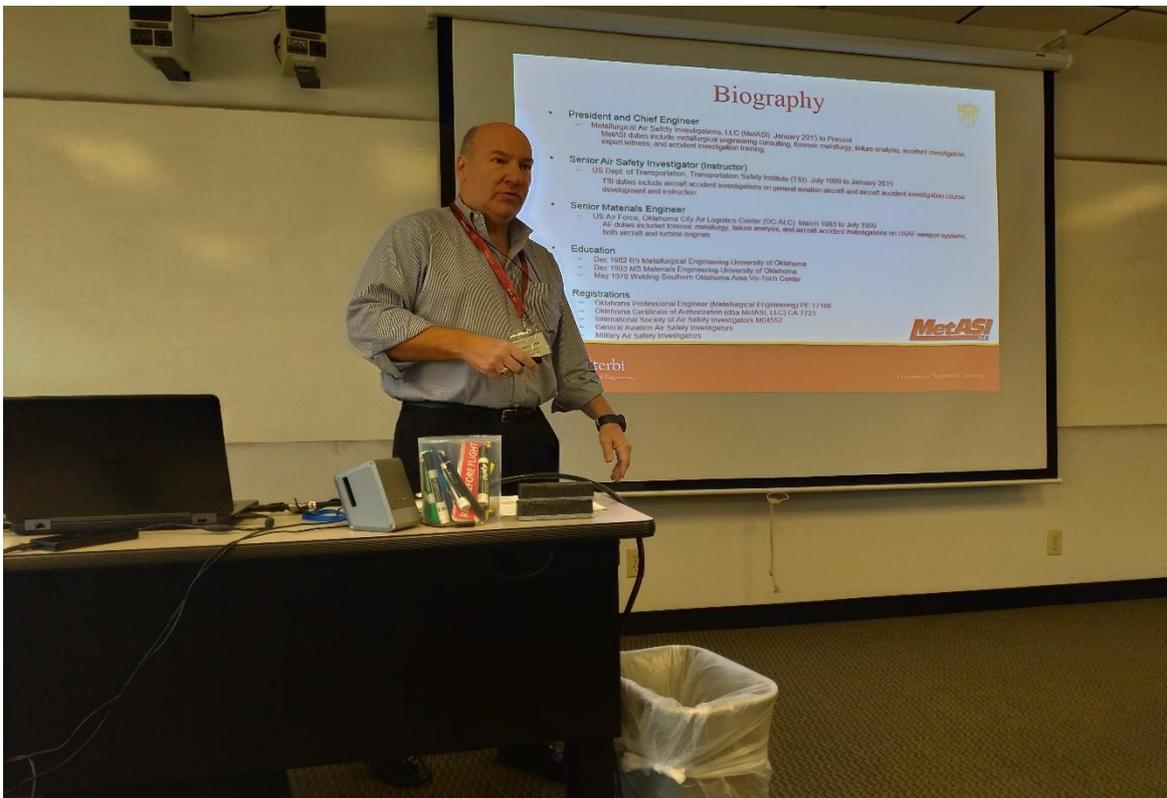
- 一、美南加大飛航安全課程所傳授之飛機失事調查概念及實務經驗，為本軍推展飛安工作之重要管道，本班次課程規劃航空機械及維修調查方面，並強調失事調查機械因素之重要性，考量提升本軍空、技勤飛航安全教育，建議增派修（維）護乙員共同參訓，提升本軍飛機失事多元專業調查能力。
- 二、飛機失事調查目的為找出事件真正肇因，進而有效改善缺失，期使飛安預防工作達成零飛安事故之目標，建議賡續將完訓人員納入飛安教育中心授課師資，將飛安教育推廣單位幹部，期使所有人都成為安全管理的一分子；另惟有透過飛安教育，建立飛安的理念，使安全知識與安全風氣形成一種文化，將培養安全文化成為自身的一種習慣，始可確保部隊整體進步，提升本軍飛行安全。
- 三、國際間具飛航安全及失事調查專業人員，皆為長期投入此專業領域，相較於本軍，無論是一部飛安組或是基層飛安官，常因職位調整而有所變動，皆無法保持長期飛安專業之延續性，故此，若能延攬或開設聘僱人員之編缺，聘請學有專精人員長期擔任本軍顧問，投入飛安教育工作，不僅職位不同一般軍職人員，於飛航事故發生時，憑藉國際失事調查經驗及專業知識，所考慮層面較廣，評估角度應較為公正，而不易受本軍制度及文化所影響。
- 四、「零失事、零傷害」並非口號，從線上基層工作人員到管理階層決策者，都是建立良好飛航安全環境的一份子，所以有效的安全組織是維護飛行安全重要的一環，本軍所有人皆可成為安全管理的一員，在每次失事案例中，調查人員並非以處分作為前提，而是以客觀態度找出事件肇因，才能瞭解失事原因，有效預防類似案件再次發生，運用飛安專業人員推展各項飛安教育工作，建立飛安從業人員絕對權威，在不干預調查及催促進度前提下，使調查人員按部就班執行各項工作，還原飛安事件真相，擬定後續飛安改進建議，俾利提升飛行整體安全。

陸、課程紀實:

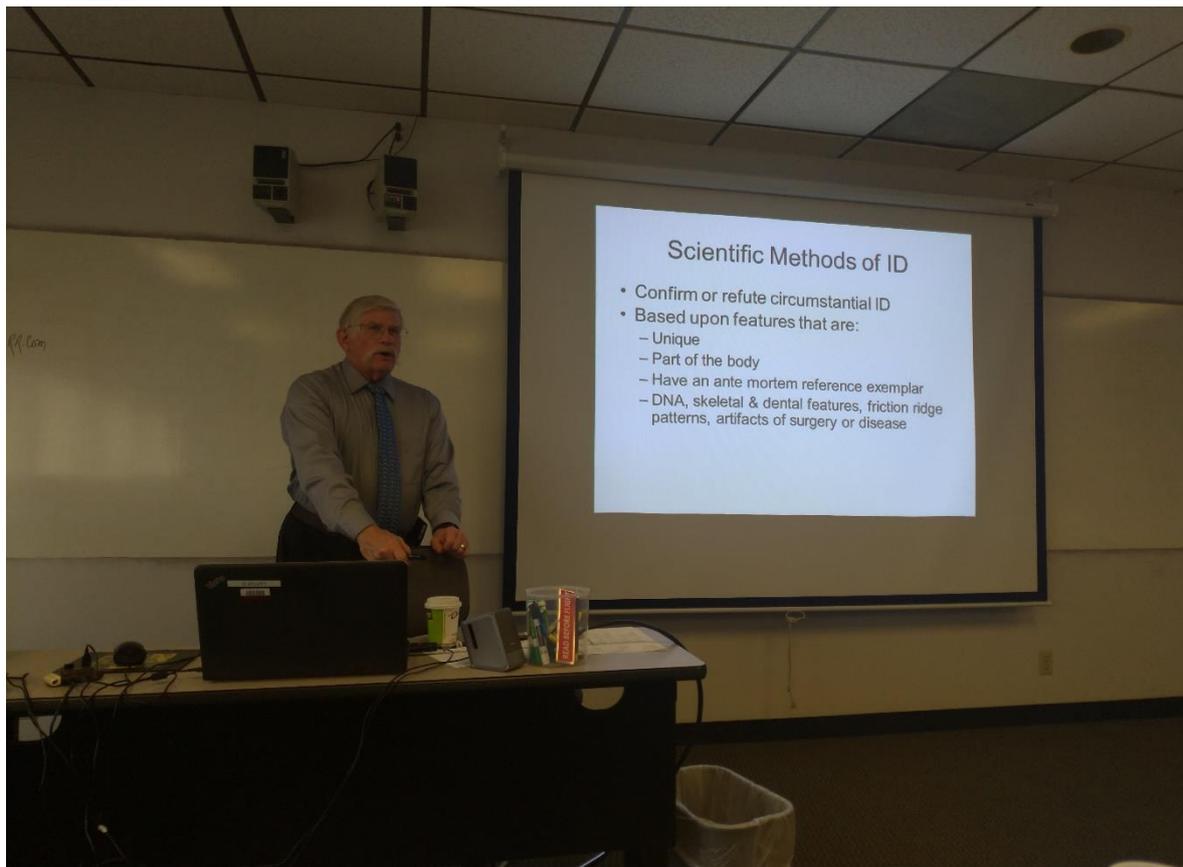
(一) 失事調查 (Investigation)



(二) 航空技術 (Technology)



(三) 航空醫學 (Medical)



(四) 安全管理系統 (Aviation Safety Management Systems)



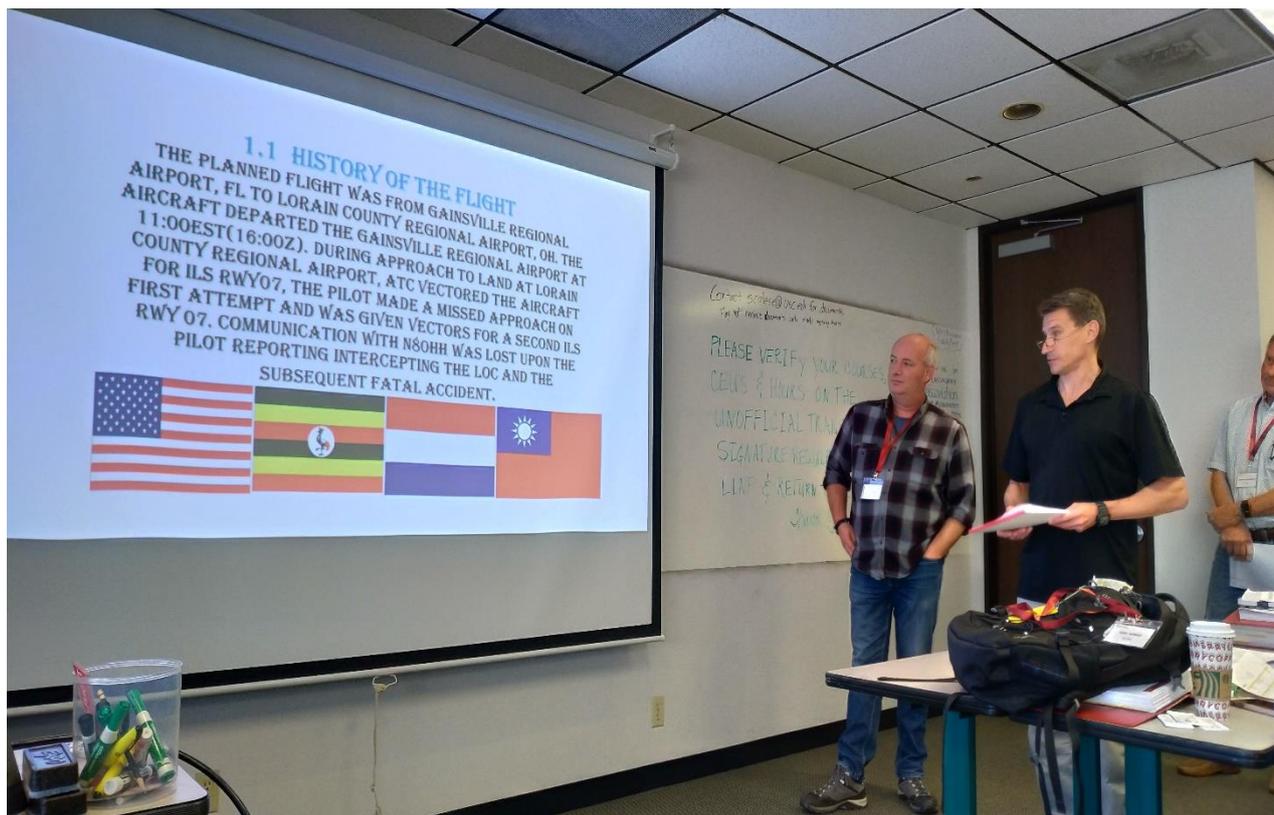
(五) 案例研討 1 (Case Study)



(六) 案例研討 2 (Case Study)



(七) 案例研討 3 (Case Study)



(八) 完訓合影

