

出國報告（出國類別：進修）

參加美國國家運輸安全委員會
航空器失事調查基礎訓練報告書

服務機關：飛航安全調查委員會

姓名職務：副工程師／蔡正達

副工程師／陳沛仲

派赴國家：美國華盛頓特區

出國期間：民國 101 年 9 月 9 日至 9 月 24 日

報告日期：民國 101 年 11 月 30 日

目次

壹、目的	2
貳、過程	3
2.1 NTSB 訓練中心簡介	3
2.2 學員介紹	4
2.3 課程簡介	5
參、結論	71
肆、建議	72
附錄一 學員名冊	73
附錄二 個人裝備清單	77

壹、目的

航空器失事調查訓練係為培育本會新進飛航事故調查員的重要基本訓練科目，歷年來本會皆編列預算安排新進技術同仁赴國外訓練機關（構）接受該訓練，以使本會新進技術同仁能與國際飛航事故調查接軌。

美國國家運輸安全委員會（National Transportation Safety Board，以下簡稱 NTSB）之訓練中心為國際知名之航空事故調查訓練機構，其每年皆辦理 2 次「航空器失事調查（Basic Aircraft Accident Investigation Course）」訓練，每次課程為期 2 週，並開放其他調查機構參與。本課程旨在提供參加學員一概觀的視野，使其了解航空器事故調查所需具備的程序、方法及技巧。本課程亦例舉 NTSB 的相關調查案例。涵蓋領域包括：調查程序、飛航操作、飛機系統、航空器飛航性能、渦輪及往復式發動機、火災與爆炸、天氣、雷達分析、生還因素等。

本次訓練課程亦包含學習其他先進國家調查機構之運作模式、國際民航組織（International Civil Aviation Organization，以下簡稱 ICAO）及美國相關的調查法規與經驗，以及相關專業分組之蒐集事故資料的方向及調查技能。

貳、過程

2.1 NTSB 訓練中心簡介

NTSB 訓練中心位於美國華盛頓杜勒斯（Dulles）國際機場北邊約 10 英里處之亞斯本（Ashburn）市，如圖 2-1，訓練中心設施外觀如圖 2-2 所示。雖然位於離華盛頓特區較遠之市郊地帶，但由於附近飯店多提供 5 英里距離內之免費接駁車服務，因此在住宿及通勤的安排上相對方便。訓練中心周遭無餐廳或商店，離最近的商業區 Dulles Town Center 約需 10 分鐘車程，所幸訓練中心每日提供午餐及茶點，讓學員們可以於休息區中輕鬆飲食之外，更能把握難得的休息時間進行交流。

授課講師以 NTSB 現任或退休之調查人員為主，少數課程由航空器製造商技術人員、大學教授及他國飛安調查人員授課。

訓練中心採無紙化環保政策，上課前提供每位學員一具包含所有課程資料之隨身碟，學員可以自行攜帶電腦使用課程資料，而且每個座位皆提供電源及網路孔，並提供一組無線網路帳號密碼予學員們使用，教室內授課情形如圖 2-3 所示。



圖 2-1 訓練中心位置圖



圖 2-2 NTSB 訓練中心外觀



圖 2-3 NTSB 訓練教室全景

2.2 學員介紹

本期學員共計 78 人，主要來自美國，包含：NTSB 新進人員、美國聯邦航空總署（Federal Aviation Administration, FAA）技術人員、波音公司、美國軍方、達美航空及安麗航空等，其他外籍學員除本會 2 位參訓人員以外，還包括：法國航空事故調查局（BEA）、巴西民航局、巴哈馬民航局、泰國皇家空軍、牙買

加民航局等 10 多個國家人員參訓，學員專長涵蓋航空器駕駛、航管、機務維修、安全分析、工程師、飛航事故調查人員等，學員名冊如附錄一。

2.3 課程簡介

本次訓練為期十天，課程表如下：

第一天 2012年9月10日 8:45 am - 5:00 pm

- 0845-0900 Welcome and Introduction to Academy — Dr. Paul F. Schuda
- 0900-1100 NTSB Mission, Operating Rules and Legal Authority — GC Robert Combs
- 1100-1200 Conducting an Accident Investigation: Preparation & Initiation — AS Debra Eckrote
- 1200-1300 LUNCH
- 1300-1700 Conducting an Accident Investigation: Documentation — AS Debra Eckrote

第二天 2012年9月11日 8:00 am - 4:00 pm

- 0800-1000 Conducting an Accident Investigation: (Cont) : On-Scene Wrap-up, Follow-up Investigations & Preparing Reports — AS Debra Eckrote
- 1000-1200 Accident Site Management — AS Bob Swaim
- 1200-1300 LUNCH
- 1300-1500 Major Domestic Investigations — AS Bill English
- 1500-1600 Unmanned Aerial Vehicles — AS Bill English

第三天 2012年9月12日 8:00 am - 6:00 pm

- 0800-1200 Cognitive Interviewing — Dr. Ron Fisher
- 1200-1300 Lunch
- 1300-1600 Aircraft Systems & Party Perspective — Steve Miller
- 1600-1700 Safety Recommendations — SR Jeff Marcus
- 1700-1800 Recent Safety Recommendations — AS Dana Schulze

第四天 2012年9月13日 8:00 am - 5:30 pm

- 0800-1000 Survival Factors & Airports — AS Jason Fedok
- 1000-1230 Air Traffic Control — AS Scott Dunham
- 1230-1330 LUNCH

1330-1530 Flight Crew Operational Factors — AS David Lawrence
1530-1730 Weather-Related Accidents — AS Donald Eick

第五天 2012年9月14日 8:00 am - 5:00 pm

0800-1200 Investigative Reasoning — AS Dana Schulze
1200-1300 LUNCH
1300-1700 Aircraft Performance — RE Tim Burtch September 5, 2012

第六天 2012年9月17日 8:00 am - 4:30 pm

0800-1000 Chemical, Biological & Radiological Hazards — MD Dr. Paul
F. Schuda
1000- 1200 Recorders — RE James Cash
1200-1300 LUNCH
1300-1430 Fracture Recognition — RE Matthew Fox
1430-1630 TWA 800 Case Study/Tutorial — Robert Benzon

第七天 2012年9月18日 8:00 am - 5:30 pm

0800-1130 and 1230-1600
1. In-Flight Breakups and Mid-Air Collisions w/Exercise (3.5
hrs) — Keith McGuire
2. Turbine Engines (3.5 hrs) — AS James Hookey/J.P. Scarfo
1130-1230 LUNCH
1600-1730 Major Foreign Investigations — AS Frank Hilldrup

第八天 2012年9月19日 8:00 am - 4:30 pm

0800-1000 Crash Dynamics — AS John Clark
1000-1230 Biomedical Issues in Accident Investigation — RE Kristin
Poland
1230-1330 LUNCH
1330-1630 Fire-Related Accidents w/Exercise — Nancy McAtee

第九天 2012年9月20日 8:30 am - 5:00 pm

0830-1130 and 1230-1530
1. American Airlines Flight 587 Tutorial (3.0 hrs) — Robert
Benzon
2. Human Performance (3.0 hrs) — AS Evan Byrne

1130-1230 LUNCH
1530-1700 Controlled Flight Into Terrain – Lt. Col. Christoph Schlueter

第十天 2012年9月21日 8:30 am - 1:30 pm

0830-0930 Assisting Family Members – TDA Paul Sledzik
0930-1100 Media Relations – PA Peter Knudson & AS Paul Cox
1100-1230 Working Lunch - Board Meetings & Public Hearings – AS John DeLisi
1230-1330 Wrap-up and Presentation of Certificates

MD= Managing Director

GC= Office of General Counsel

AS=Office of Aviation Safety

RE=Office of Research and Engineering

TDA=Office of Transportation Disaster Assistance

SR=Office of Safety Recommendations

2.3.1 第一天課程

2.3.1.1 美國國家運輸安全委員會概述

美國國家運輸安全委員會係於 1967 年由國會設立於交通部下，1975 年始改制為美國聯邦政府轄下的獨立機關，其法源依據為 Chapter 11 of Title 49 of United States Code (U.S.C.) 及 49 Code of Federal Regulations (C.F.R.) Part 800，委員會的任務為透過事故調查程序，評定事故之事實及情境，判斷可能肇因，提出安全改善建議及飛安研究，以提升運輸安全環境，其調查對象包含：航空、鐵道、海運、公路、油管及重大海事傷亡。

美國 NTSB 設置 5 位委員，每位委員任期 5 年，其中一位委員由總統提名經國會同意任命為主任委員，另一位由總統指派為副主任委員。主任委員、副主任委員任期 2 年，現職之主任委員為 Ms. Deborah A. P. Hersman，委員如圖 2.3.1-1，組織架構圖如圖 2.3.1-2。



圖 2.3.1-1 美國國家運輸安全委員會現職委員

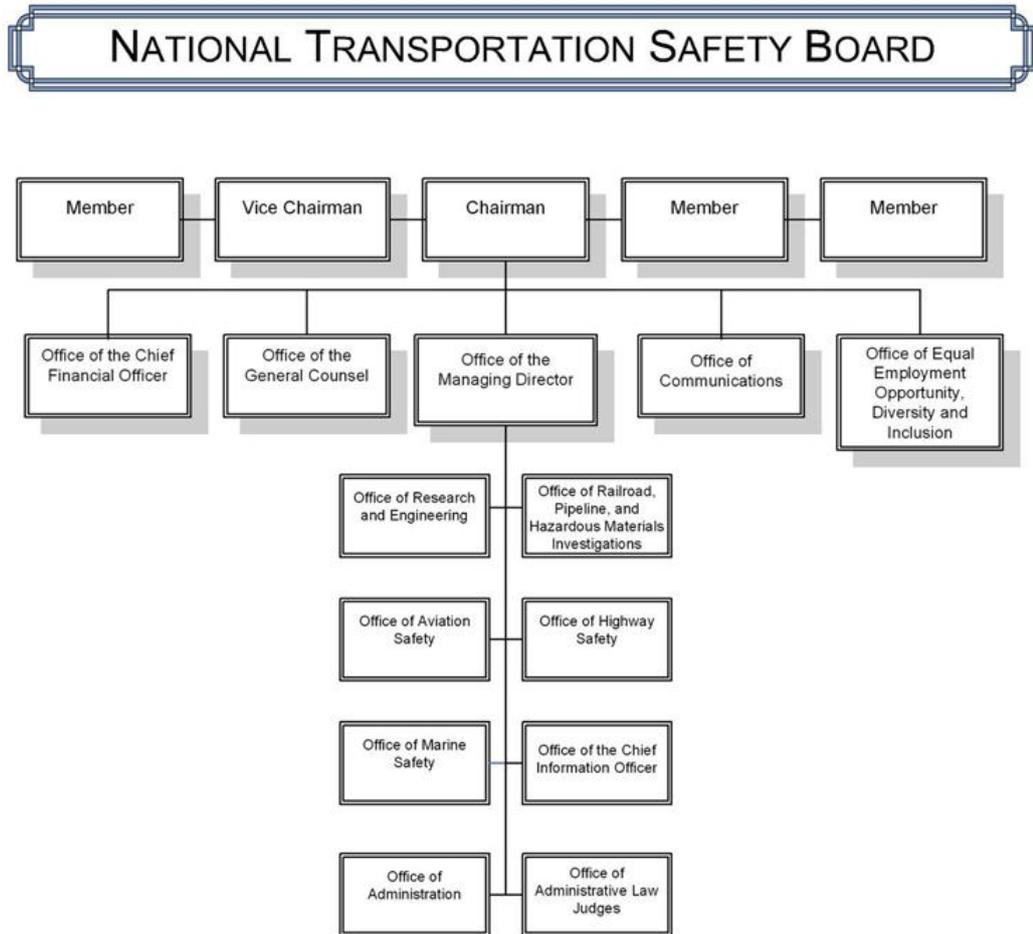


圖 2.3.1-2 美國國家運輸安全委員會組織架構

2.3.1.2 NTSB 法規及權責

重點摘錄如下：

- * 1940 年依據民用航空法成立的民航委員會(Civil Aeronautics Board, CAB)

為 NTSB 之前身。

- * 1967 年 NTSB 設立於交通部轄下，1975 年始改制為獨立機關。NTSB 之法源依據為 Chapter 11 of Title 49 of United States Code (U.S.C.) 及 49 Code of Federal Regulations (C.F.R.) Part 800。
- * 委員會的任務為：透過事故調查程序，評定事故之事實及情境，判斷可能肇因，提出安全改善建議及飛安研究，以提升運輸安全。
- * 調查對象包含：航空、鐵道、公路、油管及重大海事傷亡。
- * NTSB 應調查民航及公務航空器事故，不包含軍機或國安單位之航空器。
- * NTSB 較美國其他政府部門擁有調查優先權，但 NTSB 需提供美國其他政府部門適當參與調查之權利，然而這些部門不參與研判事故之可能肇因。
- * 當檢調機構或 NTSB 發現事故與犯罪行為有關時，事故調查作業改由 FBI 負責，NTSB 轉為技術輔助角色。
- * 航空器事故通報及殘骸、紀錄器等證物保存相關法規定義於 (49 C.F.R. §830.1~§830.15)
- * 事故調查程序定義於 (49 C.F.R. §831.1~§831.14)，其中§831.11 規範協助調查團 (Party) 之權責。
- * 協助調查團成員由主任調查官 (Investigator In Charge, IIC) 基於其專業之判斷指定那些單位或人員可以參加，僅限於其員工、功能、活動、產品與失事或意外有關且能積極提供適當之合格技術人員協助調查之個人、政府機構、公司及協會為限。
- * 協助調查團成員除了固定參與的 FAA 以外，其他參與成員須簽署聲明書 (Statement of Party Representatives to NTSB Investigation)。
- * 協助調查團成員不得有任何代表權利主張者或保險公司之人員，成員均不得具有法律職位，未能遵守這些規定者會有包括喪失參與資格在內之處罰。
- * 於事故調查過程中，NTSB 為發布事故相關資訊之唯一機構。

2.3.1.3 執行與管理事故調查

課程主要分為以下 3 大項，分別於第 1 天及第 2 天授課，重點在說明 NTSB 調查人員如何準備、進行以及完成事故調查工作內容。

1. 準備及初始作業：包含先遣小組備勤、接獲通報與啟動調查程序。

2. 現場調查作業：包含如何抵達現場、抵達現場之注意事項、每日之現場工作紀錄。
3. 後續調查作業：包含報告之撰寫。

重點摘錄如下：

國際民航組織文件¹指出，理想的調查員必須訓練有素、具有好奇心、奉獻、勤奮、耐心、謙遜、正直以及有毅力等特質。

- * 調查人員必須清楚了解飛航事故的定義、分類，於接獲事故通報時方可判別是否為飛航事故及啟動調查程序。
- * 先遣小組的個人裝備 (go-bag) 必須隨時準備好，裡面應包含：個人衣物 (雨鞋、工作鞋、保暖衣、襯衫等) 與調查所需要的工具，例如：數位相機、錄音筆、捲尺、筆記本、鉗子、剪刀、鏡子等，NTSB 提供之裝備清單如附錄二。
- * NTSB 調查員之識別證，賦有其法定權力義務，便於進出事故現場或機場，另外 NTSB 亦提供各機關之聯絡電話小冊子，供調查員隨身攜帶使用。
- * NTSB 設置聯絡中心 (Communication Center)，於接獲事故通知時派遣人員趕赴事故現場，輪值者要有隨時都可能要趕赴事故現場執行任務的心理準備。
- * 接獲通報時應立即聯繫 FAA 當地的代表、機場場站人員、航空公司、當地的警察單位等，並通知飛機與發動機製造商。
- * 至現場作業時亦須攜帶空白的初步報告、參與協助調查團文件、證物保管單、證物標籤等文件，並於返回辦公室前完成各組之 Field Note。
- * 依據所蒐集的資料，決定動員調查人例的規模。例如現場的位置、死傷的人數、飛機的機型、營運的種類、目擊證人的描述等。
- * 依據事故發生的地點、時間的急迫性決定趕赴現場的運輸工具，NTSB 除了使用汽車或是一般客機航班外，NTSB 人員得以使用觀察員座 (jump seat) 以增加機動性。搭乘客機的觀察員座時需要與航空公司協調，向其主管說明狀況，並簽署文件。
- * NTSB 在全美擁有約 50 名調查員可在第一時間趕赴事故現場。

¹ ICAO Doc 9756, Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation, Part I, Chapter 2 The accident investigation authority

- * 抵達現場後先與指揮官詢問現場狀況，表明 NTSB 的工作任務，並尋求協助。而後聽取簡報，並開始確保現場的安全狀況。
- * 與協助調查團成員一起作業，協助調查團的組織僅有在美國境內存在，國外的相關代表則依循 ICAO 的規定稱為授權代表(Accredited Representative, AR)。
- * 在事故現場調查階段，僅有委員會委員、指定發言人或主任調查官可針對事實資料進行對外發言。
- * 現場調查時需注意飛機殘骸、環境危害、生物血源性病毒對人體的危害，並須建立安全警戒區域，穿戴適當之防護裝備方可進入檢視殘骸。
- * 進行殘骸分布的描繪，利用方格圖，將殘骸的分布、與環境地形的相對關係、遺留在地面或樹上的痕跡等進行繪製，進而判定飛機墜毀的路徑。
- * 以順時針方向對現場殘骸記錄，並逐一拍攝控制面、機身、起落架、發動機、駕駛艙儀表板、燃油系統、電力系統、液壓系統之損壞情形
- * 現場作業時，依須注意並完成下列事項：
 - 移動並清理殘骸
 - 取得維修紀錄
 - 取得飛行紀錄
 - 對燃油、液壓油、滑油進行採樣
 - 取得載重平衡資料
 - 訪談目擊證人
 - 撰寫飛航經過
 - 取得或聆聽航管錄音紀錄
 - 蒐集雷達資料
- * NTSB 得以對飛航事故中喪生的飛行員進行解剖以釐清死亡原因，進而找出事故可能肇因。
- * 接近完成現場作業時，應共同討論發生事故可能的原因，並依事故規模得召開每日進度會議，後續須進行的調查作業內容，以及處理殘骸搬運事宜。
- * 自事故現場返回後應將蒐集到之事實資料供給調查團隊成員，檢視取得之文件，進行後續之分析工作與報告撰寫。
- * 分析作業應包括下列事項：
 - 發動機拆解
 - 航機系統功能分析

- 飛航操作分析
 - 殘骸拆解檢驗，如材料金相試驗
 - 飛航紀錄器解讀
 - 人為因素分析
 - 生還因素分析
 - 天氣與航管資料分析
- * 撰寫事故經過，撰寫調查報告草案以及草擬飛安改善建議。
- * 另外針對 NTSB 所發布的調查報告格式共有 6 種，說明如下：
- 重大飛航事故的調查報告為藍色封面紙本印刷，依照 ICAO 附件 13 格式撰寫。
 - 重大的普通航空業事故之調查報告稱為「Brief Report」，僅只發布 PDF 檔案格式之電子式調查報告，內容包含事實資料、分析、以及結論，約在事故發生後 15 個月內完成。
 - 一般的普通航空業事故之 Typical GA Field Factual Report，內容僅包含事實資料，格式不完全遵照 Annex 13，在事故發生後 4~6 個月內完成，公布在網站。
 - 對於沒有人員傷亡的普通航空業事故，另外有 Limit Report，是簡短的事實資料報告。
 - 若人員無受傷，另有「C-form Report」，報告僅有一頁，目的僅是要蒐集事實資料，在事故發生後 30 天內完成。
 - 特別報告（Special report）完成後不公布，僅供 NTSB 內部使用。
- * NTSB 調查團隊並未設置有助理，所有調查工作皆由調查員自行完成。NTSB 有專門技術報告撰寫人（technical writer or report writer），與主任調查官共同完成的報告撰寫後將交給委員會委員審核。

2.3.2 第二天課程

2.3.2.1 事故現場管理

本課程主要從結構專業領域來介紹事故現場的管理原則，主要內容包括現場指揮官、保全事故現場、現場安全、現場記錄作業、殘骸搜尋到存放以及相關檢驗測試。

1. 現場指揮官

首先就任務分組可以區分為現場及非現場作業人員，以 IIC 所在的任務指揮

中心開始，非事故現場人員包含飛操、氣象、紀錄器及性能等分組，以上分組都有各自的召集人且能分頭作業。反之必須在現場作業的系統、結構、發動機以及生還因素甚至其他有需要進入現場之分組，都必須仰賴現場管理來協調運作，因此現場指揮官就擔負起事故現場管理的角色。

通常現場指揮官的指派會因事故規模而有兩種選擇：在大型飛航事故發生時因為 IIC 需要協調管理大量的作業，因此多由在現場的結構分組召集人分擔現場指揮官的工作。而區域性的小規模飛航事故，則通常由該區域之分區 IIC，或是由單一現場調查員自己管理現場。

而現場調查官必須具備的特質包括：

- 在現場隨時能夠接觸聯繫。
- 對於調查目標具備廣泛的知識。
- 了解對於現場管理之需求、風險及連絡手段，確認現場之進入動線，如果可以擬訂災害處理計畫及管理方案將會更有利於現場管理的進行。
- 了解自己必須成為當地相關單位與調查員之間之聯絡窗口。
- 勇於做決定。
- 以事故現場管理為優先任務。

而現場調查員在行動上可分粗略為兩個階段，第一階段為行前準備，包括：所需容器、背包、工作鞋、生化防護服、隔離道具等等，第二階段則為進入現場且制訂相關現場規定、注意事項等，提供給所有在現場之作業人員。

2. 保全事故現場

飛航事故可能發生於任何地點，如機場地帶、公開場所、私人土地、海上甚至其他國家，此時需考慮該事故現場是否容易讓媒體或一般大眾侵入，然後再考慮對於該現場之保全手段，比如現地執法機構、暫定的限航區 (TFR)、軍方單位、民防單位或是簽約之民間保全單位，如圖 2.3.2-1 所示。



圖 2.3.2-1 受當地軍方保全之事故現場

課堂上並分別舉出發生於美國國內以及國外之事故案例，於美國國內發生之事故可請求當地警方或消防隊協助快速封鎖現場，有的警消單位裡亦有受過災害現場管理的專門人員可以協助協調現場保全作業，並有可依循之合作協議進行現場管理之協同作業。國外之事故依國情不同，如較落後地區發生的事故往往會引起當地民眾的大騷動，除現場萬頭鑽動之外，當地媒體人員、居民及傷亡者家屬亦可能混在調查團隊之中進入現場，增加現場保全之困難。

3. 現場安全

在事故現場必須注意可能的危害物質，包括：化學物質（液壓油等）、加壓之容器或輪胎、爆裂物（爆竹或火藥）、燃料/油品、複合材料以及煙塵等，另外還需注意血媒性生化物質危害，需依賴標定危害區域、穿著生化防護衣（如圖 2.3.2-2）以及稀釋漂白水清洗以保護調查人員。對應充滿尖銳破壞構造物或是燃燒過的事務機艙內部，需要準備厚底防護鞋、手套以及口罩或防護面罩以避免煙塵危害。另外亦必須考量事故地點之溫濕度、降水（雨/雪）機率、海拔高度及殘骸狀況，決定所需之安全防護裝備。

NTSB 另外準備了一份現場風險評估表供 IIC 及現場指揮官填寫，用以在到達現場之前評估現場風險，重點是事故已經發生，不需要增加不必要的風險，尤其是現場作業人員通常比較激動，需要事先掌握相關之可能風險因子。



圖 2.3.2-2 NTSB 現場作業生化防護裝備

4. 現場作業及紀錄

到達事故現場記錄的方式首重由外而內，在開始調查作業以前先環繞現場外圈進行巨觀的記錄，可以的話取得空中俯瞰資訊更助於釐清整個現場的規模，並依據整體現場之危害可能擬訂現場作業方法，如規劃動線以及增加額外的防護裝備等。如果已經事先由航空器製造商取得該型機之大部圖解，將有助於記錄航機受損之情形，如果可以從網路上取得事故機過去之照片亦有助於殘骸部件之判斷。現場紀錄務必著重於事實資料而非片面或主觀的分析，藉由航空器製造商參與調查的專家判斷各殘骸屬於機上何種部位之後，使用圖型、示意圖或是相機記錄各個受損狀況，完成記錄之殘骸部件即可移開以利後續調查之進行。殘骸分布圖之紀錄，可以使用顏色標記航機各個主要部位，將有助於由分布狀況求得與時間序列有關之線索如圖 2.3.2-3 所示。並使用參考線、方格紙或是有辦法取得的現場空照圖進行殘骸分布圖及現場相關軌跡的繪製。

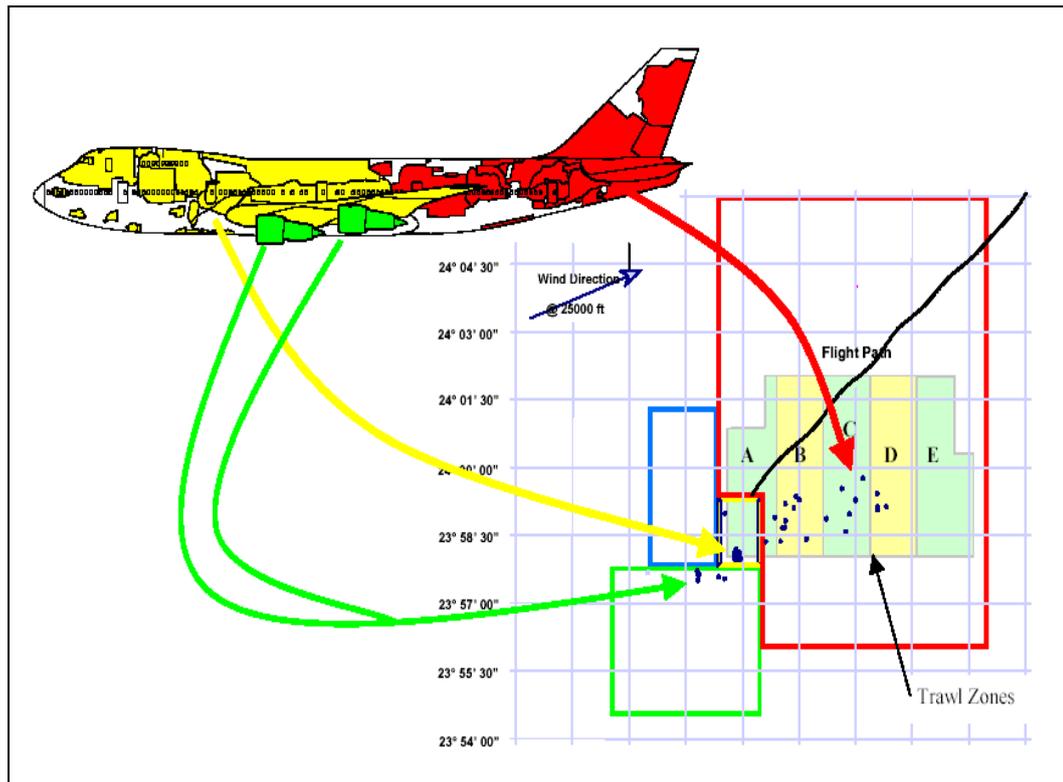


圖 2.3.2-3 以顏色區分回收位置之殘骸分布圖

5. 殘骸搜尋到存放

通常在陸上發生的事故，可以在詳細的事故現場完成記錄之後，將殘骸以最快速度回收完成，但在海上發現的事故需配合回收作業同時進行殘骸之相片記錄工作及第一手的損壞判斷，現場調查官必須先判斷殘骸上的損傷是事故造成或是來自回收作業所造成的二次損傷。以華航澎湖空難為例，一共進行 2 個月以上的海上作業，並且由航空公司支付每日 8 萬美金的打撈船作業費用。在大型事故中，回收的殘骸將逐件列表記錄，並存放在被保全的場所中如圖 2.3.2-4 所示，在調查作業結束後，除了任何必須保留做為事後調查所須之關鍵組件以外，其他殘骸得以歸還該航機之所有權人，而普通私人航空器事故通常在現場作業結束之後，可不經正式文件歸還給相關所有人。



圖 2.3.2-4 存放於棚廠內之回收殘骸

6. 相關檢驗測試

殘骸不會說謊，因此使用殘骸進行相關檢驗，通常會是最有說服力之證據，為了利於判斷失效原因，會將殘骸依照航機原本之部件位置做分類排放，此時需依事故特性考慮該從外表面/內表面檢視、是否需要擺出全機或只需重點部位、有多少空間可用來收容殘骸、哪些部分會是重點、可供檢視的殘骸有多少以及何時該作決擇。課程中以 CI611 及哥倫比亞太空梭事故為例，CI611 的重點在於內側表面、需用到的是 Sec 48（機尾）殘骸、可用空間為 100x300 呎、重點區域在機身底部、回收之殘骸量為全機 75%、重點部分決定的時間點是在殘骸打撈結束後的 6 個月；哥倫比亞太空梭的調查重點在外側表面、需要用到全機殘骸進行評估、可用空間為 200x250 呎、殘骸回收率為 35%，不過在事故發生一週左右即決定要進行此等殘骸回收作業規模，直到回收作業結束後才有統計數據及決定重點的調查方向。有時在分析作業完成掌握特定原因之後，為了利於對大眾講解事故之原因，會進行殘骸之 3D 重組作業如圖 2.3.2-5。



圖 2.3.2-5 波音 747 後段機身殘骸 3D 重組成

2.3.2.2 重大飛航事故調查

本堂課重點為重大事故調查之構成、相關參與者、現場作業流程、與 ICAO Annex 13 相關之程序、調查後續作業以及調查階段相關進程等。

事故的分類，目前 NTSB 區分『重大』以及『地區性』事故主要依據事故機為民航運輸用途或是普通、私人用途，另外也依據事故規模做為判斷。而在事故或事件之判斷標準則包括：主結構是否損傷、人員傷亡或是具有危害飛航安全之虞、必須回報之事件。

NTSB 航空調查部門在全美各地有 4 個區域總部(Regional HQ)及 5 個區域調查辦公室(Regional office)，而位於華盛頓 DC 的總部負責重大飛航事故之調查，調查部門包括：飛航操作、航空工程、生還及人為因素等專業分組，研究及工程部門則包括：紀錄器解讀、載具性能分析、材料實驗室、安全研究、動畫及製圖等專業，另外也有一個支援辦公室負責調查所需之支援工作。

事故調查先遣小組(Go Team)，包含 IIC 以及事故調查各專業領域之專家，並包括負責對外的委員會成員，以及罹難者家庭支援成員等必要之支援資源。Go Team 之中的委員會成員通常擔負起現場發言人的角色。需要與媒體互動、進行家庭支援活動、並與中央、地區政府及現場執法機構接觸，但不負責調查作業相關工作。

在重大飛航事故發生的初始階段，該地區負責之 NTSB 地區辦公室與當地 FAA 辦公室需負責進行現場保全及出入管制，與第一時間現場單位合作，建立媒體連絡管道，保全紀錄器以及易消失證據，最後與 NTSB 本部協同作業。

支援辦公室的人員則負責組織家庭支援活動、提供家屬簡報、與其他支援機構聯繫、做為與當地政府連絡窗口、面對記者及大眾媒體、並負責通訊技術及後勤的支援等工作。

調查團隊則由 IIC 率領各個專業領域之召集人，包括：飛航操作、人為因素、空中交通管制、天氣因素、結構、飛機系統、發動機、機務、紀錄器、生還因素、場站、飛機性能以及材料實驗室等領域。

參與調查之協助成員包括：航空公司、監理機構或是航空器製造商等，由單一窗口統一協調，如圖 2.3.2-6 所示。透過參與相對應之專業分組，提供技術專業支援，必且得以針對事故中之調查發現提出與安全有關之提案，在法律上亦需要 FAA 共同參與調查。



圖 2.3.2-6 現場調查團隊組織圖

現場的每日作業流程由事故現場的調查指揮中心管控，該中心並不同於消防單位所成立的事務應變中心。整個事故調查作業由調查組織會議開始，它將組成共同的調查團隊開始，規劃每日晨間工作，再由各窗口進行各單位提報，且當日工作結束後並進行當日的進度報告。

開始進入現場作業之後，各專業分組調查工作由分組召集人負責，不同分組之間透過單一窗口聯繫，並透過現場筆記(Field Note)逐一記錄在現場的事實發現，及規劃未來的調查方向，藉由各分組的進度提報以分享最新的調查進度及遭遇的問題。

對於媒體關係上，NTSB 是以公務機關的身份，由委員會成員及 IIC 負責對外發言，同時委員會舉行每日例行性記者會，發言內容的優先準則是依照往例，過去可以公開的相關議題在這次也能公開，但過去沒有觸碰到的議題則先保留下

來並交給委員會裁決公開與否。

某些事故如果涉及航機製造商利益，或是非美國籍航空器，通常會依據 ICAO Annex 13 為準則進行調查，來自他國的調查人員包括：授權代表(AR)以及技術顧問(TA)等。

調查後續作業則包括：拆解相關零組件、訪談相關人員、空氣動力學分析及模擬、材料分析、系統測試、測試與研究，以及證物保存等。航機過去之維修紀錄也需要保存。而關於紀錄器儲存內容的處理方式上，FDR 資料通常是可以在調查團隊之間分享的，但 CVR 紀錄的內容必須嚴加保護，CVR 抄件之內容需要召開確認會議確保大家均同意此一內容無誤，公聽會之前不得公布 CVR 抄件內容也發布且 CVR 聲音檔永遠不得釋出。此外，其他形式紀錄器，如影像紀錄器(AIR)、QAR 等亦比照相關規定處理。

調查作業的成果則以事實資料報告以及技術分析報告之形式產出，各專業分組之報告通常是由各分組召集人撰寫，分組成員交互確認，所有參與調查之協助調查單位都能閱覽所有事實資料內容，當報告對大眾發布之後大部分事實資料內容得以公開，但與專利所有權、個人資料及社會保險資料等內容則不公開。發布事實報告後，同時舉辦公聽會以及技術檢討會議(Technical Review Meeting, TRM)。

TRM 階段，著重於確認調查團隊之間均蒐集且同意相關的事實資料，並對其內容進行初步檢視。技術檢討會議在 NTSB 總部公開舉行，並可透過視訊或網路會議等電子化形式進行。

召開 TRM 後，調查團隊或許存在不同的意見與觀點，包含：發現、推論、可能肇因及建議，這些資訊也會與報告一起共享，並協助調查成員編寫報告草案，而委員會在審閱報告草案之前會先討論上述意見與觀點。

NTSB 內部之後續工作，包括事故調查報告的草案，以多階段方式進行，起草飛安改善建議、完成分析報告以及召開公聽會。

最終事故調查報告發布會議又稱為『陽光會議』，是政府透明化政策的一環，由調查團隊成員進行調查報告內容簡報，委員會進行審慎的評估後正式採納報告以及裁定事故之肇因。雖然調查作業到此告一段落，但報告之內容本身並不會因結案而不再更改，未來關於此一事故若有更為突破性、足以推翻原本判斷之事實資料出現，亦會有重啟調查程序、修改報告結果的可能性。

飛安改善建議是 NTSB 最重要的產品，其內容具備急迫性；如屬單一的獨立議題，會列入該案的最終調查報告中，如屬共通性議題，NTSB 可能飛安研究或 MOST WANTED 的行式來訴求該項建議。目前為止，NTSB 提列的建議，相關機構的接受比例約 85%。

課程最後對重大飛航事故調查下了以下結論：

- 重大事故調查需要徹底
- 安全至上
- 調查過程公開透明
- 調查之目的為使空運『體系』更安全

2.3.2.3 UAS 無人飛行系統

無人飛行系統(Unmanned Aerial System, UAS) 的基本定義包含飛行器(Aircraft)、地面導控站(Ground Station)以及資料傳輸(Data Link)系統;; 當下 UAS 具備許多不同的設計以及任務角色, 包括: 搜救、保全、災害防救、自然資源勘察、各種研究及航空製圖等等。近來與 UAS 有關的專門議題包括可否進行非視線傳播通訊(LOS/BLOS)、使用之無線波段頻譜、自動化程度或是可依任務需求選擇是否搭載飛行員的 OPV(Optionaly piloted vehicle)。

無人飛行器的使用已經有很長的一段歷史。絕大部分是軍事用途以及做為遙控玩具休閒使用, 通常飛行在雷達可視區域以下, 鮮少會牽涉到民用航空領域。隨著科技的發展, 部分政府機構亦用 UAS 為公務航空器, 加上近年來美軍在海外作戰上對 UAS 的需求與使用比例也愈來愈高, UAS 之曝光率較以往顯著增加許多, 因此與 UAS 相關之飛航事故也開始顯著增加, 從與民航機之空中接近到迷航、墜毀事件等時有所聞。

以上背景加上相關法規及權責機關亦未明確, 相關政府機構開始思考該如何管理此一新領域之飛行器。NTSB 目前採取的動作包括: 調查相關事故、召開 UAS 論壇、發布與 UAS 有關之飛安改善建議, 並研擬修改相關事故調查法規(CFR 49 Part 830)以完備事故調查所需之法律。

課程中引述發生於 2006 年美國海關及邊防局(CBP)所屬之掠奪者 UAV 墜毀事故(CHI06MA121)的事故案例。該架 UAV 由於地面控制台故障鎖定, 地面飛行員在切換至備援控制台時, 未依程序檢查所有控制開關位置, 且未確認到備援控制台之『停止/順槳』開關在『燃油切斷』位置, 導致切換控制台之後 UAV 燃油切斷失去動力, 飛行員在當下無法判斷故障原因之情形下, 選擇關閉控制台強迫 UAV 進入預先設計之安全模式(爬升到安全高度並依預劃航線返航), 由於 UAV 已經失去動力, 無法完成前述之安全操作, 因而持續下降直至墜毀如圖 2.3.2-7 所示。



圖 2.3.2-7 CHI06MA121 事故現場

以上事故從控制台鎖定故障開始，點出了飛行員切換程序、訓練、維修以及視距外飛行等問題，NTSB 並因此召開了包含法規、資源整合、案例探討、空域使用、UAS 設計、人因工程等等之相關討論。最後針對此案提出了 22 項改善建議，對象包括：FAA 及 CBP，改善建議包括：航管、緊急程序、人因工程設計、控制台鎖定故障、無線通聯可靠度等。

對於 UAS 事故相關權責之分工，目前 FAA 負責包含：許可 UAS 進入美國空域、制訂相關適航法規。而 NTSB 負責事故調查及發布報告，包含：修改 49 CFR Part.830 法規，制訂事故通報之範疇(損害、人員傷亡、系統失效、火警、空中接近、地面碰撞等)，軍用及休閒用(遙控玩具等)無人飛行器則排除在調查對象之外。

目前 NTSB 對於 UAS 事故調查之規則未來將朝以下幾個方向發展：

- 將 UAS (包含地面站及通聯) 之整個『系統』包含在『航空器』之定義之中。
- 事故發生當下整個系統是在運作狀態。
- 事故通報之範疇依現行範疇不變。
- 現行之系統需求必須能掌握大部分如：空中接近(NMAC)、危險空中交通通報(HATR)、空中防撞系統警報(TCAS)之類的事件。
- 只要造成人員受傷或死亡，不論 UAS 大小與否一律通報。

根據 FAA SFAR 草案、歐盟 SUAS 提案以及近似於 14 CFR 103.1 之超輕載具管理辦法規定，最大起飛重量 300 磅以下之 UAS 不列入事故調查之範圍，事故調查報告之資源分配比重則與一般有人之通用航空器類似。

對於實驗用及民用 UAS 的現況，FAA 整併了新的 AFS-80 辦公室統合對於 UAS 的管理事務，同時新的法條亦正在議事程序之中，除了地方政府及執法單位以外，半官方機構、私人或商用之 UAS 之定位亦在研擬當中。

UAS 之事故調查與一般飛航事故調查，具備之相似點包括大部分為軍事用途、與有人機幾乎一樣之儀器飛行規則(IFR)、特性近似於有人線傳飛控(FBW)航空器，而 UAS 調查之相關配套措施尚有賴與國防部、FAA、其他政府機構、ISASI 跟其他組織共同發展。

而在 UAS 事故調查通常必須面對的各種因素包含以下幾項：

- 進入民用空域
- 空間隔離
- 系統發展/合約廠商
- 資料鏈斷訊
- 長距離(地平線視距外)作業
- 自動化操作
- 偵測與避讓
- 獨特的飛行控制系統
- 搜尋干擾源
- 脆弱的組件
- 獨特的推進、發射方式
- 人為因素/人因工程問題(如圖 2.3.2-8 所示)
- 無標準化之紀錄器資料
- 保全與個人隱私



圖 2.3.2-8 複雜且缺乏人因工程設計的 UAS 操控台

綜觀以上之因素，NTSB 歸納出未來可能面對的爭議及挑戰：

- 自美國海關及邊防局以 UAS 執行國土安全任務(CBP-101)所得到之相關資料紀錄的使用
- 尚未廣為人知的新科技
- 軍民用機衝突事件
- 國際事件
- 太空低軌道飛行載具
- 資料獲取及保全
- 輿論、大眾趨勢
- 隱私及政治因素

以及更多未知的因素等等，將是 NTSB 調查員在面對未來 UAS 事故調查時將會面臨的挑戰。

2.3.3 第三天課程

2.3.3.1 認識人員訪談

訪談可以快速得到事故的資訊，對事故調查有所助益，因此必要時調查人員會向生還的飛行員、組員、乘客或目擊證人等相關人員進行訪談，由於記憶會隨時間而淡忘，故要把握時間進行訪談工作，避免時間一長，受訪者已無法回憶出

事故當時情形。

此課程授課講師為 Ronald P. Fisher 博士，是美國佛羅里達國際大學 (Florida International University) 心理學系教授，曾發表 40 篇以上之學術論文。講師強調，擁有調查所需關鍵資訊的，是受訪者，而非訪談者。因此，整個訪談應以受訪者為中心，由其扮演主動的角色，而非由訪談者預設訪談內容，限縮了訪談的方向。

在訪談技巧課程當中，介紹兩種訪談方式：不發問訪談 (Questionless Interview)，及認知訪談 (Cognitive Interview)。

不發問訪談：有別於一般由訪談者及受訪者一問一答，此種訪談方式的訪談者並不主動發問，而是鼓勵受訪者在不受限制的情況下，提供任何可能與飛航事故有關的資訊。

認知訪談：著重於引導受訪者回到事故當時的情境，並幫助受訪者一次又一次的回想，以提供更多潛藏在受訪者腦中之資訊，同時要注意的受訪者看到的資訊及聽到的資訊之限制所在，眼睛看到的資訊可同時記憶許多資訊，亦可記憶有關空間的資訊，耳朵則僅能記憶順序性之資訊。

訪談結束前，訪談者應重複所有紀錄，並請受訪者於發現錯誤或需要補充時隨時打斷，這同樣也是給予受訪者多一次的回想機會。離去前記得留下聯絡方式，當他想到訪談時未提及的重要資訊時，才能與訪談者聯繫。

課堂上並實際示範了傳統警方訪談目擊者之問答式訪談、不發問訪談，及認知訪談，學員均實際感受到，傳統問答式訪談因事先設定其訪談內容，故受訪者能提供的資訊就侷限在設定的範圍內，有時回答內容甚至只有簡短的是與否。此外，若訪談者較為嚴肅，訪談時容易讓受訪者有受質問的感覺，不但受訪意願降低，同時也提高了防備。另外，傳統的問答式訪談，會一再地打斷受訪者的思緒，影響受訪者回憶其所見所聞。

2.3.3.2 飛機系統及組件

本堂課程的講者 Steve Miller 是美國 Cessna 公司資深工程師及事故調查員。

由於美國擁有大量的私人普通航空器 (General Aviation)，其中 Cessna 公司出產的各式機型，在美國普通航空器市場佔有非常大的比重，加上普通航空器事故率較商用航空器高出許多，在美國境內發生之普通航空器事故有很大的比率也是 Cessna 公司所生產的機型，因此 Miller 以自己所參與的諸多與 Cessna 機型相關的實際案例，將造成事故之系統有關肇因獨立出來解說，雖然由於課堂

上所使用的案例，因為正在調查之中等考量而不提供講義給學員下載，但是透過鮮明的案例照片與講解，讓學員得以初步認識飛機上相關之各個系統、部件，以及了解其失效之後，對於航機之影響以至於可能造成之事故。

課程中將飛機大分為數個系統解說，以下介紹本課程中所提到之系統及失效所造成之事故：

結構系統：構成飛機整體結構並承受所有飛行應力的系統，包含：機身及機翼等所有構造及蒙皮等受力部件。由於飛行操作超過設計限制（Over G），或是未依規定定期維修而失效，會造成航機失去飛行操控性、安定性或升力而墜毀。可透過殘骸上之不自然應力扭曲(非落地造成)檢視不正常受力破壞情形。

控制纜繩系統：傳統普通航空器之飛行操縱控制面與飛行員的操縱桿之間，是透過一系列的鋼纜及滑輪連結，將飛行員對操縱桿之動作轉換成控制舵面之角度變化，藉以改變航空器表面之空氣動力分部，而達到改變飛行姿態之目的，在課程中提到的案例為控制纜之配平(trim)止擋零件在安裝時未調整到正確位置，導致飛行員在操作飛機配平後，控制面無法回復正確位置，最後飛機在飛行員回報無法正常控制之狀況下迫降損壞。

燃油系統：私人航空器在機務整備上通常為所有者自行維護，此案例為航空器所有者疏於維護其油箱，導致油箱蓋腐蝕，油箱積水並造成發動機熄火後失事。另一案例則為私人機場地勤人員因未加錯燃油，導致航機起飛後不到兩分發動機即熄火。最後案例則為機上油箱選擇器切換錯誤，使兩具發動機只從左翼油箱吸油，當檔左油箱用盡後且右油箱燃料充足下，兩具熄火後失事墜毀。

電子系統：現代化航機上擁有各式各樣的電子設備，在一些比較大型的航機上具備整合的斷路器(Circuit Breaker)面板，藉以在航機維修或緊急狀況下重置或斷開某些電子系統的電源，課程上提到一案例：某一位地面機務人員在維修起落架時，將液壓幫浦電源斷路器拉起而忘記歸位，該機放飛後，

當飛行員起飛後液壓幫浦之警告系統作動，飛行員因對系統不了解而忽視警告，進而在降落時因為煞車失效而失事。

緊急降落傘系統：近年一些輕型私人飛機上開始安裝降落傘迫降系統，在飛機失速或失控時可由火箭自動或手動射出，並展開以幫助飛機軟著陸，通常這類系統都會安裝於座艙後方乘客座椅附近。課堂上提到之案例為滿載四人的飛機在飛行員未注意飛行外型的狀況下進入失速，結果因為後座乘客未坐穩在位子上導致降落傘射出時撞擊乘客，更造成主傘未完全展開導致飛機未成功減速而墜落。

手持式 GPS 裝置：愈來愈普及使用於普通航空器上的導航用 GPS 裝置，通常成為沒有裝置飛航紀錄器之普通航空器事故調查之珍貴線索之一，課程中列舉數個案例，以說明事故航機可應用手持式 GPS 來還原飛行軌跡。

最後之案例為 GPWS 近地警報系統，飛行員在不良天候下，於進場階段將高速公路誤認為機場跑道，於持續下降時 GPWS 警告不斷響起但飛行員認為是航電誤報而忽視，最後於高速公路上撞擊障礙物失事。

本課程之諸多案例，告訴學員們如果飛行員對於飛機系統能夠有更進一步的認識及掌握的話，將可以避免更多此類事故的發生。

2.3.3.3 安全改善建議

飛安改善建議(Safety Recommendation)為完成飛航事故調查後，於調查報告中針對調查發現提出之飛安改善建議事項，為飛航事故調查最重要的產出，其內容可針對航空器適航(airworthiness)、航空器操作、人員訓練、政策法令或任何與安全有關之議題(Safety Issues)。

重點摘錄如下：

- * NTSB 設有飛安改善建議辦公室(Office of Safety Recommendations & Advocacy)，負責處理相關事宜，但飛安改善建議的制訂權還是在委員會。
- * FAA 為美國民航監理機關，它是主要對象的飛安改善建議對象，FAA 有權要求航空器製造商、民航業者、機場營運單位，或其監理機構針對建議內容進行改善作為。
- * 發布飛安改善建議的時機可於調查中或調查結束後，若調查結束前已確實完成改善者，NTSB 不會再提出飛安改善建議。
- * 接收到飛安改善建議的機構，必須提出回覆，NTSB 會評估其改善作為。NTSB 飛安改善建議辦公室人員會與該案主任調查官討論相關機關的回覆意見，再整理後會彙整提供給委員審閱，並決定改善建議是否結案。
- * 除了調查案外，NTSB 亦透過安全研究 (Safety Study)，提出飛安改善建議，NTSB 於進行安全研究時，亦可要求航空公司及 FAA 提供相關資料。
- * 持續追蹤(不結案)之種類：
 - Open Acceptable Response
 - Open Acceptable Alternate Response
 - Open Unacceptable Response
 - Open Response Received
 - Open Await Response

* 結案可分為以下種類：

- Closed Exceed Recommended Action
- Closed Acceptable Action
- Closed Acceptable Alternate Action
- Closed Unacceptable Action
- Closed Unacceptable Action or No Response Received
- Closed Reconsidered
- Closed No Longer Applicable
- Closed Superseded

2.3.4 第四天課程

2.3.4.1 生還因素

生還因素調查小組負責調查機上乘客傷亡之原因及受到保護之情況，並分析乘員傷亡與事故之關聯性，另外逃生及搜救過程是否有可改善處亦是生還因素調查之範疇。

以美國 1983-2000 年 Part 121 共 568 件失事統計，死亡率僅 4%，此可歸功於乘員保護設備的改善及生還因素調查受到重視。

有些資料可在事件發生地之外予以蒐集，例如：醫院之檢傷報告、法醫之死因鑑定報告、航空公司之乘客座位表等，據以作出傷亡分布圖。另可使用乘客之訪談問卷予以蒐集相關資料。亦可訪談乘客及客艙組員以評估其航空公司之緊急應變程序，並測試緊急裝備。

生還因素小組主要調查工作項目：

- * 航機衝擊、撞擊及當時乘客與客艙組員之位置、撞擊後當時之受傷情況。
- * 乘客逃生過程及逃生後生還情況。
- * 搜索及救援過程(含到達時間、救援方式)。
- * 蒐集及檢視其他生還因素相關之報告或資料。
- * 機上安全、逃生及醫療相關設備之使用及損壞情形。
- * 機內(客艙、駕艙)受損情況，如：地板、天花板、座椅、廚房之情況。

- * 客艙組員訓練情況及作業程序。
- * 死亡後驗屍報告及毒物檢測。
- * 若為機場內事故，亦須調查機場運作有關生還因素之議題

2.3.4.2 空中交通管制

與空中交通管制(以下簡稱航管)有關的設施主要有以下幾種：

- 塔台(Tower)
- 太康進場、(Terminal Radar Approach Control, Tracon)終端雷達進場控制)
- 空中交通管制中心
- 飛航服務台(Flight Service Station, FSS)
- 軍事戰管單位(Military)

航管資訊對於事故調查的幫助可以歸納如下：

- 萬一當紀錄器資料難以鑑別或是航機未裝置紀錄器時可提供航機飛行相關資訊
- 航管人員可能也是目擊者
- 有助於釐清與航管有關之爭議
- 能提供事故發生時之背景資訊

明顯是與航管因素有關之事故則有以下幾種類別：

- 空中相撞
- 可操控飛行下撞地 (CFIT)
- 因為航管指令飛入危害天氣
- 與跑道相關之安全議題
- 遭遇尾流亂流(wake turbulence)

當事故發生時航管之工作包括：

- 緊急救護作業支援
- 搜救行動
- 廣播天氣資訊
- 發布飛航公告

對於 NTSB 航管專業分組而言，調查目標及角色為：

- 評估潛藏在航管系統組織中之肇因及改進方法
- 推導出事故背景環境的細節
- 評估是否需要對航管因素進行分析
- 找出航管方面的可能肇因

調查團隊中航管專業分組的專家需要考慮的要素包含：評估現有系統與事故可能有關之肇因及改善方法、透過航管資訊還原事故當下之背景條件、評估航管部分是否需列入事故調查分析，以及與相關現地航管單位協調相關作業所需。當航管因素為導致事故發生之肇因之一，調查團隊中航管專業分組將檢視作業程序、管理、記錄資料及航管能力，找出就算航管非直接肇因仍可能改善飛安之議題。

在事故調查作業中航管分組通常會依循以下之程序進行調查：

- 確認該地相關之航管設施以及可取得之資料來源
- 判斷該如何使用航管資訊
- 通知航管管理單位協助調查所需（如訪談、雷達資料、錄音及其他文件等）
- 判斷需要參與協調調查的外部資源（FAA、聯邦官員、塔台品保認證組織或管理人員以及當地航管設施工作人員等）

通常能自航管資料中獲得的事故相關資訊，包含航管相關服務內容概觀及事故發生之時間序列、航管人員陳述內容、通聯紀錄、雷達軌跡、事故通報紀錄、訓練教材及程序相關文件以及相關人員之醫療文件等。

可能需要進行訪談之對象則包括：目擊航管人員、監督管理人員、飛行員及機場員工、相關航管設施之品保人員及/或該設施自動化系統之專家，某些特殊案例或重覆發生事故之設施則可能訪談其管理階層。訪談內容包含：人員經歷、及過去的航空履歷。基本的人因相關問題，如疲勞或壓力之影響，由於裝備缺乏、人力不足、訓練途中、天氣因素或因工作環境因素（如施工噪音）造成注意力分散等非常態之運作狀況，利用訪談技巧、不強迫地使受訪者能夠自發性闡述其自身對於整個事件的描述。

在設施部分，環境監視系統可以提供非常好的第一手目擊資訊，其構成包含初級雷達及次級雷達，現有系統包括 ARSR（200-250 哩）、ASR（50-60 哩）、以及機場場面監控用的 AMASS 及 ASDE，加上近年來開始導入航機自動發報自身 GPS 座標的 ADS-B 系統等等。

2.3.4.3 飛航組員操作因素

本課程主要介紹飛航操作分組調查員之主要職責以及特定任務、調查重點、事故後追蹤工作等特定任務，並引用實際的事故案例講解其調查過程。

NTSB 飛操分組調查員的背景具備航空公司之管理經驗、國籍或國際主要航空公司大型機種之正機師、具有飛安或訓練部門之背景、編寫及訂正過相關操作手冊以及擔任過飛航查核員或教官等等。目前，NTSB 總部共有四位資深飛航操作調查員(包含一名組長)，以每週輪值的方式值班擔任先遣小組，在重大飛航事故發生時需在 2 小時內到達機場，並隨時準備被派遣往世界上任何地方，依據 ICAO Annex 13 擔任美國的授權代表。此外，他們也協助美國國內的地區性事故調查、凝聽 CVR 內容，及擬訂飛安改善建議。

某些特定任務是來自總部的飛航操作調查員，並擔任分組召集人，其分組成員包含：FAA、航空公司、航機製造商或其他參與飛操調查之單位，通常調查依據 FAA Part 121/135 營運的載客、通勤航空公司所發生之事故，進行協調作業並偶爾參與 FAA Part 91 通用航空器之調查。

飛操調查之重點包含：飛行員所採取之動作、原因、不同組員間的協調作業 (CRM)、操作程序及相關訓練、飛行員執照檢定紀錄、航機性能分析、FAA 監管上的漏洞、航空公司組織文化、營運單位管理等等。

通常事故調查從接獲通報開始，NTSB 總部內的連絡中心會聯繫先遣小組成員，上述成員需在 2 小時內到達指定的機場搭乘飛機前往事故地點，先遣小組之裝備須配合事故地點特性進行彈性調整。隨著調查正式展開的同時召開組織會議，來自其他相關調查協助單位的人員，必須具有該事故調查所需之專業技術，才會被邀請參與調查。

進入事故現場之後，飛航操作專業分組的調查員首先需檢視整個現場，拍攝撞擊痕跡、記錄組員背包及行李內之藥物、與系統分組一同記錄駕駛艙內之開關、飛行控制相關設定以及指示位置等等。

再蒐集與天氣相關之資訊，確認哪些是組員手上擁有的天氣資訊，掌握出發地以及目前位置，了解組員是否有收到任何特別天氣通報，這些天氣環境對航機性能的影響為何，天氣條件是否超過該公司或是 FAA 所訂定的規範，評估天候因素導致事故之可能性，最後蒐集事故航機上使用的表單、地圖、手冊、飛航文件、檢查表及快速參考手冊等等。

飛航操作分組調查員在現場的作業還包括：與系統分組或結構分組記錄可能的機械或結構性問題；飛航操作分組需考量這些問題對於航機操作以及性能之影響，載重平衡亦是可能原因，確認事故機之載重平衡是否超限、相關載重平衡文件是否正確填寫且在起飛前已完成。

現場工作亦須對相關人員進行訪談，由於人類記憶的時效有限，訪談是容易消失的證據之一，需把握時間進行，被訪談的對象包含：組員、乘客、目擊證人以及航空公司或相關組織中之人員。

在目擊資料的提供上，影像紀錄一樣扮演著重要的角色，包括機坪監視器、個人拍攝影像、新聞媒體畫面或是交通監控影像都是可以使用的線索。

對於發生在機場地帶之事故，通常會利用空照圖或是等高線圖、航管資訊、機場燈光及無線電助導航設施狀況、機場及周遭地帶之建築物分布、分析用之燃油樣品跟機場道面之檢驗結果報告等。如果是與火災及救援有關之事故，調查人員會進一步確認場站之消防行動、反應時間、保全體制、通報時間、通報手段以及使用的滅火劑種類及用量。

最後將以上所有因素綜整、開始判斷從威脅到事故發生之各個環結，即如圖 2.3.3-1 之所謂『乳酪法則』中，各個階段存在可能疏忽而無法阻擋威脅的漏洞。並從飛操觀點來審視整個作業程序，從組員操作流程、手冊、訓練等等可能改善的方針下手，擬訂相關之飛安改善建議，以防堵相同的漏洞再次發生。

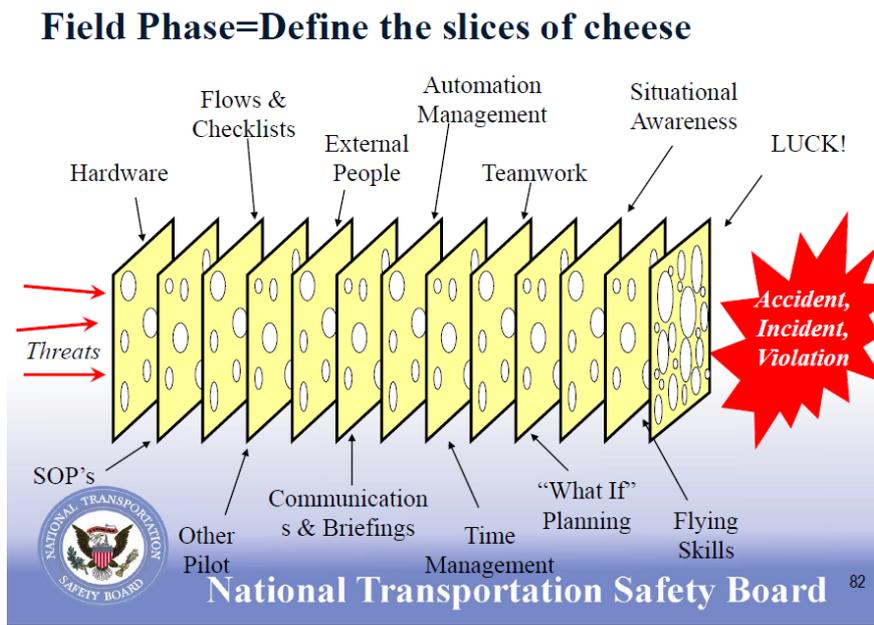


圖 2.3.4-1 事故發生的『乳酪法則』

2.3.4.4 天氣

天氣分組人員需注意飛行員是否在執行任務時拿到最新的天氣資料，以協助其在飛航過程中能夠做出最正確的判斷或採取正確措施。

天氣分組需要蒐集所有與事故有關的天氣資料，例如：自動場面觀測系統

(Automated Surface Observation System, ASOS) 資料、跑道能見度 (Runway Visual Range, RVR) 資料、終端資料自動廣播服務 (Automated Terminal Information System, ATIS) 資料、低空風切警告系統資料 (Low-Level Wind Shear Alert System, LLWAS)、都卜勒氣象雷達資料 (Terminal Doppler Weather Radar, TDWR) 等。進行相關人員訪談，例如：氣象觀測員、預報員、飛行員、簽派員等。

若有需要則蒐集衛星影像、氣象雷達影像、探空資料 (Sounding data)、數值模型資料、預報及飛行中的所接收的天氣資料。若有特殊的需求亦可請求研究單位協助。

2.3.5 第五天課程

2.3.5.1 調查邏輯推理

此課程主要的目的是探討飛航事故調查時的推理過程，並依時序綜整後列出事實資料階段所發現之證據，透過調查推論工具，可將導致事故發生的重要事件依序列出，評估各分組所蒐集的事實資料是否為一致，藉此說明事故為何與如何發生。

這門課並透過實際案例實際應用推理步驟，以一架發生普通航空業飛機，因升降舵上的俯仰配平 (Pitch Trim) 發生問題而導致事故的案例，此調查推理過程搭配飛行員的操作程序、飛機系統的邏輯以及飛機系統的維修紀錄，除了找出俯仰配平的印刷電路板 (Pitch Trim Printed Circuit Board) 上之元件故障外，並分析說明與事故肇因之關係。

首先介紹調查邏輯推理中的名詞如下：

- (1) 重要事件 (key event)：在事故發生時因裝備失效、人為失誤或任何外界事件導致可能發生事故的事件。
- (2) 人為疏失 (human error)：凡人類行為脫離正常所期待之表現。
- (3) 裝備失效 (equipment failure)：凡裝備效能脫離正常應有效能。
- (4) 初始事件 (initiating event)：在發生事故時用以區分人或裝備或外界狀況，由正常之表現或應有效能轉換為非所期待之表現或效能時之事件或狀況。
- (5) 失效 (failure)：因系統、系統元件或零件缺失致無法完成或表現其應有功能，失效將導致故障發生。
- (6) 故障 (fault)：系統或系統元件之不正常狀況，故障狀況不一定有

失效情況發生。

下圖 2.3.5-1 說明了各名詞之間的相互關係，以一個重要事件來看，可能因不同的疏失或失效造成，稱之為直接肇因 (Direct Causes)，但此直接肇因是由很多的潛在因子所產生，這些因子稱之為根本肇因 (Root Causes)。因此進行調查時不因只侷限在直接肇因上，應該進一步的探討事件發生的根本原因。

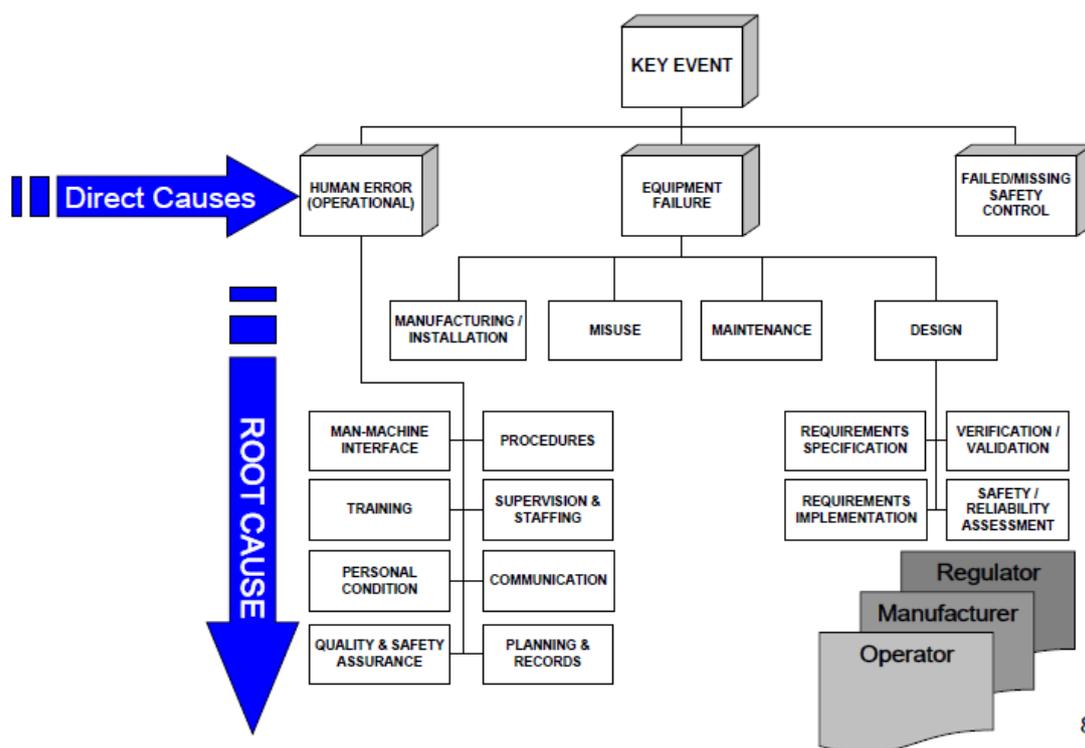


圖 2.3.5-1 直接肇因、根本肇因與重要事件之關係圖

NTSB 所發展之事故調查推論工具，用以協助各專業領域調查官執行失事調查工作時推論事故發展過程，可將導致事故發生的重要事件依序列出，評估各專業分組所蒐集事實資料之一致性，說明重要事件為何及如何發生，利用此一調查工具所繪製而成之推論模型稱為事件順序 (Sequence of Events, SOE) 模型，SOE 模型與過去 NTSB 所慣用之事件及成因分析 (Events & Causal Factors Analysis) 方法不同處在於，SOE 模型的邏輯推論方式可協助調查人員更有效地發展後續的飛安改善建議及調查報告的撰寫，飛航事故 SOE 模型內容主要包含：初始事件、人為疏失、裝備失效、安全控制失效或誤失、以及導致最後飛航事故發生。

2.3.5.2 飛機性能分析

講師 Tim Burth 所屬之 NTSB 載具性能分析分組 (RE-60) 屬於總部底下之研究及工程部門，負責分析飛機性能。本堂課程介紹飛機性能分析之重點、目的以及產出物，課程內容包含飛機性能之定義、性能分組之工作內容、性能資料來源、資料呈現方式以及預測性能跟模擬。

飛機性能 (Aircraft Performance) 的定義隨著不同的立足點而不一，以波音為首的航空工業界為例，其空氣動力工程分組主要包含兩個領域：飛航性能，及穩定性與控制。**飛航性能**：將飛機視為空間中的一個質點，以其航程、滯空時間、酬載、速度、油耗、巡航高度、所需起降距離、失速速度等做為性能的指標參數，而其分析之成果主要為市場銷售的性能指標，以及飛機的操作手冊所使用。**穩定性與控制**：將飛機視為剛體，透過各個飛機之空氣動力組成如翅膀、舵面以及飛機之六自由度 (6 DOF) 動力特性為工具，分析成果包含設計規格、操作品質預估及說明文件、模擬機動力學模型、事故分析以及維修之類的機隊協助文件等。

NTSB 的飛機性能分組之專業領域，包含上述性能及動力特性之所有領域，通常實際 90% 左右關於飛機性能的調查作業都是與穩定性及控制方面有關。

NTSB 飛行性能分組之分析核心包括：飛機軌跡、姿態、受力情形，並比對這些結果是否超出飛機之設計，以最適合的方式呈現結果(如：文字、圖表或動畫)，並要研討是否提列飛安改善建議。能夠獲得這些上述資訊之資料來源包含：

- 現場資訊：地面軌跡、殘骸狀況、結構損傷、殘骸分布
- 雷達資料：長、短程之初級、次級雷達回波
- 紀錄器資料：包括事故航班以及事故前、後之比對用飛行資訊
- 航電資料：非揮發性記憶體 (NVM) 之 GPS 或發動機控制電腦資料紀錄
- 天氣資訊：場面報告、遙測資料及氣象雷達
- 模擬、性能預估電腦程式
- 風洞、地面或空中測試
- 如目擊報告之類的其他資訊

從這些事實資料帶回之後，性能分組首先要考量的就是區別出哪些資料需進行仔細的分析，而哪些資料可在接受的範圍內粗略分析即可，在「準確度」與「投注成本」之間作最適當的拿捏。

飛機性能分析從建立座標系統開始，對同一架飛機而言，從不同的觀查者來

看就會產出不同的座標系統，比如對雷達而言飛機的座標是由回波距離、方位、仰角所構成，再換算為相對於雷達站的地理資訊座標如北、東、高位置，這位置進一步投影在地球表面上即成為我們熟悉的經、緯、高度座標，以及導航使用的地心固定直角座標（ECEF）。而對跑道地帶而言，地理座標會轉換為延跑道方向延伸的跑道頭座標系統。

座標系統建立之後即開始將各式各樣的資料匯入此一座標，包括事故現場之各種痕跡及殘骸分布、自雷達獲得的回波資料以及紀錄器內儲存之航機位置或等等。從這些資訊可以於座標系統內建立可能的飛行軌跡，從軌跡之中可以進一步依據力學公式推導飛機之受力情形，工程上常使用的整理方式為針對飛機三軸座標分析的六自由度運動方程式，這些經過簡化的方程式可以讓分析人員從有限度的軌跡資訊中推導出基本的飛行數據。比較需要注意的是在訊號處理上，由於系統內存在的雜訊等因素會使資料呈現不連續或變動太大之情況，有時需透過經驗對資料做連續平滑化處理，並比對不同來源之數據導出最合理之估測結果。

而解讀紀錄器必須非常小心，FDR 提供的資料頂多只算是「事實的一半」而已，由於航機資料從電腦寫入紀錄器的排程影響資料的即時性、參數紀錄之取樣頻率、感測器本身的雜訊及固定偏差、在系統中已經被濾波器處理過無法反應即時狀態的參數等等，因此紀錄器資料要小心驗證其準確性，亦要詳加了解整個感測器到系統的運作流程以及交差比對其他資訊，方能得到最接近事實的結果。

課堂上舉出透過 FDR 記錄之航機加速度參數，飛航軌跡積分為例，因加速度計本身存在固定的測量偏差（bias），若不考慮此一偏差直接進行積分會導致積分路徑的偏移，因此需要透過其他參考控制點比如地面量測軌跡，飛機高度等來修正積分結果，將其偏差所造成的誤差降低，方能得到更為準確的飛航軌跡。

CVR 的聲響資料對於部分會發出聲響的系統如發動機、在地面上滾行的輪胎等等亦非常有幫助，透過頻譜分析能夠掌握這些裝置的運作情形。

而在飛機位置、軌跡以及姿態的事實資料呈現方式上，拜近代電腦科技進步之賜，數位化的航機飛行資訊可以很快的依需求套用在不同種類的圖表上，比如與地形有關之事故航機軌跡可以套疊在地形剖面圖上，與航管有關之事故使用套疊航圖的方式，甚至透過開放的 Google Earth 平台顯示三維的飛行軌跡及姿態都是今日常用的呈現方法。

透過飛行軌跡以及力學原理，可以反求出航機在空中的受力情形，而這些數據可以與航機製造商的設計數據做比對，用以確認航機是否處於正常的狀態或是因為不正常的外型、配置或損傷導致性能上的衰減。航機製造商擁有工程用的飛行模擬機，可以透過更改飛機的動力模型特性以模擬航機在某些特殊狀態下的飛行特性，雖然模擬機通常在設計的飛行條件下與實際飛機有接近九成的相似度，但在非設計環境、非線性的飛行條件下其結果會與事實有很大的落差，性能分析

工程師必須了解這些模擬系統的限制，透過想定的事故原因，將經過控制的假設條件輸入模擬機後，比對輸出結果與事故航機之飛行資料，方有助於釐清部分與飛機性能有關的事故肇因。

最後在性能分析的呈現方式上，文字、圖表以及動畫呈現都有各自的弱點：文字難以建立視覺印象，讓閱讀者確切認知事情發生的空間及時間感；圖表則難以讓閱讀者體會到事件發生的時間感，且通常不會有人特別注意圖表；動畫雖然具有良好的時間感，但無法讓人專注在數據上，難以讀出準確的資料，況且動畫製作條件的限制，可能導致視聽者忽略了動畫無法表現的效果，比如天候變化及光影的影響等等。如何靈活運用這些工具取長補短，使性能分析的結果正確的呈現，也是性能專業分組所必須熟習的方法之一。

2.3.6 第六天課程

2.3.6.1 事故現場之生化、輻射、爆破風險

授課講師說明調查人員趕赴事故現場時應注意到的風險，調查人員須對事故現場的風險有基本的認知，使得赴現場時能提高警覺，並穿戴適當防護衣物，安全地進行調查。

此課程主要介紹事故現場的四種風險：

1. 化學風險 (Chemical Hazards)：因航機是由多種化學材料所組成，加上機上有許多燃油、液壓油 (Hydraulic Fluids)、電池材料等等，因此在發生事故時因撞擊可能產生起火、煙以及材料產生化學的反應，這些化學物質充斥現場，即可能對調查人員產生安全上的風險，調查人員應穿戴頭盔、護目鏡、高密度口罩、化學防護性手套、防護衣、安全鞋等，以減少風險。
2. 生化風險 (Biological Hazards)：此風險的來源可能由當地衛生條件、血媒性病原體及人體遺留組織等所產生。此類風險較不易於第一時間被察覺或辨識，且可能存在於事故現場飛機殘骸，及散佈事故地點各處，事故調查人員無法立即辨識事故現場之血媒性病原體及人體遺留組織是否有病毒感染風險，因而在有罹難者遺體之現場工作必須小心謹慎，做好個人防護。
3. 輻射風險 (Radiological Hazards)：航機上的設備、裝載的貨物可能含有少量放射性物質，如航機上的緊急逃生燈號、調節控制器、女性化妝品等，當發生災害時這些放射性可能就會釋放出來。
4. 爆炸風險 (Explosive Hazards)：發生爆炸時，因為是由小空間內的氣

體快速燃燒所致，因此當結構無法承受時，發生快速外翻，常常伴隨碎裂及產生熱，調查人員至現場時需要注意是否有爆炸風險存在，以免身陷危險之中。

2.3.6.2 飛航紀錄器

大部分的民用航空器均裝置兩套飛航紀錄器，它們具備墜毀後還能殘存資料的能力。飛航資料紀錄器(FDR)可儲存 25 小時飛航資料，以及座艙語音紀錄器(CVR)可儲存至少 30 分鐘座艙聲響資料。1958 年起只要搭載 10 人以上乘客、使用兩具或兩具以上的渦輪發動機以及需要兩名以上飛行員的民用航空器都需要安裝 FDR，而 1966 年起 6 人以上乘客、複數渦輪發動機及兩名以上飛行員的民用航空器則需要安裝 CVR。

紀錄器之外觀為了便於找尋而施以橘紅色塗裝，除了資料記錄時間以外對於墜毀生存的規定有著嚴格的要求，隨著時代的演進從 FAA 規定的 TSO C51、C51a、C84 到近年的 C123a 跟 C124a 其生存性能需求規格愈來愈明確且嚴謹，相關需求規定請參照表 2.3.6-1。

表 2.3.6-1 TSO 規格飛航紀錄器生存性需求

	TSO-C51 (FDR)	TSO-C84 (CVR)	TSO-C51a (FDR)	TSO-C123a TSO-C123b (CVR)	TSO-C124a TSO-C124b (FDR)
撞擊	100g	100g	1,000g 施加 5 毫秒	3,400g 施加 6.5 毫秒	
燃燒	1,100°C 火燄覆蓋 50%表面 30 分鐘			1,100°C 火燄覆蓋 50%表面 60 分鐘 260°C 悶燒全體 10 小時	
抗擠壓	未規定	未規定	,5000 磅 任意方向, 5 分鐘	5000 磅,任意方向, 5 分鐘	
抗穿刺	未規定	未規定	500 磅重之 1/4 吋針頭 自 10 呎高 度落下	500 磅重之 1/4 吋針頭自 10 呎高度落 下	
耐海水 浸蝕	36 小時	48 小時	30 天	30 天	
耐水壓	未規定	未規定	未規定	20,000 呎水深,24 小時	

	TSO-C51 (FDR)	TSO-C84 (CVR)	TSO-C51a (FDR)	TSO-C123a TSO-C123b (CVR)	TSO-C124a TSO-C124b (FDR)
耐溶液 浸蝕	未規定	未規定	24 小時	24 小時	

自 1972 年開始，FAA 規定 1969 年 9 月 30 日之後經過民航運輸型別認證的民航機必須安裝具有 17 項以上指定項目如高度、速度、航向、舵面角度等飛航操作參數之 FDR，並要求廣體客機如 B747、L-1011 及 DC-10 安裝數位飛航紀錄器 (DFDR)。到了 1987-1988 及 1997 年幾經修正之後，目前之 FAA Part 121.334 對於不同年份出廠、接受型別認證的民航客機之 FDR 記錄參數項目總數如表 2.3.6-2，詳細參數項目則參照表 2.3.6-3。

表 2.3.6-2 FAA Part 121-334 制訂之航機 FDR 安裝需求

航機出廠日期	1991/10/11 以前	1991/10/11 至 2000/8/18	2000/8/18 以後	2002/8/19 以後
完成期限	2001/8/20	2001/8/20	出廠時安裝	出廠時安裝
指定記錄參數	18 項 (無 FDAU) 22 項 (有 FDAU)	34 項	57 項	88 項

表 2.3.6-3 FAA Part 121-334 制訂之航機 FDR 需記錄參數細項

FINAL RULE -PART 121.344 Flight Data Recorders for Transport Airplanes					
MANUFACTURED On or before October 11, 1991 (see Note)		MANUFACTURED Between October 11, 1991 and August 18, 2000		NEWLY MANUFACTURED	
Compliance Dates: Next heavy maintenance after August 18, 1999, but no later than August 20, 2001.		Compliance Dates: August 20, 2001		Manufactured After August 18, 2000	
Non FDAU		FDAU*			
1. Time	19. Pitch Trim or (except 82)	23. Ground spoilers (except 87)	35. Ground Prox.	58. Thrust Target #	
2. Pressure Altitude	20. Trailing edge flaps (except 85)	24. OAT	36. Landing gear pos.	59. CG Trim fuel #	
3. Indicated Airspeed	21. Leading edge flaps (except 86)	25. AFCS modes/status	37. Drift angle #	60. Primary Flv. Sys.	
4. Heading	22. Thrust Rev. (each eng.)	26. Radio altitude	38. Wind speed #	61. Icing #	
5. Vertical Acceleration		27. Localizer deviation	39. Latitude/Longitude #	62. Eng. Wm. Vibration #	
6. Pitch	As of July 1997, 1,360 Airplane 30 seats or more	28. G/S deviation	40. Stall Warning #	63. Eng. Wm. Temp. #	
7. Roll	704 turboprops	29. Marker beacon	41. Windshear #	64. Eng. Wm. Oil Press. #	
8. Mfc. Keying	A320, 737, 747, 757, 767, DC-10, F-28, MD-80, ATR-42, EMB-120, SAAB 340, DHC-8	30. Master Warning	42. Throttle lever pos.	65. Eng. Wm. Ovr. Spd. #	
9. Thrust (each eng.)		31. Air/Ground switch	43. Additional engine pms.	66. Yaw Trimpos.	
10. Autopilot Status		32. Angle of Attack #	44. TCAS Warn.	67. Roll Trimpos.	
11. Longitudinal Accel.		33. Hydraulic pres. low	45. DME 1&2 distance	68. Brake Press. (sel. sys)	
12. Pitch control input		34. Ground Speed #	46. HAV 1&2 frequency	69. Brake Ped. Pos. (R.&L.)	
13. Lateral control input			47. Selected Baro. #	70. Yaw angle #	
14. Rudder pedal pos.			48. Selected Altitude #	71. Engine Bleed Vlv. #	
15. Pitch control surface			49. Selected Speed #	72. De-icing #	
16. Lateral control surface			50. Selected Mach #	73. Computed CG #	
17. Yaw control surface			51. Selected Vertical Spd. #	74. AC bus status	
18. Lateral Accel. **			52. Selected Heading #	75. DC bus status	
			53. Selected Flight Path #	76. APU bleed valve. #	
			54. Selected Decision Height #	77. Hyd. press (each sys)	
			55. EFIS display format #	78. Loss of cabin press.	
			56. Multi-function eng alerts #	80. Heads-up #	
			57. Thrust commanded #	81. Para-visual #	
				82. Trim input-pitch	
				83. Trim input-roll	
				84. Trim input-yaw	
				85. Flap cntl. pos. TE.	
				86. Flap cntl. pos. LE	
				87. Grnd. Spoiler Spd. Brk. pos. & sel.	
				88. All flight control input forces.	

As of July 1997, 1,929 Airplanes over 30 seats:
727, 737, DC-8, DC-9, F-28

Note: The following recommended parameters were not listed for Non FDAU aircraft:
Pitch trim, OAT, ADA, Thrust Rev., Flaps, Ground, Spoilers, AFCS modes Roll & Yaw Trim
The following recommended parameters were not listed for FDAU aircraft mfg. before 10-11-91:
OAT, ADA, AFCS modes, Roll & Yaw Trim
The following recommended parameters were not recorded for aircraft mfg. after 10-11-91:
Roll & Yaw Trim.

* FDAU - Flight Data Acquisition Unit
** For Airplanes with more than 2 engines Lateral Acceleration is not required unless capacity is available
Not intended to require a change in installed equipment
Transport Airplane - 20 or more passengers

Airplanes that need not comply:
Convair 580, 600, 640, de Havilland DHC-7, Fairchild FH227,
Fokker F-27 (except Mark 50), F28 Mark 1000 & 4000,
Gulfstream G-159, Lockheed E10-A, E10-B, E10-E,
Maryland Ind. F-27, Mitsubishi YS-11, Shorts SD930, SD960

目前與紀錄器相關之航空器組件除了 FDR (磁帶、固態記憶體) 之外，尚包括負責彙整並提供資料給 FDR 及 QAR 記錄的 DFDAU (數位飛航資料擷取單元)，或是將 DFDAU 與 DFDR 結合為一體的 UFDR，以及 Airbus 於新飛機上使用的 SDAC 等等，運作方式都是監控飛機各種狀態的感測器將信號傳送至 DFDAU 之後再以 ARINC 標準格式編碼寫入 FDR 及 QAR。

來自各個感測器的信號包括類比 (通常與運動相關)、數位 (通常表示大範圍變化特性的數據) 以及離散 (只顯示開、關或上、下的二階資訊) 信號，經過轉換為參數並儲存在 FDR 之中，在讀取這些參數並使用時需要特別留意其參數品質，包含其準確性 (Accuracies)、精確性 (Resolution) 以及資料取樣頻率 (Data Rates)，通常大部分參數如高度、空速等的記錄多為每秒 1 次，一些會快速改變之參數如 G 力之取樣頻率高達每秒 12 次，另一些變化緩慢的數據如時間的小時或是燃油存量可能每 16 秒才記錄一次，而每筆參數在寫入 FDR 的時序又因為寫入排程而會產生時間差，這些參數必須經過正確的時間序列處理方能使用。

在從 FDR 讀出參數之後依據調查需要及參數特性，篩選出調查團隊所需要的參數，並可透過圖表、動畫或是列表的方式呈現，其中重大事故中最常被拿來使用的是依據這些參數建立的飛航動畫。

動畫通常使用在快速資料瀏覽、對大眾展示說明使用，具有基本的儀表、航

空器及背景呈現，有的動畫工具具備擬真的儀表、背景及航空器模型，且能套疊增加的資訊如雷達軌跡或地面標記等等。好處是可以提供時間快、慢預覽，多種觀測角度，可以同步結合 CVR 資訊，能夠透過多筆資料呈現複雜的現場情形。但缺點是動畫並不是絕對正確、無法完全表現出事實，可能會誤導觀眾認為動畫所表現的就是完整的內容。

FAA 對於 CVR 的可行性研究始於 1960 年代，而在 1966 年 7 月 1 日規定所有渦輪發動機推進之民航運輸機需安裝 CVR，1967 年 7 月 1 日則要求具有加壓艙、四具往復發動機的民航機也要安裝 CVR。

CVR 自發動機啟動程序前置檢查開始記錄聲響，持續不間斷至降落後發動機關閉為止，目前所有大型民航客機都需具備 2 小時之 CVR，而且新的 CVR 必須都是固態記憶體形式的，同時新安裝之 CVR 必須具備 10 分鐘之獨立電源。除了大型客機以外目前大部分的 CVR 多為 30 分鐘記錄版本，雖然磁帶式 CVR 已不再生產，不過仍有一些既有的磁帶式 CVR 還在使用當中。

一般 CVR 記錄 4 個音軌的聲音，分別來自座艙環境麥克風、正駕駛、副駕駛以及第 3 位組員之麥克風，基於保護隱私的理由，CVR 錄音的內容被禁止使用在 FAA 認證作業上。這些聲音資訊對於掌握飛航操作失誤、背景聲紀錄如：發動機、開關及地面速度、爆炸聲響、結構失效判斷及天氣情況等等非常有用。在調查上的使用方式為將這些聲音寫成抄件，與 FDR 進行時間同步後一併呈現做為調查參考資料。

依據 NTSB 紀錄器調查相關政策，各調查合作單位只能推派一位代表參與紀錄器調查團隊，而且禁止增加實習調查員或訓練人員參與 CVR 分組，而所有參加紀錄器分組之代表，必須通過研究工程部門（RE-1）及飛安調查辦公室（AS-1）主管同意方可參與。

重大事故的 CVR 必須盡快由上述 RE 及 AS 主管聽取，且做為初步資訊提供給現場 IIC，此時 CVR 分組持續編寫抄件，與 FDR 及雷達或目擊等資料進行時間同步，完成之時序抄件由主管審視，凡是任何審視抄件、聽取 CVR 之行為皆需透過上述主管的同意，而記錄的聲音永遠不能釋出。CVR 抄件在相關主管確認過後會傳給現場或該區域之 NTSB 區域辦公室主管，最後公開給大眾。

公開 CVR 抄件的時間是在公聽會開始，隨著事實資料報告公開且歸檔之後抄件也一起歸檔，但任何引用或引述抄件內容之報告，於抄件公布之前亦不得公開。

NTSB 紀錄器分組提出的飛安改善建議包括 737 系列飛機需記錄飛行員控制力道及 Yaw Damper 參數、CVR 記錄時間延長至 2 小時、CVR 需要 10 分鐘獨立電源、新的雙備份 CVR/FDR（安裝於機鼻、機尾），雙備份 CVR（機鼻、機尾）、影像記錄需求以及汰換磁帶式紀錄器等。

新的影像紀錄器可以記錄人機互動操作（開關、油門等）、駕駛艙環境（煙或光）、肢體語言溝通、組員互動等等現有紀錄器無法記錄的資訊。對於大型客機來說可以加裝於現有之紀錄器，具有駕駛艙視角且能記錄 CNS/ATM 航管訊息。對於較小的、使用渦輪發動機的飛機而言在沒安裝 FDR 的狀況下可透過影像記錄儀表上的參數資料、單獨飛行員時的人因資訊、聲音紀錄以及外部天氣、姿態等訊息。

其他儲存裝置亦可能存有可幫助調查的資訊，比如一些裝置內建的硬碟、記憶卡、PAR/HUMS 狀態監控系統、數位發動機監控系統、GPS、EGPWS、飛機系統電腦及 PFD、MFD 或 EFIS 顯示器等等多會具有儲存數據的 NVM（非揮發性記憶體）晶片。

2.3.6.3 結構破裂識別

此課程講師透過大量的圖片介紹，講解不同材料遭受不同方向的破壞後的特性以及狀況，重點摘錄如下：

- * 材料疲勞之定義：指材料脆性斷裂過程，起始於材料裂痕，並在低於材料可承受應力的重覆應力作用下，產生材料斷裂的情況。
- * 材料脆化斷裂的機制有可能是來自於下列兩項因素。
 - 脆性材料過度應力斷裂。
 - 延展性材料原已存在之裂痕，產生應力集中而導致斷裂。
- * 脆性材料拉伸斷裂呈現平面狀之斷裂面，通常無明顯特徵。
- * 概略的說材料分成 Brittle 與 Ductile 兩種，Brittle 的特性是硬而脆，Ductile 是較易變形但不易斷，兩者比較如圖 2.3.6-1：

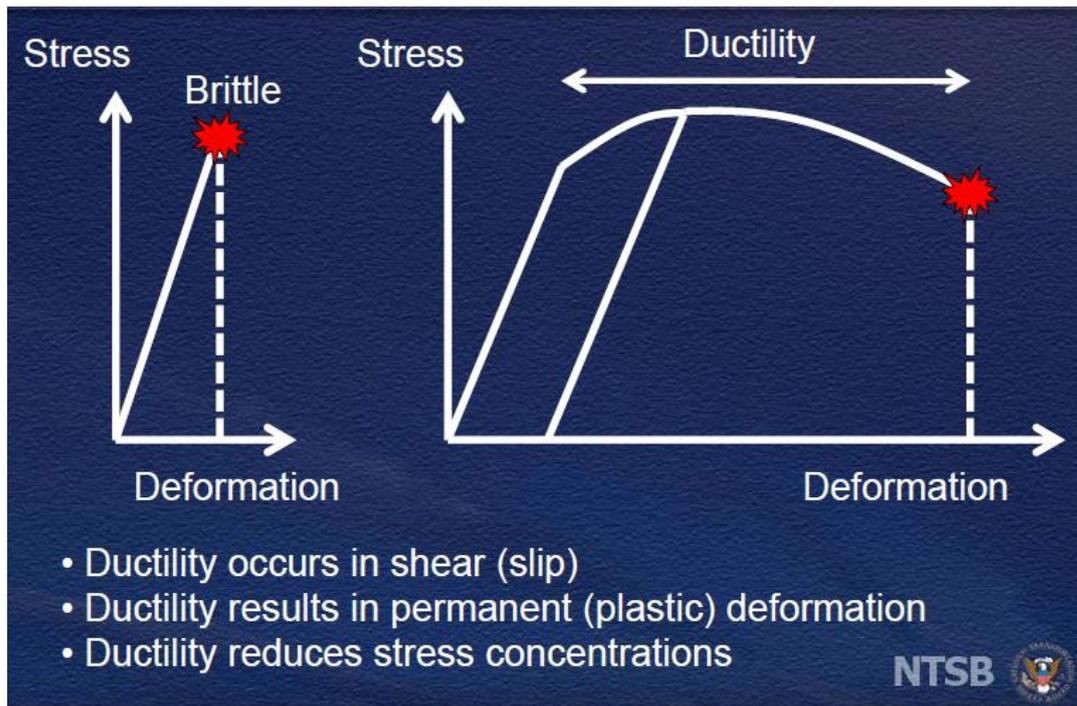


圖 2.3.6-1 Brittle 與 Ductile 材料特性比較圖

- * 張力作用在延展性 (ductile) 材料：一般飛機上的材料都是鋁合金，屬於 ductile 材料。因為延展性較好，所以當受到過大的張力時（大於 yield strength），材料開始變形，會變形到某一種程度才會斷裂。因此，材料會延伸然後斷裂，斷裂面會呈 45 度角，如下圖 2.3.6.2 所示。如果材料有瑕疵（如 crack）則 ductile 斷裂面不是 45 度角，有瑕疵處將會提早斷裂。要知道材料受力若是斷裂，永遠是從最脆弱的地方先斷。

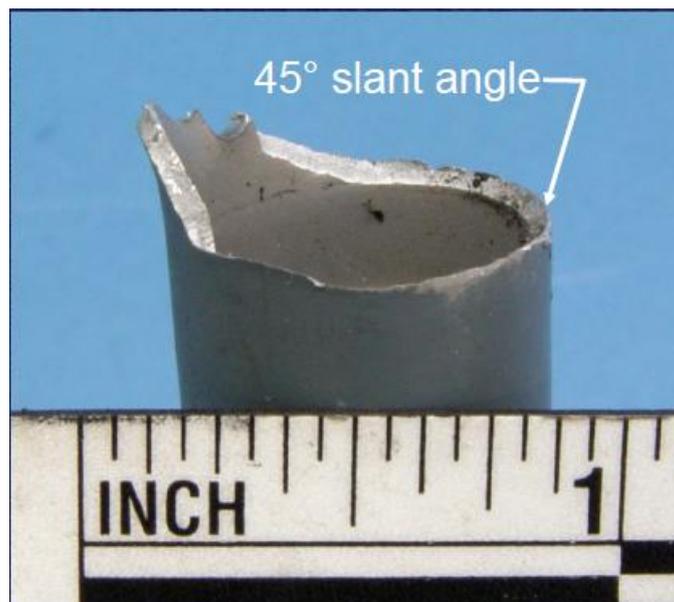


圖 2.3.6-2 Brittle 材料斷裂面

- * 張力作用在易脆 (brittle) 的材料：brittle 的材料比較硬、比較不容易變形，因此當受到過大的張力時（大於 yield strength），它的變形很小，斷裂面幾乎與張力方向成 90 度的斷裂面，如下圖 2.3.6-3 所示。在任何材料上都可能產生這樣的斷裂面，例如圓形的 ductile cable 受到張力斷裂時，有外圍呈現 45 度 ductile 斷裂面，最中間會呈 90 度的 brittle 斷裂面。

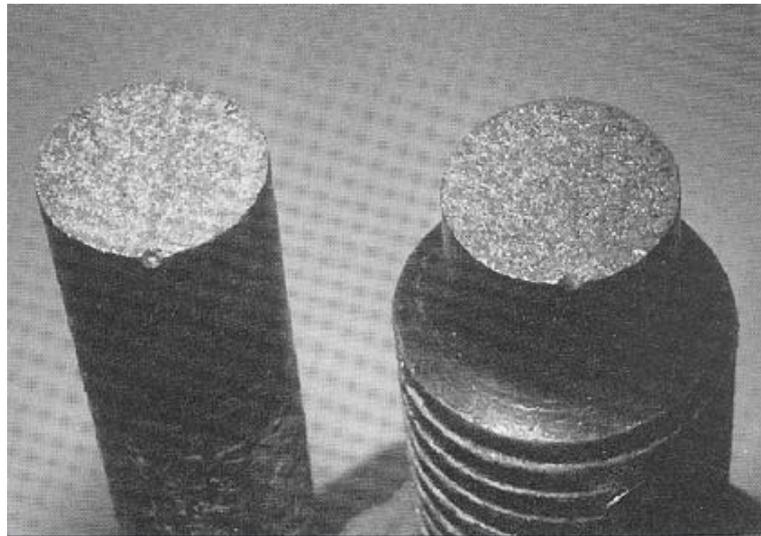


圖 2.3.6-3 brittle 材料斷裂面

- * 找出材料斷裂面的鋸齒狀痕跡可進一步確定斷裂面的起始位置，在事故調查中可藉此確定機件斷裂的方式及方向，例如屬直接撞擊或者大 / 小角度撞擊產生斷裂等，如下圖 2.3.6-4 所示。

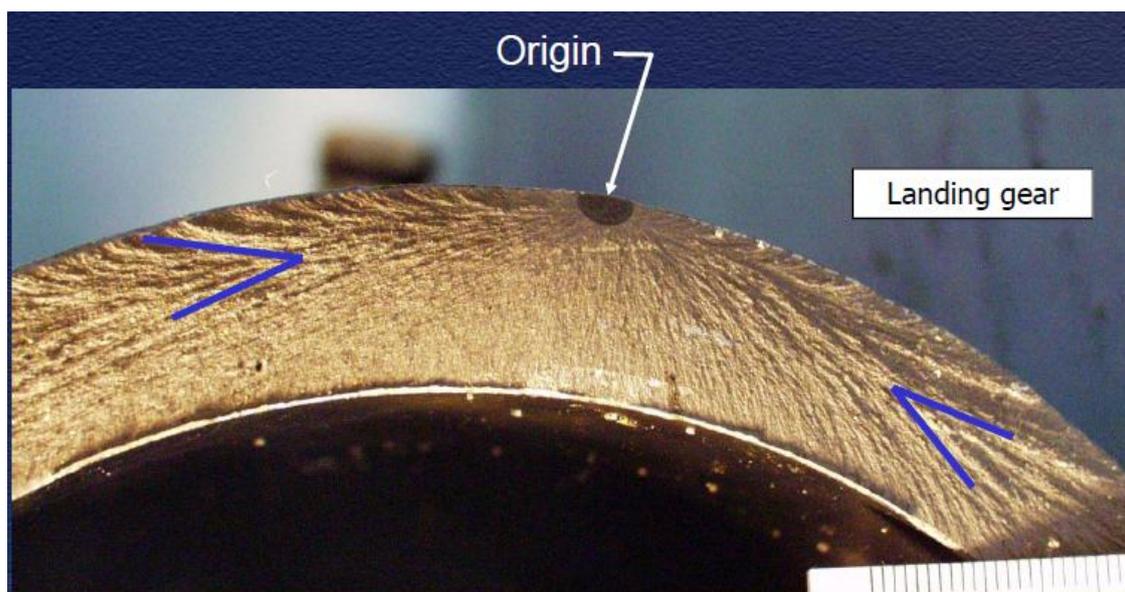


圖 2.3.6-4 斷裂面痕跡

- * 在事故現場進行取樣及運送時應注意事項：
 - 材料表面應保持乾燥
 - 避免接觸表面
 - 將斷裂材料的兩端結合
 - 做切割時避免關鍵區域
 - 避免損毀或腐蝕

- * 在撰寫報告時應避免使用如失效 (Failure) 或分離 (Separated) 等描述性的字彙，對材料的描述應清楚的說明，如：斷裂 (Fractured)、挫曲 (Buckled—通常由軸向壓縮力造成)、脫離 (Disbonded)、彎曲 (Bend Deformed—因承受 bending moment 造成的破壞)、扭轉腐蝕 (Twisted Corroded)、燒毀 (Burned) 等。

2.3.6.4 TWA800 案例解說及殘骸 3D 重建現場參觀

發生於 1996 年的環航 TWA800 航班波音 747-200 OR 100 客機空中爆炸解體事故，是 NTSB 成立至今最大規模、牽涉範圍最廣的調查案，除了 NTSB 投入了 28 名各專業的調查官、工程師之外，參與調查單位包含 FAA、波音公司、環球航空、國際航空從業人員組織、美國航管員組織、航線飛行員組織、P&W 發動機公司、Honeywell 公司、起重機公司及水下打撈公司等等，同時尋求的外部資源更包括 NASA、內華達大學、加州理工大學、萊特實驗室等 12 個學術、研究及工程顧問單位，而 ICAO 會員國亦有英國、法國、新加坡、澳洲、加拿大及紐西蘭參與調查，前後費時近 4 年。

從事故發生，NTSB 先遣小組到達現場開始，雷達軌跡分析、搜救與打撈作業、紀錄器回收之事實資料都顯示航機是在空中先解體後墜落，而從打撈的殘骸上發現火藥殘留物，加上目擊者見到的上升煙柱，使得一開始許多人懷疑與炸彈或飛彈等犯罪行為有關，FBI 及 CIA 於是開始介入整個調查，一切似乎從混沌之中開始起步。

事故發生之後不到半年的 1996 年底，透過殘骸分析及打撈位置分析，NTSB 掌握爆炸點源自機腹內的機翼中段油箱，且自殘骸上沒發現爆炸產生的金屬撓曲及破片撞擊痕跡等跡象，初步排除炸彈及飛彈導致爆炸之肇因，於是調查剩下幾個可能問題需要解答：

1. 油箱是否會因超壓而爆炸？
2. 油箱內揮發之油氣是否可燃？
3. 油箱內是否有足夠溫度造成燃燒？

4. 油箱內是否有可能之點火源發生？

第一項可能被波音很快的否認了，第二項則有 1989 年及 1990 年的兩起中段油箱爆炸事故可參考，因此接下來的工作就是了解在事故當時油箱的溫度有多高。由於在 747 的中段油箱前端即為機上空調系統包，在夏天是容易產生熱的裝置之一，於是 NTSB 向航空公司借來 747 貨機，在油箱附近安裝溫度感測器並設計還原 TWA800 起飛過程的飛行測試。模擬的航機依照 TW800 的起飛過程，包括重現在地面上長時間待機，一樣的燃料裝載及相同的起飛時間等，結果得到的數據證明當時油箱內的溫度已經達到 Jet A 燃料的閃點，只要有一點火源即可引燃油箱內之油氣。

為了驗證油氣在此溫度條件下可引燃，NTSB 採取了前述飛行測試時的油氣樣本提供給沙漠研究所，分析其化學組成及濃度，並與加州理工學院進行 Jet A 燃燒之基礎研究，也與內華達大學進行燃料化學特性研究，得到在「中段油箱中的油氣於 TWA800 的飛行條件之下是處於可燃的狀態」之結論。

最後的一個疑點則是油箱內是否有可以引燃的火源，假設情況包括靜電、電磁波、電路短路等等，最後認為油箱內之油位針測器嫌疑最大，因為：

- 在 CVR 中聽到電子雜訊
- 油量顯示比機場紀錄多出近一倍
- 事故前幾週以來機內照明燈號會因加油而異常熄滅
- 沿著油量計電路及照明電路通過處有維修痕跡
- 在殘骸內找到受損之電線
- 於油表線束下方發現油漬
- 機翼油箱內發現維修不當之電線
- 油表電線與照明電線之間發現擦傷

加上過去已經有許多因為加工鐵屑掉落、油漬潮濕、線束未固定好與支柱摩擦受損導致短路起火的案例，因此有許多跡象都暗示著 TWA800 事故最有可能之肇因為中段油箱外之電線短路，引燃高溫環境下之油氣導致爆炸。

在調查的最後，NTSB 針對以上調查發現提出了多項改善建議包括：

- 避免易爆油氣於油箱內產生時進行操作
- 考慮修改未來飛機的設計比如取消機翼中段油箱
- 短期內需要改變操作程序以降低可燃燒油氣於油箱內產生

在上述改善建議發布 12 年後的 2008 年，所有新的飛機設計都已不考慮機翼中段油箱且加裝油氣分離過濾設備，同時已經有 3,200 架波音及空中巴士的飛機接受改裝，一次 TWA800 等級的事故需要花費業界 8 億美金善後成本以及 12 億美金的社會成本，所有飛機改裝完成以滿足安全需求需花費 7 至 8 年，預計上述所有針對此一事件之修正措施完成時約為 2016 年，離事故發生整整 20 年。

在課程的最後，講師帶領學員們前往訓練中心棚廠，實際參訪 TWA800 事故機殘骸機身中段 3D 重建現場，學員們可實際進入機艙內部檢視，並觀察爆炸發生於油箱內造成之撞擊痕跡，結構之破壞情形，燃燒痕跡之分布等，同時現場並放置了實際遭受到飛彈攻擊或爆炸破壞之其他殘骸樣本，供學員與 TWA800 殘骸做交互比對。

2.3.7 第七天課程

2.3.7.1 空中相撞及飛行中解體

本課程之目標包括解說空中相撞的原理以及調查此類事故時在事故現場時需要完成的相關調查作業，講解飛行中解體之空氣動力學特性，以及如何判斷失效模式的一些現場調查技巧。

自民用航空發展以來，空中交通管制系統幾經改善，如今在面對空中相撞之威脅已經具備非常高的安全性，也因此今日空中相撞事故之發生機率已是相對少數，僅占所有事故之 3%~5%，一旦發生此類事故，可供調查參考使用之資源相對不足，加上參與共同調查的單位能提供之協助亦非常有限，加上 2011 年在紐約才又發生此類事故引起媒體注意，因此調查員更需要熟悉相關之調查技巧。

針對空中相撞事故的調查，ICAO 依據 1963 年 Edwin Nelmes 發展，一系列與空中相撞有關之方程式，於 1970 年編寫成一份調查參考附件並收錄在 ICAO Annex 13「飛航事故調查手冊」之中（目前之第 10 版 Annex 13 收錄為附件 G），成為此類事故調查之參考指南，其內容主要依據殘骸上之撞擊痕跡方向以及航機之航路相對位置、速度來反求撞擊角度及兩機相對姿態。唯一在該附錄中未提及的例外是兩機位於相同方向上，為追撞或對撞之情形。

可以用來調查空中相撞事故的資料來源包括雷達資料、紀錄器、衛星導航裝置、空中防撞系統紀錄（TCAS）、目擊資訊以及殘骸上的刻痕。計算撞擊角的方式則包括繪圖量測、三角向量分析、殘骸重建以及一些可以幫忙計算的電腦程式。不管使用何種方式計算撞擊角度，都必須考慮到兩機之速度、航向以及風力風向，才能夠求出最接近實際的撞擊角。自殘骸上除了可以找到直接撞擊的刻痕之外，如果有螺旋槳刻劃的痕跡亦能求出航機の入射角度。求得撞擊角度之後可作電腦視覺分析如圖 2.7.3-1，在大部分案例中都能發現因為飛行員視野被座艙

樑柱所遮蔽，因而未目視到撞擊航線上之對向航機所致。

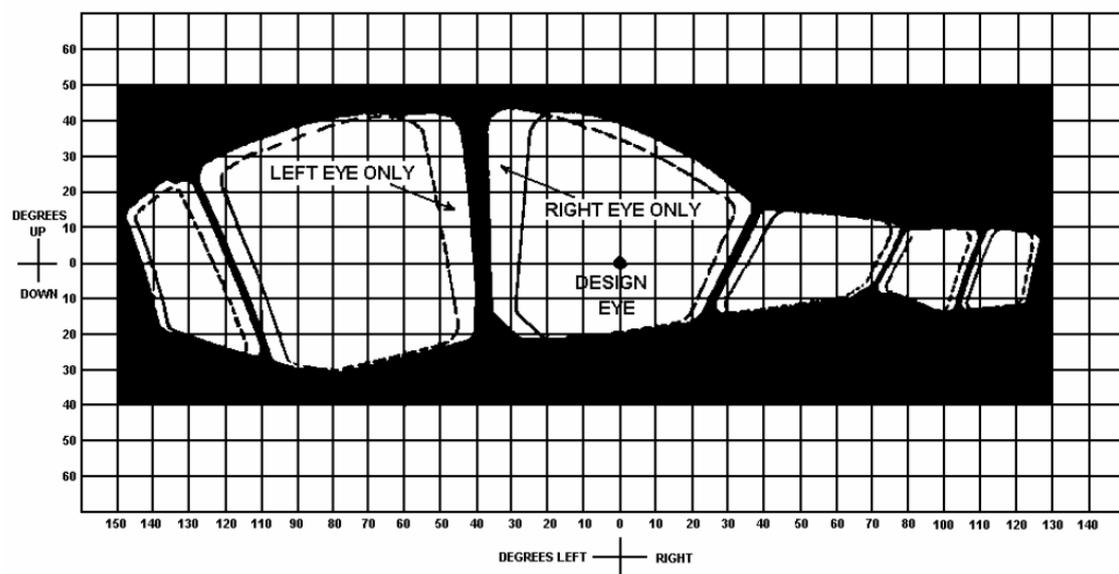


圖 2.3.7-1 駕駛艙電腦視覺分析模擬

空中解體的事故起因於結構失效，因此調查的重點在於找出結構失效的原因，課程安排上由空氣動力學特性開始，討論結構負載突增、飛行員控制問題、結構失效模式以及如何找尋結構最早之失效點。

定翼機之空氣動力特性如圖 2.7.3-2 所示，全機重量通常由主翼支持，也因此飛機結構的設計也照空氣動力的施力狀況去安排結構，在主要受力方向採取較強的結構，而在比較不需支撐受力的地方則以較少的結構減輕重量。

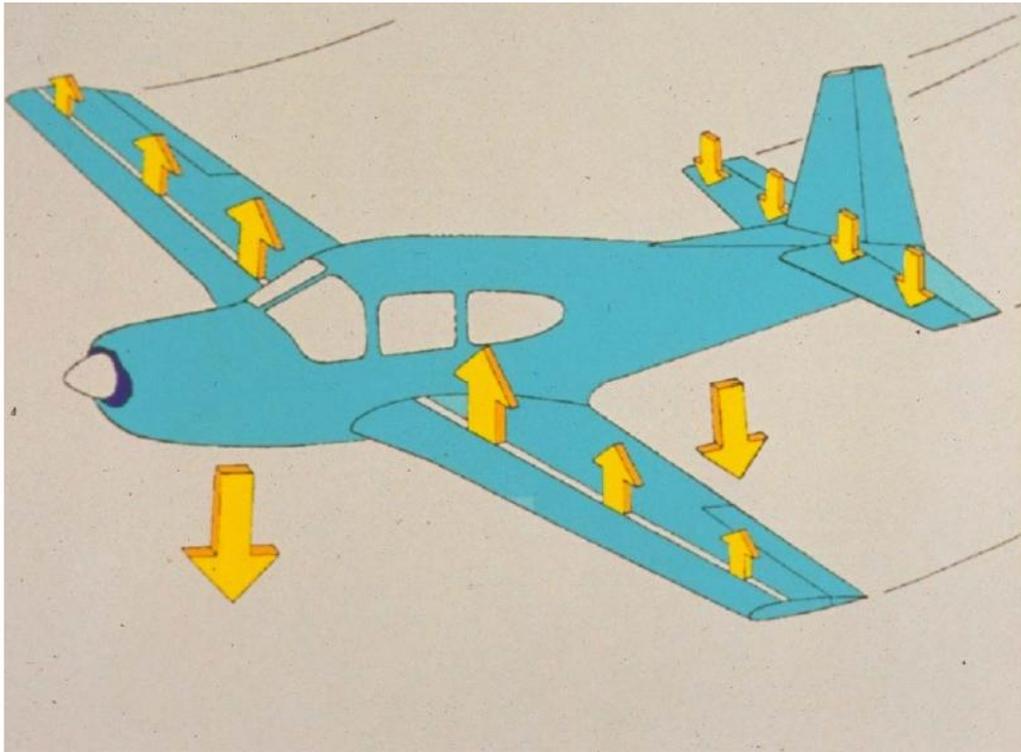


圖 2.3.7-2 定翼機空氣動力作用特性

正常的飛行情形之下結構設計可承受規範之內的受力，但如遭遇強烈氣流、航機方向不正常的改變、飛行員過度操作或是因超速或失速引起的顫震導致結構受力超過限制，則結構可能因此破壞失效，原本全機之力平衡狀態改變而產生下墜或不自然翻滾之運動，造成其他地方的結構也隨之失效直至飛機撞地，而在撞地的衝擊下還會有更多結構破壞產生，加上救援人員為進入航機搶救亦會破壞原本沒有遭到破壞的結構，因此調查員到現場第一時間要面對的，就是該如何從這麼多殘骸上的痕跡判斷失效情形，並試著還原各結構失效的先後順序。

傳統金屬結構失效最常見的破壞方式，就是延展破壞與壓縮破壞。航機受力最大的地方是在主翼根部，通常從主翼根部的破壞情形可以了解航機在空中失事時之運動方向，如果翼根殘骸顯示上表面延展下表面壓縮破壞，則表示事故當時主翼是承受負 G 而向下斷裂，如果另一側的主翼上發現相反的破壞分布，即上壓縮下延展，即可證明航機在事故的當下是處於不正常滾轉狀態，才能得到兩側主翼相反的破壞模式。相同的尾翼也是以此種方式檢證，如果還能找到不同翼面及機身間互相撞擊的痕跡，可以進一步推導各個部分失效的時間順序，沿著此線索往源頭方向終究能找出第一時間的失效點。再由此結構失效之原因，整合現場當地之環境資訊如雷達軌跡、天氣、地面目擊者甚至當地進行的活動等等，將有助於找出事故發生的原因。

2.3.7.2 渦輪發動機

渦輪發動機在今日已經是非常可靠的航空發動機，民航機上使用的發動機甚至可以飛航 3 至 5 萬小時而不需拆下來大修，但它們仍然不是完美的，在一些無法想定的操作環境或設定下仍然會失靈甚至導致事故發生。雖然大部分事故與發動機並無直接因果關係，但通常事故調查一開始為排除發動機失效因素必須先知道發動機當下的工作情形，對於沒有 FDR 的小型普通航空器事故而言，能夠獲得的發動機運轉情形除了在條件比較好的 CVR 錄音環境取得頻譜分析以外，就只剩下從現場事證著手調查的方法。

本課程從講解不同的發動機失效情形開始，再介紹渦輪發動機的種類、組成及工作原理，課程的後半段介紹發動機分組對於事故調查的準備工作、現場調查工具、現場調查工作流程以及發動機拆解檢驗流程等。

NTSB 需要調查之發動機相關之飛航事件 (incident) 主要包括以下幾類：

- 非容許性失效 (Uncontained engine failures)：渦輪發動機在安全設計上，即具備在葉片受力斷裂時由後方排出，不致從發動機機匣穿出以損傷航機其他系統之設計，但在某些案例中發生超出此設計之穿出破壞，即成為需要調查的事故。
- 發動機內起火 (Engine fires /under-cowl)：在一些發動機起動程序或是反推力器使用狀態下，如果燃燒室內之燃料未燃燒完全而跟著排出來，會因為高溫及重新獲得氧氣而再度燃燒，由外部看來就像發動機起火一樣，雖然對於發動機本身並無危險但對於受到火燄波及的機翼及機身而言可能會是一個危安因素。
- 外物吸入 (Foreign object ingestion)：渦輪發動機需要吸入大量空氣燃燒，因此會吸入原本不屬於發動機內之異物並造成損傷，這類異物可大分為軟性及硬性外物，軟性外物如鳥、冰、胎屑及塑膠物等等，硬性外物則包括金屬零件、水泥碎塊、柏油碎塊及石頭等等，軟性及硬性外物吸入造成之損壞可以由葉片受到的破壞特徵加以分類判斷。
- 發動機失去推力 (Loss of engine power)：通常損壞的壓縮機、渦輪機或是燃料系統失效都會導致發動機失去推力。民航機通常具有兩具以上之發動機，而大部分民航飛行員也受過對應單發動機失效之訓練，因此通常此類事件不具有安全爭議，除非超過一具以上的發動機失效，例如 EAL L-1011 客機因為技師未依規定安裝感測器而使機上三具發動機都失效。有鑑於此在新的 ETOPS 標準上亦規定飛機上之複數發動機必需由不同修護人員分別維護，以避免相同錯誤同時發生在所有發動機上。

當今主要應用航空上的渦輪發動機有四大類，包含渦輪噴射 (turbojet)、

渦輪扇（turbofan）、渦輪螺旋槳（turboprop）以及渦輪軸（turboshaft）發動機四大類。基本工作原理如圖 2.3.7-3 所示，空氣自進氣道（Inlet）吸入壓縮機（Compressor），經過壓縮之後於燃燒室（Combustor）與燃料（Fuel）混合後點火，高壓氣體通過渦輪機（Turbine）經由傳動軸（Drive shaft）帶動壓縮機持續運轉，並透過排氣口（Exhaust）排出廢氣完成燃燒循環。

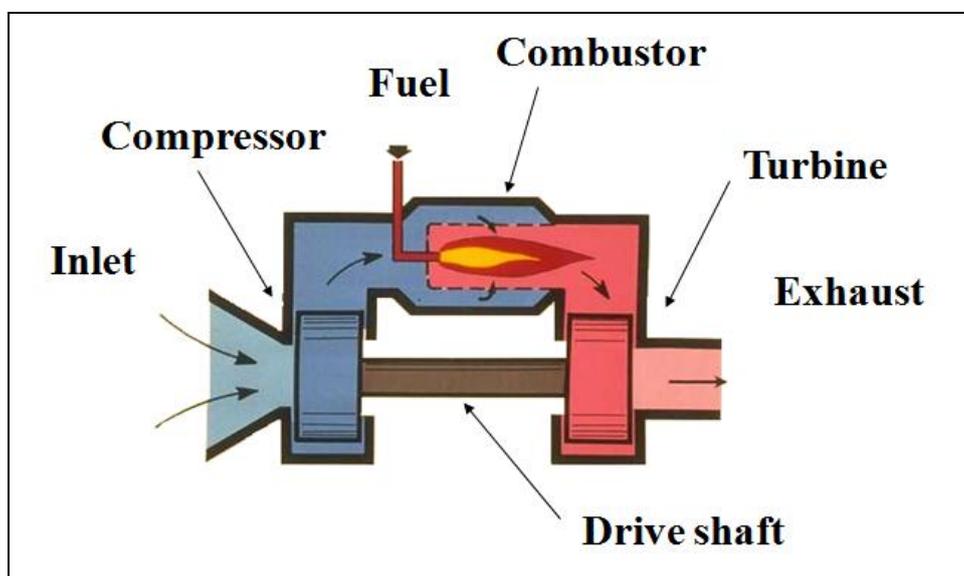


圖 2.3.7-3 渦輪發動機基本工作原理示意圖

發動機分組之調查員除要熟悉以上提到的主要部分各個零件之外，其他組件諸如數位式發動機控制系統（FADEC）以及反推力器（Thrust Reversers）也是調查中不可或缺的線索。

在檢視發動機維修紀錄時，傳統往復式發動機只使用運轉時數做為維修需求之參考指標，而渦輪發動機由於操作環境變化較大之因素，除了在時數以外會另外使用運轉循環次數（cycle）做為維修指標，一個起降循環自發動機啟動開始、加速至起飛速度、降至怠速到最後關閉發動機為止即完成一次運轉，因此在每次發動機完成一次運轉循環，其元件之設計壽命周期即扣去一次。

在進入事故現場執行調查作業時，除了標準防護裝備之外，發動機分組會攜帶一些輔助工具以利現場記錄使用，包括量角器、皮尺以及一些自製的位置或號碼牌放置在相關殘骸上以利拍照記錄。

在現場調查的初始階段，需要取得發動機維修紀錄以及發動機零件序號清冊，進入現場之後大致繞行整個現場、搜尋並鑑定所有找得到的發動機部件，在地上檢視是否能找到發動機運轉的痕跡，如葉片刮痕或是遭到高溫排氣燻過的痕跡，判定撞擊痕跡並確定撞擊點，同時從發動機葉片的損傷情形，可以進一步推測發動機與地面的撞擊深淺。透過駕駛艙內與發動機相關之儀表及油門桿位置，或是於發動機內確認是否有吸入之塵土等等，亦有助於判斷事故當下的運轉情

形。對於直昇機使用的渦輪軸發動機而言，由於通常因為安裝位置以及低撞擊速度的原因，發動機不會受到較大的衝擊，而難以確認事故當下的運轉情況，此時通常透過傳動軸的損傷情形，來判斷當時之發動機運轉情況，缺點是只能得知傳動軸之動作而不確定發動機是否真的在運轉。

透過現場的調查跡象以及根據 FDR 之發動機相關參數，若發現發動機可能會是事故肇因，需要作更進一步的調查時，即會需要將發動機拆解運回做更詳細的分解分析工作。在此階段就需要考慮如何拆解、送至何處及如何裝運。拆解工作一般以發動機維修手工具、輔助機具以及切斷工具進行，拆解下來的發動機會在現地以能符合運輸車輛尺寸的箱子包裝，若放不下則需拆解成更小單位的零件。儲存地點通常是發動機原廠或是附近的發動機維修廠，在該地分解並進行更進一步的檢驗測試。值得注意的是，在分解過程中必須全程拍照記錄，因為使用切割工具分解發動機時往往會在事證上留下二次損傷痕跡，若不小心記錄可能會成為誤導調查的痕跡。

課程的最後舉了數個與發動機相關之案例，透過前面講述的方式實際調查出包括金屬疲勞造成葉片斷裂噴出、鳥擊、不當操作或不當維修等可能肇因，使學員可以初步了解整個發動機分組之調查流程及可能結果。

2.3.7.3 涉及國際調查事務

國際民航組織是聯合國屬下專責管理和發展國際民航事務的機構，其依據 1944 年國際民用航空公約第 43 條成立，宗旨為發展國際航行的規則和技術、並促進國際航空運輸的規劃及發展，目前 ICAO 已有 191 個締約國²。

國際民航公約訂有 19 個附約 (Annex)，其中附約 13 說明各締約國間於事故調查時須遵守之標準及建議措施 (SARPs)，包含：事故調查目的、事故通報、事故調查、報告撰寫等，各締約國應依照附約內容修訂各國法規，附約內容僅為最低標準，國際民航公約規定任何國家如無法完全遵行 SARPs，或該國認為有必要採用在某方面不同於 SARPs 之措施時，應立即將彼此的差異通知 ICAO，再由 ICAO 理事會通知其他締約國。

參與國外的事務調查涉及附約 13 中的兩個角色：授權代表及顧問。

牽涉到國際間之事故調查，ICAO Annex13 規定調查主導之飛航事故調查機構需通知航空器登記國、航空器使用人國籍國、航空器設計或製造國等，由他國之飛航事故調查機構指派授權代表參與，授權代表會邀請相關專業人員（波音、FAA、奇異發動機等）擔任其顧問。授權代表於飛航事故調查中，扮演事故調查

² 我國目前非 ICAO 締約國

主導國家與他國之聯絡橋樑，提供主導調查國家主任調查官於飛航事故調查中所須之相關資料³。調查團隊組織圖如圖 2.3.7-4 所示。



圖 2.3.7-4 調查團隊組織圖

過去 NTSB 會等待事故發生國的邀請才動身參加協助調查，現在只要 NTSB 得到重大事故的消息，不論由媒體或航空器使用者，便立即動身前往該地，僅告知事故所在國調查機關派遣情形，有時候較輕微的事故，NTSB 僅提供聯絡窗口不派授權代表出席。

授權代表擁有至現場探查、檢視殘骸、取得目擊證人相關資訊、與該事故相關之證據與文件備份，參與解讀飛航紀錄器、參加進度會議與事實確認會議，並對事實資料蒐集之各項調查過程提出建議等權利。除了參與飛航事故調查之權利外；授權代表亦有提供相關事實資料之義務。NTSB 規定授權代表不能隨便對外發言；至於罹難者或嚴重傷害者國籍國之授權代表，其能從事的調查工作與授權代表不同，其可以進入飛航事故現場探查、蒐集罹難者相關資料、協助辨識罹難

³我國調查法第 20 條即明文規定：「第六條第一項之飛航事故發生後，飛安會專案調查小組得詢問航空器登記國、航空公司國籍國、航空器設計國、製造國及罹難乘客國籍國之調查機關參與調查之意願，並於其派出之代表承諾保密及遵守主任調查官之指揮下，允許其從事部分調查作業。」

者身份以及收到最後的調查報告 (Final Report) ⁴。

2.3.8 第八天課程

2.3.8.1 撞擊動力學 (Crash Dynamics)

依據 NTSB 於 2007~2009 的統計資料，美國平均一年發生 1,500 件左右的普通航空器事故，由於大部分普通航空器並未裝置飛航資料紀錄器(FDR)，加上有時缺乏現場目擊資訊提供航機飛航過程判讀，調查員通常需要從殘骸破壞分布以及地面軌跡來反求航機之事故經過。因此本課程以現場地面上之殘骸或是撞擊痕跡，輔以飛行性能分析、動力學、雷達、氣象、場面資訊等各種輔助資訊，用力學分析的方式反求事故之情形並輔以實際案例解說。而在一些案例中雖然航機具有 FDR 記錄相關數據，但從飛行資訊會發現航機之性能表現未達預期，而導致事故發生，如何從相關數據反求航機性能、並透過現場環境資訊抽絲剝繭找出事故原因，亦是航機性能分析的重要目標之一。

飛機性能分析計算需要使用到的各種參數，包括：基本姿態俯仰角 (Pitch) 及滾轉角 (Roll)，與飛行路徑有關的飛行路徑角 (Flight Path Angle) 及攻角 (Angle of Attack)，再與地形坡度相互比對計算，即可以求出航機在與地面撞擊時的姿態。有了撞擊姿態以及地面撞擊角度之後，再給定一推測之撞擊前飛行速度，即能求出在撞擊瞬間相對於地面之水平及垂直速度分量。再根據現場留下之第一撞擊點至殘骸停止位置，即能透過牛頓公式，以停止距離反算出自撞擊至停止之瞬間最大加速度。利用此種方法可以在最少的線索之下，對於撞擊之力道做最初步的分析，可利用此一結果做為在該撞擊情況下之人員生存因素、零件設計強度、結構衝擊吸收性能之參考。

除了地面撞擊之外，也有兩架飛機相撞之案例，此類案例通常會在機身上留下螺旋槳切過的連續痕跡，透過量測兩次痕跡間之距離，配合螺旋槳數目及設計轉速即可以反求當時之相對飛行速度。

有關空中解體案例，在現場只能記錄到散布於大範圍的各部位殘骸，此時結

⁴根據我國民用航空器及公務航空器飛航事故調查作業處理規則之第 19 條：「依本法第二十條規定，航空器登記國、航空器所有人及使用人國籍國、航空器設計國及製造國之飛航事故調查機關授權代表，於書面承諾保密及獲得主任調查官之同意，得從事下列工作：一、探查現場；二、檢視航空器殘骸；三、會同專案調查小組人員獲取證詞及提出訪談目擊證人之問題；四、讀取有關文件；五、獲取相關文件影本；六、參與飛航紀錄器之解讀過程；七、參與現場外調查工作；八、參與調查過程召開之有關現場蒐證與事實確認會議；九、對事實資料蒐集之各項調查過程提出建議。」第 20 條：「依本法第二十條規定，罹難乘客國籍國之飛航事故調查機關之代表，於書面承諾保密及遵守主任調查官之指揮調查下，得於主任調查官許可之範圍內，從事下列工作：一、探查現場；二、蒐集與罹難者有關之事實；三、參與罹難者之辨識工作；四、協助訪談同一國籍之生還乘客。」我國相關法律條文大抵與 ICAO 之精神相同。

合雷達軌跡、天氣資訊提供的風場資料以及殘骸分部資料，再針對各個殘骸其尺寸與重量，計算各殘骸於空中掉落時所受阻力並加上風場資訊，即能從其落地位置透過彈道分析，反推事故機各個部分在空中解體時之先後順序，再從這些資訊中找出最早分離之關鍵殘骸，進行更細部的調查工作。

課程下半段探討其他與飛行性能計算有關之事故，包括積冰、機尾亂流(Wake Vortices)以及濕滑跑道水飄(Hydroplaning)現象，這些案例之 FDR 資料與航機之設計性能有出入的情況。以積冰為例，可以看到航機在自動駕駛狀態下，航機開始產生不自然速度及姿態變化，且從自動駕駛儀能看出電腦修正控制的跡象，直至不正常變化超過電腦控制極限而解除自動駕駛、並接著進入失速或異常飛行姿態導致失事的情形，此案例透過風洞實驗量測積冰之翼面，得到在積冰狀態下，嚴重衰退的機翼性能是造成事故的直接原因之一。在另一個案例中，透過 FDR 觀測到瞬間不正常的姿態及加速度變化，經過比對周圍航機路線以及天氣資訊，發現是前一架飛機的尾流震波隨著風向來到了事故機的行徑方向上而導致事故發生。

最後探討水飄事故的判斷方式，講師準備了一份水飄事故之判斷流程如圖 2.3.8-1 所示，依據此流程依序檢視所有現場及航機事實資料，即可以在初步階段排除或確認航機是否遭遇到水飄效應發生。以近來本會處理的某一案例為例，順著流程圖依序發現：1. 航機在跑道上未留下黑色胎痕、2. 輪胎上未留下箭型摩擦痕跡、3. 有 FDR 資料可分析、4. 與原廠濕滑跑道性能模擬結果相符，因上述結果而導出了本事故非水飄之結論，即可排除此一議題，免去投注無謂資源於跑道檢測調查之上。

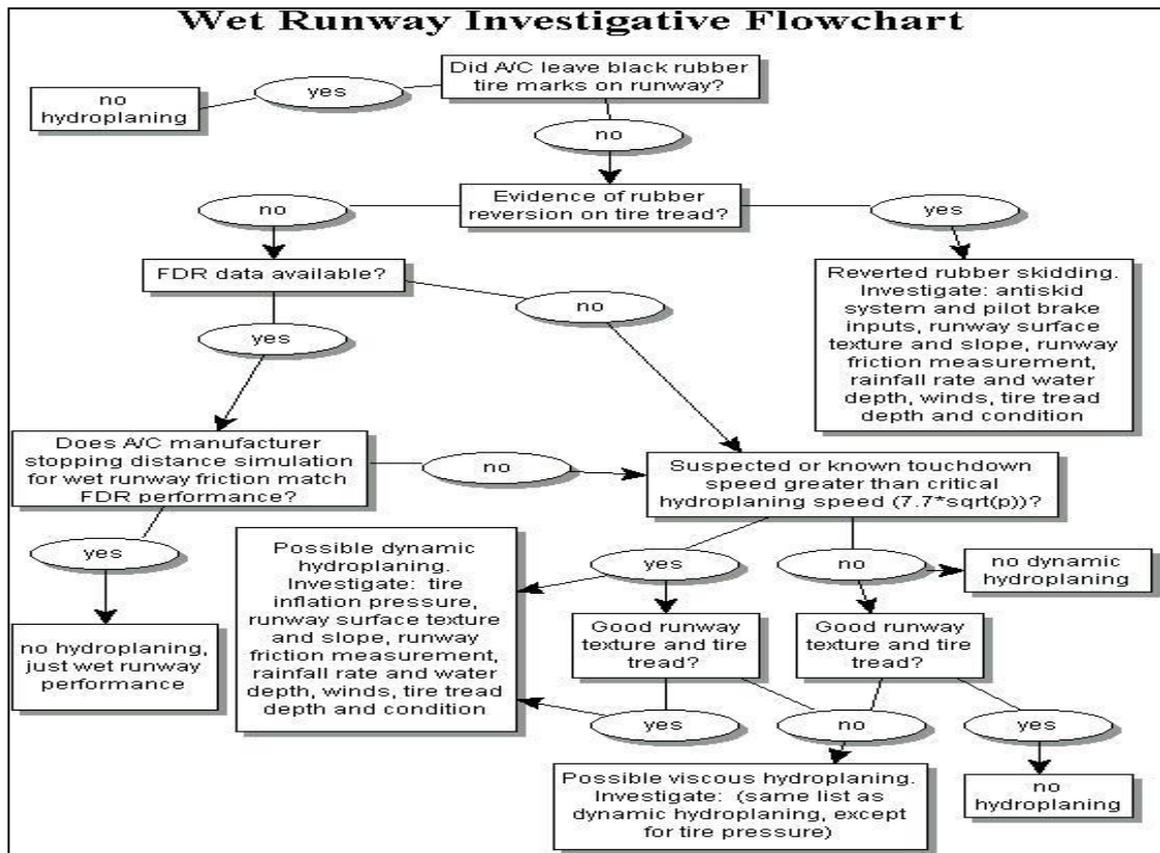


圖 2.3.8-1 疑似水飄事故調查判斷流程

2.3.8.2 事故調查中的生醫議題

本課程主要由從飛機的人員安全帶之種類、設計、碰撞實驗以及一些案例，探討當今之人員防護裝備設計是否合乎設計時的考量，並討論兒童安全防護、高齡以及肥胖乘客在事故中之生存性議題。

課程首先就安全帶進行解說，安全帶之設計目的在載具受到衝擊時不但能將乘客身體固定在載具上，亦需延長人體於動作至停止之間的時間以分散衝擊力道，傳統之安全帶為腰帶固定式以及肩、腰固定式之安全帶，近來則有四點固定式及五點固定式設計安全帶。在碰撞實驗中可以很明顯發現只用腰帶固定之安全帶之試驗人形，上半身在無任何阻擋之狀態下前傾，以至於臉部撞擊前座之椅背，相比之下使用肩、腰式安全帶之乘客，在向前移動一小段距離後，被限制在座椅上而未繼續前傾。安全帶能否固定乘客影響到事故時的生存因素。

課程提到 2006 年一起 DHC-6 跳傘飛機事故案例，該機在墜毀時前艙受到毀滅性的破壞，但後艙部分具備生存所需的緩衝空間，只是因為跳傘機之乘客只使用一條安全索掛在機艙壁上，在衝擊發生的時候機艙壁掛勾承受不了，所有乘客往前衝而擠在一起，導致原本在前方之乘客受到擠壓而死亡，此案例中如果所有

乘客都能固定好而未互相擠壓的話，將提高整個事故的生存率。另外一起直昇機事故案例中由於該機之座椅設計還是舊的 FAA 法規所訂定的 4g 極限（目前標準為 14g 以上），而且椅背部分無法完全鎖定。因此在事故發生時，乘客與椅子一起飛出造成傷亡；另外該椅子使用之舊式安全帶需以旋轉方式解鎖，部分乘員在不熟悉該解鎖機構之情況下於緊急關頭無法脫離，亦於撞擊之後的火災中造成傷亡。

在過去的事故中牽涉到兒童安全方面的議題比較少，FAA 現有的規定則允許 24 個月以下的兒童可以坐在成人腿上而不需購票，但在衝擊產生時 24 個月的兒童會產生 3.1 至 17.8G 的作用力在成人身上，一般成人不一定能夠固定住兒童，因此有了飛行用嬰兒座椅做為替代性方案，只是至今仍未有明確之統計數據能證明使用安全座椅的兒童較安全，相較之下事故本身之變因更大。

最後是成人年長者以及肥胖者在事故中的生存性，年長者由於身體較脆弱以及體力較虛弱，存活性確實是比較低的，加上骨質流失等因素發生骨折等重傷機率比一般人高出許多。而關於肥胖者通常被認為由於脂肪緩衝的效果具備較高之生存性，實際上由於下半身離周圍物體較近，受傷的機率更高，在道路事故的統計上甚至發現，肥胖者上半身受傷之機率比一般人還高，因此肥胖者在事故中具有更高生存性之假設是錯誤的。

2.3.8.3 火災相關事故

由於航空器載著大量的燃油，事故發生往往伴隨著火災的發生，因此了解火之種類、火燒現象、找出起火點、火燒分布模式及物質焚燒後之化學變化，可協助找出事故可能發生原因。

火災發生需要三項元素：氧氣、熱源及可燃物，大致可分成 4 個階段各階段溫度與時間關係如下：

- (1) 初始點火階段：起火點之溫度一定要高於外界環境，透過放熱反應、火花及自燃過程，發生點火此時溫度最低。
- (2) 火苗成長階段：火苗成長速度取決於燃料、氧氣的使用，抑制型的燃燒，因燃料或氧氣的供應較不足，燃燒速度較慢。快速燃燒的形式為起初燃燒部分的熱流足以點燃臨近的燃料表面，當有供應足夠氧氣便引起快速燃燒。
- (3) 完全發展階段：此階段是整個燃燒過程最劇烈、釋放的熱能也最大，整個過程控制主要端視氧氣量的供給。在這個階段中，未完全燃燒物質將在最上方，隨著空氣飄浮，當未燃燒物質接觸到易燃物表面時，將再度引起新的火苗。

- (4) 衰退階段：當燃料或易燃物質已燒盡，整個燃燒能量開始逐漸衰退，最後至熄滅。

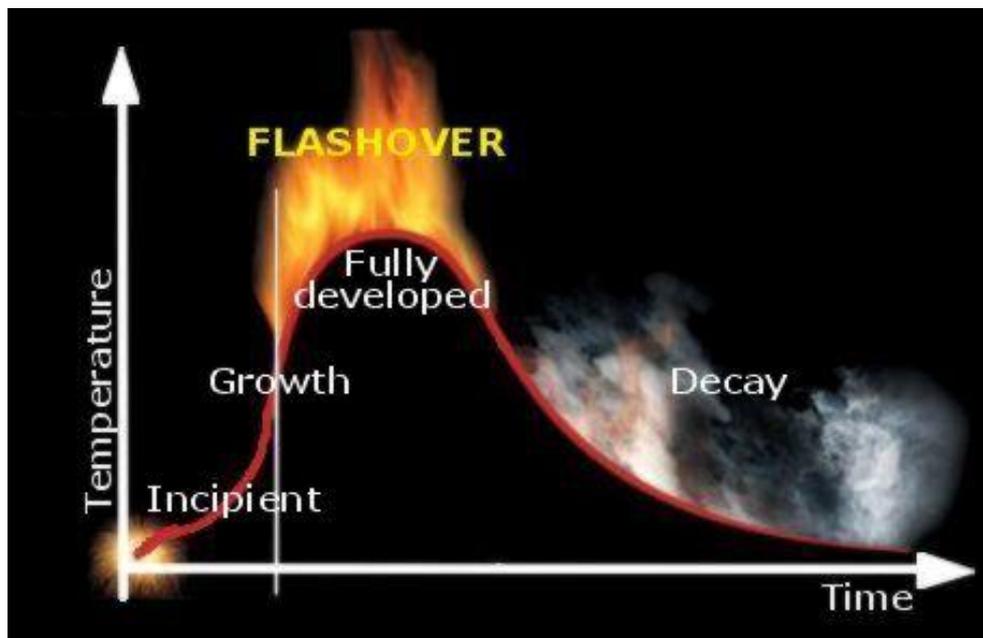


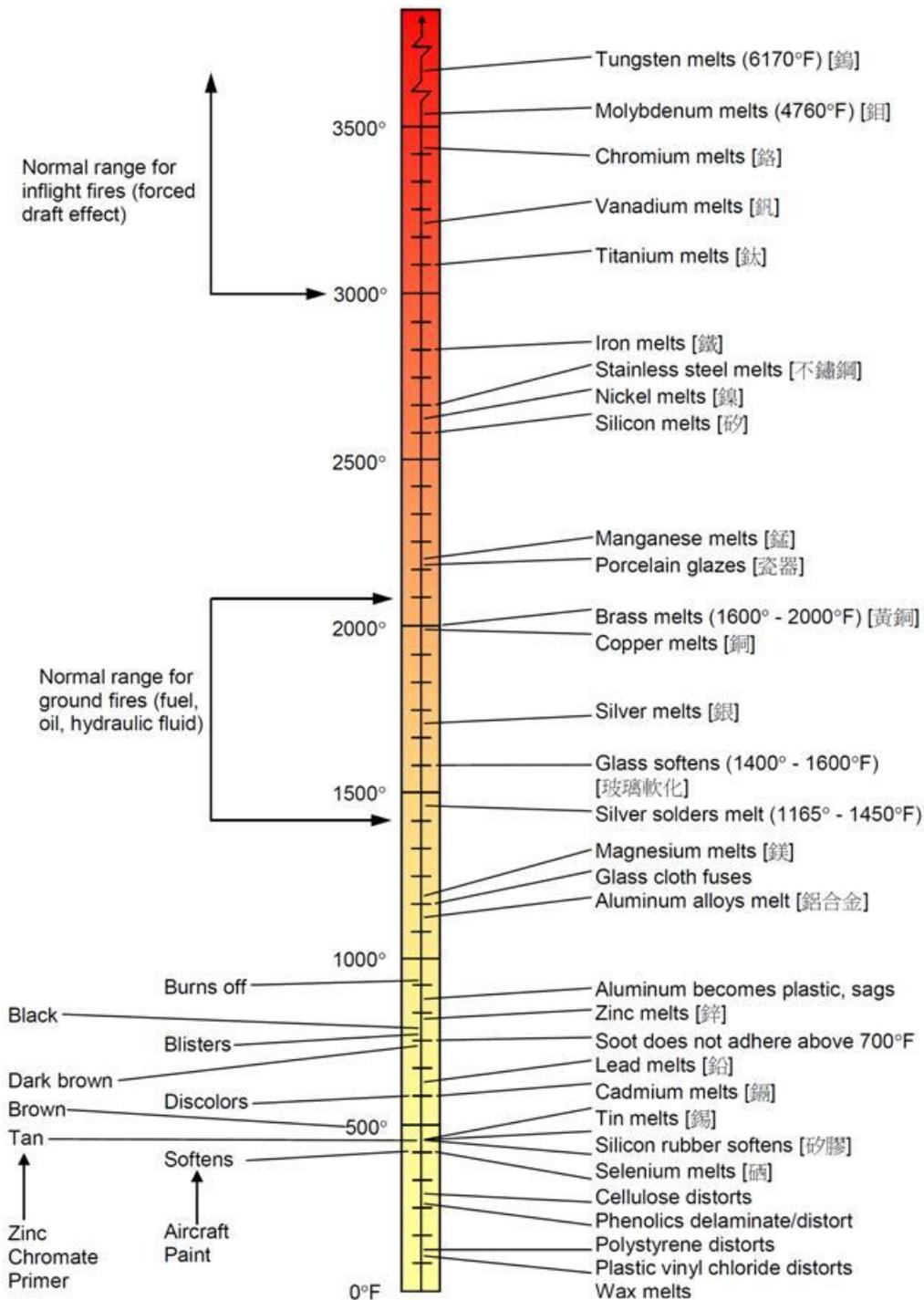
圖 2.3.8-2 火災發生各階段溫度及時間圖

觀察物質受熱的五項指標如下所示，航空器火災調查溫度對照表如圖 2.3.8-4：

- (1) 底漆變色 (Primer Discolorization)
- (2) 表面改變 (Surface Change)
- (3) 掃帚狀 (Broom strawing)：金屬受熱部分融化後遭受衝擊力量，造成項掃帚般纖維狀的現象
- (4) 金屬表面變色 (Metal Discoloration)
- (5) 穿孔 (Pitting)



圖 2.3.8-3 殘骸受熱造成之損壞情形



TEMPERATURE COMPARISONS FOR AIRCRAFT FIRE INVESTIGATION
 (Ref. Aircraft Fire Investigator's Manual – National Fire Protection Association)

圖 2.3.8-4 航空器火災調查溫度對照表

可能造成的起火點：電線、燃油洩漏、發動機、貨艙。

電線起火起因於：電線彎曲、電線接觸、電線破皮、裸露處接觸。電線起火可由以下特徵進行判定：燒穿電線絕緣體、將電線之絕緣體燒融成球狀、起火災

波及具有局部性且和起火點材料有關。

爆炸是快速燃燒且燃燒的氣體由於被侷限於小空間內，當氣體受熱膨漲造成結構無法承受時，結構產生快速彎曲（外翻），容易造成碎裂，且因爆炸受力不均，使得殘骸表會常會有皺折存在。

依以往飛機火燒調查之結果，除飛機因墜毀而發生火燒現象外，航機發生火燒情況多半因電氣系發生問題而起火，故執行火燒事故調查前，應先熟悉該型機之電氣系或邀請該型機之電氣系專業人員協助，於現場調查時方能針對該機之電氣系進行完整詳細之檢查及記錄。

講師並提供火災及爆炸痕跡練習表，並帶領學員在一事故殘骸進行火災現象及位置之識別練習，以提升火燒認識之程度。

2.3.9 第九天課程

2.3.9.1 人為因素調查

人為因素調查之目的為找出事故肇因是否與人的行為有關，一般從生理、行為、認知、工作環境等因子著手，甚至擴大至團隊、組織、組織文化等因子，進而改進人員訓練、作業程序、工作環境、甚至航空器設計等。

在探討人為因素時，最常運用到的兩個分析模式為 SHELL Model 與 Reason Model：

SHELL Model

以人（Live ware）為中心，探討人與人（Live ware—Live ware）、人與軟體（Live ware—Software）、人與硬體（Live ware—Hardware）以及人與環境（Live ware—Environment）間的互動關係，建立 SHELL Model，用來描述人與機器界面的各種情形，當這些相互關係發生問題、或是無法配合，即有可能發生失誤。

表 2.3.9-1 SHELL Model 名詞介紹

S = Software	Transfer of information between the human and supporting systems
H = Hardware	Physical and mental interactions between the person and machine or equipment
E = Environment	Internal Factors, External Factors
L = Live ware	The nature of interactions between humans



圖 2.3.9-1 SHELL Model

Reason Model

以「起司理論」(Cheese Theory) 為代表，此探討組織層級或個人職務上所產生的「人為失誤」，致使組織各階層產生連鎖失誤，將可能導致飛航安全失控或飛航事故事件的產生。

在「起司理論」中，每個環節都如同一片起司，而起司上的空洞代表每一環節可能發生的失誤。當某一環節發生失誤時，代表光線可以從該空洞穿透該片起司，若多片起司的空洞正巧可以連成一線，可讓光線自第一片起司穿透至最後一片，這即表示發生事故。某個環節的失誤是一種自然現象，只要各環節間的失誤不是正巧發生連鎖效應而連成一線，代表層層關卡皆失守，那麼不幸的事故就不會發生。因此，只要某一個環節能發揮本身應有的功能，將漏洞空隙填補起來，

主動發揮阻檔功效，不幸事故自然也無從發生起。「起司理論」系統安全管理理論，不僅適用於航空界，也可運用在任何與安全相關的領域。

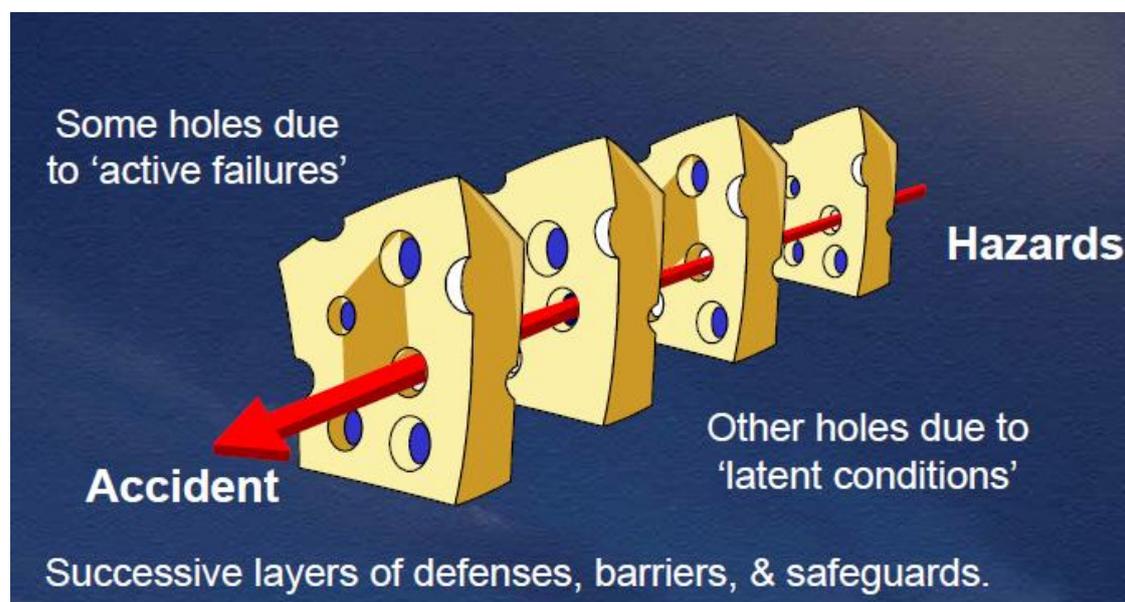


圖 2.3.9-2 Swiss Cheese Model

講師提出在進行人為因素調查時，可以蒐集的 10 項要素資料，供調查人員參考：

- * 記錄事故中人員的每一行動
- * 蒐集事故中組員 72 小時內活動
- * 蒐集組員醫療背景資料
- * 藥物酒精檢測
- * 檢視並記錄工作環境
- * 取得工作上應有表現或性能上的資料，如前一航班中組員的 CVR 聲音，或是審核資料
- * 人為因素證據或資料必須能夠量化並根據事實，調查人員的意見並不能當作資料
- * 由各類面向去廣泛審視人為失誤的發生原因
- * 記錄人為失誤發生的因果鏈進而發掘減低失誤的方法
- * 蒐集足夠資料進而排除人為因素的可能性亦跟人為因素分析的工作一樣重要

2.3.9.2 調查分組實作訓練

本課程類似突襲測驗學員過去 8 天所學知識之吸收程度。原訂課程預劃以及提供之講義檔為 AA587 飛航事故案例說明，直到開始授課學員才被通知將進行分組調查實作，NTSB 訓練中心利用前一晚於訓練中心機庫至停車場外佈置了一虛擬事故現場如圖 2.3.9-3 所示，並提供學員一份虛擬的事故腳本，內容為一通勤商務航空公司所屬之通勤商務客機，在儀器飛行天候之下迷航，且將 NTSB 停車場燈光錯認為杜勒斯機場跑道燈，而迫降於 NTSB 訓練中心停車場並撞進機庫之飛行事故。



圖 2.3.9-3 於虛擬事故現場進行調查的學員

由學員之中的 NTSB 新進人員挑選一名擔任主任調查官，其他學員隨機打散分為「現場記錄」、「系統結構」、「飛航操作」、「生還因素」等分組，各組並推選出該組之召集人，開始協調展開分工作業，依據腳本於現場有另一架直昇機受到事故波及，因此實作場地中散布著飛機及直昇機之殘骸及零件，調查團隊必須利用自身對於航空器之知識辨別各別零件原屬之部位。

在有限的 90 分鐘調查時間內，現場記錄分組依手上能使用之工具進行現場之測繪，蒐集包括撞擊軌跡、零件散佈情況以及非屬於飛機上之異物等事實資料，繪製事故現場地圖以獲得初步之航機動態相關資訊。系統結構分組審視主要殘骸如圖 2.3.9-4，透過殘骸上之線索判斷可能之失效原因，並與飛操分組進入駕駛艙內記錄各個儀表上的線索。飛操分組則對講師們安排的生還者、飛行員、航管員等事故相關人員進行訪談，並向相關單位要求必要的文件。生還因素分組則檢視充當罹難者的道具，觀察殘骸內部受損情形並訪談生還者。

各分組在時限的最後階段進行簡短的內部會議，由各分組召集人彙整該分組

所有資訊，將這些資訊集中到 IIC 手上，最後回到教室由 IIC 向所有人簡報整個先遣調查的成果。

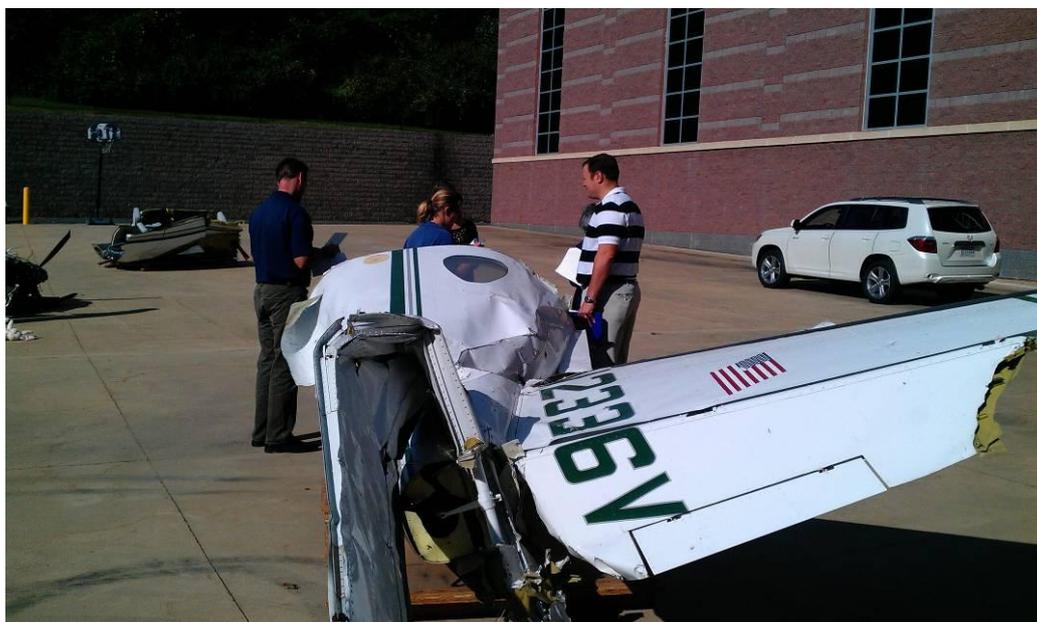


圖 2.3.9-4 系統結構分組檢視主要殘骸並交換意見

透過此次實習活動，讓學員們可以實際體會在有限的現場作業時間之內，如何透過有效率的分工作業，掌握整體調查作業的重點，並以最低限度的工具掌握整個現場的概況，以期在未來實際接觸現場時能將這些經驗派上用場。

2.3.9.3 CFIT 可操控飛行撞地

德法聯合設立的 Tiger Training Center，專為德法共同開發的虎式攻擊直昇機飛行員提供訓練，本課程講師來自此訓練中心之飛安辦公室，除了具有飛行教官資格外，亦曾參與過多起直昇機 CFIT 事故之調查，其中包含許多由於飛行員產生空間迷向 (Spatial Disorientation) 所導致之事故，因此在本課堂上以一些事故案例，從飛航操作的觀點來解說空間迷向對於 CFIT 之肇因。

根據 2008 年的 Science Daily 統計資料，1994-2003 的十年間美國通用航空器 (General Aviation, GA) 事故中，肇因為空間迷向共有 202 件，在全體事故中佔有約 10% 的比例，其中 184 件為死亡事故，其事故致死率高達 91%，其中以目視飛行規則 (VFR) 飛行於儀器飛行天候 (IMC) 造成事故者有 83 件，83 位飛行員中有 69 位只具有目視飛行員資格，擁有儀器飛行資格的飛行員只有 14 位。

沒有飛行員會想要冒險於不良天氣中飛行，但在 GA 的案例上，通常可以找到幾個導致飛行員降低危機意識的因素，比如想多擠出一些任務效能、飛行員本

身對該天氣狀況不熟悉，或未具備足夠應對的技術能力、以及為了樂趣而低飛都是這類事故的危機因子。

這種情形在天氣多變的山區最容易發生，而在高緯度的地區於冬天時更容易發生，因為地表被白雪覆蓋，在地面起霧或雲幕下降時，使飛行員失去地平線參考而造成白視（White Out），此時對於貼近地面的直昇機而言更為危險。

直昇機與定翼機不同，是處於動態穩定、而非靜態穩定的飛行器，定翼機的設計通常是先天穩定，飛行員不以外力介入之情形下，自然會回復安定狀態；但直昇機必須靠飛行員不斷的修正，才不會造成姿態的發散。直昇機在平衡狀態時，主旋翼產生的力矩由尾旋翼負責抵銷，正常飛行條件下尾旋翼可以依設計產生抵銷主旋翼力矩的反向力矩，但在直昇機姿態產生不正確變化或操作時，主旋翼轉動運動在與全機姿態變化角速度結合後，會產生非預期性轉動力矩，造成機體非預期性偏轉，此時的飛行員已經無法預期直昇機的姿態變化而導致直昇機失控造成事故。

課程就德國陸軍 8671 號 BO-105 直昇機事故做重點分析：該機於前往訓練區域時，由於天候惡化折返，在接近基地時突遇能見度驟降，正駕駛失去外部視界參考，在依據作業程序降低飛行高度，以取回地物視界參考時，在約 30-50 呎高度無參考物狀態下，正駕駛發生空間迷向，直昇機以近 1,000 呎每分的速度下降，以抬頭的姿勢，28 節的速度撞擊地面後直昇機彈起並產生右偏航，在第二次觸地時，正駕駛向右踩舵使直昇機向右偏航 180 度於雪地上滑行停止。

調查員發現正駕駛的表現包括：缺乏評估天氣條件、過晚判斷返航的時機、無備用路線計畫、與航管間之溝通未使用標準的通話術語，導致航管無法正確掌握航機狀態、未交互確認儀表使下降率過高、未向其他組員尋求協助且進入空間迷向後亦未告知組員等，而副駕駛亦無法提供有效之提醒及支援，檢視兩人之飛行紀錄發現：正駕駛已經 89 天未飛行，且之前都是單飛，加上坐在左座（直昇機正駕駛位置於右邊），而副駕駛是練習飛行員，離前次飛行已經長達 8 個月，兩人無法建立理想的合作模式，顯然在任務派遣的組員組成上就不是理想狀況。

而航管塔台握有完整的該區天氣資訊，卻未將天氣的發展狀況主動通知在該區的航機，也未主動掌握航機位置，僅透過航機自主回報來確認，且在給與降落方向時有 12 次非恰當的方向指引，亦未對航機提供決策下達的建議，最後更花太多時間在等待而無任何反應。

因此在許多漏洞之下，事故隨著威脅穿越層層防護網而產生，調查方向指向整個組織缺乏整體的安全文化，導致組織成員認為自己是在安全的狀態下，缺乏狀況警覺而不自知，CFIT 事故於是發生。

2.3.10 第十天課程

2.3.10.1 家屬協助

1990 年代中期先後發生了 US427、Valujet592、TWA800 及 AE4184 等數個重大空難事故，在這些事故中最急迫希望得到相關訊息的家屬們無法得到準確且完整的資訊，因此開始串聯並向公部門提出他們的訴求，最後美國政府在 1996 年通過大眾法 104-264 條『空難家庭協助法案』，之後更通過包括『國外航空公司家庭協助法案』、『鐵路災害家庭支援法案』等等，責成事故調查核心的 NTSB 做為家屬支援之核心組織，在事故發生時協調業界與 FAA，領導整個家屬協助計畫。

所謂家屬協助計畫，即為在事故發生的當下，對相關家屬提供他們最迫切需要的資訊，並提供家屬們必要的實質或心靈上的支援，實際上的作為包括通知家屬並盡可能提供家屬需要的資訊如救援現況等，與 NGO 或相關單位合作撫慰家屬，協助返還個人隨身財產等等。

並不是所有飛航事故都需要啟動家屬協助機制，法律規定需要啟動此機制之重大事故包括 1. 在美國本土發生、2. 重大傷亡、3. 符合 FAR 121 及 FAR 129 之本國及外國飛航美國之民航運輸業、4. 跨州跨都會鐵路運輸業、高速鐵路事故需要 NTSB 領導調查之事件。如果牽涉到犯罪事實之事故則由 FBI 負責家屬協助工作。

依據聯邦家庭協助作業計畫，明確規定了 NTSB 於上述重大運輸事故發生時的責任，包括：檢視整個家庭協助進行狀況、與當地機構協同作業、加速罹難者發現及鑑定作業、責成運輸業者協助作業、在媒體得知以前對家屬揭示目前現場調查進度等等。

而在美國本土之外，ICAO CIR 285 提出了航空事故罹難者及家屬協助的作業準則，會員各國在準備相關計畫時，需考慮家屬接受程度、該設定何種類型的家屬協助、執行時機、建議的執行者、協助期長短、協助計畫的準備等。依據此準備，已經具有家庭協助計畫的國家除美國之外，包括：歐盟、巴西、澳洲、韓國及中國。

NTSB 負責執行家庭協助的單位是運輸災害協助（TDA）辦公室，TDA 成員在現場最常面對的挑戰，包括危機溝通及面對罹難者及家屬的作業。危機溝通的目標在於協助事故之後受到心理創傷的受協助者提出他們的需求、了解受協助者的選擇、透過了解需求促使受協助者容易獲得協助，以及讓受協助者了解事故之後的處理流程。一般受協助者不管在生理上還是心理上，都會表現出心理創傷的反應，生理上的反應包括喘不過氣、發抖、頭暈、嘔心、無食慾、疲勞、失眠、作惡夢、頭痛、胃痛、背痛及哭泣等。心理上則會有震驚及否定、情緒表現、沮喪、孤獨、混亂、內疚、敵意及忿怒、無力感且無法回復正常生活等。TDA 成員們需要了解這些特徵並掌握與受協助者的良性溝通，了解正確且不正確的表達方式，

盡可能協助這些家庭渡過危機。

課程最後以 NTSB 家屬協助計畫之存在意義做總結：

- 法律賦予的責任
- 協助導出有助於調查的證據
- 可加強推廣飛航安全觀念
- 家庭協助是正確且該做的事 (Right thing to do)

2.3.10.2 媒體關係

NTSB 公共事務辦公室的任務在促使大眾認識 NTSB 的工作，並且了解 NTSB 對於改善運輸安全的努力。其主要工作內容即為與媒體互動。在過去與媒體之間的互動通常只需面對新聞媒體記者，隨著網路社群的發展造成今日媒體生態的改變，成為不安定的野獸：24 小時新聞意味著題材的需求、新聞組織必須迎合大眾喜好以獲得營收，最重要的是今日新聞的主要目標以報導衝突及譴責以獲得大眾的注意。因此公共事務辦公室必需謹慎掌握與媒體之間的應對作業，以下介紹是幾種既定的作業方式。

現場媒體關係：NTSB 於現場的資料提供方式包括由委員會委員到現場對媒體簡報、提供媒體拍照的機會（必須在現場遺體及私人物品都移除之後）及 CVR/FDR 照片、一對一的電視台訪問，以及透過社群媒體：推特及 Youtube 來提供事故現場的資訊。透過由 NTSB 提供的資料為官方說法，以透明化調查作業取信於大眾，並避免其他有心人士或是共同調查單位之人員洩露相關調查資訊。現場提供的資訊也必須是不會變化的事實資料、初步資訊且不包括分析及推測。

關於聲音資訊的提供上，ATC 錄音及 CVR 錄音常被混淆，實際上 ATC 錄音屬於公開資訊，且通常在事故後幾小時內即會上傳至網路上，也有一些網站專門記錄 ATC 對話。但是 CVR 聲音包含隱私資訊，受到法律保護，因此 NTSB 需將聲音轉換為抄件且在公聽會時公開。其他 NTSB 可能會提供的現場資訊，包括：組員訪談內容、紀錄器中的資訊、關於事故的時間記錄及其他現場發現，以上提供必須在其他協調調查成員都接獲發布通知之後才能公開，若是已經成立家庭協助中心，則需要在媒體之前先對家屬簡報。

在面對媒體採訪時，可以回答之問題，只要是在過去事故能回答的答案，通常在此次事故一樣能夠回答，不得回答的問題則包括推測性問題、可能性或是帶有個人意見的問題，同時任何事故中的乘客、組員及關係人員姓名都不得公開，對於共同參與調查的相關單位如航空公司、機場等人員有時因為需求必須面對媒體時，亦不能發布任何與調查內容有關之資訊，或是在獲得 IIC 授權後透露允許

公開之相關調查資訊。

NTSB 訓練中心同時有開設飛航事故之溝通管理課程 (Managing Communications Following an Aircraft Accident or Incident)，開放給有需要之相關單位成員參加。

2.3.10.3 委員會議及公聽會

公聽會重點摘錄如下：

- * NTSB 會視調查案的情況召開公聽會議，目的在於透過專家證人的證詞進一步取得相關事實資料，使資料蒐集更加完整。
- * 公聽會可公布已蒐集的資料讓各方確認。
- * 由該部門執行長提議經委員會議決議後召開。
- * 公聽會通常在事故發生後的六個月內召開。
- * 公聽會由委員擔任主席，資深調查員列席，參與的人員包括調查員、協助調查團成員及邀請出席的專家證人等；媒體、家屬、律師以及保險公司僅可列席旁聽。
- * 公聽會上首先由事故專案調查團隊對證人發問，接著由各協助調查團的發言人發問，最後由委員們發問。
- * 公聽會均為對外公開，公聽會結束後，分組的事實資料報告都將成為 public docket，供外界參考取閱。
- * 目前 NTSB 有兩種形式之公聽會：事故調查相關以及安全議題相關。
- * 公聽會前一周通常舉辦會前會，由調查團隊與輔助調查團隊組成，目的在確認公聽會資料，證人名單，以及公聽會的沙盤推演。

委員會議重點摘錄如下：

- * NTSB 於委員會議中討論事故調查報告，並由委員投票決定報告中的結論、可能肇因、安全改善建議及是否採納報告。
- * 委員們根據調查報告對調查團隊提出問題，最後討論及表決調查報告採納與否。
- * 主任調查官需和技術報告撰寫人將報告依委員們決議修改完成報告。

- * NTSB 基於陽光法案（Government in the Sunshine Act）的精神，委員會議採公開進行，社會大眾及媒體皆可參加，現場聆聽討論過程，唯獨涉及飛航組員或船員證照資格的法律相關討論不開放參觀⁵。
- * NTSB 委員會議討論案於委員會議召開前 6 至 12 周排入行程。

⁵我國飛安會委員會議原則上每個月召開一次，必要時得召開臨時會議，雖未開放民眾參觀，每次會議紀錄及結案報告皆公布於網站上提供瀏覽及下載。

參、結論

我國之飛航事故調查法立法精神、飛安會之委員會職責、調查案組織架構、調查作業流程大致上與 NTSB 相似，兩國最大差異為調查對象，我國法律目前賦予飛安會的調查對象僅限於民航運輸⁶，而 NTSB 範圍則較廣，除民航運輸外尚有陸運、海運、管線等。

美國是世界上屬一屬二的航空大國，不論是航空器的種類、運用、市場規模以及相關之運營經驗都執世界之牛耳，對於航空事故之處理經驗及相關技術也是世界各國的指標。由於航空器本身即是一複雜的系統集合體，航空事故的發生背後所牽涉的除了系統本身之複雜度之外，更包含了背景環境以及人為因素，許多事故之肇因並非單一專業所能掌握，故需要各種不同領域之專業共同合作，互相交換意見方能以最完整的面相來掌握事故的調查方向。

不管在哪個國家，普通航空業事故率一向遠高於民航運輸業。依據 NTSB 統計在 2011 年發生之美國國內普通航空器事故有 1,466 件，其中死亡事故 263 件，相對之下民航運輸業總共只有 50 件，其中死亡事故 16 件。我國由於國情之因素，普通航空業不若美國發達，2012 年至今只有一件普通航空業死亡事故，比例相對較少，唯一旦事故發生之時容易成為國內媒體之焦點，同時可以用來支援調查之事實資料，如紀錄器及相關文件資訊幾乎難以取得，加上近年我國普通航空業由於國土測繪及航拍需求，航機數量開始有成長之趨勢，因此本會事故調查人員更需要熟悉飛行動力學、飛機系統、結構破壞及事故現場調查等傳統調查方法，透過 NTSB 調查員豐富的普通航空器調查經驗，來補足自身在普通航空器領域經驗之不足。

此次奉派參加 NTSB 飛航事故調查基本訓練，在 10 天的訓練課程之中透過精心設計的內容，大至飛航事故調查法源背景、重大飛航事故之整合調查經驗、國際飛航事故處理等，小至訪談技術、FDR 編碼方式、現場殘骸檢視方法等，帶領學員認識事故調查員所需面對的各個面相；加上參加學員來自各方，除了來自世界各國之航空公司、軍方、政府機構之外，亦涵蓋飛航操作、飛航管理、飛航安全等專業人士，可利用課餘時間互相交流，藉此進一步拓展學員的視野。

⁶適用飛航事故調查法調查範圍之航空器，指民用航空器、公務航空器及超輕型載具

肆、建議

1. 於經費允許下本會應持續派員參加飛行性能分析及人因工程等相關訓練以精進專業領域調查能量。
2. 涉及 UAS 相關事故，本會應研討 ICAO UAS、ICAO RPAS 手冊、歐盟 SUAS 提案、FAA SFAR 草案及 49 CFR Part.830 等規範，積極參與國內 UAS 相關研討，以因應此類事故未來可能的調查作為。
3. 為有效完成事故調查及資源管控，本會宜考量比照 NTSB 對非重大飛航事故之調查模式，以簡化本會二至五級事故之調查程序及規模。

附錄一 學員名冊

Participant Information

AS101-091012 / Aircraft Accident Investigation

NTSB Training Center		<i>Date</i>	9/10/2012	9/21/2012	<i>Time</i>	8:30:00 AM	1:30:00 PM
<i>Full Name</i>	<i>title</i>		<i>Organization / Address</i>			<i>Email</i>	
Mr Kirk T. Bajdek	Chief Inspector		Amway Aviation 5410 44th St. S.E. Gerald R. Ford Int'l Airport Grand Rapids, MI 49512 / United States			Kirk.Bajdek@Amway.com	
Julien Ballester	Safety Investigator		BEA - Bureau d'Enquetes et d'Analyses 200 Rue de Paris, Zone Sud, Aeroport de Bourget Le Bourget 93352 / FRANCE			julien.ballester@bea-fr.org	
David Banning	Investigator		NTSB AS-ANC(ALA)			brice.banning@ntsb.gov	
Douglas W Bartz	Chief of Safety		919 Special Operations Wing 201 Audette Drive Duke Field, FL 32542			douglas.bartz@us.af.mil	
Mr Hjalmar N. Beijl	Director of Operations Director of Safety		Alliance Air Charter 5011 Sabre Lane Denton, TX 76207 / United States			MikeB@allianceaircharter.com	
Mr Jason Blair	Executive Director		National Association of Flight Instructors 3768 Allegan Dam Rd. Allegan, MI 49010 / United States			jblair@nafinet.org	
Mr Bill Borah	Service Engineer		Hamilton Sundstrand 4747 Harrison Ave Rockford, IL 61125 / United States			william.borahjr@utas.utc.com	
Benjamin F. Bowman	Chief of Safety		307 Bomb Wing 1000 Davis Ave E Barksdale AFB, LA 71110 / USA			benjamin.bowman.1@us.af.mil	
Mr Henry Braunz	Safety Officer		Amway Aviation 5410 44th St SE Grand Rapids, MI 49512 / United States			hank.braunz@amway.com	
Timothy Burke	Aviation Advisor/Crew Chief		6 Special Operations Squadron 1942 Hawthorne Dr Navarre, FL 32566			timothy.burke2@hurlburt.af.mil	

Friday, September 14, 2012

Page 1 of 7

Ms Claudia R C Chacha Cese	Safety Coordinator	TAM Linhas Aereas Av. Jurandir, 856 hangar 7 Sao Paulo / Sao Paulo, OF 04072000 / Brazil	claudia.carneiro@tam.com.br
Mr Pei-Chung Chen	Assistant Engineer	Aviation Safety Council (Taiwan) 11th Floor, 200, Section 3, Beixin Road, Xindian D New Taipei City, OF 231 / Taiwan, Republic of China	magana.tw@gmail.com
Mr Kevin Claffy	Experimental Test Pilot	Gulfstream Aerospace 500 Gulfstream Rd Flight Ops, Dept 926 Savannah, GA 31406-9643 / United States	kevin.claffy@gulfstream.com
Merton Cox	Executive Director Training, Safety, Standards	Customs and Border Protection - Office of Air and Marine 1300 Pennsylvania Ave. NW Washington, DC 20219 / USA	merton.cox@cbp.dhs.gov
Bryant Curry	Intern	NTSB AS-10	bryant.curry-intern@ntsb.gov
Ms Ingrid de Groot	ir	VNV-DALPA Wolkenveld 2 Almere NL-1359 HA / Netherlands	i.boot@planet.nl; ingridboot@gmail.com
Mr Doug Dettenmayer	SMS Program manager	Gulfstream Aerospace 148 Willow Drive Guyton, GA 31312 / United States	doug.dettenmayer@gulfstream.com
Terry Duprie	Investigator	NTSB AS-ERA(Ash)	terry.duprie@ntsb.gov
Mr Michael Earl Eisenstat	Manager Safety Investigations	SkyWest Airlines 95 N Peach Street Santaquin, UT 84655 / United States	michael.eisenstat@skywest.com
Cicero Crispim Marques Feitosa	Specialist in Civil Aviation Regulation	ANAC (Brazilian National Civil Aviation Agency) Quadra 201, Lote 8 Bloco D Apt 202 Brasilia DF 71 937-540	cicero.feitosa@anac.gov.br
Mr Robert A Fekete	Program Manager	US Army Project Control Agency PO Box 10114 Oakton, VA / United States	muddymud@yahoo.com
Lt. Col. Egbert Field	Manager, Flight Operations	Jamaica Civil Aviation Authority 4 Winchester Road Kingston / JAMAICA	efield@caa.gov.jm

Friday, September 14, 2012

Page 2 of 7

Ralph LaMark Fleming	Chief of Safety	302 AW 3209 Oakes Mill Place Castle Rock, CO 80109 / USA	flemingrni@gmail.com
Michael Folkerts	Investigator	NTSB AS-CEN(DEN)	michael.folkerts@ntsb.gov
George Haralampopoulos	Aerospace Engineer (Recorder Specialist)	NTSB RE-40 Room 5116	george.haralampopoulos@ntsb.gov
Mr Jeff A Hausmann	Production Test Pilot	Gulfstream Aerospace Corporation Gulfstream Aerospace Corporation 500 E Gulfstream Road M/S A-12 Savannah, GA 31408 / United States	Jeffrey.Hausmann@Gulfstream.Com
Mr Lonnie W Havens	Transportation Security Specialist - Explosives	TSA / FAMS Explosives Operations Division 601 South 12th Street E8-136S, TSA-18	lonnie.havens@dhs.gov
Mr Florian Heithier	Pilot	DCARNG 7000 Britten Drive AASF #2 Ft Belvoir, VA 22060 / United States	florian.heithier@us.army.mil
David Timothy Heydt	Aviation Safety Inspector	USDA Forest Service 3237 PEACEKEEPER WAY, STE 101 McClellan, CA 95652 / USA	dheydt@fs.fed.us
Charles A. Huber	301 Fighter Wing Chief of Safety/Flight Safety Officer	301 Fighter Wing, NAS JRB Fort Worth 301 FW/SE 1654 Lyonse Drive NAS JRB Fort Worth, TX 76127 / USA	charles.huber.2@us.af.mil
Robert Hunsberger	Aerospace Engineer (Powerplants)	NTSB AS-40	robert.hunsberger@ntsb.gov
Mr Tim Janssen	Offshore Helicopter Pilot	DALPA VNV-AIG Vliedlaan 69 Schagen, OF 1741DS / Netherlands	timunlimited@hotmail.com
Robert D Jingsst	Squadron Superintendent	USAF 1959 Frontera Street Navrie, FL 32566	robert.jingsst@hurlburt.af.mil
Mr Erik Johnson	Safety Officer	USAF 20 Mallard Trail Sanford, NC 27332 / United States	erikjohnson00@hotmail.com
Mr Robert Blake Kelly	Air Safety Investigator	JetBlue Airways 27-01 Queens Plaza North Long Island City, NY 11101 / United States	blake.kelly@jetblue.com

Friday, September 14, 2012

Page 3 of 7

Ms Karen Kenny	Sr. Investigations Specialist	Suncor Energy Inc 150 8th Ave SW Calgary / Alberta, OF T2P3E3 / Canada	karkenny@suncor.com
Michael J. Kirby	Aviation Safety Officer	Air Test and Evaluation Squadron Two Zero (VX-20) 47378 Tate Road Hangar 306 Patuxent River, MD 20670-1918 / USA	michael.j.kirby2@navy.mil kirby3@hotmail.com
Mr John Konstanzer	First Officer	Allied Pilots Association 14600 Trinity Blvd., ste. 500 Fort Worth, TX 76155 / United States	jkonstanzer@alliedpilots.org
Joshua Lindberg	Intern	NTSB AS-CEN(DEN)	joshua.lindberg- intern@ntsb.gov
Millicent Loper	STEP Intern/Excepted	NTSB AS-30	millicent.loper- intern@ntsb.gov
Patrick Manley	Corporate SMS Consultant Gulfstream Aerospace	Safety Management Systems 500 Gulfstream Road MS D-02 Savannah, GA 31407 / United States	patrick.manley@gulfstream.c om
Ms Brettan Schweizer Martelle	Air Safety Investigator	Boeing 214 NW 62nd St Seattle, WA 98107 / United States	brettan.s.martelle@boeing.c om
Timothy R McBee	Pilot/Flight Safety Officer	434 ARW, USAFR Kolomo, IN 46901 / USA	timothy.mcbee@us.af.mil
Neel B McSwain	Flight Safety Officer	HQ AFRC/SEF 255 Richard Roy Blvd Robins AFB, GA 31098	nbmcswain@gmail.com
Kale Meyer	Aviation Advisor Crew Chief	6 Special Operations Squadron 34 Cactus Rd Mary Esther, FL 32569	kale.meyer@hurlburt.af.mil
Mr Joshua A Migdal	Air Safety Investigator	Delta Air Lines 1010 Delta Blvd. Dept. 023 Atlanta, GA 30354 / United States	joshua.migdal@delta.com
Frederik Mohrmann	Student Volunteer	NTSB RE-1	frederik.mohrmann- intern@ntsb.gov
Mr Damien John Moloney	Captain	Qantas Group - Jetstar Airways Unit 1 728 Darling St Rozelle / NSW 2039 / Australia	damien.moloney@jetstar.co m

Friday, September 14, 2012

Page 4 of 7

Patrick Murray	Investigator	NTSB AS-ERA(MIA)	patrick.murray@ntsb.gov
John Neylon	Investigator	NTSB AS-ERA(ASH)	john.neylon@ntsb.gov
Albert Nixon	Investigator	NTSB AS-WPR(SEA)	albert.nixon@ntsb.gov
Kevin O'Ceallaigh	Flight Safety Officer	Irish Air Corps ACFSS, Casement Airbase, Baldonnel Dublin / Ireland	koceallaigh@eircom.net
Mr Pascal Manfred Pache	Quality and Safety Manager	DASNair Cargo-Building 1 Geneva, OF CH-1211 / Switzerland	ppache@dasnair.ch
Mr Gregory Glen Paul	Aviation Safety Inspector	Suncor Energy Inc. Box 530, 1441 Aviation Park N.E Calgary / Alberta T2E 8M7 / Canada	gpaul@suncor.com
Douglas A Perry, Jr.	Chief of Safety	434th Air Refueling Wing, USAFR 7207 South Grissom Ave Grissom AFB, IN 46971-0020 / USA	douglas.perry.2@us.af.mil
Lanson C. Ross	Chief of Safety	459 Air Refueling Wing Lanson Ross/Safety, 3755 Patrick Ave J.B. Andrews, MD 20762 / USA	lanson.ross@afncr.af.mil
Christopher A Rothe	Flight Safety Officer USAF	302 AW 6745 Ashley Drive Colorado Springs, CO 80922 / USA	christopherrothe@hotmail.com
Ms Lena Sheehan	ML Officer	US Dept of State 2201 C Street NW Washington, DC / United States	sheehanic@gmail.com
Chihoon Shin	Aerospace Engineer (Helicopters)	NTSB AS-40	chihoon.shin@ntsb.gov
Donna R Shope	Aircraft Safety Inspector (Airworthiness)	USDA FOREST SERVICE 460 Driscoll Blvd Suite 101 Lawrenceville, GA 30046 / USA	dshope@fs.fed.us
Stephen Stein	Aviation Accident Investigator (Trainee)	NTSB AS-ERA (ASH)	stephen.stein-intern@ntsb.gov

Friday, September 14, 2012

Page 5 of 7

Jason Ryan Steinbach	8th SOS/DOFD Flying Crew Chief	8th Special Operations Squadron, Hurlburt Field 140 Bennett Ave Hurlburt Field, FL 32544 / USA	jason.steinbach@hurlburt.af.mil
Surachet Surakul	Wg.Cdr.	The Royal Thai Air Force Safety Center 42/245 Nitmai 40 Soi Nimitmai Rd Samwatawanoak Krongsamwa / Bangkok/Thailand	surakul31@gmail.com
Andrew Swick	Investigator	NTSB AS-WPR(SEA)	andrew.swick@ntsb.gov
David Taurino	Senior Inspector/Pilot	US Marshals Service 50 Airport Road Suite 200 Morristown, NJ 07960 / USA	david.taurino@usdoj.gov
Mr Darren Tsai	Assistant Engineer	Aviation Safety Council 11th Floor, 200, Section 3, Beixin Road, Xindian D New Taipei City / Taiwan, Taiwan, Republic of China	darren@asc.gov.tw
Ruediger Wall	CAPTAIN	Flight Safety Federal Armed Forces Germany Flughafenstrasse 1 Cologne 51147 / Germany, Federal Republic of	r.wall@gmx.net
Mr PAUL WALLACE	CAPTAIN	SINGAPORE AIRLINES PO BOX 6166 POST OFFICE CHANGI AIRPORT SINGAPORE / Singapore, Republic of	PAULG_WALLACE@SINGAPOREAIR.COM.SG
Justin Taylor Watkins	Senior Technical Specialist/Claims Representative	Phoenix Aviation Managers, Inc. 555 S. Renton Village Place Suite 550 Renton, WA 98057 / USA	jwtatkins@pamav.com
Donald H Whitley	Chief of Safety	512 Airlift Wing, USAFR 499 Drapers Corner Road Harrington, DE 19952-4842 / USA	donald.whitley@us.af.mil
Deidree Shantel Williams	Accident Prevention and Investigation Coordinator	Bahamas Civil Aviation P.O. Box AP-59244 Nassau / BAHAMAS	dwilliams.fsi@gmail.com
LCDR/USN Marie Wise	Aircraft Mishap Investigator	Naval Safety Center 375 A Street Norfolk, VA 23511 / United States	marie.wise@navy.mil
Mr Mark R Wittemann	Flight Safety Officer	452 AMW, USAFR 30591 McGowans Pass Murrieta, CA 92563 / United States	mark.wittemann@us.af.mil

Friday, September 14, 2012

Page 6 of 7

Mr Hsiao-Ping Wu	MD11 safety supervisor	EVA AIR 2nd fl, 376 sec 1, hsin-nan rd, Luchu Taoyuan county / Taiwan, Taiwan, Republic of China	alexhpwu@evaair.com
Mr Peter Zografos	Sr Analyst Regulatory Compliance	American Airlines 4255 Amon Carter Blvd MD 4292 HDQ2 Fort Worth, TX 76155 / United States	peter.zografos@aa.com
Mr Steve J. Zombory	Lead Aircraft Technician	The Sherwin Williams Company 6200 Riverside Drive Cleveland, OH / United States	steve.j.zombory@sherwin.com

Friday, September 14, 2012

Page 7 of 7

附錄二 個人裝備清單

GO-BAG EQUIPMENT LIST

For Aircraft Accident Investigation

This appendix contains a list of recommended tools and equipment useful for on-scene investigation activities. The list is not meant to be all inclusive, nor mandatory equipment to be carried to each and every accident. It is a menu of useful tools and equipment that each investigator should draw from as the needs of each particular accident dictate.

The diversity of aircraft and accident types makes it difficult to list all the necessary equipment available or useful for every accident. Evaluate your kit every 6 months or so. Be weight and size conscious, and look for ways to combine several tools into one utensil or find replacement items of smaller size and weight.

Certain items commonly used in every investigation should be kept in readiness for dispatch at all times. Based on the projected needs of each specific accident, the investigator should add the tools and equipment as needed for that accident investigation.

Accidents in remote areas require special consideration of the provision for shelter, food, and water. Think about the needs of the investigation *before* you launch, and make wise decisions on what to take and what to leave behind.

Personal and Safety Specific Items

Proper clothing should be the first consideration. Selection of good serviceable clothing capable of withstanding rough usage is recommended. Selection should be appropriate to climate and environment.

- Cold Weather - Multiple layers may be the best choice for colder climatic conditions where exertion is anticipated. (Turtleneck Sweater, Fleece Pullover, Long underwear, Lederhosen, Snow Pants, Winter Gloves, Wool or fleece Socks)
- Footwear appropriate to the accident site terrain/conditions (steel-toed shoes, hiking boots, rubber over-boots, or waterproof boots, snow boots as necessary for conditions).
- Coveralls and/or hooded sweatshirt and coat or jacket.
- Rain gear.
- Headgear (hardhat, stocking cap, and/or baseball hat).
- Backpack for tools and equipment. Should have sturdy frame, waist strap and be ergonomic. (Fannie Pack for small tools)
- Canteen and/or thermos. Take enough water and/or sports drinks for expected climate conditions and length of investigative activities (in hot arid climates, need 1-gallon of fluid per person per day minimum).
- Sunglasses and safety goggles. (If you wear prescription lenses, an extra pair should be available).

- Multi-tool survival pocket knife.
- Small supply of prescription medications, especially any allergy or asthma-relief agents. Also, pain relief medication.
- Portable oxygen (if hiking above 8,000 feet in mountainous terrain).
- Quick-energy foods such as Cliff-bars, Nutrigrain, granola bars, trail mix, crackers, candy bars, gum, cookies.
- Communication devices to remain in contact with individuals not on site. *(If contemplating use of a cell phone, make sure of coverage area capability. Small hand-held two-way radios can be purchased in local electronics stores, if necessary.)*
- Large, heavy-duty plastic trash bags (used for carrying parts, log books, etc.). *These can also be used as makeshift ponchos and/or survival shelters.*
- Water-purification tablets.
- Fire-starter or waterproof matches.
- Space blanket.
- Whistle.
- Personal Locator Beacon or SPOT device for remote area operations.

Protective Equipment

- Biohazard personal protective equipment (Biohazard suit, Dust mask, respirator, duct tape, disposal bags).
- Leather work gloves, two-pair.
- Disposable nitrile or latex exam gloves, dozen pair.
- Germicidal wipes (for cleaning tools and equipment).
- Small container of chlorine bleach.
- Hand cleaner (Purell) and antiseptic wipes.
- First-aid kit, snakebite kit, and first-aid instructions.
- Insect repellent, lip protectant and sunscreen lotion.

General Equipment/Tool Items

- Steno pad, clipboard, ruled paper, graph paper, pencils, and pens (waterproof writing tablet and pen).
- Camera with flash attachment and spare batteries and/or charger (with a combination lens with close-up capability or macro lens attachment), along with spare memory cards.
- Grid, county or state highway maps and sectional (navigational) map for area of accident.
- Magnetic compass.
- Global positioning system (preferably with waypoint designation and memory for logging locations of parts).
- Small protractor to measure control surface deflections.
- Angle-finding device (carpenters angle gauge or Abney Level) to measure angles between objects.
- Measuring device for distances over 25 feet.
- 8- to 12-foot measuring tape with high contrast numbers/divisions suitable for photos.
- 6-inch narrow steel pocket ruler to measure trim tab actuator extensions.

- Magnifying glass or loupes (10X or stronger).
- Marking pens (permanent Sharpie markers), paint pens, grease pencils, and/or chalk sticks.
- Clip-on tags for Left, Right, Top, and Bottom (for photo identification).
- Small tags (or high-contrast gaming dice) numbered 1 to 6 (photography of engine cylinders, spark plugs, pistons, etc.).
- Screwdrivers, general-purpose slotted and #2 Phillips (or combination multi-bit handle).
- Pliers, water pump type.
- Adjustable wrench.
- Tin snips.
- Vice grip (Needlenose offers the best versatility.).
- Small crowbar.
- Hacksaw (with spare blades).
- Diagonal cutters, 6-inch.
- Cable cutters, 6- to 8-inch for cutting control cables (Felco F-C7 ¼-in wire cutters).
- Small crash-axe or hatchet (for cutting into aircraft skin). *An alternate possibility is a small roofing hammer, which has cutting axe blade on one end.*
- Small pocket flashlight, spare batteries, and spare bulb.
- Multimeter or other form of electrical-circuit testing device.
- Pocket audio recorder, extra blank tapes if not digital, and spare batteries or charger.
- Floor wax and spray bottle (to keep down composite fibers)
- Plastic bags (various sizes for small parts).
- Clean containers for fuel and oil samples. (Baby feeding bottles work well.)
- Small amount of wire, tape, string, or nylon cord to tie and/or secure things.
- Small, handheld inspection mirror to look in small, inaccessible locations.
- Small wire or stiff-bristled brush.
- Small trowel (hand shovel) or large artist putty knife.
- Shop rags

Engine Specific Tools

The following list of tools is the minimum necessary for a comprehensive field examination of piston engines.

- Open End Box Wrenches 3/8-in through 1-in.
- Crescent wrenches, 6 and 8 inch.
- Diagonal/side cutters, 6 inch.
- Needlenose pliers, 6 inch.
- Channel lock pliers.
- Deepwell Sockets, ¼-in drive, 7/8-in through 1-in.
- Sockets – ¼-in drive, ½-in through 1 ¼-in.
- 3/8-inch drive spark plug socket.
- ¼-in female to ½-in male drive adapter (if you have any ½-in drive sockets).
- ¼-in drive ratchet, swivel head, long handle.
- 3/8-inch drive ratchet, swivel head, long handle.

Page 4 – Go-Bag Equipment List (cont.)

- 3/8-inch drive 6-inch extension.
- 1/4-inch drive, 3-inch extension.
- 1/2-inch drive spline tool (used to rotate crankshaft through vacuum pump drive). *This can be locally fabricated from a 1/2-inch drive 5/8-inch deep-impact socket welded to a propeller-governor drive spline.*
- 1/4 inch drive, 5/16-inch Allen head socket.
- Hex Wrench Set (5/32-inch to 3/8-inch)
- 1/4-inch drive mini breaker bar.
- 1/4-inch drive 6-inch extension.
- 1/4-inch drive 7/16-inch swivel socket (intake pipes, accessory gearbox cover screws).
- 1/4-inch drive 1/2-inch swivel socket (magneto hold-down clamps, exhaust pipes).
- Large blade long shank screwdriver.
- Small crowbar.
- Ratcheting Combination screwdriver (Interchangeable tips between common and philister heads).
- Small "stubby" screwdriver (interchangeable tips between common and philister heads).
- Piston-Engine Cylinder Base-Nut wrenches (1/2-inch, 9/17-inch and 5/8-inch hex heads).
- Magneto synchrophaser (timing box).
- Permanent ink markers or paint pens (gold and white paint).
- Water finding paste
- Oil Filter Cutting Tool

NTSB Accident Report Forms

- Parts tags with string or wire (NTSB Form 6120.18)
- Certification of Party Representative (OPS-GEN-115)
- NTSB Evidence Collection and Management (OPS-GEN-116, NTSB Form 6120.15 and NTSB Evidence Control Forms).
- Independent Safety Board Act, 49 *United States Code*, and 14 *Code of Federal Regulations* 830 and 831
- Request for Access to Aircraft (NTSB Form 7000-5)

Other Items

- Toxicology mailing kit (tox box with proper mailing label).
- Laptop with accessories (power cords, VPN token, Aircard, USB storage drive)
- Cell phone (Blackberry with wall and vehicle chargers)
- Aircraft Manuals
- Casual and business dress attire for appropriate climate and interview situations.