

出國報告（出國類別：進修）

參加美國運輸安全委員會  
航空器事故調查基礎訓練報告書

服務機關：飛航安全調查委員會

姓名職稱：飛安調查官／楊鎧毅

派赴國家：美國華盛頓特區

出國時間：民國 107 年 4 月 7 日至 4 月 25 日

報告時間：民國 107 年 7 月 19 日

# 目次

## 壹、目的

## 貳、過程

一、 NTSB 訓練中心簡介

二、 赴美交通／住宿

(一) 交通行程

(二) 訓練時之食宿交通選擇

三、 參與學員

四、 課程簡介

五、 課程內容

## 參、心得與建議

## 壹、目的

飛航安全調查委員會（以下簡稱飛安會）是中華民國負責飛航事故通報、調查鑑定發生原因、撰寫調查報告及提出飛航安全改善建議專責單位，一位合格的調查人員必須具備以下能力：

1. 高度國內外飛航事故調查法規以及程序熟悉度；
2. 深入了解事故調查及運用最新調查技術；
3. 具記錄及保存登載證據證物能力；
4. 擁有飛航操作及相關知識；擷取及管理運用支援技術；
5. 分析、證實所收集證據，藉以判定肇因，進而提出改善建議；
6. 撰寫飛航事故調查報告。

本會新進人員，皆已於國內完成飛安會內部基礎訓練，為能近一步提昇調查人員於航空相關調查知識、增進技能與經驗，參與其他國家相關機構舉辦訓練課程，期能提升飛航事故調查效能與品質。故新進人員派赴美國參加由該國國家運輸安全委員會（National Transportation Safety Board，以下簡稱 NTSB）訓練中心的「航空器事故調查基礎訓練」(Basic Aircraft Accident Investigation Course) 課程。

該課程訓練時間為期兩週。擔任講授師資均由 NTSB 安排專業及資深豐富經驗人員擔任。由逐步說明基礎立論，講解事故調查始末，至訓練後期現場調查實際模擬演練。整體課目設計使學員能夠具初步調查技能還有知識，從中學習客觀公正的調查員人格特質及瞭解各項分析工具的使用，期產出能夠確實改善飛航安全的有效建議。

## 貳、過程

### 一、NTSB 訓練中心介紹

NTSB 訓練中心隸屬於美國國家運輸安全委員會。主提供 NTSB 或其他運輸項目的調查員訓練，憑藉了解案例磨練其調查技巧，透過課程觸類旁通用以增進獨立、客觀及學習新式調查技術期提升各類運輸交通安全。NTSB 為求加強調查技術訓練的效率，並能夠全面性的分享傳授交通運輸意外事件調查經驗，於西元 2000 年選擇阿什本（Ashburn）喬治華盛頓大學校區做為訓練中心駐地，2001 年並與該大學簽下為期 20 年租約。2003 年 NTSB 開始於該處實施各項訓練課程。

該中心校區主建物側方廣場供實作訓練，後方連結棚廠擺設殘骸授課。內部授課教室均階梯式設計，設備十分完善。因中心屬聯邦機構，於一樓有攜槍駐警負責安全，進入須查驗證件，始可進入。學員則自行攜帶筆電，中心將提供課程資料隨身碟運用。NTSB 訓練中心每年均舉辦各項訓練課程，列舉如下：

- 航空：航空器事故調查基礎訓練、失事調查專業導覽、直升機失事調查、航空失事案件生還因素；
- 公路：公路意外調查；
- 綜合運輸相關：人員訪談、失事現場攝影、疲勞、生物力學人員傷害；
- 法務：事件調查相關法律；
- 海事：海上失事調查；
- 媒體公共關係：航空器失事、意外媒體關係管理；
- 鐵路：鐵路交通事故調查；
- 大眾運輸事故協助：家屬協助、大型交通意外傷亡受害者緊急襄助。

以上課程詳細日期，均公告於官網，藉以招收各國及美國國內相關運輸產業官方或非官方人員進入課程。



圖 1. NTSB 訓練中心



圖 2. NTSB 教室

## 二、赴美交通／住宿

### （一）、交通行程

個人於 4 月 7 日搭乘長榮航空公司由台北至紐約甘迺迪國際機場，翌日自行駕車經普林斯頓前往華盛頓入住校區旁 SpringHill Suites Ashburn Dulles North 旅館。後參加 4 月 9-13 日及 16-20 日的訓練課程，4 月 20 日下午課程結束。

### （二）、訓練時食宿交通選擇

據中心官網提供並徵詢曾前往受訓訓員住宿地點後，最近理想住宿地點為 SpringHill Suites Ashburn Dulles North 旅館（20065 Lakeview Center Plaza, Ashburn, VA 20147）距上課地點僅 1.8 公里，步行約 20 分鐘，可節省相當交通費用，惟該旅館價格隨中心課程上課日調升，兩星期平均單日約近 190 美元，我國派訓人員未具美聯邦政府公職身份，無法出示 ID 給予相當折扣，NTSB 也未與該旅館有任何協定給予優惠。該旅館提供 NTSB 訓練中心等附近地點接駁車，每日一樓提供入住者免費早餐。課程期間亦有數名同學因地利之便選擇入住此一旅館。

### 三、參與學員

此班次共計學員 44 員參訓，我國長榮航空公司飛安室亦每年選派兩位機長加入課程，餘成員來自：NTSB 新進自訓人員、廉航及相關飛航事故調查相關單位，來自各大學研究單位、美陸、海、空軍、海軍陸戰隊和航空業。也有他國選派學員參與，如韓國、義大利、加拿大、愛爾蘭，中國、奈及利亞、比利時和德國軍方等；學員均具備航空相關經驗等專長。課程中授課老師鼓勵大家意見交換或經驗回饋，同時交換講師與學員聯絡方式，對後續工作領域和資訊交換需要具相當助益。

#### 四、課程簡介

中心課程內容涵蓋調查員應具備的基本相關知識，相當多元，包括了 NTSB 組織介紹、事件通報及組成調查團隊、現場管理、發動機、航空器系統及性能表現、火災及爆炸、金屬疲勞、危險天氣、航管、生還及人為因素、人員訪談技巧及如何於報告中提出飛安改善建議，也包括空中接近及碰撞、空中解體等相關飛航事故案例。中心安排 NTSB 內、FAA 或重要學術單位具多年經驗講師到場講授，也利用訓練中心廣場分組實作事故調查訪談及討論，再至中心棚廠檢視各類失事航空器殘骸，解釋其事故肇因及調查關鍵，更詳細課目介紹將說明如後。



2018 航空器事故調查基礎訓練課程表：

## BASIC AIRCRAFT ACCIDENT INVESTIGATION COURSE

### ● 第一日 DAY ONE - Monday, April 9, 2018

8:00-8:30 Welcome to the Training Center and Introductions  
訓練中心介紹

8:30-9:30 NTSB Mission, Operating Rules and Legal Authority  
NTSB 的使命，執行規則和法律效力

9:30-12:00 Conducting an Accident Investigation  
事故調查進行

12:45-2:45 Major Investigations  
重大事故調查

2:45-4:45 FAA Role in Accident Investigations  
FAA 在事故調查中的角色

### ● 第二日 DAY TWO - Tuesday, April 10, 2018

8:00 - 11:00 Weather Investigations  
天氣因素調查

11:00-12:00 Criminal Investigations  
犯罪調查

12:45-2:45 Media Relations  
媒體關係

2:45-4:45 Recorders  
紀錄器

### ● 第三日 DAY THREE - Wednesday, April 11, 2018

8:00-10:00 General Aviation Investigations & Party Perspective  
普通航空業調查

10:00-12:00 Fracture Recognition  
金像材料斷裂辨識

12:45-2:45 Aircraft Performance  
航空器飛航性能

2:45-4:15 International Investigations (1.5 hrs) - AS Frank Hilldrup  
國際重大事故調查

● **第四日 DAY FOUR - Thursday, April 12, 2018**

8:00-11:00 Survival Factors & Airport Investigations  
生還因素與機場調查

11:00-12:00 Safety Recommendations  
飛安改善建議

12:45 -2:45 Aircraft System  
航空器系統

2:45-4:45 TWA800 Case Study/Tutorial  
TWA800 事件探討

● **第五日 DAY FIVE - Friday, April 13, 2018**

8:00-12:00 Human Performance  
人為表現

12:45-3:45 Fire Related Accidents w/Exercise  
與失火有關事故/實務練習

● **第六日 DAY SIX - Monday, April 16, 2018**

8:00-10:00 Medical Investigations  
醫學調查

10:00-12:00 Air Traffic Control Investigations  
航管調查

12:45-3:45 Investigative Reasoning  
肇因分析

● **第七日 DAY SEVEN - Tuesday, April 17, 2018**

8:00-12:00 Cognitive Interviewing  
認知訪談

12:45-1:45 Site Management  
事故現場管理

1:45-4:45 Structures Investigations & Damage Classification  
結構調查與損害分類

● **第八日 DAY EIGHT - Wednesday, April 18, 2018**

Class is divided into 2 groups; each segment is taught twice.  
8:00-11:30 and 12:15 - 3:45

1. In -Flight Breakups and Mid-Air Collisions w/Exercise  
空中解體和空中碰撞與實習

2. Turbine Engines  
渦輪發動機

● **第九日 DAY NINE - Thursday, April 19, 2018**

Class is divided into 2 groups; each segment will be taught twice.  
8:00-11:30 and 12:45-3:45

1. Practical Exercise  
實習課程

2. Flight Crew Operational Factors  
飛航組員操作因素

● **第十日 DAY TEN - Friday, April 20, 2018**

8:00-11:00 Traumatic Events Management  
災後創傷

11:00-12:30 Assisting Family Members  
家屬協助

12:20-2:00 Working Lunch-Board Meeting & Public Hearing  
委員會會議與聽證會

2:00-2:30 Wrap-up and Presentation of Certificates  
總結與頒發結業證書

## 五、課程內容

第一日：

### Welcome to the Training Center and Introductions

訓練中心介紹

授課內容主在於課程及訓練中心環境介紹，講述相關授課規則，同時在課堂上由每位受訓學員就自身單位及學經歷做簡短自我介紹，並校對個人資料及發放授課資料電子檔案。

### NTSB Mission, Operating Rules and Legal Authority

NTSB 的使命，執行規則和法律效力

講述 NTSB 歷史及法源依據，由國會設立於 1967 年，隸屬交通部，至 1975 年轉為現行獨立的政府調查機構。相同的，該委員會對於飛航事故調查，旨在避免類似飛航事故的再發生，而不以處分或追究責任為目的。介紹現行 NTSB 委員會組成，專門負責調查美國境內發生的飛航事故、某些類型公路、鐵道、船舶及油管等管線事故，危險性物質在輸送時意外外洩也責成 NTSB 調查。委員會於安克拉治、丹佛、阿什本和西雅圖設有四個區域辦事處，隨時有五十名調查員可派赴至事故現場。美國為主要航空器製造國家之一，NTSB 也常以該國授權代表身份協助其他國家執行飛航事故調查。NTSB 對民用運輸調查有主要權利及義務，但若事件牽扯犯罪案件，則轉由 FBI 主導案件調查，NTSB 則提供必要的技術方面協助，如 911 恐攻或是太平洋西南航空於加州墜毀的 BAE-146 案件。

NTSB 認為提出有效的飛安改善建議是防止運輸事故再發生的重要手段之一，它藉獨立執行調查並客觀地提出飛行安全改善建議。

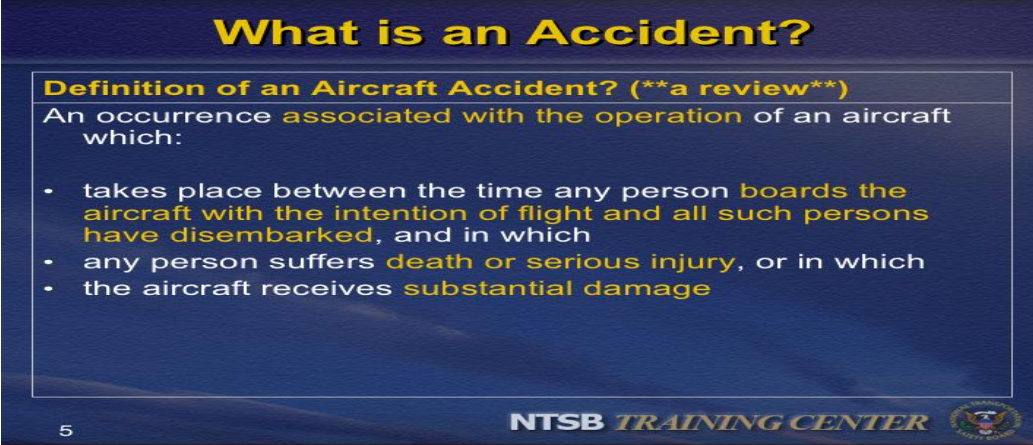
## Conducting an Accident Investigation

### 事故調查進行

說明 NTSB 實施航空器飛航事故報告、調查定義及條件。並將事故依照情節調查規模及是否具飛行危安因素分為 Major、Field、Limited、及 Data Collection 等四類，舉例說明差異。

課程講解由事故通報、機動小組開拔前準備、事故現場管理及相關事證、收集、攝影、殘骸編號紀錄及檢驗、後續調查分析及目標時間內完成報告書寫等。調查團隊由主任調查官（Investigator in Charge，簡稱 IIC），具多年的專業資深調查員擔綱，帶領由航務、機務系統、航管、氣象、人因及生還因素等人員，以及來自聯邦航空總署（FAA, Federal Aviation Administration）、航空公司、機身及發動機製造廠家授權指定人員所組成的調查團隊協同從事調查。

在現場調查階段，每日經由媒體向大眾公布至少一次最新事實資料消息，也有專責人員依法向罹難家屬提供必要的協助。在華盛頓 NTSB 總部，以事實資料及事故分析為基礎的報告大約在八至十二個月後發布，而在調查過程的任何時間內，NTSB 會視實際需要及重要性，隨時都可發布改善建議。課程中也強調保險業者、律師、媒體及家屬參與調查團隊將涉及究責及求償，恐模糊安全調查以不追究責任為目的之焦點，故上述人等將排除於調查團隊之外。




**What is an Accident?**

**Definition of an Aircraft Accident? (\*\*a review\*\*)**

An occurrence associated with the operation of an aircraft which:

- takes place between the time any person boards the aircraft with the intention of flight and all such persons have disembarked, and in which
- any person suffers death or serious injury, or in which
- the aircraft receives substantial damage

5 NTSB TRAINING CENTER 

## Major Investigations

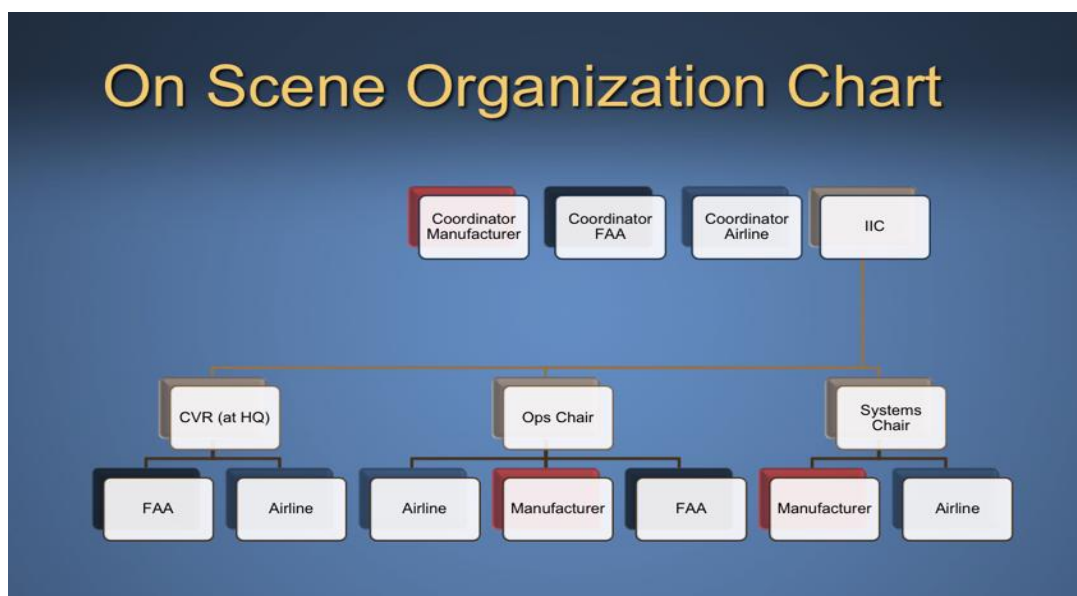
### 重大事故調查

大型事故調查 (Major Investigations)，主要定義為大型航空器、受大眾關注、並由 NTSB 總部組成調查團隊的調查案。

此課程說明 NTSB 會內通報機制與事件當地相關單位橫向構聯，起始機動小組及後續調查團隊組成。

Go Team (機動小組) 是隨時待命接獲通知可藉搭乘 FAA 專機至大型事故現場的一群調查人員所組成。大型事故調查部門 (Major Investigation Division AS-10) 將負責編成機動小組，飛航安全部門 (Divisions of the Office of Aviation Safety, OAS) 以及研究技術部門 (Office of Research and Engineering, RE) 則將安排專業人員及實驗室協助調查。

課程透過案例講解至現場後，指揮所及媒體中心的設立，每日專業分組於現場工作的內容劃分 (On-Scene Activities) 完成現場紀要 (Field Notes)，並強調個人自我防護。後續的各階段調查程序 (Post-On-Scene Activities) 至撰寫報告草案直至完成最後報告 (Final Report)。



## FAA Role in Accident Investigations

FAA 在事故調查中的角色

美國聯邦航空總署 FAA (Federal Aviation Administration) 屬美國交通部 DOT (Department of Transportation)，主要負責美國境內交通空域內安全及使用效率。課程介紹 FAA 內安全部門及失事調查預防單位工作職掌及與 NTSB 合作工作經驗。

FAA 於飛航事故調查中扮演角色主為法律律定 FAA 須參與 NTSB 重大飛航事故調查，同時 FAA 派遣調查員赴現場，若須要並將飛航紀錄器攜回交由 NTSB 進行解讀，應 NTSB 主任調查官要求提供所獲得相關資料，也安排 FAA 相關人員訪談及釐清 FAA 的權責範圍。課程中提到 NTSB 發布飛安改善建議於 FAA，依規定 FAA 必須在 90 天內回應。

同時強調 NTSB 在飛航事故調查中高於任何聯邦調查機構，FAA 不做可能事件肇因的決定。

### **FAA and NTSB Investigation Memorandum of Agreement**

- NTSB has control of the investigation.
- FAA will designate one “coordinator” (FAA IIC)
- FAA IIC will determine participation of other FAA employees
- FAA personnel assigned to a group must remain with the group until released by the NTSB IIC and FAA IIC
- **NTSB IIC will keep the FAA IIC informed**
- **Records and reports will be made available to the FAA in an orderly and timely manner**
- **NTSB shall not release wreckage until FAA deems it is no longer needed. Can be held for 60 day. FAA pays.**

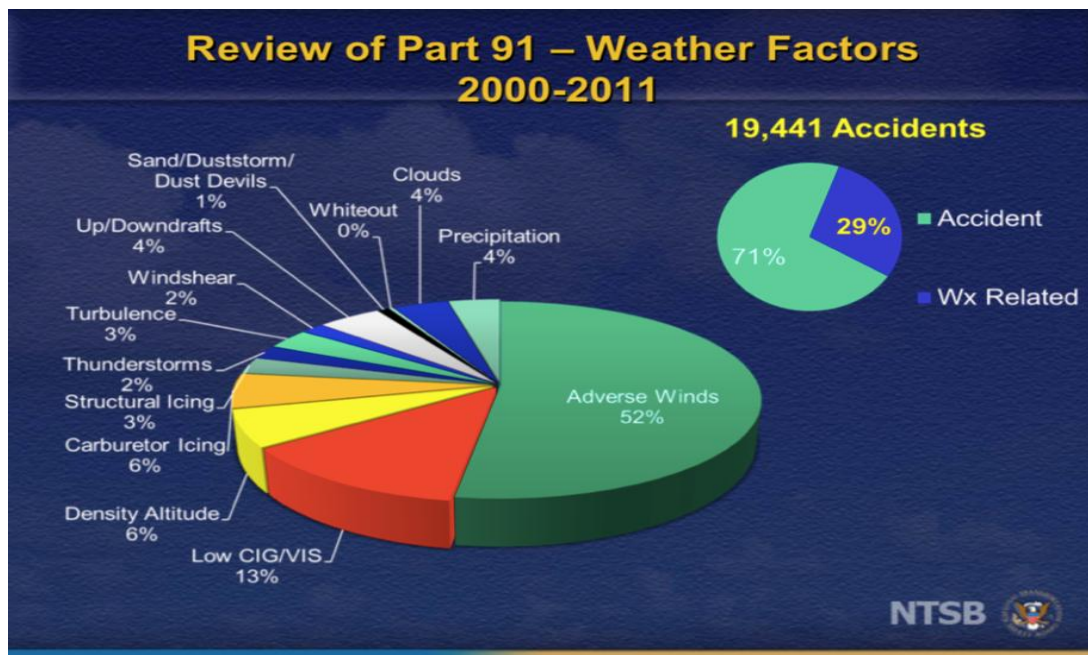
第二日：

## Weather Investigations

天氣因素調查

2000 年至 2011 年間，NTSB 共計調查 19,441 件航空器事件，29%與天氣因素有關，而最大威脅來自風、能見度與亂流。

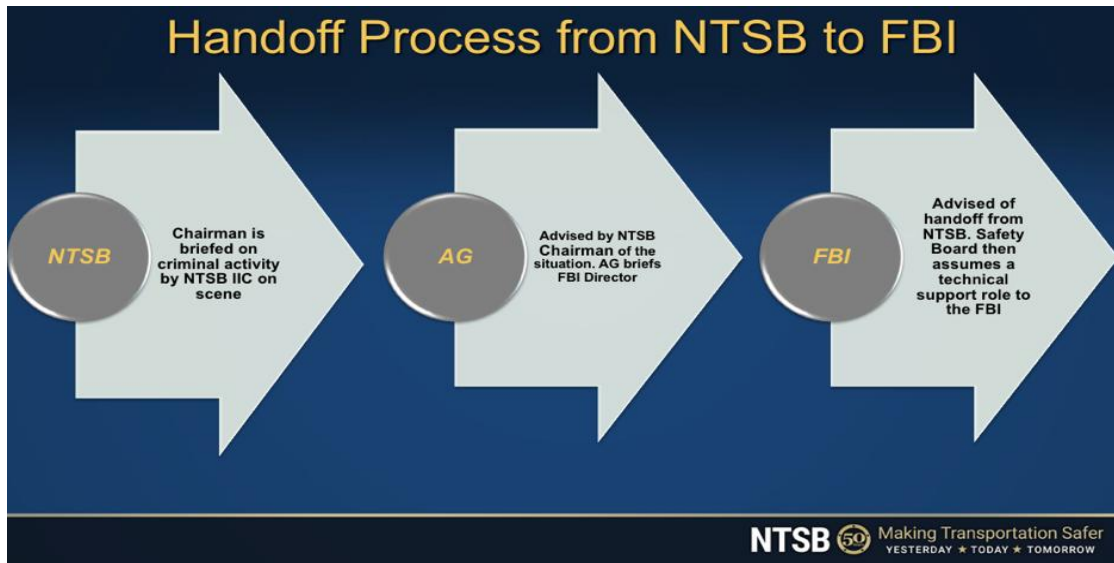
課程介紹 NTSB 於事故發生如何取得保存詳細氣象資料，獲得如場面盛行能見度 RVR、自動場面觀測系統（ASOS）資料、終端資料自動廣播服務（ATIS）、機場天氣報告（METAR）、低空風切（LLWAS）資訊、氣象雷達、相關人員訪談及後續如何解讀與其他分組分析重建還原事故時天氣環境，確認飛航組員有無於任務中獲得最新天氣資料，並說明航機遭遇各類型惡劣天氣案例。



## Criminal Investigations

犯罪調查

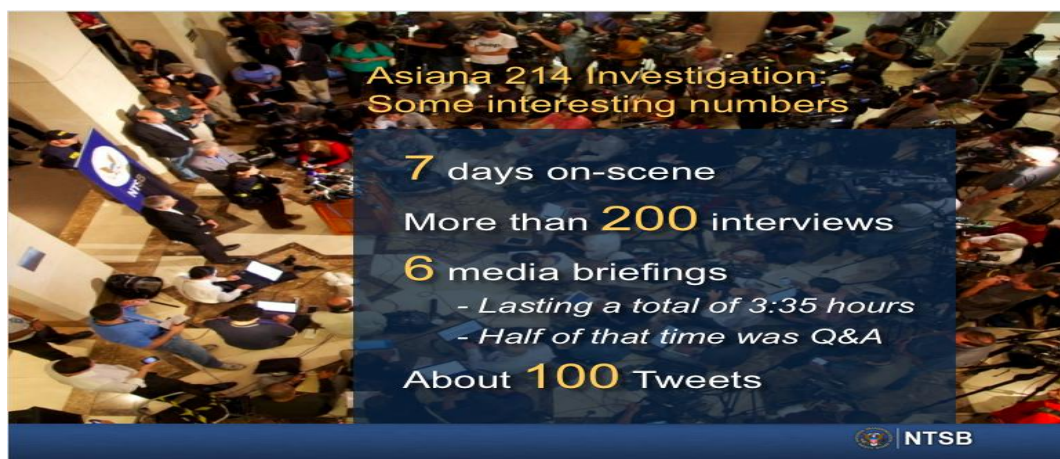




NTSB 與 FBI 之間 MOU 於 2005 年簽訂，說明 NTSB 永遠具優先主導調查地位，直至事故被確定為犯罪或恐怖攻擊，則轉由 FBI 為主要調查單位，NTSB 會提供所有相關協助。例如發生在 1987 年 12 月 7 日，太平洋西南航空（Pacific Southwest Airlines）一架 BAE-146 於加州失事，墜毀前飛航組員曾傳達犯罪相關資訊，聯邦調查局 FBI 即開展調查，確定是否存在故意的犯罪行為事實。而於九一一恐攻事件，因四航班涉及恐攻行為明顯，由美國司法部門擔負調查，國家安全運輸委員會提供技術方面協助。

### Media Relations

媒體關係



課程以哈德遜河奇蹟 US Airways1549 航班為起始，說明媒體於現今社會對大眾所造成的影響力。並以韓亞航於 2013 年 7 月 6 日於舊金山機場落地墜毀案件為例，說明 NTSB 利用媒體和社群網路滿足大眾知的權利，及同時讓學員了解新聞發佈應掌握的重點。

在現場對媒體唯有委員會委員、主任調查官與公共事務相關的負責人有發言權力，其發言也僅以事實資料為基礎，絕不容許對發生肇因做任何臆測，發言內容亦需考慮保護事故相關人員。

而襄助調查團隊人員與授權代表則不可對外發言，若經查不當言論屬實則會被解除其調查身份。

## Recorders

### 紀錄器

課程說明民用飛航紀錄器發展歷史、裝置目的在於揭露異常航機行為，還原飛航性能與軌跡並與座艙語音紀錄、航管通訊整合。NTSB 利用座艙語音紀錄器重現座艙組員當時面對的狀況，檢視其組員資源管理作為，面對座艙內警告，組員的反應，空地通聯及談話內容也還原組員當時精神或情緒狀態，藉著頻譜分析，幫助調查人員找出發動機運轉、駕駛艙內部操作細節或遭遇到的天氣狀況。課中也強調上述二項裝備 NTSB 使用相關法規及原則。

第三日：

## General Aviation Investigations & Party Perspective

### 普通航空業調查

美國具全球最大及最多樣化超過 220,000 架數量的普通航空業機群，雖在過去十年，美國已有效減低 10%的失事率，同時在死亡率雖有明顯下降趨勢，但在 2017 年仍有 209 件普通航空事件造成 347 人死亡。課程依序分析並講解此航空領域十大事件肇因：

1. 失控
2. 操控中撞地
3. 系統組件失效-發動機
4. 燃油系統
5. 不明
6. 系統組件失效-非發動機
7. 非故意進入儀器飛航
8. 空中碰撞
9. 低空操作
10. 其他

NTSB與主要普通航空器製造者合作辨識風險所在，分析指出事件根本肇因，期能發展出安全策略。

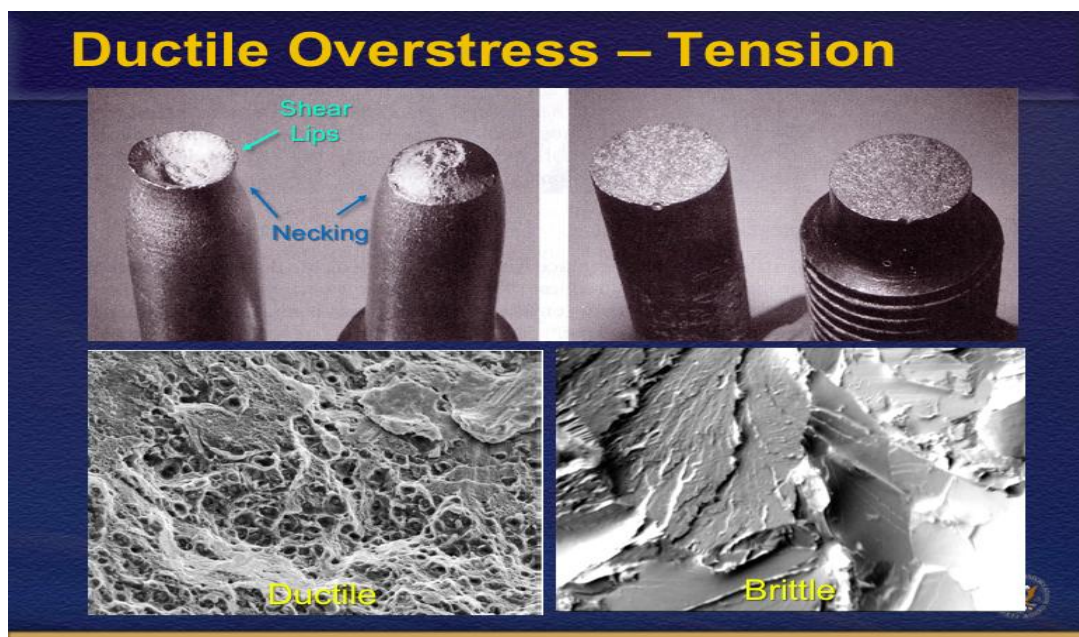
## Fracture Recognition

### 金像材料斷裂辨識

課程首在介紹 NTSB 實驗室能力及事故調查中角色。

材料具延展性易脆性質，材料斷裂過程，由裂紋開始，在重覆小於極限應力的作用之下，則會產生斷裂現象是謂材料疲勞。如航空器大量所使用的鋁合金在過度應力作用下，會產生呈現 45 度的斷裂。倘若先前已有瑕疵或裂痕時就會從該處開始斷裂。

重要殘骸零件材料取得與運送過程須要注意切割時不可破壞關鍵位置所在區域，近一步防止二度傷害及腐蝕，材料須結合斷裂的兩端以及避免表面的任何接觸，保持乾燥。



報告撰寫時，文字使用應該力求具體，不使用失效或分離等結果論述，而須使用像彎曲、挫曲、斷裂、腐蝕、燒毀、脫離、扭轉並腐蝕等具體用詞。

## Aircraft Performance

### 航空器飛航性能

航空器性能課程介紹藉由各項收集資料期重建還原事故機失事當時狀態及各項性能展現，這些資料分別為：

1. 失事現場：

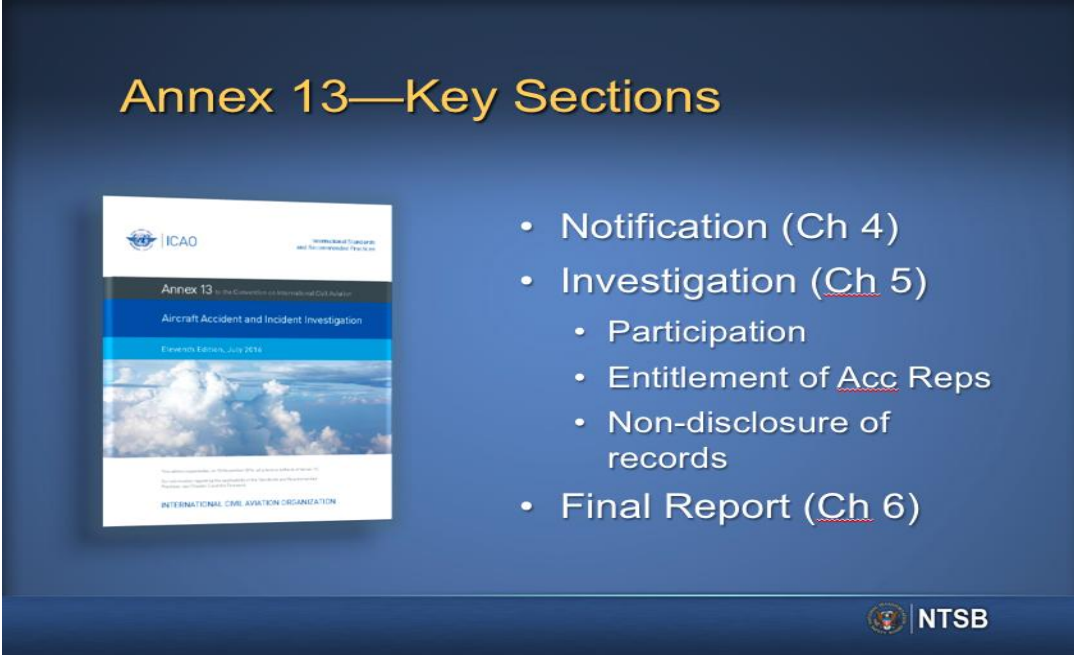
- 地面及植被撞擊痕跡；
  - 殘礫碎片分佈。
2. 飛機殘骸
- 操控面及襟翼位置等；
  - 撞擊時飛行儀表指示；
  - 重量（由殘骸及書面資料估算）。
3. 雷達資料
- 飛機位置高度；
  - 地速及空速（結合天氣）；
  - 計算飛機動態（滾轉、仰角及航向）。
4. FDR/CVR 資料
- G 值/加速度；
  - 操縱面/飛行員輸入；
  - 發動機資料。
5. 照片及影像資料
- 飛航或地面軌跡；
  - 飛航動態；
  - 操縱面；
  - 載重平衡。

綜觀上述收集資料，再結合航空器製造廠家提供性能資料、操作手冊及各樣飛航測試數據以執行失事調查分析。


## International Investigations

### 國際重大事故調查

因美國為國際主要航空器製造國，本課程主要說明 NTSB 於過往國際重大失事中遵循國際民航組織 ICAO ANNEX 13 附約，指定由一員調查員擔任授權代表，了解事故狀況後，該授權代表會邀請相關專業人員如飛機製造廠家、發動機製造商及 FAA 等來擔任顧問的說明。授課教師運用過去擔任授權代表說明實際參與國際事故調查時依據國際民航組織第十三號附約與各國調查團隊合作及接觸的實作經驗。



**Annex 13—Key Sections**



- Notification (Ch 4)
- Investigation (Ch 5)
  - Participation
  - Entitlement of Acc Reps
  - Non-disclosure of records
- Final Report (Ch 6)

NTSB

第四日：

## Survival Factors & Airport Investigations

### 生還因素與機場調查

生還因素與機場調查主要是評估死傷者就航機事故發生當時位置及受傷狀況，逃生救援過程，全面檢查航空公司相關手冊與程序、客艙組員訓練，驗屍報告及毒物檢測結果及機艙內部受損狀況，藉以發展飛安改善建議提供 FAA 或整個航空工業用以增進生還機率。同時依據聯邦法 CFR Part 139 定義，只要九人以上定期班機或 31 人以上不定期包機，該機場即須符合機場營運規範。本課程亦說明事故調查時，機場設施及各項資料必須要收集登載，亦需分析研究，找出不符規範或相關危安因子。



**Airport Documentation**

- Airport Certification Manual
  - Airport emergency plan
  - Snow removal plan
  - Wildlife mitigation plan
- Airport inspection history
- Airport lighting, markings and signage
  - NOTAMs
- Runway safety areas

NTSB 

## Safety Recommendations

### 飛安改善建議

飛安改善建議為 NTSB 報告中最重要的一部分。該委員會必須消彌任何有害安全因素，因此常在調查工作完成前即發布各項安全建議。

基礎為根據進行調查結果，建議改善航空器適航、操作程序、政策、訓練及任何被確認影響飛航安全的危安因素。例如 TWA 800 航班事故，於調查過程中，一確定是中央油箱爆炸進而航機解體，1996 年 NTSB 發布緊急安全建議，要求針對油箱內油氣採取改進措施，1997 年該委員會發布了關於爆炸物檢測等建議，1998 年建議改善燃油存量指示，而實際上四年後的 2000 年才完成其最終調查，還發布了四個飛安改善建議，要求檢討航機上的佈線。此課目說明飛安改善建議主要對象為 FAA，因為 FAA 有權力使製造廠商及業者、機場或監理單位針對建議內容執行改善措施，而相關機構於接獲改善建議後限期內必須提出回覆，NTSB 會針對其回覆進行評估，決定是否繼續追蹤或是結案。

**Safety Recommendation Reports**

Aviation recommendations typically addressed to the FAA, since it has regulatory authority to require manufacturers, air carriers, airports, and others to take action

**National Transportation Safety Board**  
Washington, D.C. 20594

**Safety Recommendation Report**  
Spool Bearing Failures in Rolls-Royce 250-Series Engines

Accident Number: CEN140A171  
Operator/Pilot Number: Rotor Blade LLC  
Aircraft and Registration: MD Helicopters 309E Helicopter, N629BK  
Location: Near Rockville, Wisconsin  
Date: May 4, 2016  
Adopted: Item 3, 2017

The National Transportation Safety Board (NTSB) is providing the following information to urge the Federal Aviation Administration (FAA) to take action on the safety recommendation in this report. This recommendation is intended to prevent failures of spool bearings installed in the power turbine governors (PTG) of certain Rolls-Royce (formerly Allison) 250-series engines.<sup>1</sup> It is derived from the NTSB's investigation of a fatal accident in which an MD Helicopters 309E helicopter, N629BK, impacted trees and terrain near Rockville, Wisconsin.<sup>2</sup> As a result of findings in this investigation, the NTSB is issuing one safety recommendation to the FAA.

**Background and Analysis**

On May 4, 2016, about 10:00 am central daylight time, an MD Helicopters 309E helicopter, N629BK, impacted trees and terrain near Rockville, Wisconsin. The commercial-rated pilot, who was the sole occupant, was fatally injured and the helicopter sustained substantial damage. The helicopter was registered to Padgett Ag Air LLC, Pawleys Island, South Carolina, and operated by Rotor Blade LLC, Georgetown, South Carolina, under the provisions of 14 Code of Federal Regulations Part 135 as an external load operation to transport personnel and equipment in support of power line maintenance. The flight departed from Manitowish County Airport, Manitowish, Wisconsin, about 0730.

Three witnesses who were nearby at the time of the accident reported that, as the helicopter approached a power line structure, they noticed a change in the sound of the helicopter's engine (a Rolls-Royce 250-C25R1); the helicopter then descended suddenly. It veered to the right and the main rotor blades appeared to decrease in speed. Postmortem examination of the engine found that the PTG dual-spool bearing had failed due to a lack of lubrication.<sup>3</sup> Failure of this component

<sup>1</sup> The PTG spool bearing supports one end of the PTG drive shaft assembly. The function of the PTG is to sense and adjust engine power to maintain the desired level.

<sup>2</sup> Information about this accident, NTSB case number CEN140A171, is available from the NTSB's [website](https://www.ntsb.gov/investigation.aspx?caseid=CEN140A171).

<sup>3</sup> For more information, see the NTSB Materials Laboratory Final Report on the incident for this accident (<https://www.ntsb.gov/investigation.aspx?caseid=CEN140A171>).

ASR-17-04

**NTSB**

## Aircraft System

航空器系統



飛航紀錄器並非能記錄下航空器上所有參數及飛航組員所有操作，課程教導赴事故現場必須攜帶航空器三面圖，如何觀察殘骸分佈狀況尋找航空器外觀上所謂四個角落（Four Corners）假想撞擊時的狀況並思考哪些系統優先收集記載資料，記錄下座艙內所有細節，尋找並記錄各系統兩端連動狀況，綜上所述，再以最有可能失效系統優先執行測試。

**Attitude, Speed, and Four Corners**

- First things to look for in ANY accident!
- First clue as to which systems may have been involved.

Low forward speed      High forward speed

High angle

Low angle

Note that speed is relative to aircraft size and type

NTSB

Revision of Sep 1 2016

14

## TWA800 Case Study/Tutorial

### TWA800 事故探討

1996 年 7 月 17 日環球航空編號 TWA800 班機從紐約甘迺迪國際機場出發，中停法國，預定飛往目的地義大利。該機起飛後大約 12 分鐘爆炸解體，組員乘客全數罹難。起始爆炸原因設定為恐怖行動，亦有不少目擊描述看見類似飛彈攻擊。當下 FBI 主導調查，於 16 個月後因查無爆裂物相關證據，無法證明該機曾遭受攻擊後由 NTSB 接手執行飛航事故調查。最後報告在 2000 年公佈，說明事故

可能肇因為油量探測器線路火花引燃油箱內的油氣。爆炸嚴重破壞機身結構，進而解體。

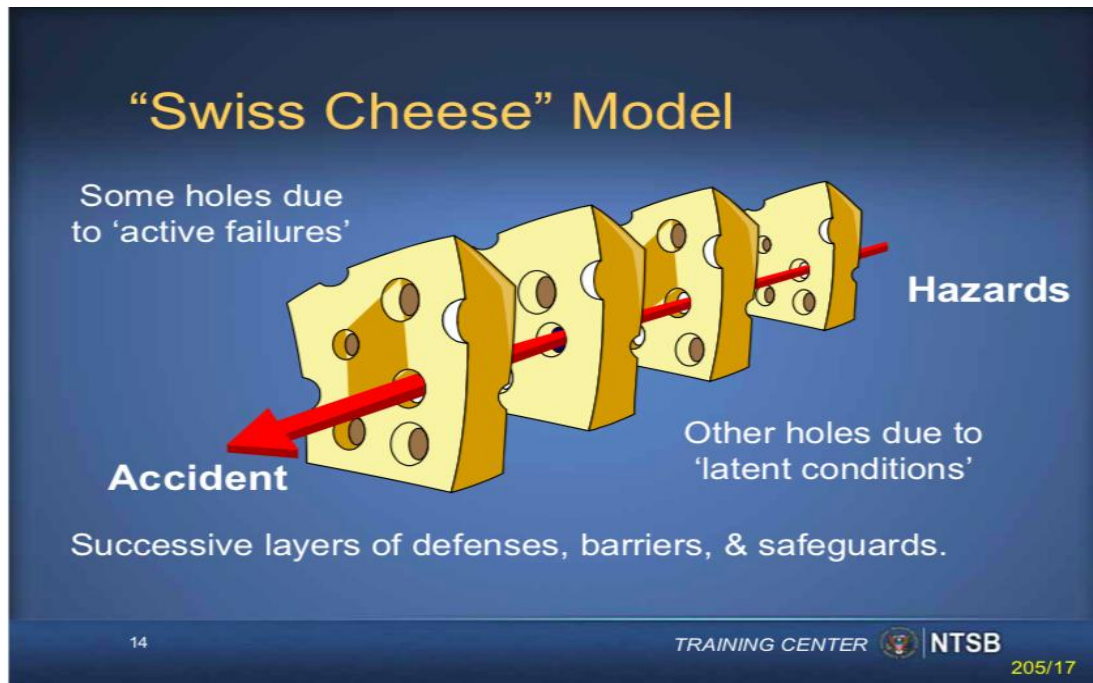
也因此案，美國聯邦政府決定爾後飛航事故均以 NTSB 為優先啟動調查，以求證據保全，後續若顯示該事件與犯罪行為相關聯，方移轉其他單位負責執行調查。

課程中，講師簡述事故經過及其調查結果後，再至 NTSB 訓練中心棚廠所重建保存的 TWA800 實際航機殘骸，說明 TWA800 空中爆炸解體的事件序，介紹油箱佈線方式及關鍵證物位置所在，來還原報告中事故發生經過。為表達對 TWA800 航班罹難者及家屬的尊重，該航機殘骸不開放讓任何人攝影。

第五日：

## Human Performance

人為表現



調查員對事件關係人需要獲得足夠資料以判斷事件是否與人的因素相關聯，

通常：

- 記錄事故關係人的行為；
- 記錄事故關係人近期的活動，通常回推 72 小時，也可展延至數日；
- 記錄關係人的個人及用藥醫療背景；
- 藥物和酒精測試；
- 測試與記錄工作環境，包含裝備、工作及環境狀況；
- 回顧與事故相關行為的資料用以評估其特定操作能力；
- 考慮評估團體、組織及文化的因素。

廣義地系統角度實施調查，勿僅聚焦於某人某事，並參酌專家意見。

## Fire Related Accidents w/Exercise

### 與失火有關事故／實務練習

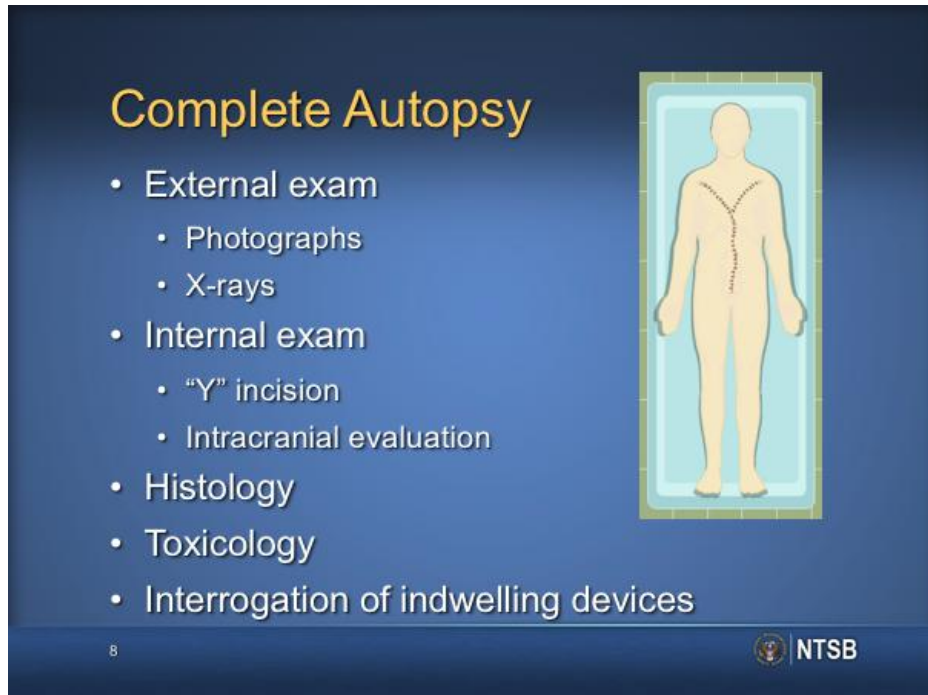
火災事故調查其目的在於決定火源、發現起火原因、保護資產及解救生命。一典型火災包含起始、成長、全面及消熄四階段，本課程以航空器火災說明起火原因及各項航空材質遭遇火災後的表現：底漆顏色及表面特徵變化、金相變色、穿孔及如掃帚纖維化現象（broomstrawing）。也說明電氣火警通常肇因特徵、爆裂物爆炸發生空間氣體能量釋放對結構的影響，及近日為大眾廣泛使用鋰電池起火案例。講師亦利用曾經調查案件為例針對航空器失火於事故機殘骸上說明採證並紀錄來執行相關調查。



第六日：


## Medical Investigations

醫學調查



**Complete Autopsy**

- External exam
  - Photographs
  - X-rays
- Internal exam
  - “Y” incision
  - Intracranial evaluation
- Histology
- Toxicology
- Interrogation of indwelling devices

8  NTSB

醫學調查的目的主要是在探討自身疾病、治療過程還有藥物引起的損害及失能導致飛航事故的發生？若再發生了，如何做可以在事故中倖存？醫學調查課程利用飛航事故案例教導學員病歷、用藥紀錄等資料來源、及解剖驗屍的目的。

## Air Traffic Control Investigations

航管調查

# ATC Systems Review

- Equipment Availability
  - In service / Out of service
  - Maintenance
  - Position location
- Equipment Status / Performance
  - Pre / Post event status and settings
  - Limitations or restrictions
  - Known or suspected deficiencies
- Equipment Operation
  - Operator use of system(s)
  - Operator knowledge of system(s)
  - Appropriate operation of system(s)



12

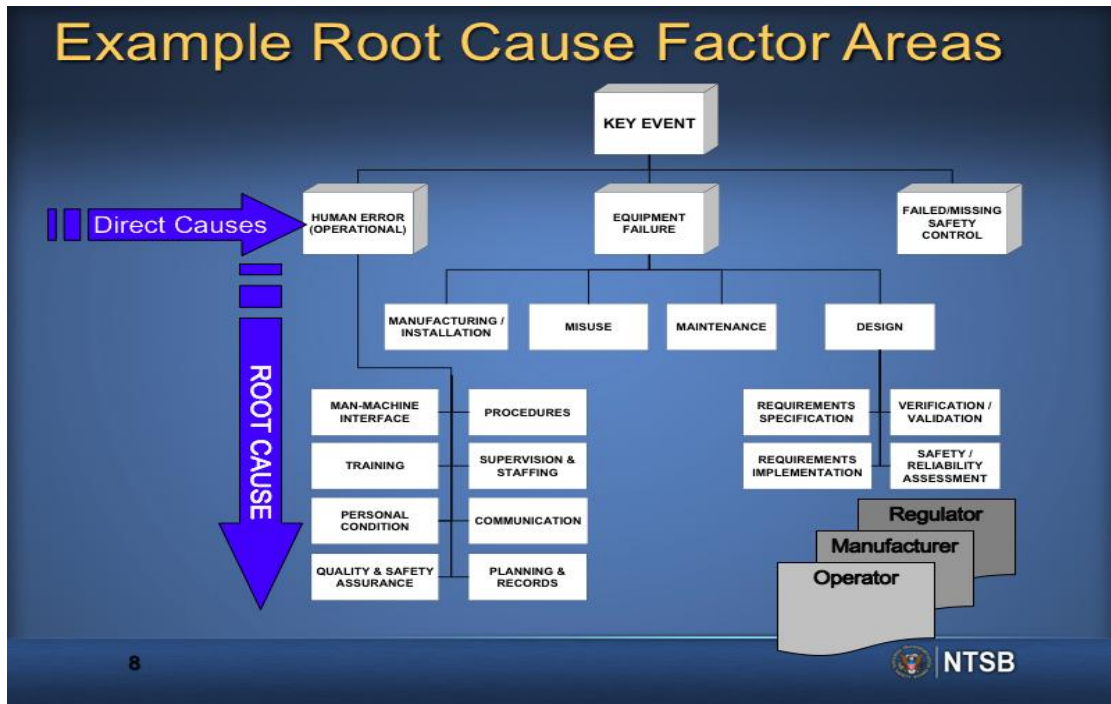
NTSB

雷達軌跡提供航機自離陸開始至事故發生過程的飛行路徑，有助分析使用，課程介紹現行航管使用設備及能力簡介，針對航管執行調查的流程包含調查人員組成、現場調查、現場調查紀錄及人員訪談等，配合美國數起因天氣、空間迷向、與航管通訊等案例說明調查經過，NTSB 亦可尋求美國軍方協助，採用軍用雷達具有主動式測高等資料，以彌補民用雷達不足之處。

## Investigative Reasoning

### 肇因分析

課程主在討論整個肇因分析工具並藉案例來實際說明應用，該肇因分析工具的發展，是用來協助各項專業調查人員工作用來推演事故過程，透過這工具將事故的重要事件序排列，檢視各分組專業事實資料一致性，用以說明事故為何與如何發生。



- Key Event（關鍵事件）：主為一項裝備失效，人為錯誤或是在整個事  
故事件序上的安全控制失效或未見效果而連結至事故主要或間接肇  
因。
- Human Error（人為錯誤）：實際人因表現偏離了該有必需的表現。
- Equipment Failure：實際裝備表現偏離了該有必需的表現。
- Failed/Missing Safety Control：一項避免產出預期外結果的因  
素，如：標準操作程序、檢查卡、裝備狀況的指示、檢查及裝備的特  
徵等。

一事件可以是由不同類型錯誤直接連結所造成的，這樣每一類型的失效或疏  
失，我們稱其為直接肇因（Direct Causes）；而根本肇因（Root Causes）在此  
則是指造成直接肇因的潛在因子。使用這系統的優點在幫助調查，及能夠有效產  
出後續飛安改善建議與提升報告的品質。

第七日：

## Cognitive Interviewing

認知訪談

主要以受訪者為中心，達成“無問題”的一個訪談及讓被訪談者信任。

接受訪談者於訪談中為中心角色，因為他有與事件相關聯的資訊，因此整個訪談流程建立於他的智識，由他扮演主角而非訪談者來提供協助建立。也因此整個訪談以盡可能達成不以問題來誘導受訪人員回答為目標，因為問句的使用會減少其資訊質量及精確度，若須使用問題，也宜採開放方式提問，優點為藉此讓受訪者提供較多的回應，而非僅單純為是或不是的封閉提問。當然訪談者須建立受訪者信任以期達到訪談的目的，不隨意打斷其敘述。上課講師並解釋利用訪談技巧及經驗來激發受訪者的記憶及重現事件經過。

## Site Management

事故現場管理

事故現場管理主題首為整個飛航事故現場的評估及現行作法，先討論整個現場主要由主任調查官來設定規則，再來如何維持整個現場的秩序及安全，依照地區及轄區範圍而略有不同作法。進而介紹整個事故現場環境、可能會遭遇的危險物品有化學物質、壓力氣體存放容器及輪胎胎壓、爆裂物、各式油品、複合材質及煙塵等，故人員自身防護及遭受污染應變措施等相當重要，再延伸至如何收集或打撈重建殘骸。

## Structures Investigations & Damage Classification

結構調查與損害分類



結構調查與損害分類課程主旨在說明事故現場針對殘骸分佈及機身零件蒙皮等執行編號重要性藉以產出當日調查現場紀要，同時以觀察殘骸上的狀況尋找出原來即存在的腐蝕、銹斑及金屬疲勞等證據。

第八日：

## In -Flight Breakups and Mid-Air Collisions w/Exercise

空中解體和空中碰撞與實習

本課程由已退休資深調查員實施講課，說明回顧幾件普通航空業航空器空中碰撞導致的飛航事故的原因及在事故調查過程中所收集的資料在沒有飛航紀錄器資料下，計算事故時飛行器相撞的角度、接近率及時間以使用在報告中的分析，並藉撞擊時所產生的重力加速度 G 力探討分析機上人員的生還因素。

課中也回顧空中解體通常是因為空氣動力超過其負載或金屬疲勞、航空器設計不良，於調查時應用技巧來決定肇致解體的主要結構及原因。

## Turbine Engines

渦輪發動機

課程介紹發動機發展簡史及常見發動機形式，說明相關飛航事故調查與發動機有關的調查技巧及案例說明。並以四項發動機常見重大意外事件為題：

- Uncontained engine failures (非包含式發動機失效)；
- Engine fire (under cowl) (發動機外殼內火警)；
- FOD (外物調查)；
- Loss of engine power (發動機推力喪失)



當發動機內部零組件失效，脫離穿透發動機包覆的外殼，此類定義為非包含式發動機失效（uncontained failure）。

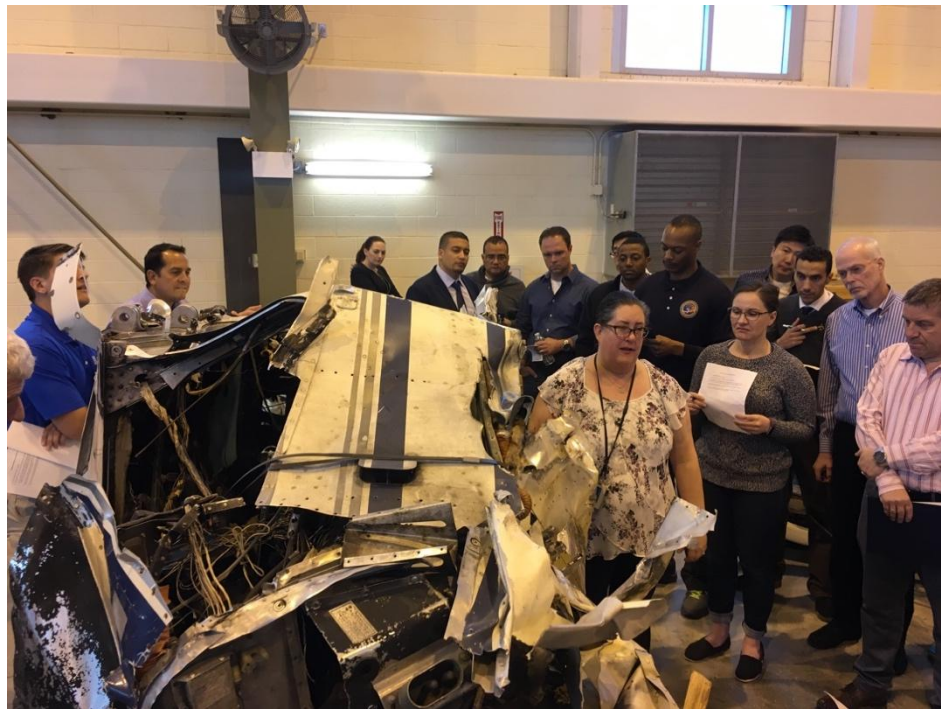
若失效僅於發動機內部未穿透發動機包覆外殼則為包含式發動機失效（contained failure）。

第九日：

## Practical Exercise

### 實習課程

課程除理論介紹，最後階段也讓學員實習實作，訓練中心利用保存收集的事故殘骸供教學實習使用。由教師假設某一航班場景，全班分組組織團隊調查，依個人專業分工檢視勘查模擬失事現場，使用殘骸教學，從旁教導學員如何判別機體損毀原因與判定的技巧並實施訪談、事實認定分析報告等作業，乃至於最後提出飛安改善建議。讓全體訓員運用所學更加深學習成果及印象。



## Flight Crew Operational Factors

### 飛航組員操作因素

退役機長及資深調查員於 NTSB 主擔任航務分組調查工作，藉幾件知名案例引伸出航務分組主要調查工作：

- 對民航業者，確保訓練的有效及標準化、檢視其發展程序及訓練至飛行線上執行驗證的過程，公司內須具有效組員意見反應及完善回覆機制、組員資源管理訓練及安全政策的執行計畫及自我督察結果。
- 檢視政府機關部門對航空公司的監督及報告，各種計畫、手冊及程序核可檢查，並確保訓練、標準化及各程序的有效執行。
- 對飛航組員記錄並評估事故發生前中後的反應與操作，程序是否符合訓練標準，並檢視業者對飛航組員的職責要求考驗及機制是否完善。
- 檢視飛航組員對航機載重平衡及性能操作，於遭遇惡劣天候時的判斷與迴避，至最後緊急落地操作、迫降及緊急逃生是否允當。
- 檢查飛航組員事故前後的應變訓練、針對飛航事故，組員所獲得的相關原則政策、程序落實度及是否確實提供予組員參考使用。

## What we investigate

- **Pilot Procedures / Training**
  - › Was the crew trained to handle the emergency
  - › Did they respond appropriately
  - › What procedure was performed. Was it the correct one
  - › Did the crew receive training on that procedure
  - › When/how was training received—good/minimal
  - › Is the procedure performed on line operations as trained – looking for continuity here [manual>sim>a/c>line]



第十日：

### Traumatic Events Management

災後創傷

災後創傷課程介紹人類面對壓力，受難者在經歷重大災難事件或作戰任務後的心理及行為變化，同時參與救難的任務人員亦同樣需要心輔介入幫助重建以避免心理崩潰。

### Assisting Family Members

家屬協助

NTSB 於 1996 年完成飛航事故協助法案，主於提供罹難者家屬各方面的協助。NTSB 內並設有專職提供協助單位 (Office of Transportation Disaster, TDA)，課程除介紹 NTSB 家屬協助的法源依據，並說明於飛航事故中與業者服務內容及責任的分野，若事故一旦涉及非境內或非公民時的做法差異。

家屬一般於第一時間獲知事故後，因為超出預期及內心無法改變轉為無助而產生心理及生理的變化，負責協助的人員須保持冷靜，萬不可以與其爭執，或打斷家屬發言，發表不著邊際的談話內容，同時須注意掌握家屬憤怒情緒化反應，取而代之的是探詢該提供如何的幫忙，表示同情，發自內心對其專注聆聽，並適時提供已確認資訊。

### Working Lunch-Board Meeting & Public Hearing

委員會會議與聽證會

介紹現行 NTSB 舉行各式論壇的目的主在聚集社會大眾注意力，收集有關安全的資訊，設計用來預先的安全建議及作為。同時課程亦介紹 NTSB 聽證會目的、

舉行聽證會時機及預先作業，聽證會是為了傳喚證人獲取證詞，讓社會了解調查過程。舉行時機依調查的複雜程度而通常為事故發生後的六個月期間內。聽證會獲取有效調查資訊來決定可能的事故肇因及衍生出有效的安全改善建議。至委員會對最後報告審核及投票決定報告中結論、可能事故肇因、安全改善建議及完成整個報告流程程序。一旦報告通過，該最後報告隨即會公布於 NTSB 官網。

## 參、心得與建議

### 一、心得：

- NTSB 訓練中心的課程安排使剛踏進這領域的人員對飛航事故調查整體運作能建立初步觀念。
- 隨航空活動的多樣化，航空事故種類也隨著亦趨多變，調查人員平時需做好萬全準備，深入了解過往事故調查經驗及裝備運用並演練最新調查技術。
- NTSB 就飛航事故部分，每年得處理調查平均近兩千起事故，累積為數相當可觀資源及經驗，同時，仍須不斷研究開發新式調查技術及工具，能增進事故調查的蒐證及分析效率。
- 技術工具的進步將增進事故調查的效率，但事故調查的基本原則仍是仰賴調查人員的專業知識，大膽假設，小心求證，細心地分析、證實所收集證據，藉以判定肇因，進而提出改善建議。
- 參加美國運輸安全委員會訓練中心航空器事故調查訓練，除建立人員飛航事故調查良好根基，與國際社會各國航空調查從業組織及人員接軌增加交流及經驗交換機會是增加事故調查能量及展現我國於調查方法及技術等軟實力最佳機會。

### 二、建議：

- 建議能於有限經費下，持續派員研習多模組事故調查技術，據以提升我國在航空、海運及軌道的運輸安全。
- 本會可研習 NTSB 的調查報告寫作及品管機制，研擬具體可行方式，以提升本會的調查報告品質及調查效益。