

出國報告(出國類別)：進修

「中法長期支援協議事故調查專精訓練」
返 國 報 告

目 錄

壹、目的	-----	第 3 頁
貳、過程概要	-----	第 3 頁
參、訓練內容	-----	第 5 頁
肆、心得	-----	第 48 頁
伍、建議	-----	第 48 頁
陸、結語	-----	第 50 頁

壹、目的

飛行安全相關訓練班次係培育國內飛行及修護同仁之重要及基本訓練科目，本班次「飛機失事調查員」訓練計本部 4 員參訓，藉由學習先進國家調查機構之運作模式、法規背景、調查經驗及相關專業領域蒐集事故資料之方向及基本技能，將安全觀念深植有關人員，俾確保飛行安全。

飛機失事調查員本身除需具備不同專業領域之知識外，更須具備公正與客觀之價值觀念，時時接收國際上新的觀念、法規與慣例，並藉由實務作業與學習，增進飛機失事調查作業應有之知識、規則與技巧。

貳、過程概要

一、訓員一行 4 員於 99 年 5 月 29 日 2245 時搭乘班機前往，5 月 30 日 1345 時(法國時間)抵達巴黎戴高樂機場，受訓期程自 5 月 31 日起至 6 月 25 日止，6 月 26 日 0935 時(法國時間)搭乘班機返國，於 6 月 27 日 1300 時順利返抵桃園國際機場。

二、IFSA 訓練中心簡介：

本次受訓地點為法國巴黎市區內法國飛行安全學會(The French Institute for Aviation Safety，以下簡稱 IFSA)，該學會為歐洲區域知名飛行安全課程訓練機構，創建於 1987 年，迄 2009 年中旬為止已完成共計 93 個國家逾 5500 名專業人員訓練。

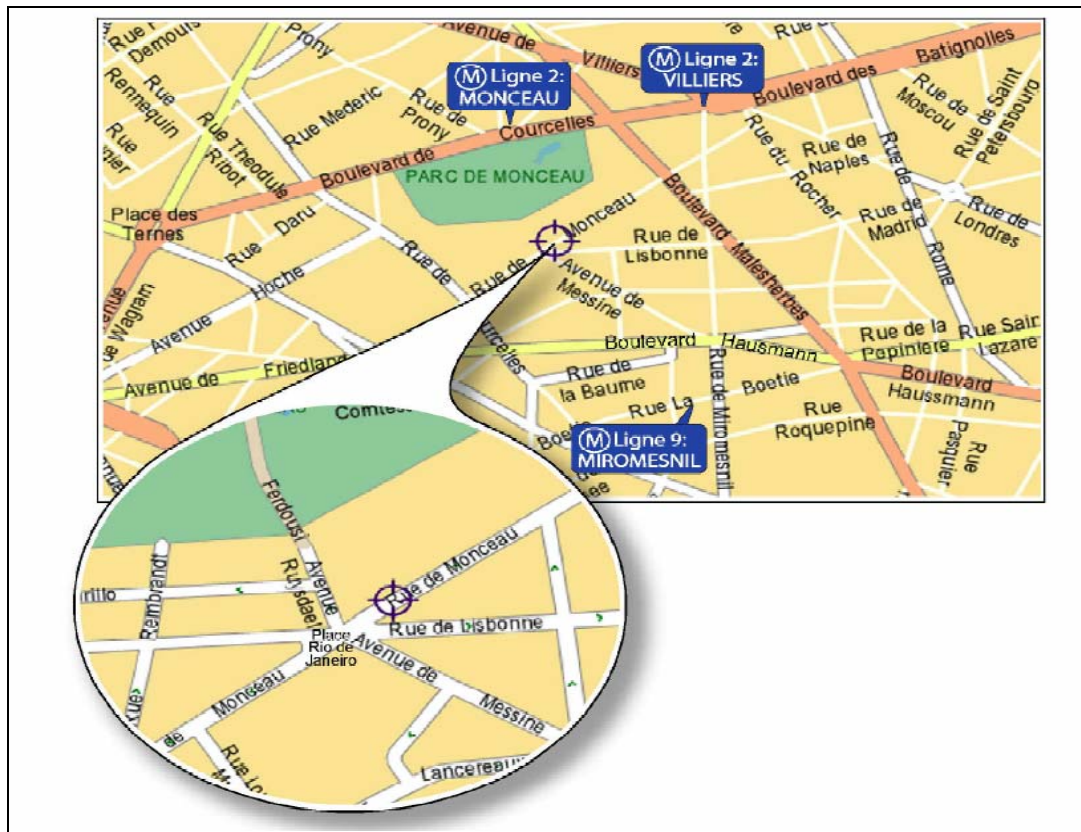


圖 1-IFSA 學會位置圖

本次課程為「飛機失事調查員(AVIATION ACCIDENT INVESTIGATOR)」班次，該機構每年分別開課英語及法語各一班次，每次課程為期 4 週，由世界各國軍方及民航相關專業人士參加，課程講授航空器失事調查所需之基礎知識及技術，並引用近年來調查之事故作為印證及案例研究。

三、學員介紹：

本次受訓班次共計 17 名學員，來自台灣、巴西、阿拉伯聯合大公國(杜拜)及沙烏地阿拉伯共 4 個國家空軍飛行及技術相關人員參加飛機失事調查員訓練課程，本部派遣 4 名學員參訓。

參、訓練內容

一、講師介紹：

IFSA 學會授課講師多來自屬民航界及軍方退役之專業飛機失事調查人員，從事民航機及軍方的飛航安全管理與失事調查之訓練工作，本職學識俱佳，均能針對課程施以充分施教，對於各失事案例均有其精闢與獨到之解說。

二、課程簡介：

本次課程屬飛機失事調查員全般學科概念訓練及模擬調查作業實作課程，訓練流程由飛航相關法規、定義、國際權責區分、飛航操作、人為因素、發動機、結構、航管、天氣、媒體公關等各主題結合理論與經驗實施調查訓練，本部 4 名參訓學員均順利完成 4 週課程，本課程除一般失事調查相關知識外，其主要特色為置重點於證人(WITNESS)詢問技巧訓練，不同於本國與他國訓練機構；每次的失事情況均不同，但調查的手法與過程卻大同小異，基本程序架構為：資料蒐集→資料分析→結論→報告撰寫→安全建議(本次課程無針對報告架構寫法實施訓練)。

飛航事故調查專業人員培訓不易，藉由國際性與實務經驗豐富之講師授課，能擴展國內區域性視野迅速接軌至國際觀，培養本部專業人員快速吸收最新調查技術與資訊。

(一)失事現場管理：

依據國際民航公約(Convention on International Civil

Aviation，以下簡稱 ICAO)第 13 號附約(Annex 13)相關飛機失事調查規定實施，各國應建立一個完善周延的飛航事故反應機制，在獲知當地飛航事故時，能立即指派調查官(Investigator in Charge，以下簡稱 IIC)管理及指揮全般調查工作，並成立調查小組，於第一時間分遣人員出發前往事故現場。

1.穩定失事現場：

- 接獲通知並確認及了解初步情況，俾利判定事故等級及權責。
- 建立指揮機制。
- 第一時間火災搶救。
- 實施受傷人員醫療行動。
- 空中及地面交通管制。

2.救援行動：

- 搜索失蹤罹難人員。
- 確認人員情況：失蹤、死亡、受傷等情況等級及機上人員座位圖。
- 醫療資源：現場醫療急救物資，並建立罹難人員大體收容所。

3.失事現場維持：

- 建立事故現場安全範圍。
- 確認事故現場危安物件：搜尋事故區域，確認機上裝載貨物清單。
- 跑道及機場管制。

- 個人財產保存。
 - 事故相關證物保存。
 - 飛機相關文件及紀錄保存。
- 4.支援行動：如後勤等交通、食物、衛浴公廁設施等，媒體發佈調查行動情況、法律、罹難及受傷等家屬安排、相關航空公司、飛機製造商、該型飛機生產數量、使用時間、往年失事案例資訊及需求之各單位領域調查員等支援。
- 5.現場復原：殘骸移送、現場清理、復原現場區域財產、歸還個人財產、賠償等相關法律行動。

(二)失事現場調查行動：

1.初步調查：

(1)於救援行動時調查員角色確認。

- 救援行動非屬調查員責任。
- 觀察罹難及傷者人員撤離失事現場作業。
- 搜集現場任何資訊。
- 詢問搶救人員(亦為失事調查之證人)於救援行動時之所見所聽所聞等之證詞。

(2)蒐集基本資訊。

(3)於靠近失事現場附近建立調查作業指揮中心：俾執行工作、裝備及相關文件放置、舉行會議、協調工作、食宿等。

(4)確認失事現場潛在風險：

A.環境：如氣候之高溫/低溫與濕度、風雨(雪)、日

曬、地形(高山、陡坡)、水深、冰及土石流等情況。

B.殘骸及碎片：

- 機械、金屬組件等。
- 壓力單元組件：如輪胎、儲壓器等。
- 拉力/張力單元組件：鏈條、纜線等。
- 電器風險：電池、電容、電極放射管等。

C.化學風險：如飛機上碳氫化合物、燃油及添加劑、燃燒氧化物、危險金屬、海龍、複合及碳纖維材料、爆炸性物質及危險貨物等。

D.放射性風險。

E.生物風險：如衛生情況、食物污染、傳染病、野生動物、有毒動、植物等。

F.心理及生理風險：圍觀群眾、社會媒體及失事現場環境等因素所造成調查員本身壓力。

(5)地緣關係建立：

- A.當地首長、警察機關、法官。
- B.協調軍警機構安排失事現場安全保護措施。
- C.驅離無關及不受歡迎人員。
- D.相關證物保存。

(6)進入現場前提示：於每次進入前需針對人員之工作與職責妥適安排，說明調查作業之工作與安全規定，落實個人防護措施與消毒作業，並將已知資訊提醒告知，如現場情況、殘骸物及碎片分散地點，執行照相，另未經允許不得碰觸任何物品，並留意

容易消失之證物(如地面痕跡、植物情況、噴灑及滲漏出的液體)。

2. 蒐集證物：

(1) 首要認知條件：

- 不得碰觸任何物件除非你瞭解你所正執行的作業內容。
- 不得組合任何殘骸碎片。
- 不得裸露空手碰觸任何物件。
- 不得清洗任何物件。

(2) 照相：one picture=>one message，每次照相時立即記錄相關位置、情況等資訊。

(3) 易消失證物優先：

- 會因時間改變、遺失、移動或損壞。
- 損壞其他物件。
- 記錄任何發現及行動。
- 油箱、油濾、泵等燃油、滑油、液壓油、油車及其他飛機油樣、泥土及植物採樣。
- 地面痕跡。
- 火燒痕跡。
- 飛機外型。
- 可動組件。
- 螺旋槳情況。
- 座艙內各項設定。
- 磁性塞情況。

- 座艙聲音紀錄器。
- 飛行資料紀錄器。
- 結冰情況。
- 文件、表格、地圖及檢查卡等資料。
- 現場目擊證人及生還者。

3.殘骸及碎片清冊建立：

所有的殘骸及碎片均需拍照記錄、標示並註載其位置、身分、狀態等資訊，僅記錄事實不作分析；並依廠家飛機組件手冊檢點，其主要目的為清點殘骸是否完整，並繪製殘骸分佈圖。

(1)清點殘骸時其重點如下：

- 四個角點：飛機頭、尾及兩翼尖區物件。
- 動力及螺旋槳系物件。
- 起落架區物件。
- 控制翼面區物件。
- 油類液體噴灑滲漏物件。
- 各偵測器類物件。
- 紀錄器類物件。
- 磁性塞類物件。
- 駕駛艙及機艙區物件。
- 火燒物件。
- 人員撤除之物件及完整之殘存物件。
- 貨艙區物件及貨物。

(2)繪製殘骸分佈圖：

- 失事地點之道路、建築物、跑道、滑行道、山丘、樹木、電線杆、撞擊痕跡、地形資訊加上方位圖及比例尺規。
- 殘骸、碎片、油類液體噴灑滲漏區域位置。
- 地面損壞之設施與樹木位置。
- 人員及目擊者位置。

4.撞擊前飛行軌跡：

藉由所蒐集之證詞、失事現場地形地物情況、地面撞擊痕跡、飛機殘骸及碎片分佈情況，分析初判撞擊前之飛行軌跡、撞擊時之速度與角度。

5.飛機高度：藉由飛行資料紀錄器、方向陀螺儀器、地面痕跡及殘骸損壞情況分析飛機失效前高度。

6.典型地面撞擊痕跡分析：由地面撞擊痕跡及殘骸分佈情況，可區分飛機情況分屬高速高攻角、高速低攻角、低速低攻角、低速高攻角等四類，進而分析其可能失事肇因。

7.水面撞擊：可由殘骸分佈位置、海流方向等分析其撞擊前速度與角度，或為撞擊前於空中已解體情況。

(三)深入調查行動：

1.結構損傷調查分析：

(1)Overstress 超出飛機負載限制：

- 內部因素造成：主要為自動駕駛及人員操作錯誤，過度的超出負載限制動作等。

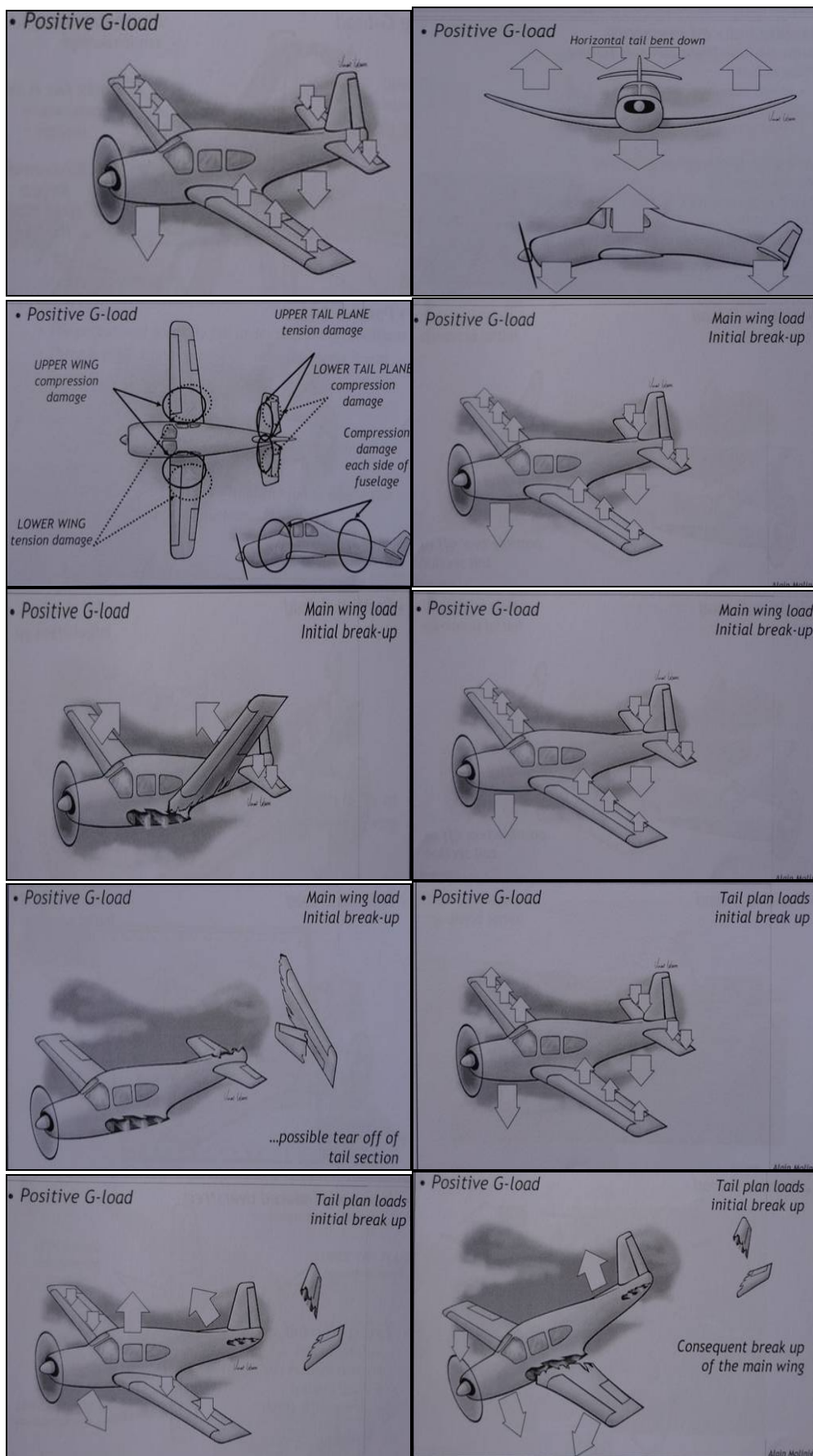


圖 2-內部因素造成飛機受力情況

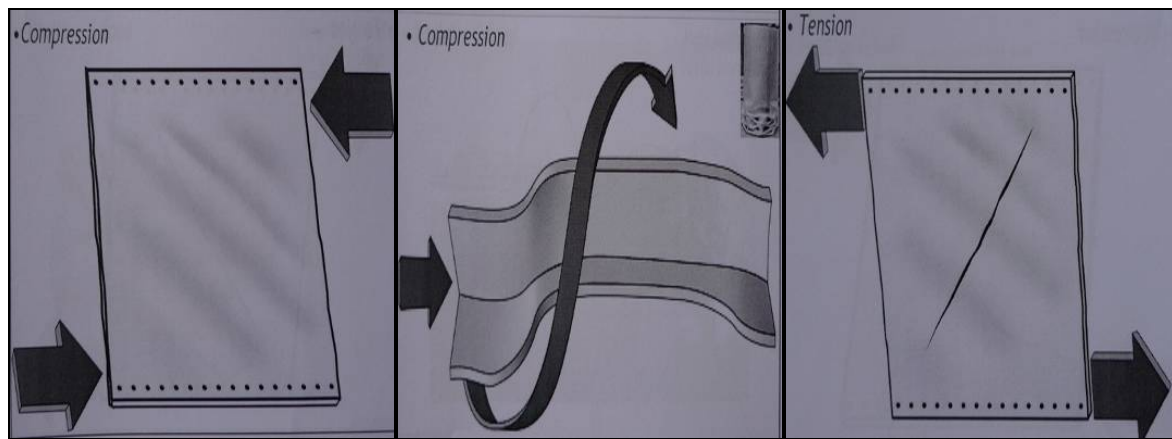


圖 3-內部因素造成金屬壓縮及張力情況

- 外力因素造成：亂流、震波、重落地及空氣彈力現象(機翼結構顫震)等。

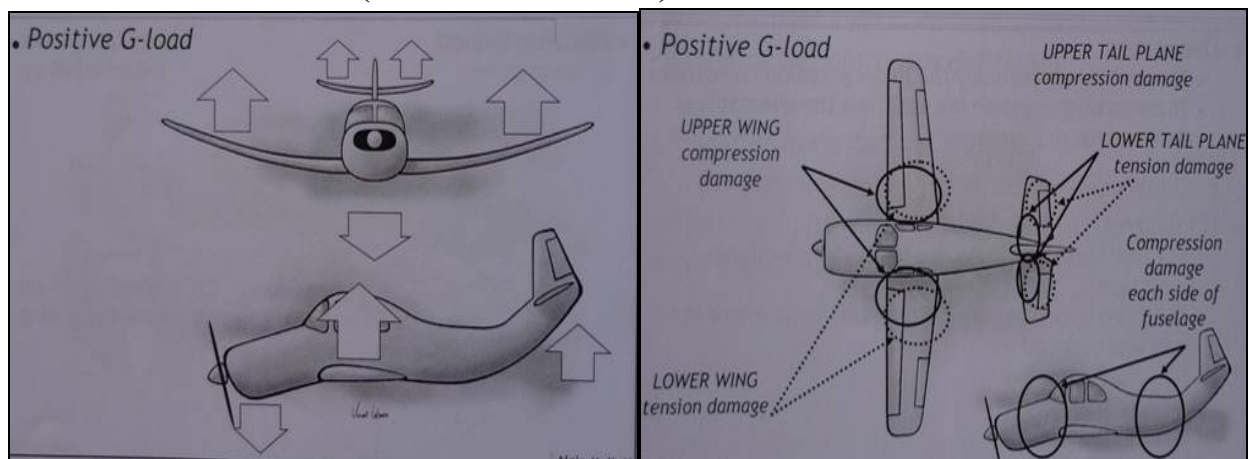


圖 4-外力因素造成飛機受力情況

(2) Understress 未超出飛機負載限制：

- 未達到設定之預期規範值，為飛機設計或製造階段之瑕疵。
- 不再達到原有設定之預期規範值，為維修或構改階段之瑕疵。
- 金屬疲勞、銹蝕、撕(刮)痕等，為容忍負載值降低或老化造成。
- 氣流顫振造成。

(3) 轉動組件扭轉變形。

(4)金屬組件彎曲變形。

2.複合材料受損：

- 張(拉)力過大。
- 壓縮負載超過。
- 彎曲變形。
- 撞擊。
- 厚度不足。

3.飛行中結構已受損證據：

- 失事現場未發現遺失之殘骸。
- 碎片於殘骸區外且撞擊前失事飛行軌跡末端。

4.現場調查重點組件原則：

- 找出飛機殘骸之四末端位置(機頭、尾及兩翼尖)。
- 找出發動機及螺旋槳位置。
- 找出操控翼面位置(襟翼、縫翼、副翼、機翼、方向舵、升降舵、減速板等)。
- 找出機身外部裝置(起落架、油箱、派龍)。
- 找出可開啟門及面板(進入門、座艙罩、窗戶等)。
- 找出彈射椅及求生裝備。
- 找出遺失現場組件。

5.選定空間及廠房重組殘骸：

至少需求三個廠房空間，分別為殘骸放置區、飛機位置對應區及三度空間重組區，俾利調查工作進行。

(四)飛機系統組件調查：

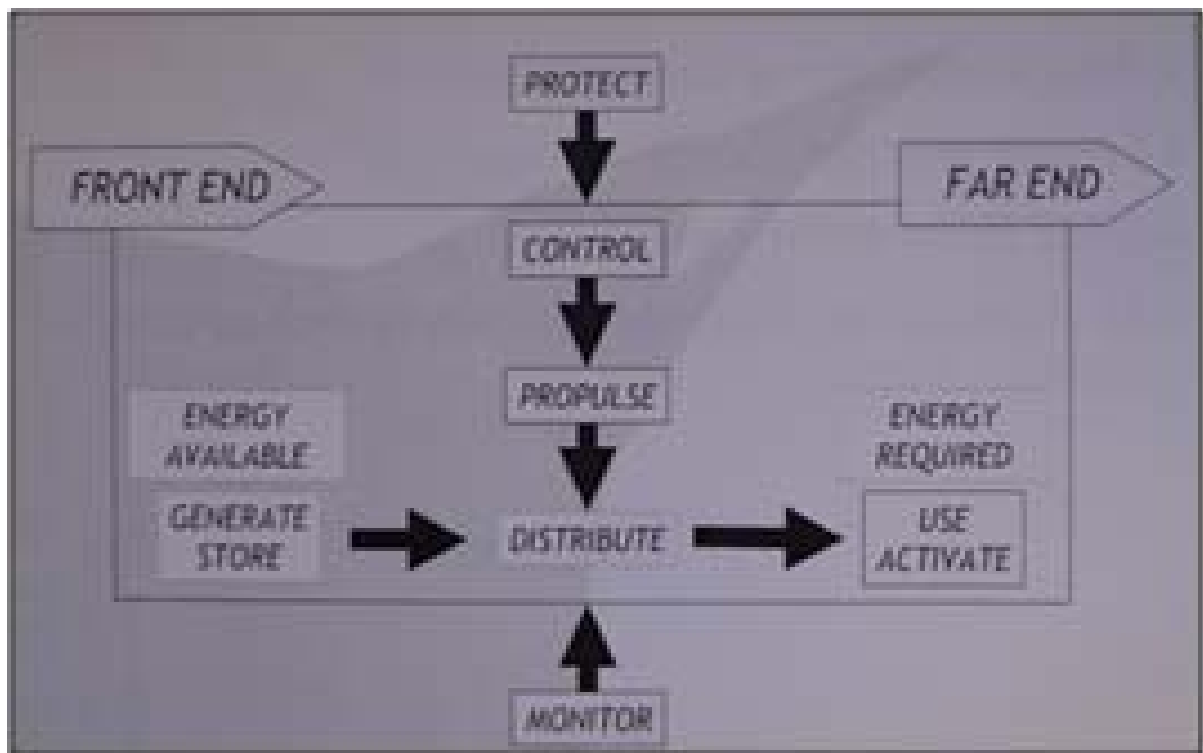


圖 5-系統調查觀念流程圖

當執行一物件之調查時，其基本原則依**PIXTOL**次序執行：

Picture it：當發現時第一優先為對其物件照相。

Index it：註記該物件之轉動、變動、移動、彎曲、傾斜等各狀態。

X-ray it：執行X光掃描照射內部情況。

Test it：執行測試確認其作用情況。

Open it：視情況需求開啟(切開)檢視內部(必須先完成X光掃描等方式確認其內部組件各狀態與位置)。

Log it：記錄開啟後情況。

- 1.機械結構件：確認其組件之基本資料是否吻合、是否安裝正確零組件、修維護保養情況、有無摩擦、潤滑是否足夠、有無阻塞或外物等情況。

- 2.鋼(纜)繩件：確認其組件之基本資料是否吻合、是否安裝正確零組件、潤滑是否足夠、有無摩擦、有無阻塞或外物等情況；其可能失效情況為張力過大、扭曲或遭外物撞擊等情況下產生斷裂失效。
- 3.油門及板手類開關：確認其控制板手類如油門、起落架手柄、減速板開關、襟翼開關等組件前後移動位置，區分為有鎖定機構及無鎖定機構，無鎖定機構板手其位置僅參考，無法確定時，需配合其他證據佐證。
- 4.液壓系統：區分為液壓動力單元及液壓系組件。
 - 針對動力部分檢查液壓泵、儲壓器、油濾、液壓管路(有無滲漏、摩擦等)等組件作用情況，確認使用之液壓油型式是否正確、有無外物污染並取樣抽驗其品質情況。
 - 液壓系組件部分(如操控翼面、起落架、煞車等)確認其作用是否正常，檢查其致動器、唧筒、管路瓣體情況。
- 5.壓力單元：確認其壓力單元動力及壓力裝置功能是否正常。
- 6.燃油系統：於系統前端檢查燃油之存量、品質及傳輸壓力，於系統末端檢查燃油有無正確被傳輸、發動機是否運轉。
 - 取樣檢查其是否使用正確燃油、有無水份污染、有無外物污染、有無微生物污染等，確認其品質。
 - 檢查燃油指示器、估算理論性燃油消耗量、確認傳

輸情況、依失事現場油箱情況，檢查油箱有無損毀、有無存量、交輸及洩放等瓣體作用、取樣失事現場泥土化驗有無燃油。

7.電力系統：確認於系統前端如電池、發電機、輔助動力單元等作用是否正常，確認系統末端電力驅動裝置如電動馬達、燈泡、加熱器等功能及線路情況是否正常。

- 檢查發電機有無短路、電弧、轉子與定子接觸面有無阻礙物、驅動情況。
- 檢查線路有無短路、扭曲過熱及電弧等現象。

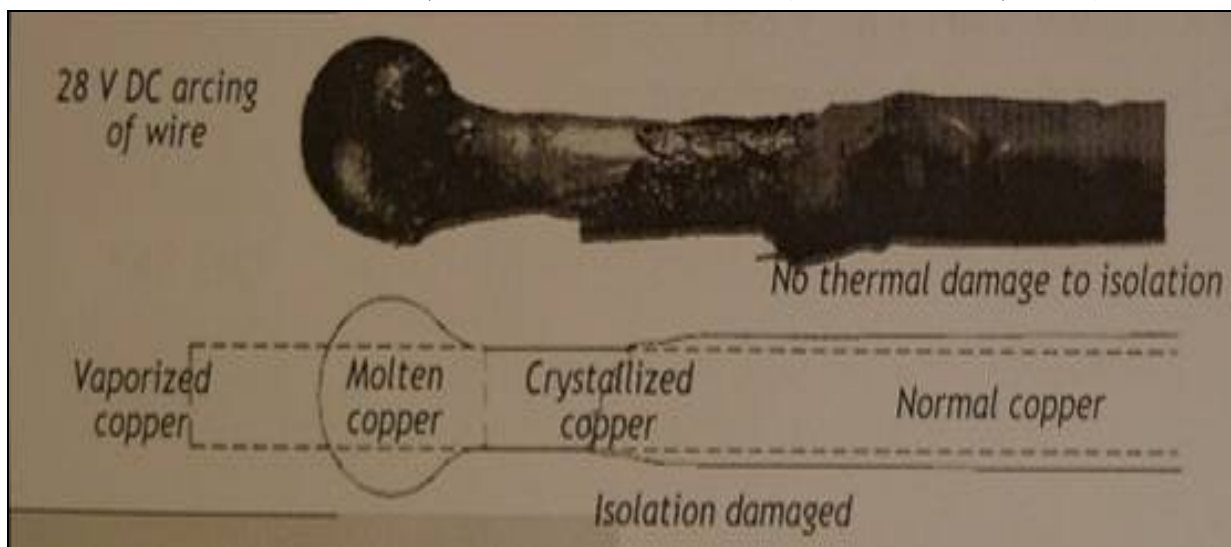


圖 6-電弧現象損傷

- 檢查線路保險絲及斷電器及電匣開關情況。
- 檢查電力驅動裝置功能情況。
- 檢查各警告指示燈泡燈絲情況，確認其撞擊前是否處於「亮」位置。

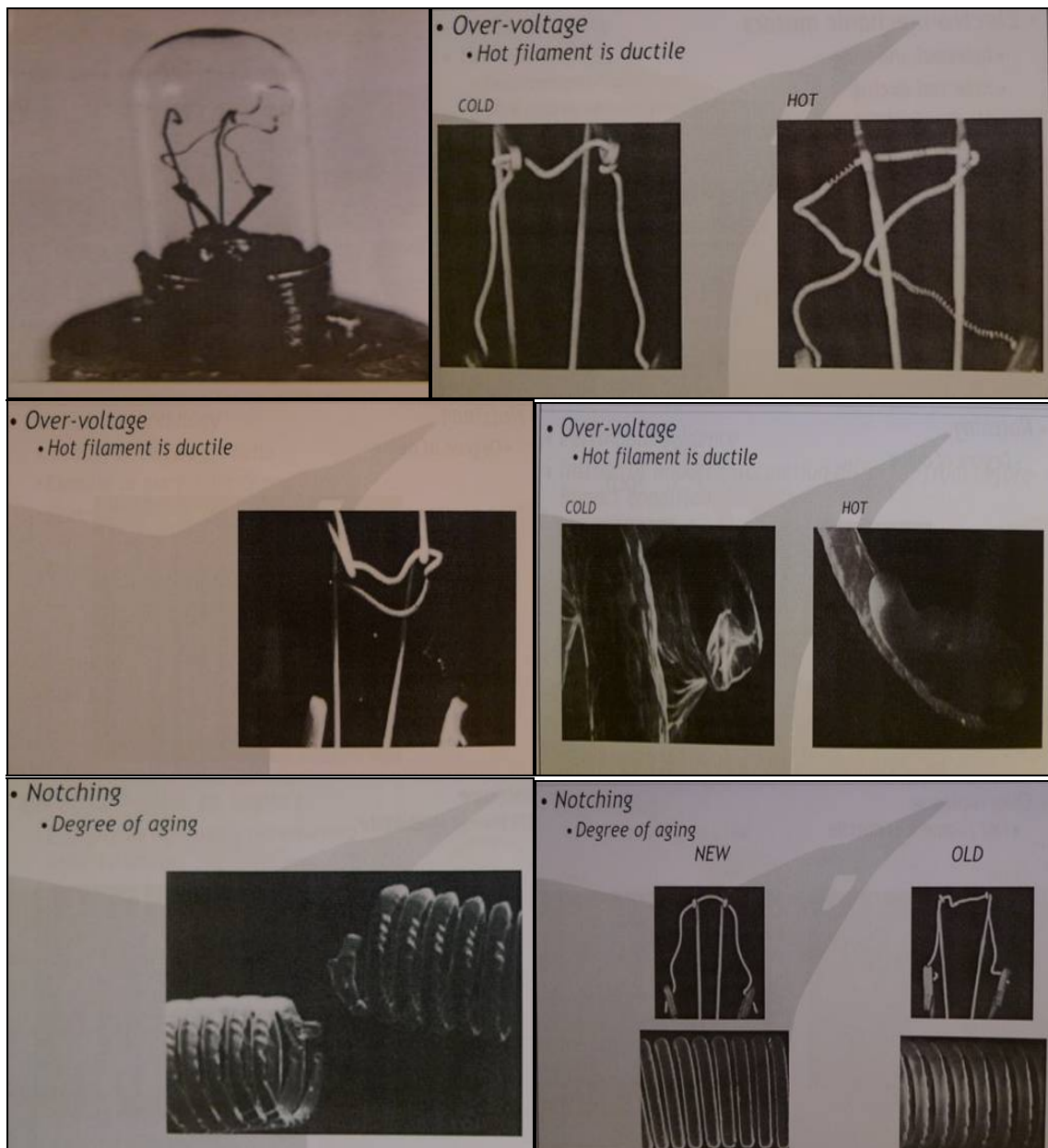


圖 7-燈泡燈絲情況

8.飛行儀表：常因撞擊所造成之強烈震動而使儀表損壞，玻璃破碎，指針脫落，刻度盤扭曲，表殼變形等等，將儀表區分為可判讀及不可判讀部分，若可讀取，確認其指示位置，若無法讀取則依不同情況之處理方式送專業工廠執行分析其最後正確位置，如以紅外線、黑光、紫外光照射等技巧。

9.襟翼：多數為電控致動，機械組件之螺帽、齒輪、唧

筒等均保持最後位置，檢查其連動裝置有無不對稱情況。

10.起落架系組件：為液壓或電控致動，檢查地空安全電門、起落架結構及減震裝置。

11.煞車系組件：煞車為一種將機械能轉換成熱能的變化，檢查前次滑行距離與時間、廠家技術手冊圖表比對速度/總重/煞停距離數據、煞車溫度、輪轂熱熔栓、唧筒膠圈有無因液壓滲漏熔化現象。

(五)發動機失效調查部分：

1. 發動機失效一般介紹：

(1)概述：

A. 發動機失效因素：大致上係因使用、觀念、製造、定期及不定期維修及環境問題所造成，亦有可能同時發生。

B. 失效肇因：

- 機械因素。
- 科技/熱氣動力效應。
- 環境。
- 發動機火警。
- 油箱爆破。
- 系統失效。
- 人為因素。

上述各種肇因亦會相互影響。

C. 失效情況：

- 推力(動力)喪失。
- 發動機熄火。
- 發動機因失效而關斷。
- 發動機強制關斷。
- 發動機火警。

若屬多具發動機之飛機，於空中發生熄火情況，乘客不易察覺。

(2)機械因素(破斷)：其原因係屬多變及複雜，且甚難辨別機件斷裂前、後的連貫性。

A. 超過負荷：

- 超速。
- 超溫。
- 材質不良(如凹痕、腐蝕)。

B. 低週疲勞：

- 機件材質缺陷。
- 銹蝕。
- 區域(局部)性刻痕、粗糙面、磨損。
- 機件表面強制磨損。
- 超出使用壽限操作。

C. 震動疲勞：

- 不平衡量導致。
- 空氣動力激發(如衝激、擾流、共振)。
- 空氣動力鼓動(流場改變)。
- 回波現象。

- D. 辨別發動機輪盤、大(傳動)軸及轉子葉片之斷裂係由強大能量所肇致。
- E. 情況不明之失效可能是更嚴重問題，內部碎片會以高速自發動機出口噴擊各方向，導致飛機結構及乘客潛在危險。
- F. 輪盤檢驗：由疲勞因素所造成之斷片可予以重組，而由超溫或超速所造成之斷片甚難重組。
- G. 轉子葉片：
- 飛脫之葉片可能擊穿機匣，進而釀成氣動力流場改變，使得壓縮器衝激和發動機熄火，破壞飛機系統。
 - 未飛脫/已斷損之葉片會使壓縮器及渦輪性能衰退。
 - 渦輪後級未斷損之葉片，將因轉動件產生不平衡量而發生巨大震動；其次會造成燃油或滑油系損傷。
- H. 渦輪葉片：機工及熱流限制-「潛變」(如高壓渦輪噴嘴因超溫而形成的損傷情形)。
- I. 主要轉子(轉動件)：主傳動軸扭斷可能係震動疲勞所致。
- J. 發動機軸承：如推力/滾珠軸承及滾柱軸承崩裂。
- K. 以上情況列舉如：
- 燃油噴嘴(注油器)作用不良會使得渦輪段溫度分佈不均而導致渦輪噴嘴燒損。

- 渦輪噴嘴導片材質受損會引發轉子葉片之氣動力鼓動(擾流)，進而導致嚴重超限情況。
- 發動機轉動件的不平衡量會引起滑油管路斷損，以造成軸承潤滑不足。
- 機件因震動及緊配度不足而使材質磨損，會導致初期裂痕；材質全面性磨損則會使得轉子產生更大不平衡量。
- 渦輪氣封效果不佳，肇致渦輪(葉片)效率衰退。
- 氣動力抖動或壓縮器衝激會引發壓縮器葉片初期裂紋，並擴大裂紋區域。

(3)科技/氣動力效應：

- A. 壓縮器衝激係因作用於轉子葉片上氣流分離，導致葉片失速。
- B. 衝激肇始於葉片攻角增加，造成氣流急速下滑，且阻斷平穩之壓縮氣流。
- C. 衝激的型態概分為：
 - 重大衝激(如具有砰然聲之嚴重震動，可傳至發動機進口及出口處，尤以低空、高速飛行狀態)。
 - 輕微衝激(高空時所產生低沈聲之輕微震動)。
 - 轉動衝激(於發動機溫度上升或於低轉速時)。
- D. 衝激之起因：
 - (A)因氣流快速下掉而失速：
 - 因燃油流量太高，吸入熱氣、燃油、空氣水蒸氣進入燃油室等所形成之熱流阻滯。

- 可變幾何系組件(如可變定子導片、可變排氣噴口等)、可變定子導片角度設定不當，於進氣時產生擾流而使壓縮氣流區域(面積)縮減。

(B)壓縮器後級氣流降低而形成衝激(失速裕度降低)：

- 可變定子導片角度設定及裝配不當。
- 後級氣流衰退原因有壓縮器/渦輪葉片扭曲變形、渦輪噴嘴面積縮減、壓縮器葉片晃動幅度增加(如吸入水氣、突然拉起機頭、重落地)、壓縮器翼面變形(如銹蝕、污染、硫化等)。

(C)壓縮器衝激之影響：

- 因進入燃燒室氣流不穩(擾流)會使發動機或動力流失、渦輪進氣溫度超限，嚴重者將造成發動機失效之風險。
- 壓縮器出口壓力低於燃燒室進口壓力之異常情形。
- 機件斷裂及裂痕、轉子與定子之間隙，以及壓縮器軸向震動等所形成震動問題。

(D)預防失速措施：

- 維護作業確依技令程序清洗壓縮器，以杜絕壓縮器失速。
- 氣流須予調降以免壓縮器葉片翼面氣流分離(擾流發生)。
- 操作時可依程序減少動力需求，然此油門應予

調降以求發動機動力需求漸進恢復。

E. 燃燒室熄火(即發動機熄火)：

- 燃燒室化學反應所產生之燃燒熱能之步驟為：燃油以霧狀噴灑注入、空氣及燃油均勻混合燃燒。
- 倘若燃油無法以霧狀注入，燃燒室將會熄火。
- 倘若溫度降低，無法達到既定燃燒條件，燃燒室將熄火。
- 倘若壓力降低，亦無法達到既定燃燒要求，燃燒室將熄火。
- 倘若溫度降低，空氣分子無法達到最小燃燒熱能要求，燃燒室將熄火。
- 假如氣流與燃油量無法完全混合(富油及貧油現象)，燃燒室將熄火。

F. 震動現象：

- 造成震動的原因概有不平衡量、轉子與定子相互間運作、傳動系統、葉片氣流分離、壓縮器衝激、共振、氣動力擾動波及渦輪噴嘴出口/機匣支座/注油器/燃油噴嘴之氣流順暢度等。
- 震動現象影響機件發生初期裂紋及擴大疲勞裂痕。

G. 轉子不平衡效應：

- 轉子不平衡原因概有轉動件裝配平衡時有缺陷、機工程序有瑕疵導致不平衡量分佈不均勻、葉片翼展間隙(距離)改變、機件受結冰或砂粒等

污染影響及轉子組合件上有水份及油質聚集。

- 不平衡效應將產生震動及轉子/定子葉片間距變動。

H. 機件容差改變：雙軸式發動機在工程科技上較為複雜，會有各種不同技術與功能操作上的問題。

(4)環境因素：

- A. 鳥擊損害：導致發動機性能衰退或壓縮器失速。
根據統計，民航機發生鳥擊於起飛時為66%，巡航為19%，落地為15%；而軍機在高度1500呎以上為10%，高度在1500呎以下為90%；其可能肇致發動機性能衰退或造成壓縮器衝激。
- B. 吸入熱氣：軍機常見者為吸入飛機尾(熱)流，及吸入發射火炮或飛彈時之熱氣。
- C. 吸入燃油：結果造成壓縮器失速。
- D. 吸入砂粒(如砂石、火山灰雲、地面沙塵)：使轉動件(如渦輪)葉片塗層上附著污染物質，其將改變葉片本身冷卻效能；另腐蝕壓縮器葉片會使得衝激裕度降低，造成渦輪超溫或動力喪失。
- E. 吸入雨水/冰雹：固態(冰)轉換為液態(水)唯一吸熱過程；發動機吸入水氣約 $10\text{g}/\text{m}^3$ ，而吸入冰雹約 $26\text{g}/\text{m}^3$ 。
- F. 銹蝕擴張/化合物侵蝕：對壓縮器機匣金屬塗層及渦輪噴嘴鍍層損害，將低發動機失速裕度。
- G. 發動機火警：主要係由可燃性液體(燃油或液壓油

滲漏)所致，如鈦金屬機件於確知其溫度及壓力之條件下，因傳動所引起之沙層與鈦金屬摩擦，會衍生火警問題。

- H. 發動機脫離：飛機失去控制(人員操作)及飛機系統所成的二度破壞，均可能使發動機脫離飛機。
- I. 油箱爆破：發動機因富油或貧油而導致燃燒爆燃，可能促使油箱爆破。
- J. 燃油系統失效：因燃油壓力異常導致燃油流量供應停止，燃油噴嘴噴灑無效，進氣控制元件失去功能，主控油器作用不當，肇致壓縮器衝激、發動機熄火或轉速停擺等。
- K. 液壓系統失效：主要肇因為維修作業失當、潤滑手法不佳，造成發動機局部熱損；另油濾作用不佳，造成機械故障。
- L. 空氣系失效：如發動機內部氣流混雜，其係因機件斷裂或相互間運作，以及空氣迴路污染，最終將使冷卻元件超溫與斷損。
- M. 人為因素：應予區別其主要角色係屬使用操作飛機或發動機之從業人員；此外，通常一項緊急程序允許解決包含發動機失效在內作業，然程序的不適用乃起因人為因素，致使事件發生。

2. 發動機失效(殘骸)調查方法：

(1)從事調查工作應具備條件：

- A. 發動機領域之知識(如熱氣動力/噴射推進、機

械、化學、電子、材料、控制系統等。

B. 發動機故障研判之知識。

C. 對指定發動機型別之瞭解程度。

D. 調查工作應先行準備，若殘骸不易接近，則必須由調查單位擬定周詳調查計畫。

(2) 詢問失效事件主要成員及目擊者(證人)要領：

A. 在聽的方面：如警(告)鈴聲、某頻率聲響。

B. 在嗅的方面：燒焦味、燃/滑油味。

C. 在看的方面：燃燒、尾翼、火花、顏色、長度、距離、最後時間等。

D. 在觸的方面：感應油門情況、推拉油門情況。

(3) 失事現場調查：

A. 針對發動機落點或待尋獲機件區域：

B. 標記撞擊聲出現時的位置。

C. 發動機及其組件為飛機最重的元件，其落點需視地面自然條件和飛機撞及時之角度為何。

D. 發動機組件辨識：

- 繪製發動機組件分散圖。

- 確認發動機名牌及序號。

- 重(建)組發動機/尋找遺失機件。

E. 座艙檢試：觀察並檢查動力手柄(如油門、轉速、前傾幅度、燃油流量/燃油停滯位置等)以及緊急手柄(如燃/滑油系、電腦等)。

F. 致動元件檢試：檢查控油器上油門角度之位置。

- G. 儀表檢試：檢查發動機相關儀表指示位置(如轉速、渦輪進氣進度、排氣溫度、轉速、扭力)。
- H. 尋找並拆離記錄器：如飛行記錄器、發動機電腦記錄器/錄音器(如由發動機音頻分析及判定發動機轉速、警告聲指示情形、機件斷裂或壓縮器衝激所肇致之噪因情況)。
- I. 發動機漏油：就飛行中之飛機熄火而言，其在撞擊前並無法證明發生漏油情形。
- J. 進氣及排氣區檢查：針對壓縮器進氣區(第一轉子區域)及渦輪出口區進行檢查。
- K. 飛機撞擊前發動機之動力是否仍在：若發動機轉動件之葉片呈撕裂或輕微斷損，則屬撞擊前處於低轉速情況；若葉片嚴重斷裂、脫離，則屬撞擊前處於高轉速情況。
- L. 動力傳輸情況：可由發動機動力外接軸與傳動齒輪箱之間齒軸嚙合情況予以判定。
- M. 燃油存量確認：以鼻聞失事現場之燃油味；檢視燃油引燃時之幅度；檢查燃油存量表。
- N. 伺服系統及可變幾何系檢查：檢查可變幾何系組件指示位置(如燃油關斷閥位置、定子葉片角度位置)。
- O. 發動機失效及受損件檢試：確認失事墜毀前後之損傷情況並尋找第一斷(裂)損處；另由機件斷損面情況可予以判定其屬強制破斷或為疲勞斷裂。

(4)最終調查(開始研析)：

- 失事殘骸收集時間甚短，但調查工作卻相對冗長。
- 倘若對發動機過往事故、經歷、預判未來風險之相關資料檔，以及調查期間出現新的事證(如某項發動機元件)等尚無法明確掌握，則並不能意味失事肇因來自發動機本身。

(5)殘骸陳列前置工作：依調查實際需要進行殘骸現場交叉比對及檢試作業。

(6)殘骸陳列準備要項：

- 限制不得有額外的損傷。
- 假如殘骸運送期間有額外損傷之風險，應予拆離相關組件(如拆離發動機、儀表板、燃/液壓油裝備、電腦、燃油控制器、燃油泵等件)。
- 運送前後可對殘骸加以冰凍處理。
- 繪製發動機殘片圖說。
- 依特別調查需要，對於特殊殘片可予以分開處理。

(7)發動機拆檢作業：

A. 人力及工具資源：

- 指定拆檢技術員為相關專業人士、特殊工具應齊全(含燒焊工作)、發動機技術文件應備妥。
- 發動機製造商、翻修工廠人員及可獨立作業人員均應參與拆檢作業。

B. 拆卸或檢測前：檢查機件材質現況(如使用內視鏡、照相攝影方式)，勿遺漏任何資料。

C. 執行檢測：

- 發動機測試(限於低動力狀態下執行)。
- 附件檢測(如燃油控制元件、燃油泵)。
- 若證實有漏油或空中起火情況，可執行燃油或滑油系統滲漏測試。
- 各主、附件緊配度檢試。
- 於機件可供參考部位標記。
- 記錄轉軸位置及相關機件座落點。
- 各拆卸階段情況均應以文字記錄(含照片及圖示)。
- 每一拆檢步驟開始時以目視檢查，以區別係屬正常或不正常情況。
- 區隔失事前與失事後機件損傷情況。
- 確認第一斷裂點部位。
- 辨識所有機件上之塗層現況(如壓縮器機匣之金屬塗層及其它材質塗層等)。
- 記錄所有螺桿扭力值。
- 清點未尋獲機件之項件數。

(8)燃油系：燃油泵、燃油箱、燃油濾、空氣/燃油熱交換器、磁性塞、低壓燃油關斷瓣、溫度探頭、燃油控制器、燃油防逆瓣、燃油噴嘴、管路組件及致動器等。

(9)滑油系：滑油注油嘴、滑油濾、內部滑油管件、軸承、滑油箱、滑油泵、滑油散熱器、溫度探頭等。

(10) 滑油抽樣檢驗：

- 以滑油分光分析儀器鑑定各金屬成份含量集中情況並研判最可能之機件本身材質來源。
- 確認金屬粒子材質(取自附著於油濾或磁性塞上)並允許破壞檢查。

(11) 頻率分析：對於發動機轉速實況可藉由發動機噪音進行頻率分析，以比較噪音頻率與轉速百分比之對應情況。

(12) 材質分析：以高倍顯微鏡檢測及檢驗材質(如化學成份、晶粒結構、硬度)之一致性及老化程度。

(13) 非破壞性檢測：

- 以光學電子顯微鏡檢查損傷區域。
- 以螢光滲透檢查斷面成長情況。
- 以磁性滲透偵測裂紋成長情況。
- 相關檢測分式尚有超音波、渦電流及 X 光檢查。

(14) 失事現場調查：

A. 斷裂(損傷)件檢視：

- 轉子與定子相互間運作結果。
- 檢查其間磨擦情況(如葉尖、曲路氣封、壓縮器機匣金屬塗層)。

B. 鳥擊：首先檢查壓縮器第一級葉片損傷情況，其次檢查發動機內部空氣流路/機件受損情形，並證明飛機係遭鳥擊。

C. 吸入冰雹：檢查壓縮器第一級葉片損傷情況且

有衝激現象，並證明飛機吸入冰雹。

D. 吸入其它異物：

- 吸入水(氣)份：可由壓縮器機匣塗層內成份證實吸入水份。
- 外物入侵：可由壓縮器第一級受損情況予以證實，而遭吸入之碎片可從發動機後段尋獲。
- 吸入熱氣：試圖證實壓縮器有無衝激情形。
- 吸入燃油：可由發動機尾(段)管排放燃氣予以確認，以及是否亦產生壓縮器衝激情形。

E. 雷擊：雷擊造成發動機故障有兩種形式：其一為閃電干擾發動機上之電子元件，另一為當吸入熱(源)氣時，會造成壓縮器衝激、發動機熄火。

F. 壓縮器衝激：

- 倘若無法證明發動機吸入固態或液態物質，則甚難判定發生壓縮器衝激。
- 衝激結果之調查(未吸入固、液態物質)：壓縮器衝激可能導致發動機震動，研判之方向為：需畫證實有震動情況(機件可能有裂紋產生)、轉動機件與固定件之間是否有磨痕情形、葉尖端因發動機晃動所形成之磨損情況、渦輪輪盤之金屬塗層是否異常、壓縮器衝激可能產生尾管火花、應證實發動機燃燒過程前有无吸入熱氣或煙塵。

- 壓縮器衝激導致發動機失效之調查(未吸入固、液態物質)為：進氣氣流有無出現擾流、壓縮器葉片有無扭曲變形、壓縮器機匣/定子與轉子葉片間隙有無超限、壓縮器葉片翼面有無變形(含腐蝕、污染等)、渦輪噴嘴面積是否縮減。

- 發動機富油或貧油：燃燒時觀察到為黑色火焰屬富油現象；如為黃色火焰則屬貧油現象。

G. 發動機空中及地面起火：一般而言，飛機及發動機發生空中起火機率極低，大多發生於地面。

- 發動機空中起火時，會於飛機機身遺留燃(煙)氣併有氣流痕跡(淡煙)。

- 發動機地面起火時，燃(煙)氣之流向痕跡為垂直方向(黑煙)。

H. 燃油及滑油系檢查：

- 執行流體採樣(燃油與滑油分開處理)，以便進行檢驗。

- 為利於調查工作，僅燃/滑油濾及磁性塞可自失事現場先行拆回。

I. 座艙查察：由座艙儀表指示可得知事件發生時發動機儀表狀態值，多數儀表呈現停擺且讀值略低於正常值。

(六)航空器火災調查：

航空器火災可能是造成飛機失事的主因，但亦可能是

失事後才發生火災，另亦需確認火災是否於飛行中或是在撞擊後才發生，進行調查需瞭解事故全貌、蒐集證據及資料、分析證據及資料、定義問題之核心、設定假設及求證，瞭解不同物質燃燒之特性，用系統性之思維邏輯及科學方法進行調查。



圖8-飛機空中火災

1.火災現場調查重點：

飛機失事現場之證據易因火災發生而消失，現場之完整性應儘量保持，調查之重點在尋找起火點，必須針對飛機燃油系、起動系、電氣系、機上易燃物質、機上電器用品及人為攜帶助/易燃物品等跡象實施調查，若無法確實找出起火源，則起火之原因之判定將非常困難。

2.火燒現象介紹：

火是一種放熱化學氧化作用，了解火焰之特性、火之種類、火燒痕跡分布情況、起火之原因及物質燃燒後顏色變化等等細微現象，均有助於判斷失事現場火災情況。

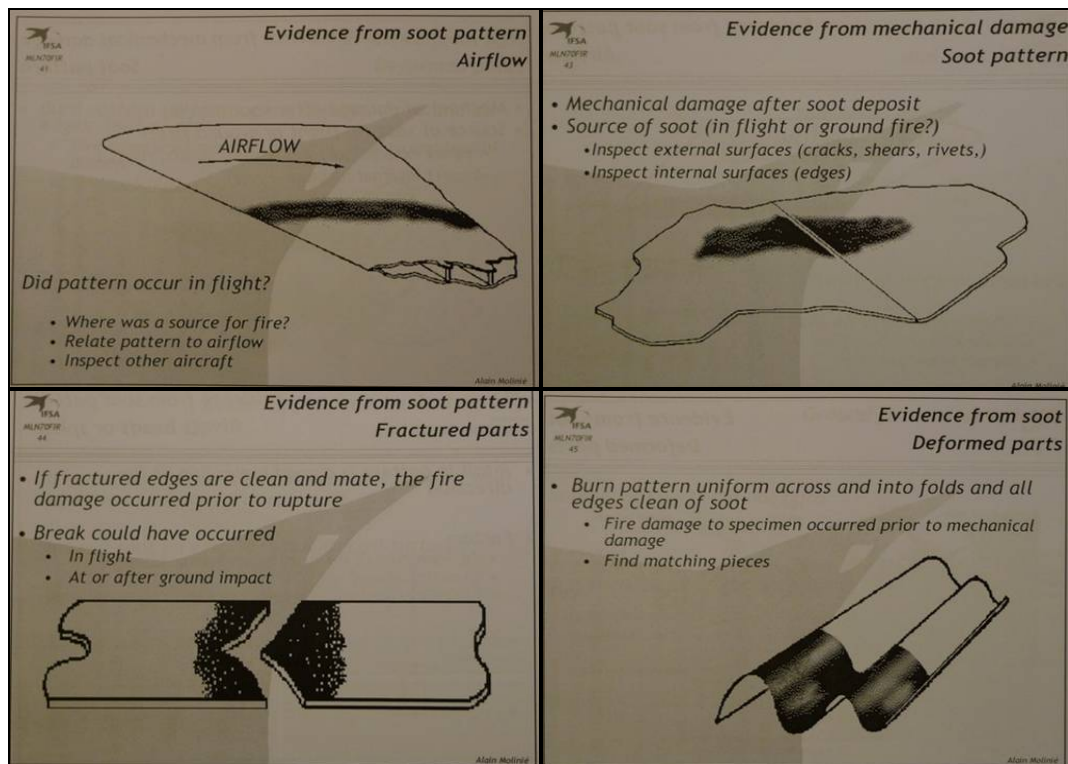


圖9-火燒痕跡判別

課堂中講師介紹就其火燒餘燼、煙燻情形及灰之情況，進行原因調查；火燒現象依據火燒痕跡（Soot Pattern）、飛機上可燃物及結構燒毀之形狀及顏色，判斷是否空中起火或地面起火及起火之順序，亦可根據火燒痕跡看出起火之原因。

火燒情況與事故現場環境關係密切，諸如溫度、風勢與地面助燃物分佈等，現場之檢視需就火燒分布情形、燃燒嚴重程度、當時通風情況、延燒情形、損毀物質進行檢視等，俾據以研判及假設火源點、火勢情況、延燒過程及溫度分布情形。

3.目擊者調查重點：

火災現場救火人員為第一時間進入火災現場之人員，於發生航機火災事故時，可由其協助蒐集或提供

相關火災證據以利調查工作之進行。訪談證人應注重其目擊火燒時所在之位置，對火燒認識之程度等，重點為確認火燒時產生之聲音、顏色、延燒時間等特性及變化，調查員應多方採證並具備足夠經驗判斷其回答之內容是否確實。

(七)直升機事故調查：

直升機因受限於飛航環境之地形、天氣、執行任務與飛行員的經驗及操作上困難度之限制，相較於固定翼航空器失事風險值約高出 2 倍，就歐洲 2007 年直昇機飛行安全事故統計資料中，計 96 次意外事件，其中 16 次屬嚴重失事。

依據BEA機構(Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile)報告，直升機失事類別以空中碰撞及飛機失控比例佔最高，而最常見之失事肇因為人員操作程序失當、經驗不足及超出飛行限制。

針對多數直升機事故以空中碰撞為多，於執行現場調查時，調查流程除固定翼航空器作業手法外，於進行作業前，需熟悉現場地形、氣候因素及障礙物位置及類別，找出最初撞擊點與失事飛行軌跡。

進行失事現場調查作業過程中，可就殘骸碎片散落分佈情形、機體及尾桿斷裂情況、主翼葉片完整或彎曲斷裂情況、傳動軸斷裂情況等跡象了解飛機失事前狀態並模擬失事場景過程，以利肇因判斷。

另本次課程亦針對直升機航空動力學，由專業講師講

述飛行原理，並就單/雙發動機不同失效情況，說明飛行人員應有之處置應變作為。

(八)飛機製造商失事應變中心介紹：

本課程介紹 AIRBUS 公司 CCC 中心組織(CRISIS CONTROL CENTER)，並就飛機發生失事時，說明製造商之立即應變作為，於調查行動所擔任之角色、時限、相關依循文件、需求裝具、安全須知、不同失事國家之環境、地形、氣候、風險與人文因素等介紹，提供 BEA 及 IIC 所需技術與諮詢支援。



圖10-製造商應變作業

(九)PPE(Personal Protective Equipment)個人安全防護裝備：



圖11-防護裝備穿戴練習

失事現場充滿各種危險，調查員必須於進入現場前，由 IIC 決定穿戴適當之安全防護裝備（如手套、護目鏡、防護口罩、防護衣、防護膠靴等合格裝備），且裝備不得重複使用，僅能使用乙次，使用過之裝備則由專人收存銷燬。



PUTTING ON And REMOVING YOUR PPE

Oct 2005

- REMEMBER – these rules apply regardless of prior experience, and how long you will be on site.
- Carefully follow ALL the steps described below to ensure proper protection – ABSOLUTELY NO SUBSTITUTION OR SHORT -CUTS, no matter how little time you have
- Always ask for assistance if needed; if possible, suit up with a partner, so you can assist each other.
- Always keep these instructions with you when on site.



1) Remove JEWELRY, WATCH, and anything sharp from pockets



2) Put on COVERALL and zip closed



3a) Put on BOOTS.
3b) Pull trouser cuffs over boot tops



4) Put on MASK: adjust to fit snugly on nose.
NOTE: BIOHAZARD FILTER MASK MAY BE NEEDED – CONSULT INVESTIGATING AUTHORITY STAFF ON SITE



5) Put on GOGGLES so they overlap mask



6) Pull HOOD over mask and goggles straps; tuck in all hair.



7a) Pull on RUBBER GLOVES.
7b) Pull coverall cuffs over rubber gloves.
7c) Pull on COVER GLOVES, with cuffs over sleeves.



8) Seal outer glove cuffs to coverall sleeve with ADHESIVE TAPE
Add a label with your name on the coverall, to be easily identified.



PUTTING ON And REMOVING YOUR PPE

Oct 2005

- REMEMBER – these rules apply regardless of prior experience, and how long you have been on site.
- If you think you have been contaminated, consult on-site Investigating Authority staff IMMEDIATELY.
- DON'T TOUCH any contaminated part of your PPE or equipment with bare hands.
- Consider anything that wasn't fully protected (covered and sealed airtight) on site as contaminated.
- Anything contaminated must be either discarded or thoroughly disinfected as you leave the site.
- Everything contaminated must be placed in a Biohazard Bag.



1) Remove ADHESIVE TAPE from cover gloves



2) Remove COVER GLOVES



3) Unzip COVERALL; remove by turning it inside out and rolling it up from hood down.
Reminder: Leave RUBBER GLOVES ON



4) Remove PPE BOOTS



5) Remove GOGGLES



6) Remove MASK



7) Remove RUBBER GLOVES



8a) CLEAN HANDS with disinfectant; wash afterwards if possible.
8b) Seal BIOHAZARD BAG with tape.

圖 12-防護裝備穿戴流程圖

(十)調查員本身壓力風險：

失事現場調查員自我壓力為人體本身對於預期及非預期狀況，所表現出來的一種生理及心理反應。壓力之所以危害人體，是在壓力過大、持續過久或次數（發生頻率）過多時，尤其當壓力集於某一特定器官或機能時，危害更大。對同一件事，每個人感受的壓力程度不會完全相同，具相當的主觀性，其會受到年齡、性別、文化、個人經驗與性格的影響。

壓力會隨著程度的不同造成正面與負面的行為表現，適度的壓力會使得人體本身自我調適而呈現出好的表現，反之過度的壓力則形成負面的情緒崩潰、恐懼、焦慮、倦怠、抑鬱等不良反應。壓力在某種情境下是具挑戰性及正面性，好的壓力是一種力量的泉源，可提高工作效率，進而加速達成目標，但是人所能承受的壓力有其限度，一旦超過了限度，即使是好的壓力也會帶來反作用。

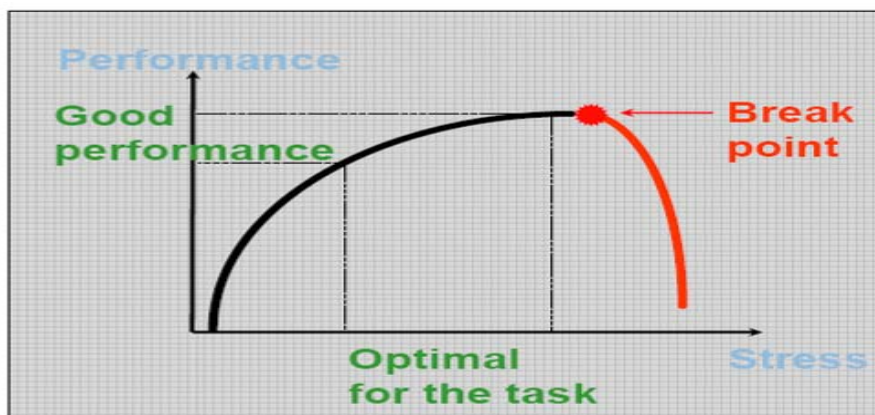


圖13-壓力相對人為之表現

當遭遇壓力源時，人體本身自然生理反應分為「警告→阻抗→精疲力竭」三階段，於抵抗壓力源期間，腎

上腺素快速分泌、消化系統停止運作、腎上腺分泌可松體及降低身體免疫系統的反應等，最後造成身體無法再抵抗任何壓力源。

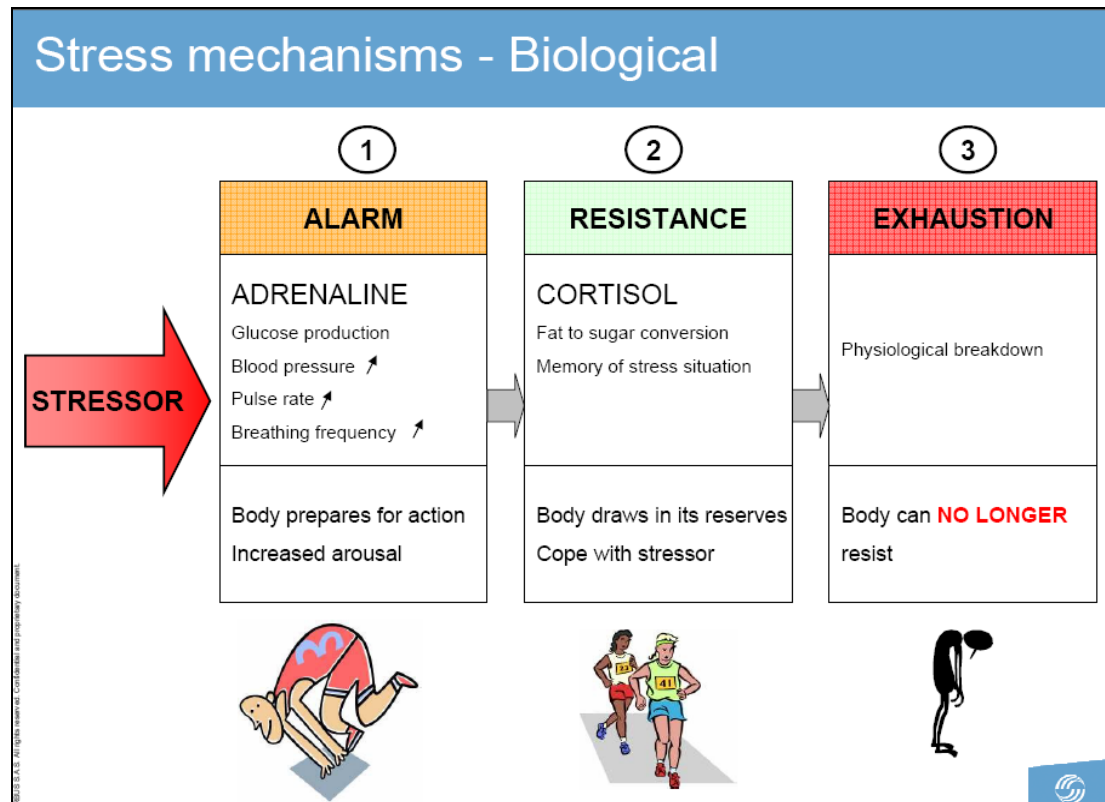


圖14-人類壓力生理反應

無論對個人或團隊，必須認知壓力之癥兆，予以適當之身心調整，瞭解本身容忍極限等，藉由同儕溝通、經驗分享、適度休息等方式，且進行工作絕不超越壓力最高容忍極限（BREAK POINT），以達到正面壓力效益，避免人員身心損害。

(十一)問題研究與解決技巧：

本課程由講師就實際航空業、商業界等案裡，以精闢獨到之解題方式，協助顧客發現問題之癥結點，對問題進行分析、假設與測試，確證「IS」與「IS NOT」問題，將問題轉化成為正確之改正行動。

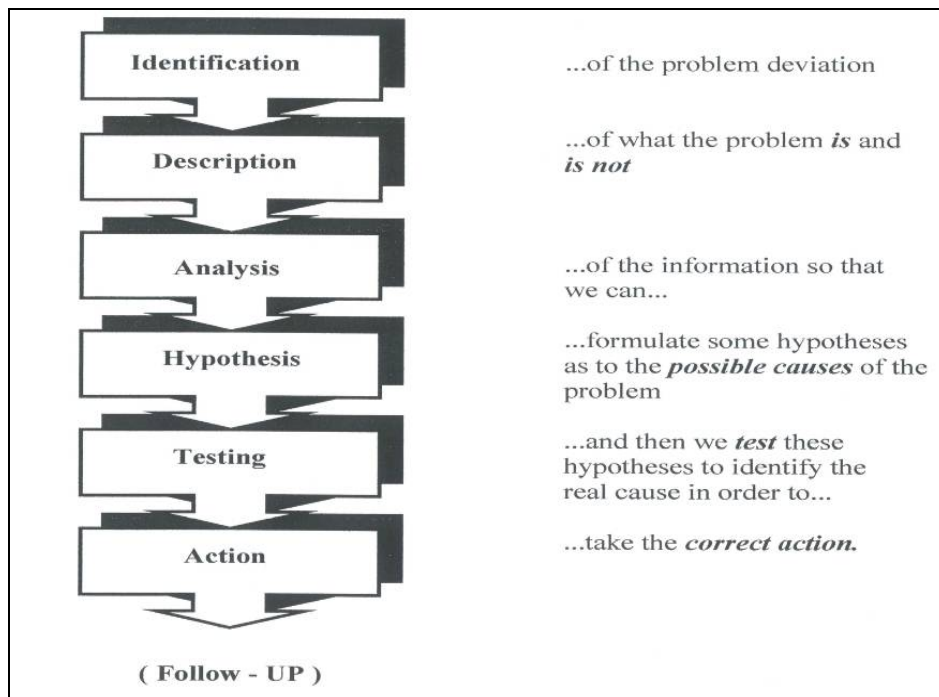


圖 15-問題分析流程圖

- Identification：「How do I know I've got a problem?」
第一步為先行確認是否真正存在問題；執行一項企劃案或任務，若無法達到預期表現與目標，即是存在問題。
- Description：「What the problem is and is not?」第二步為對問題藉由 What、Where、When、How Much/Many 確認「IS」與「IS NOT」，並藉由此方式更精確分離出真正問題之界限範圍。

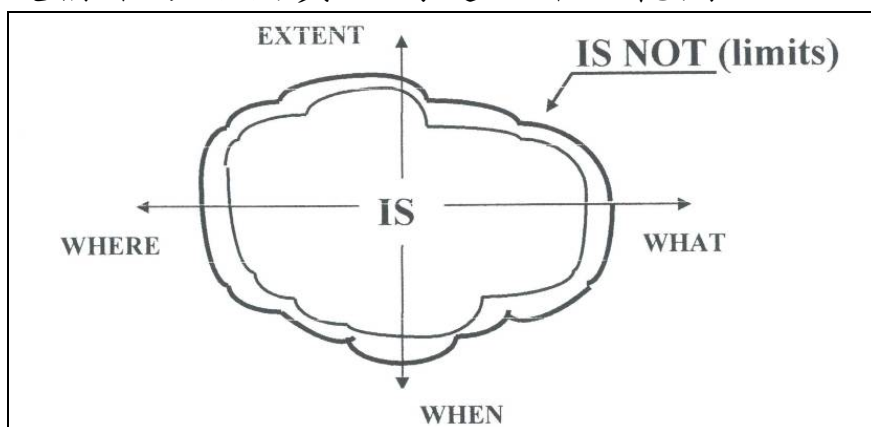


圖 16-IS 與 IS NOT 概念界限圖

- Analysis：「 Compare the problem area to the non-problem area！」&「Examine the differences！」將所有的問題，找出其中過去與現況有曾經改變的問題，俾確認該項變化改變之時機是否與現況的問題有所關聯。
- Hypotheses：「Formulate some hypotheses as to the possible causes of the deviation！」以合理的假設做為研究問題之差異與變化處，去找出問題的可能肇因。
- Test：「Screen each possible cause through our description！」藉由 DESCRIPTION 之「IS & IS NOT」測試每項可能肇因，俾確證假設成立之事實。
- Action：「Interim Action/Adaptive Action/Corrective Action！」依顧客之需求採取不同之行動解決方案：
 - 過渡方案：在尚未找出真正問題前，以該方案減緩問題惡化情況。
 - 適應方案：藉由改變本身現況以適應並與問題良性共存。
 - 改正方案：就原始之肇因癥結點上著手去解決問題。

(十二)證人詢問技巧(WITNESS INTERVIEW)：

- 1.飛機失事調查之證人的證詞極為重要，證人的定義非僅侷限於失事現場之目擊者，諸如僚機駕駛、同袍、指導教官、督導幹部、機務人員、修護人員、補給人員、飛輔室人員、塔台、戰管人員、親友、飛機製造商等等均為證人。

事故的發生非僅僅屬於最後操作者之責任，無論是政策面、管理面、執行面等各不同階段，以起司理論定律，凡事有果必有因，每一層級均可為前面的錯誤防堵把關，惟當所有錯誤漏洞空隙貫穿時，事故便即發生。



圖 17-詢問技巧訓練

本課程結合假想案例「起落架無法收上安降」，學員間討論實際問題，依照起司理論定律反向推論以選定詢問證人之角色，由講師擔任不同證人角色，藉由模擬詢問以達互動學習成效。

2. 詢問過程注意事項摘要：

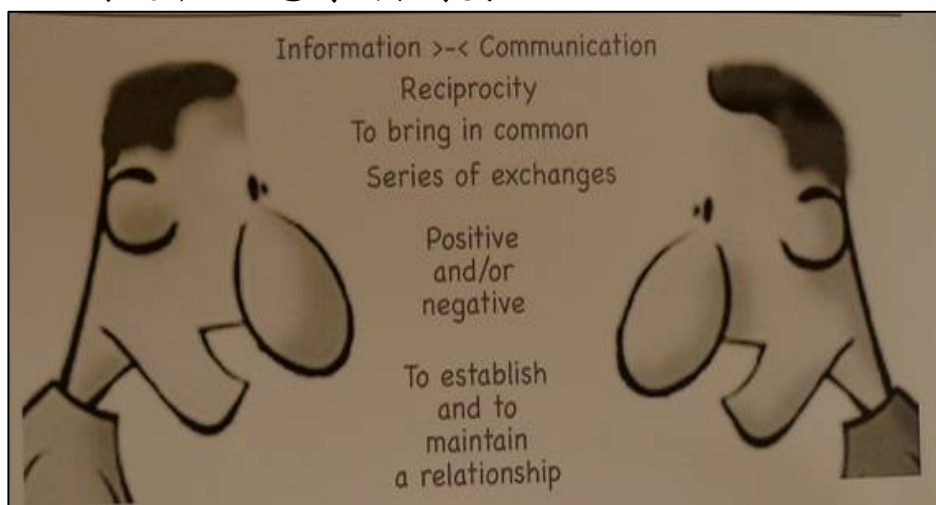


圖 18-對等之溝通與資訊

- 研究詢問過程為藉由適當的溝通方式獲取資訊，使雙方能獲得共鳴與共識，並與證人建立與維持良好的互動關係。
- 本課程專業講師就詢問技巧以尊重證人為前提條件下，在心理層面上破除證人之心防，將本身所欲得知之資訊，藉由加密傳遞予證人，反向回饋得更多有用之資訊利用。

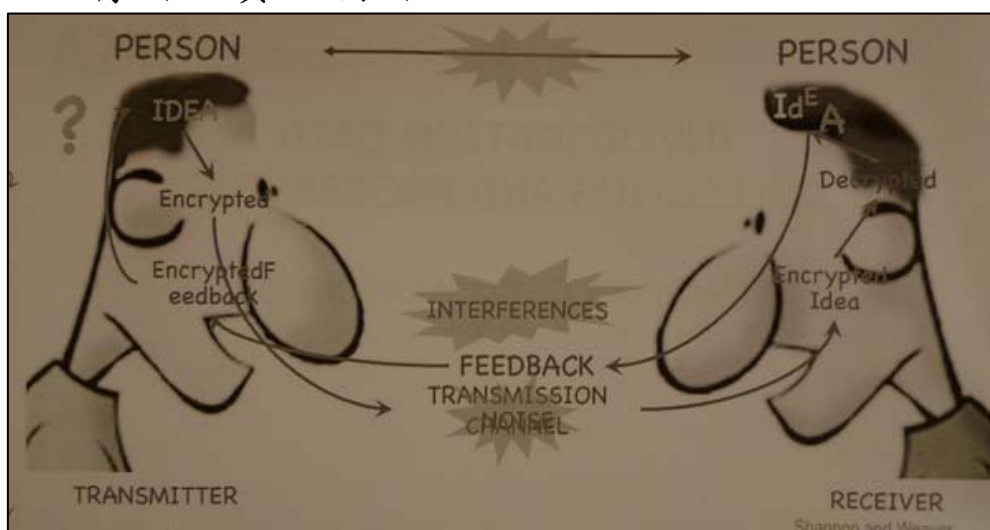


圖 19-訊息獲得流程圖

- 詢問一開始時，調查員應先行對證人說明其本次談話之目的，且須秉持客觀之立場以飛行安全為優先考量。
- 詢問過程中，可由證人之談話方式、個性、行為等方面，且加上對證人的職位身分區別，研析該人談話個性之特性、所重視的談論主題方向，俾運用不同之溝通方式，誘導談話過程順利進行。

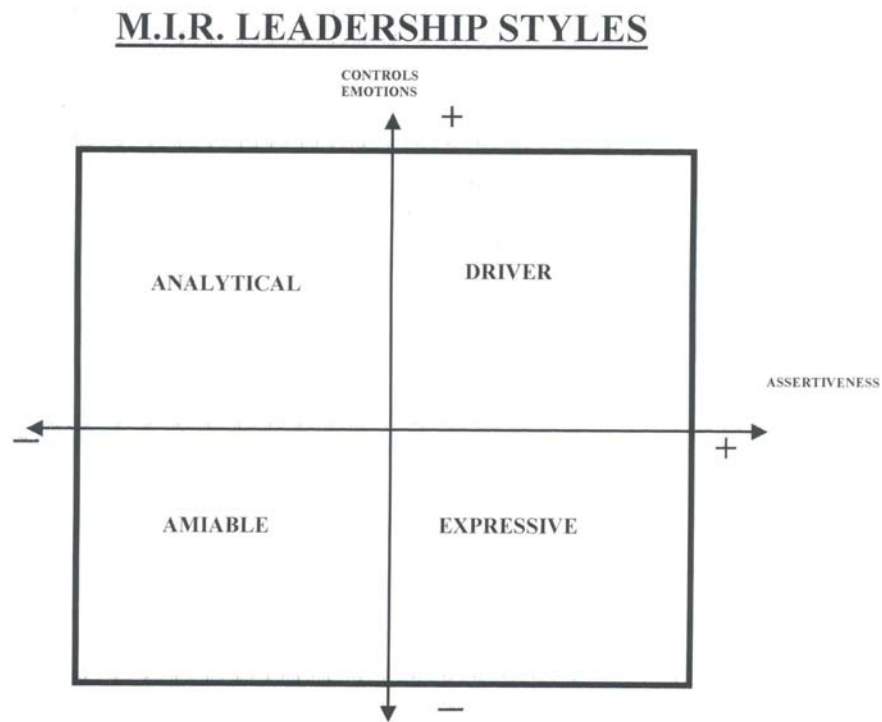


圖 20-人員談話個性區分表

- 詢問證人時，若調查員階級高於證人，應破除階級觀念，進行詢問作業時盡量不得有「我是你長官」的姿態與語氣，避免證人因緊張而說詞含糊不明，未達詢問實質效果。
- 詢問證人時，應著重於聆聽，並以誘導方式使證人願意談話與述說，聆聽過程中對證人所談論之事物應抱以相同之對等情緒，予以適當之反應，即使是非關於本事故案件的談話，亦不得打斷證人說話。
- 詢問證人的方式應以大範圍主題開端，而非以小範圍之問答方式進行，由大範圍為主軸更利於誘導證人願意去談話，且獲得之資訊更為多。

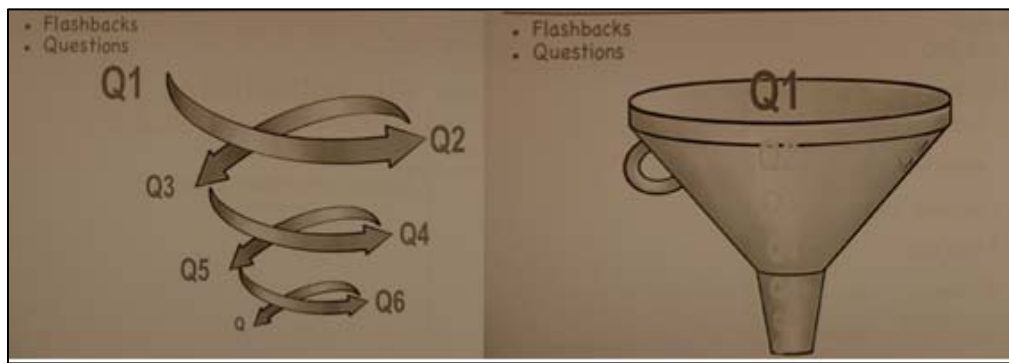


圖 21-不同之詢問分式示意

- 詢問證人時，不得將其他證人提供之證詞告知該證人，避免該證人對調查員產生不信任感。
- 詢問過程中，不得預設立場，於對答過程亦不去詢問證人「為什麼要這樣做？為什麼不這樣做？」。
- 詢問過程中，不得進行錄音與錄影，亦不得進行任何逐字之筆錄，此舉動相對更能取得證人之信任，所獲得之資訊相較於筆錄作業更為多且真實，若應某些數據等資料需記錄時，應在確認已獲得證人信賴之狀態下始執行，但於記錄時眼神仍應注視證人。
- 詢問過程調查員與證人應非面對面座，以些微側座且能互相注視到眼神之座位方式。
- 證人於說話過程中，調查員應給予適當之語末詞回應、情緒語助詞、聲音等等之類，讓證人知道你正在專心聆聽，你對他的話題感興趣。
- 談話過程中，調查員應注意本身的行為、儀態、談吐等非文字語言，及時時觀察證人的非文字語言動作，除做為談話過程中與證人關係進展程度之參考，更能夠利用於談話細節中。

(十三)DGA 分析調查部門參訪：

本單位座落於巴黎近郊，主要工作範疇為飛機各組件調查、分析、檢查並作出建議，執行過程中最重要的規則是做好完善的紀錄，包含：

- 搬動殘骸任何零組件前先行拍照並詳細記錄與其他組件之相關位置、距離等。

- 移動至實驗室的運輸過程必須做好保護措施。

此部門實驗室可執行項目包括金相分析、燃油、液壓油及滑油之物理及化學分析，及其沉澱物的採樣化驗。

(十四) BEA 參訪：

BEA 全名為 Bureau of Investigation and Analysis，為一獨立的調查與分析辦公室，其範疇侷限於民用航空安全部分，「獨立=可信性」，此單位為一常設且獨立之機構，直接與交通運輸部鏈結，而非民航局(DGAC)。

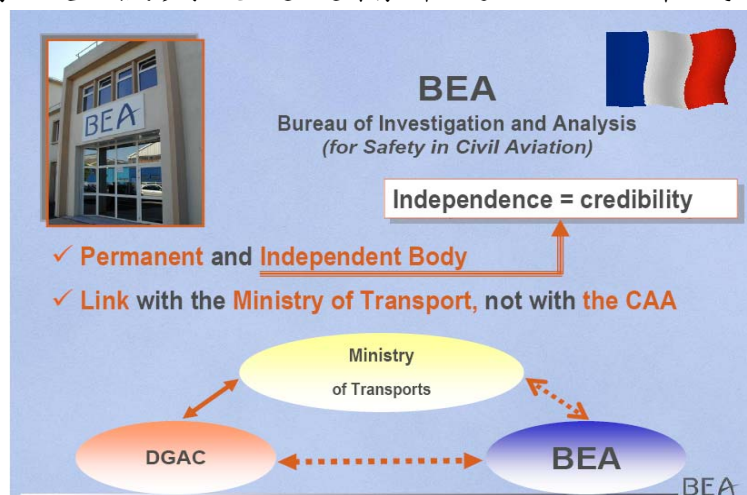


圖 22-BED 機構概述圖

BEA 成立的唯一目標為「預防」，其所有報告均是公開的，董事任期為 7 年，單位最重要的工作是讀取 FDR 的資料並加以分析，以電腦軟體模擬各項參數，重現飛機失事情況。

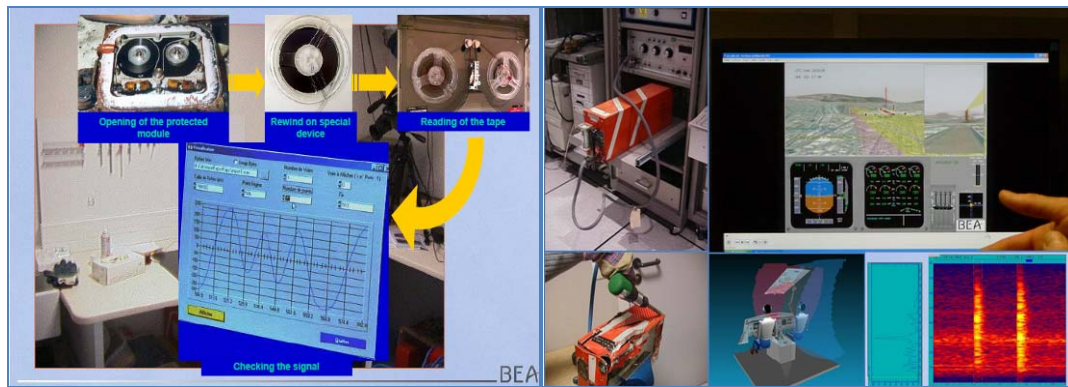


圖 23-FDR/CVR 紀錄器殘骸資料讀取

肆、心得感想

IFSA 學會針對本次飛機失事調查員課程安排，除全般學科概念訓練、基礎飛安理念及模擬調查作業實作課程，授課教官均能有效結合理論與經驗實施授課，且主要特色為置重點於證人(WITNESS)詢問技巧實作訓練，以模擬多種不同證人角色與個性，訓練學員處置應變能力，獲取有用資訊。航空界科技日新月異，調查技術也推陳出新，雖透過事故調查找出可能肇因，提出改善建議以避免類似事故再發生，為一條正確且有效地提升飛航安全的方法，但更應著重於事故發生的原因探討，檢討各層面有無發揮應有之功能，主動填補錯誤漏洞空隙，落實防堵功效，不幸事件自然也無法發生。

伍、建議

- 一、本次訓練課程除著重於飛機失事判斷與調查外，另結合心理學訓練(如不同特性之證人面談要領，如何獲得有效情資、肢體動作代表意義等)，並由教官擔任各種證人角

色，由訓員擔任調查員執行實作，藉實作方式模擬於實際情況中可能遭遇之各種狀況，建議於國內相關航安訓練課程內可安排心理專業講師針對訓員實施心理學相關課程授課。

二、事故調查因不同於警方之犯罪調查，在本次課程中，得知法國飛機事故調查小組於執行調查作業時，以強調飛航安全為前提下考量，非以處份為目的，對於所有類型的證人，調查員須以客觀的立場，尊重並與證人建立良好的關係，詢問調查過程時，均不執行錄音、錄影與筆錄作業，依此原則基礎架構下，雙方方能獲得共鳴與共識，再藉由適當的溝通方式取得大量資訊，獲取正確有用的證據；錯誤的發生並非僅止於偶然，事故調查作業不是在找出犯錯人員，而應是在找出錯誤鏈，依本次赴法受訓學習經驗，建議後續實施各類事故調查作業時，應首重於單位組織整體安全面考量上提出單位之安全改進建議，並非著眼於犯錯人員之處份輕重，俾有效提升國內飛航安全標準。

三、本次失事調查班除本國外另有沙烏地阿拉伯、杜拜、巴西等三國 17 員訓員，詢問各國有關航安訓練班次派訓作法，除國內航安類課程自訓外，亦每年選派人員赴美國、英國、法國等地受不同航安類訓練，以增進人員本職學能及國際觀，雖失事調查作業為事故發生後之必要之作業，藉由調查結果之安全建議報告可進而檢討並提升飛行安全，然更應以安全管理預防事故發生之觀念下為前

提考量，建議可持續法國 IFSA 飛行安全協會協調編訂失事調查等飛安課程外，派遣人員受訓，俾接收國際新資訊與確保國內飛航安全。

陸、結語

飛安界裡的「起司理論」為航空管理界廣泛運用之準則，沒有一個人或單位是完美無缺的，諸如每片起司的漏洞空隙是發酵製程的自然現象，起司片的垂直疊立在一起，雖這些起司片各有不同的漏洞空隙，但要不是各個起司片的漏洞空隙剛好湊成一條線，光線是無法從第一片貫穿到最後一片的，「失事調查」僅可為最後手段，唯有「安全」方為飛航之最高標準。