

出國報告（出國類別：進修）

## 參加飛航事故調查訓練出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：副研究員／劉姿杏

派赴國家／地區：美國洛杉磯

出國期間：民國 113 年 9 月 21 日至 10 月 6 日

報告日期：民國 113 年 12 月 29 日

公務出國報告提要 系統識別號\*\*\*\*\*

出國報告名稱：參加航太事故調查資料處理訓練出國報告

頁數：30 頁 含附件：否

出國計畫主辦機關：國家運輸安全調查委員會

聯絡人：郭芷桢

電話：(02) 8912-7388

出國人員姓名：劉姿杏

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：運輸工程組

職稱：副研究員

電話：(02) 8912-7388

出國類別：考察 進修 研究 實習 視察 訪問 開會 談判 其他 \_\_\_\_\_

出國期間：民國 113 年 9 月 21 日至 10 月 6 日

出國地區：美國洛杉磯

報告日期：民國 113 年 12 月 29 日

分類號/目

關鍵詞：運輸安全、航空器事故調查

內容摘要：

南加州安全管理學院 (Southern Calification Safety Institute,SCSI) 為專辦航空事故調查及安全訓練機構。目前，該管理學院設有兩個分部，一個坐落在美國洛杉磯雷東多海灘；另一個則位於奧地利維也納。本次訓練課程由南加州安全管理學院專任講師，講授之課程內容涵蓋了航空事故調查的各個方面，從理解國際法規、事故調查技巧、

事故現場量測、殘骸檢視、訪談技巧、到如何撰寫調查報告等。透過本次訓練課程，授課學員瞭解航空事故調查應考量的面向以及可以切入的重點。講師透過多年飛航事故調查經驗，剖析發生的原因，讓學員能在返國後進行航空事故調查時，有效運用所學，提升調查能力、資料蒐集、處理與分析能力，得以精進。

本頁空白

## 目次

一、前言.....	7
二、授課方式&課程概述 .....	9
三、課程摘要.....	11
四、受訓心得與建議.....	27

本頁空白

## 一、前言

南加州安全管理學院（Southern Calification Safety Institute,SCSI）是一家專門提供航空事故調查及安全訓練機構，成立已近27年，主要提供事故調查人員執行航空事故調查必要之專業知識及技能訓練。學院已經訓練了超過15,000名學員，並累積超過34,000小時的航空安全訓練經驗。學院的課程基礎設計基於國際民航組織（ICAO）298號通告（Training for Accident Investigators）以及國際航空安全調查員協會（International Society of Air Safety Investigators-ISASI）發布的指導手冊（Guidelines Investigator Training and Education）。這些國際標準確保學院所提供的訓練與全球航空事故調查最佳實踐保持一致。

課程內容涵蓋了航空事故調查的各個方面，從理解國際法規、事故調查技巧、事故現場量測、殘骸檢視、訪談技巧、到如何撰寫調查報告等。這些課程，不僅僅強調理論知識，還包含了實地操作跟案例分析，得以幫助學員當面對真實的航空事故調查時如何應對。針對事故現場進行調查，包括現場量測、殘骸檢視、證物蒐集等，於課程講授過程，讓學員學習到如何更準確地進行資料的蒐集。

除此之外，講師事故調查經驗豐富，將經驗帶入課程予學員分享，透過實際案例的剖析，使學員對事故發生之可能原因有更深刻的理解，並能將其所學的知識運用在實際調查作業中。最後學習事故調查報告之寫作原則，讓學員得以將資訊的脈絡更有系統化的呈現於調查報告。

課程內容涵蓋多面向之航空事故調查所需取得的元素。透過本次訓練課程，授課學員瞭解航空事故調查應考量的面向以及可以切入的重點。講師透過多年飛航事故調查經驗，剖析發生的原因，讓學員能在返國後進行航空事故調查時，有效運用所學，提升調查能力、資料蒐集、處理與分析能力，得以精進。

本頁空白

## 二、授課方式&課程概述

### 硬體設備及行程概述

本次訓練課程於距美國洛杉磯國際機場以南約 12 公里之雷東多訓練教室進行，地理位置便利且交通方便。訓練教室分為：(一) 室內訓練教室，可容納約 15 名學員，提供寬敞的學習空間，課程講授採簡報投影結合手寫海報的方式進行，以不同樣態方式，學員將能夠理解事故調查的基本概念與方法，亦增加學員學習過程之專注度；(二) 室外殘骸實驗室，設置多個航空器殘骸，供學員在現場進行實際操作。模擬事故通報與現場反應是課程的核心，學員模擬接到事故通報後，前往現場進行資料蒐集，學員有機會親自參與事故現場的量測、殘骸檢視等工作，實際蒐集與分析資料，從中學習如何在真實情境中應用所學知識，加深學員如何將所學知識應用於實際調查，以有限之時程將知識授予學員，以達訓練成效。

日期	記要/課程綱要
9/21-22	台北-洛杉磯（啟程）及研讀課程相關資料
9/23-10/4	<ul style="list-style-type: none"><li>● 事故調查法規及架構</li><li>● 事故現場資料蒐證、繪製現場殘骸分布狀況及拍照</li><li>● 發動機及葉片檢視及損壞情況資料蒐集方向</li><li>● 殘骸搜尋、打撈及重建</li><li>● 事故現場作業安全與管理</li><li>● 人員訪談技巧、人為及生還因素分析探討</li><li>● 媒體報導及面對大眾之應對</li><li>● 飛機系統、結構及材料相關事證蒐集及探討</li><li>● 安全管理、天氣資料蒐集及飛航紀錄器資料分析</li><li>● 事故現場調查作業模擬實作</li><li>● 調查報告撰寫及事故調查專案管理</li></ul>
10/5-6	洛杉磯-台北（返國）

## 講師及學員介紹

本次訓練課程由南加州安全管理學院的兩位專任講師，**Matt Robinson** 及 **Jonathan Lee** 擔任，兩位講師皆擁有豐富的航空經歷及事故調查背景。

**Matt Robinson** 航空生涯始於高中時，他與同學共同製作了一架實驗飛機，這也為他日後的航空事業奠定了基礎。他在加入美國海軍陸戰隊之前，獲得了航空專業飛行員學位，並在學術上取得航空安全系統碩士學位。他取得了海軍 **CH-46E** 直升機的飛行員資格，並在海軍服役期間擔任多個重要職位，包括指揮官、安全主管、航務及機務品管主管等。除此之外，**Matt Robinson** 還擔任過教師機師、檢定機師、夜視飛行教師、組員資源管理講師，以及主任調查官。他目前在南加州安全管理學院教授事故調查相關課程，並將其豐富的實務經驗帶入教學中，讓學員能夠從中學習如何應對各類航空事故。

**Jonathan Lee** 自 2011 年起兼職擔任南加州安全管理學院飛航事故調查員講師。他擁有飛航駕駛員執照，並擁有超過 6000 小時的飛航時數。他在航空業界的經歷包括擔任飛航教師機師，並於 1999 年加入加拿大運安會。在 2004 年起，他成為亞伯達省區域調查辦公室的經理，並參與了超過 50 起航空事故的調查，擔任主任調查官。他的經驗涵蓋了各類飛航事故調查，並參與了多起國際飛航事故調查，這使得他在事故調查領域擁有深厚的專業知識。

本次訓練學員共計 9 人（含 2 人線上學習）；參與實體授課學員除本會 1 位外，另分別來自於南加州材料實驗室（負責實驗室專案管理）；森科能源石油公司（專責航機調度及機場管理）；巴西空軍（直升機駕駛員）、瑞典空軍（運輸機駕駛員）、大韓航空（事故調查經理及 A330 駕駛員）、及私人直升機公司（直升機駕駛員）。

### 三、課程摘要

本次訓練課程旨在提升學員的航空事故調查能力，結合理論與實務操作，從事故發生的初期反應到最終的調查報告撰寫，讓學員能夠熟悉並掌握調查的每個環節。課程特別強調如何在實際航空事故調查中應用所學知識，並且透過情境模擬與現場實作，以循序漸進的學習方式幫助學員掌握航空事故調查的核心技能，增強學員的實務能力。以下是課程的主要內容與重點：

1. 了解國際民航公約第 13 號附約事故調查法規及架構，以及事故調查技巧；
2. 了解接獲飛航事故通報後之緊急應變、通報及分組
3. 學習事故現場資料蒐證之技巧，包括繪製現場殘骸分布狀況、拍照技術及拍攝重點
4. 了解發動機及葉片檢視重點及損壞情況資料蒐集方向
5. 了解殘骸搜尋(打撈)計畫及所需資源、以及評估殘骸重建必要性
6. 了解事故現場調查人員安全裝備穿戴要求，及事故現場作業安全與管理
7. 學習目擊者訪談技巧、以及人為因素及生還因素分析探討方向
8. 了解如何應對媒體報導及大眾應對注意項目
9. 探討飛機系統、結構及材料等相關事證蒐集方向
10. 了解安全管理、天氣資料、及飛航紀錄器資料蒐集與分析
11. 了解調查報告撰寫及事故調查專案管理方法
12. 透過建構之殘骸實驗室進行事故現場調查作業模擬實作

本次訓練課程不僅重視理論知識的學習，還注重實際操作的演練，通過多樣化的學習方式，如案例分析、情境模擬和現場實作等，幫助學員掌握航空事故調查的核心技能。課程涵蓋了從事故發生到調查結束的每個環節，並強調學員在真實事故調查中靈活運用所學知識的能力，確保學員能在實際工作中有效應對各類航空事故。本次課程的內容和訓練形式，也讓學員了解航空事故調查的流程，從初期事故通報後之緊急應變到最後調查報告撰寫，現場作業中注意的細節，都在本次課程進行過程中逐步呈現。以下內容從法規架構、資料蒐集、事故現場作業安全、人員訪談到最後事故分析及調查報告撰寫，分述進行說明。

### 3.1 航空事故調查初步介紹

在本次訓練課程的開始階段，講師對航空事故調查的流程進行了簡短的初步解說，介紹了從初始行動到後續調查的一系列關鍵步驟。以下是課程中涵蓋的主要內容與步驟：

- 初始行動：啟動事故調查計畫、安全事件調查初步優先順序；
- 通知相關人員：根據事故情況，首先通知受影響者的家屬及其他相關單位，提供必要的支援；
- 組成調查小組：確認已完成安全事件初報、根據事故的性質，確認並聯絡所需的技術代表（如航空器設計和製造商、維修服務商等）及掌握已知資訊；
- 組成 go-team：包括成員、交通工具、所需旅行文件、必要的安全裝備、工具以及特殊需求裝備等。確保調查小組具備所有執行任務所需的資源；
- 生還者：確認生還者的位置和狀況；
- 殘骸：確定殘骸的分佈位置，並考量如何進行打撈、收集，及應對可能的法律或環境顧慮；
- 目擊者：確定目擊者並安排進行訪談，搜集目擊者的證詞；
- 其他事項：確保事故現場的筆記與紀錄準確無誤，並安排合理的交通與後勤支援；
- 保全事故現場：事故現場應當被妥善保護，以免證據遺失或被篡改；
- 安排資訊更新會議時間：定期更新事故調查的進展情況，確保相關人員了解最新情況。

航空事故調查的核心目的是為了預防事故再次發生，這個過程通過收集並分析資料，找出事故的根本原因及/或影響因素，並提供安全建議以增進飛航安全。依據國際民航公約第 13 號附約（Annex 13）第 1 章定義；事故為自任何人為飛航目的登上航空器時起，至所有人離開該航空器時止，於航空器運作中所發生之事故，其中：

1. 造成人員死亡或傷害。
2. 航空器遭受實質損害、結構失效
3. 航空器失蹤。

意外事件為，自任何人為飛航目的登上航空器起，至所有人離開該航空器時止，發生於航空器運作中之事故，有造成航空器失事之虞者。

當事故成案後，調查小組應考慮以下問題：是否有缺少某些關鍵資料？有沒有多餘或不必要的資料？航空器上次維護的時間與情況？這些問題有助於確保調查工作的全面性與精確性。

國際民航公約第 13 號附約（Annex 13）第 4.1 章明訂事故發生國應通知的單位，包括：航空器註冊國、航空器設計及製造國、以及國際民航組織（針對最大起飛重量大於 2,250kg 渦輪噴射航空器）。通知訊息應使用較易懂的國際語言，且資訊盡量涵蓋事故發生地點/時間、人員傷亡情形、航空器資訊、航空器使用人/組員資訊、航班資訊、以及航空器發生事故地點（經緯度座標）等。

### 3.2 國際民航組織第 13 號附約

《國際民用航空公約》（Convention of International Civil Aviation），亦稱為芝加哥公約，隨著全球航空產業營運之複雜度與日俱增下，旨在促進全球民用航空的安全與發展，並確保航空業的規範與協調。該公約於 1944 年通過，現已被全球大多數國家簽署並實施。公約共分為四篇二十二章，隨著航空業的發展和需求，後來又新增了 19 個附約；國際民用航空公約第 37 條，被指定為第 13 號附約，專門針對航空事故的調查進行了詳細的規範。

航空器事故調查的標準和建議作法在 1946 年的第一屆會議中首次提出，並於 1947 年的第二次會議中得到了進一步發展。到了 1962 年，羅馬舉行的第 14 屆會議針對航空事故調查作了深入的討論和研究，提出了以下幾個重要議題：

1. 研究啟動各國使用統一程序的可能性，以便及時提供飛航事故調查報告，特別針對大型運輸航空器，確保所有締約國傳遞此類報告的方式得以提升；
2. 研究制定程序之可行性，使製造國或先認證飛機類型，在適當情況下邀請其專屬領域之專家，於事故調查中尋求建議或諮詢，並研擬：
  - (1) 最切實且可行的做法，以確保有效地運用專家的專業知識，並通知所有締約國；
  - (2) 敦促所有締約國在使用此類專家方面進行合作，以便為航空安全做出貢獻
3. 敦促所有締約國及時通報航空器事故，特別是大型運輸航空器的事故。只要認為適當，事故通報予製造國或首次認證該航空器型號的國家。

在 1965 年蒙特婁召開的第 15 屆會議中，通過了 A15-8 號決議，將 A14-22 號決議第 2 條與 A14-27 號決議附錄 P 合併，強化了國際間的合作與報告機制，確保事故調查

結果能夠及時通知所有相關國家和機構。

第 13 號附約所涵蓋之要素包含事故之定義、範圍、事故通知、調查（參與單位、職責等）、最終調查報告（報告內容及發布）。另，最終調查報告格式（事實資料、分析、調查發現、安全建議事項及相關附件）及發佈最終調查報告與參與單位。第 13 號附約的制定與發展，對於促進全球航空事故調查標準化與國際間的合作開起了至關重要的作用，並且對航空事故調查的專業化與協同合作提供了明確的指導。

### 3.3 事實資料

在航空事故調查過程中，事實資料蒐集是關鍵環節之一。所有的調查分析、結果發現及後續的安全建議，都依賴於這些資料的準確性與全面性。錯誤或不完整的資料蒐集可能會導致誤判，進而影響事故原因的識別和改進措施的提出。因此，確保資料蒐集過程的系統性和細緻性，是事故調查成功的基石。

**請務必留意**，在未取得足夠之事實資料時，切勿針對事故有任何的假設，應通盤性全面考量可能的原因。當組成 go-team 時，赴事故現場蒐集資料前，工作同仁應就事故通報內容、以及所取得之已知資料，評估所需的工具以及所需取得之易流失證據（包括：目擊者對事故的記憶、殘骸以及相關紀錄）。

事實資料除來自事故現場蒐集亦包含紙本數據資料；航空器事故調查因事故發生狀況及原因決定所需蒐集之事實資料，包括：飛航資料紀錄器（事故調查中重要的資料來源之一；記錄了飛行過程中的各項飛行參數，如高度、速度、航向、姿態、發動機運作狀況等）、座艙語音紀錄器（對於重建事故發生過程中的人員行為、機組員溝通情況及操作情形至關重要）、事故現場繪製、現場殘骸分布（事故現場的殘骸分布圖有助於確定航空器的結構損壞過程，並判斷是否存在機械故障、外力作用或其他因素）、發動機損壞及葉片/螺旋槳檢視、殘骸搜尋(打撈)計畫、航空器結構/材料資料、目擊者訪談、組員/乘客訪談以及天氣資料等。在航空事故調查中，資料的全面性與準確性對於後續分析至關重要。所有的資料蒐集工作應該是基於無假設、無偏見的原則，調查小組需要細心規劃並精確執行，確保所有可能的證據都被妥善收集與保存。此外，事故現場的安全與作業流程的規範，對於保障調查人員和事故現場的安全也具有重要意義。

## 事故現場作業安全及現場的保全

當飛航事故發生後，救援行動無疑是首要任務，救援隊伍會迅速進入事故現場進行搜尋與救援。然而，隨著救援行動結束後，為了確保後續的事故調查能夠順利進行，事故現場的保全變得至關重要。事故現場的保全不僅有助於收集證據，還有助於保持現場的完整性，避免任何證據的丟失或損壞，理想的狀態是至少24小時內勿移動任何殘骸。除此之外，確保不被授權之人員任意進出事故現場，可能因不了解事故現場存在之任何危害物品導致受傷，以下是事故現場保全及資料蒐集過程中的幾個關鍵步驟和注意事項：

顧及及確保調查人員赴事故現場蒐集重要證據之自身安全。出發前應盡量詳細了解事故的相關訊息，包括：

- 事故狀況：事故類型、影響範圍、涉及的航空器、受損程度等；
- 事故發生地點：確定事故發生地點的具體位置、是否會難以到達、現場周圍環境特徵等；
- 天氣狀況：天氣是否會影響現場作業安全、如：風、雨、霧、下雪等因素可能影響視線、攜帶之衣物和行動；
- 航機損壞狀況：是否有火災、航機損壞程度（是否有散步碎片或油料洩漏等）
- 危險物品：航空器是否有承載危險物品、事故現場是否有其他危險物品、例如化學物質、易燃品等。

上述訊息有助於評估現場作業風險，及評估所需穿戴之裝備及根據事故的複雜度與危險性調整人力配置，確保進行現場蒐證時之人員安全。在獲得事故基本訊息後，針對人員所需裝備和個人配備應審慎評估，以確認現場作業安全性：

- 根據天氣狀況選擇適當裝備（保暖衣物、防毒面具等）
- 根據事故性質，確保現場有足夠人的專業人員進行現場作業安全評估

未獲得足夠資源前，不應急於趕赴事故現場，任何行動應在全面了解現在作業風險後再進行，避免因訊息不完全而增加危險。

當抵達事故現場時，可能礙於時間限制需要盡快完成資料蒐集作業，但也要避免過於急躁，應先依據取現場指揮官的引導及說明事故現場狀況，並根據現場情況調整作業計畫。所有的作業都應圍繞在確保人員安全下進行，應持續觀察事故現場狀況及

樣貌，事故現場佈滿著可能之危害物品，如損壞之發動機、氧氣瓶等（如圖3.3-1），並留意現場可能之尖銳物品以及有毒氣體等，以確認於執行作業期間之安全。



圖3.3-1 事故現場可能危害物品

在事故現場，特別是有任何火災或燃燒之情況下，作業人員面臨的風險不僅來自於直接的物理傷害，還有來自有毒氣體和環境危險的潛在威脅，可能會導致現場作業人員不慎吸入有毒氣體，包括：經燃燒後會產生有毒氣體樹脂；燃燒過的碳纖維<sup>1</sup>（Carbon fiber）、玻璃纖維<sup>2</sup>（Glass fiber）、克維拉<sup>3</sup>（kevlar fiber）等合成纖維材料；這些材料在高溫燃燒後，會分解成易碎的灰燼，對作業人員的呼吸系統造成極大的威脅，吸入可能會導致嚴重的肺部疾病。

防護裝備對於保護現場作業人員的生命安全至關重要，根據火災或化學物質暴露的風險，選擇及評估合適的個人防護裝備（Personnel Protective Equipment, PPE），用於保護身體不受創傷或感染威脅；例如：保護服裝、頭盔、護目鏡、面罩、防護手套等裝備。

穿戴防護裝備固然重要，但也應依據實際作業之天氣狀態（天氣悶熱或寒冷），評估當穿戴防護裝備時，作業人員可能會因過度悶熱導致中暑或熱衰竭狀況；或因寒冷發生作業人員體溫過低之狀況，應根據身體不適狀況而進行人員調度。

依據事故發生的地點，可能會遇到陸地生物（如蛇、老鼠、昆蟲等）或水中生物。這些生物可能對現場人員構成潛在威脅，特別是在事故現場附近有自然環境或水域時，必要時使用防護措施，如穿戴防水手套等。此外，其他環境危害：包括濕滑的地面、

<sup>1</sup> 高強度和模量的耐高溫纖維，高硬度，高強度，重量輕，高耐化學性，耐高溫和低的熱膨脹。碳纖維更是廣泛被使用於大型飛機（如 A350、A380 或 B787）。

<sup>2</sup> 許多極細的熔融玻璃拉製而成的纖維所組成的材料，廣泛用作結構材料。

<sup>3</sup> 一種芳香聚醯胺類合成纖維，極佳的抗拉性能，其強度為同等質量鋼鐵的五倍。

尖銳物品、重物、電線等。這些因素可能會導致人員摔倒、割傷或觸電等風險。應確保現場有足夠的照明，標識出危險區域，並對作業人員進行適當的指導與警示。

### 事故現場繪製及現場殘骸分布

在事故現場進行殘骸分布繪製和記錄是事故調查中至關重要的一環，能夠幫助確定事故發生的過程、範圍以及可能的原因。透過高精度衛星測量儀（Global Positioning System, GPS）、無人機空拍（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）、相機、及雷射測距儀等工具進行現場資料收集及事故現場繪製及記錄殘骸分布。赴事故現場前，首要進行裝備檢查：確認電池電量、設備運行正常及可存取之記憶卡等。必要時，攜帶備用電池、存取記憶卡等。

抵達現場在進行事故現場繪製前，首先進行步行環視事故現場，即在不打擾現場證據的情況下，全面查看現場範圍，確定殘骸分布的範圍和位置事故現場之範圍，事故現場可能範圍極廣，殘骸可能散落各處（如圖3.3-2）。這有助於全面了解現場情況，確保沒有遺漏任何可能的證據，並且能夠現場評估是否存在任何危險因素。必要時，應設立安全區域，避免不必要的接近或進入高危區域。觀察關鍵訊息如下，有助於分析事故發生的背景：

- 殘骸分布狀況：殘骸的位置，記錄大型碎片及小型殘骸的散佈範圍；
- 刮痕與痕跡：注意地面、樹梢或其他障礙物上的刮痕或撞擊痕跡；
- 環境要素：如樹木高度、地形、障礙物等，這些都可能影響事故的發生過程；
- 航空器零件狀況：如引擎、螺旋槳、機翼及機身等是否受損；
- 與事故相關的物品：現場是否有與事故直接相關的物品（如燃油殘留）；
- 殘留危險物品：檢查是否存在火災殘留、化學物質洩漏、危險物品（如航空燃料、油漆、鋰電池等），並評估其對作業人員的安全威脅。



圖3.3-2 大範圍事故現場（殘骸分布較廣）

使用高精度 GPS 設備來確定現場的具體位置，尤其是殘骸的精確位置。GPS 資料有助於後續的數據分析，並能夠生成詳細的事故現場地圖。使用無人機進行空拍作業，從不同角度觀察事故現場，能夠快速覆蓋範圍廣泛的區域，捕捉到可能被忽略的細節。另，運用空拍影像以攝影測量軟體進行拼接及三維建模作業，產製現場環境三維模型。在事故現場進行殘骸分布繪製和資料收集是事故調查的重要部分。運用及結合上述測量工具，可以有效且精確地進行現場資料的記錄和分析。在事故現場資料蒐集與分析過程中，保證資料完整性、準確性和適時性是至關重要的。

離開事故現場前，確認所蒐集的資料是否完整保存、確保沒有遺漏任何重要資訊，是為後續事故調查提供堅實基礎的關鍵步驟。回顧蒐集到的所有資料，確保沒有遺漏關鍵的現場信息。例如：

- 是否遺漏了某些關鍵殘骸的記錄或重要痕跡（如刮痕、撞擊痕跡）？
- 是否所有視角的照片都已經拍攝？
- 是否所有殘骸的位置和相對關係都有標註和記錄？

除此之外，也可使用檢查表來確認所有已完成的工作，避免遺漏任何細節。

事故現場的分布圖有助於視覺化殘骸的散佈情況，並為後續的事故分析提供必要的幫助。根據殘骸的分布情況，選擇合適的繪圖方式，例如線性圖或極座標圖（如圖 3.3-3）。

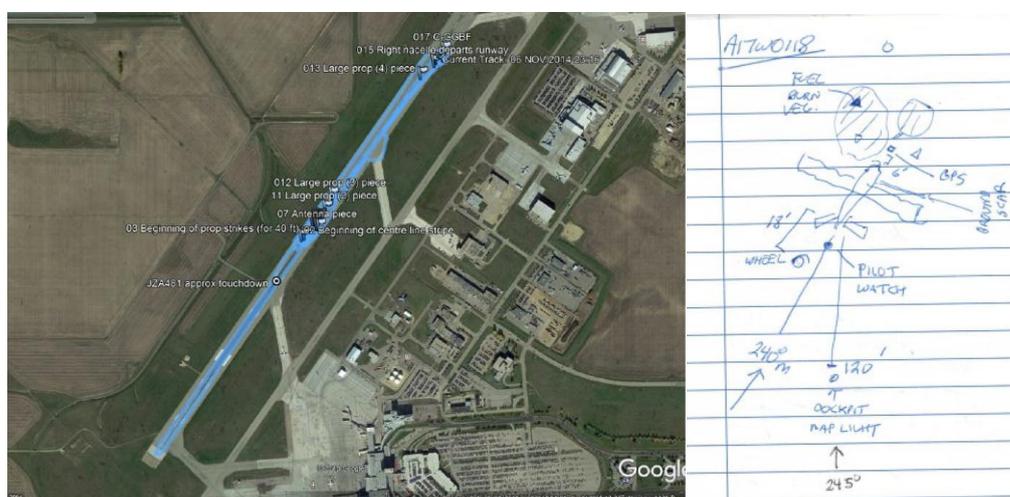


圖3.3-3 線性及極座標圖範例

線性圖能夠清晰呈現事故的時間順序與空間位置；線性圖通常有一個開頭、中間部分和結尾，能夠根據事故發生的順序標出重要的時間點、位置及殘骸分布，多數運用於事故現場為機場內。極座標圖適用於殘骸零星分布的情況，尤其是事故發生在機場外，殘骸分布範圍廣泛且不規則的情形。在極座標圖中，航空器與殘骸的相對距離和角度會根據航空器的碰撞點和墜落位置標註。

數據整合方面，可運用無人機空拍紀錄及高精度衛星測量儀定位紀錄，使用專業軟體進行處理及資料套疊產出；亦可以將 GPS 數據匯入 Google 地圖，標註事故現場及各個殘骸的位置，這樣有助於現場的可視化。透過 Google 地圖的標註功能，作業人員和事故調查小組可以直觀地了解每個殘骸的相對位置，並進行更深入的事故現場分析。收集並整理好所有數據後，這些資料能夠幫助分析事故發生的過程和事故原因。通過殘骸分布圖、時間順序與空間位置的結合分析，可以判斷航空器起火時間點（飛行中或地面）、撞擊位置與殘骸相對位置、航空器碰撞力道與速度以及航空器行徑方向等。

確保事故現場資料的完整性、精確性與系統性，是航空事故調查中不可忽視的步驟。數據整合及繪製殘骸分布圖（無論是線性圖還是極座標圖）都能夠幫助調查員準確地重建事故過程，分析航空器的行徑方向、撞擊角度等關鍵因素，並推斷事故原因及可能的觸發事件。

### 機械相關資料蒐集

在航空器飛航事故發生後，事故調查團隊面對的挑戰之一是如何系統性地收集與分析各個面向的資料（如圖 3.3-4），以確定事故的根本原因。



圖 3.3-4 事故現場機械相關資料蒐集示意圖

機械因素，只是眾多可能原因之一，但也扮演著關鍵角色。在蒐集與機械有關的資料時，事故調查人員需要記住，調查人員不是每個領域的專家，而應該依賴來自各領域的專家來協助進行深入分析。授課講師於課程中講述，關於蒐集機械相關之資訊，可重點關注以下幾個方面，這些信息有助於確定事故的原因，並可指引後續調查的方向如下：

- 航空器機體檢視（外觀、結構、機翼、機身等變形、裂縫或受損狀況，以及是否有異常物質附著）；
- 發動機損壞狀況（確認外觀是否有損傷，記錄位置及受損程度；如可能，檢視發動機內部部件）；
- 檢視葉片/螺旋槳損壞狀況（是否有變形、裂紋、磨損或斷裂）
- 儀錶板顯示之發動機相關參數數值（儀錶板數據，例如轉速、溫度等）
- 儀錶板是否任何失效訊號（警告燈或錯誤訊號）或故障

除上述項目，應留意其他可能影響事故的機械因素，包括飛行控制系統、燃油系統，液壓系統等。此外，事後可索取之航空器相關電子或紙本紀錄/資料如下：

- 航空器維護紀錄（Technical Log）
- 發動機或零組件序號/件號
- 發動機技術資料（Technical Data）
- 發動機維護紀錄

待蒐集完整之航空器相關資料後，應擬定針對機械相關之調查計畫，航空器事故的原因可能不僅限於機械因素。當發現某些機械故障時，應該結合天氣因素、操作因素、飛行環境等綜合因素進行全面調查，這樣能夠避免過於狹隘的視角，確保不會錯過其他潛在原因。另外，在分析機械因素時，特定領域的專家（例如發動機專家、結構，系統專家等）提供技術支援，對於某些難以判斷的故障，專家的解釋和建議可能會是關鍵。

除了直接的機械故障和物理損壞外，組織內部系統性的問題也是一個重要的調查範疇。這些因素通常涉及人員、流程（檢查程序、手冊及品管機制、適航管制通知、技術通報及保養困難報告）、工作環境、維護記錄（航空器維護紀錄、檢查紀錄、近期

翻修紀錄及重大修理紀錄等)、人員疲勞議題(維護人員排班及輪值狀況)等,對事故的發生有著潛在的影響。因此,調查團隊需要全面地分析從機械到人員因素的各個方面,以確保調查的全面性。講師於課程中說明常見之機械因素有:

- 零組件安裝方式不正確/不確實
- 安裝錯誤的零組件
- 飛機內遺留物品
- 引擎罩、面板和整流罩未固定
- 燃油/油蓋未固定
- 起落架地面安全插銷未移除

授課講師以一個典型因機械因素的案例-Air Georgian 航空於 2016 年 7 月 12 日在加拿大亞伯達省卡加利市發生的事件,涉及到一架 Embraer 120 型機在緊急降落時遇到了鼻輪無法順利放出的問題。在這類事故的調查中,調查團隊首先會針對機械因素進行資料蒐集(維修紀錄、標準作業程序及飛機修護管理等),從而確定事故的直接原因。這個事故提供了一個典型的案例,發現未完全遵循維修標準作業程序,維修管理和監督亦出現了多個問題。此案例告訴我們,機械故障往往不是單一原因所致,而是多重因素綜合的結果。

### **目擊者訪談、組員/乘客訪談**

人員訪談的目的其在於了解事故如何發生、與其他所蒐集之資料進行資訊確認及釐清。不一定每一個事故發生都能取得所有關鍵證據,事故現場的證據或物理資料可能無法完全揭示事故發生的原因,但也有可能,訪談是唯一的佐證。訪談則能夠為調查人員提供關於事故發生過程,航空器運作狀態、飛行員和其他機組人員的反應等方面的重要資訊。這些資訊不僅有助於確定事故原因,也有助於確認其他資料的準確性,從而幫助重建事故的全貌。事故調查人員應了解當面對受訪者時可能會面臨之狀況、如何更有效取得資訊的方式。

訪談須著重在 5W1H 原則(What,Why,Where,When,Who,How),這能夠幫助調查人員全面、系統地了解事故情況。

- **What(發生甚麼事)**:了解事故的具體事件與情節,從飛航組員、乘客或其他人員的角度描述事故發生的經過;

- **Why**（為什麼發生）：探索事故的根本原因，這通常是事故調查的核心問題；
- **Where**（在哪裡）：確認事故發生的具體位置；
- **When**（甚麼時候）：確定事故發生的具體時間/階段；
- **Who**（誰）：了解事故中所有相關人員；
- **How**（事故如何發生）：事故發生的具體過程

進行訪談前，訪談者應對事故有所了解（包括與事故相關之事實資料，飛航管制紀錄及飛航紀錄器資料（如有）、標準作業程序、飛航組員個人紀錄等），但不應預判；如受訪者因傷住院，應先獲得醫院同意；應確認問題詢問者以及條列基本應問之問題。

訪談所得到的資訊應該要準確、完整及越詳細越好。但，也應留意訪談非審問，訪談者應保持中立，不能有過多的猜想，且不應有過多假設。訪談者與受訪者應為互相合作之關係。訪談者應鼓勵受訪者盡量陳述所見、所聽及所聞，以說故事方式講述發生過程。

訪談時應備妥紀錄工具、航空器資訊（包括：航空器型別、客艙配置圖、客艙座位圖、客艙廚房配置圖）及適當的圖片/照片等，也有助於受訪者回憶當時狀況。當攜帶紀錄工具；例如筆記本、錄音筆或其他錄影設備時，應向受訪者明確告知使用這些工具的目的，並取得受訪者同意。

正式進行訪談時，應告知受訪者事故調查目的、訪談者在事故調查中的角色、訪談的目的、受訪者提供訊息的價值、受訪者所闡述的說法會如何運用至事故調查、受訪者的權益以及訪談時序。在結束訪談時，訪談者應再次強調受訪者所提供的信息對事故調查的重要性，並感謝他們的合作。此外，應再次確認受訪者的隱私和權益保障，並保證所提供的資料將用於事故調查，不會造成不必要的影響或後果。

最後，授課講師透過具體的飛航事故案例，將學員分為兩組，一組扮演事故調查人員（訪談者），另一組扮演受訪者（如機組人員、目擊者、乘客等），進行模擬訪談。透過分組模擬練習，有助於學員理解和掌握實際訪談中可能遇到的情境與挑戰。學員根據課堂所學的理论與原則，有效地提問、引導受訪者講述事件的細節，並學會如何根據受訪者的回答進行後續分析。

人員訪談是事故調查中的重要步驟，能夠補充證據的不足。調查人員必須準備充分，並遵循 **5W1H** 原則來進行訪談。在訪談中要保持中立、開放的態度，讓受訪者能夠放心地分享他們的觀察和經歷。

### 3.4 調查報告分析與建議

國際民航組織（International Civil Aviation Organization, ICAO）航空器重大事故及意外事件調查指導手冊（文件編號 9756）第四冊訂定調查報告撰寫原則及樣本。為了全面且客觀地記錄事故過程，事故調查報告包含四個部分，事實資料（相關的事實資料，包括任何相互矛盾的證據）、分析（針對事實資料進行分析）、結論（調查發現、肇因及/或影響因素）及安全改善建議。

事實資料，包含 19 個項目，涵蓋了各種不同的資料來源：包括飛航經過、人員傷亡情形、航空器損害情況、其他損害情況、人員資料、航空器資料、天氣資料、導航資料、助導航設施、機場資訊、飛航紀錄器、殘骸與航空器撞擊資料、醫療與病理、火災、生還因素、測試與研究、組織與管理、其他資料、有用或有效的技術。所蒐集的事實資料，最終考量無論是否對調查結果具有重要意義，都應詳細呈現，且應負有相關文件至調查報告。所有收集到的事實資料都應該詳細記錄，並且提供完整的證據，無論其是否直接影響事故結論。常見的附錄資料包括：通訊紀錄、飛航紀錄器解讀結果、飛行計畫及載重平衡資訊、技術調查報告、手冊相關頁面、維護與保養紀錄、地圖及圖表或照片等。

分析，對所有收集到的事實資料進行詳細檢視，並根據邏輯推理進行解釋和討論。分析是報告中最為關鍵的部分之一，詳細說明事故發生的過程及其原因。分析並不僅僅是對證據的簡單整理，而是要求調查人員對每一項資料進行深入分析，考慮各種可能的假設並進行驗證。分析是說明發生甚麼事以及為什麼發生；分析是拒絕或接受合理的假設。在進行分析時，調查人員需避免過度簡化事故原因，因為許多事故是多因素交織的結果。分析應清楚展示各因素之間的邏輯關聯性，並且要保持中立和客觀，避免過早做出結論。

結論是基於事實和分析的結果，旨在回答事故發生的最終原因。結論部分不僅要明確指出事故的根本原因，還應該展示事故發生的因果關聯，即指出那些導致事故發生的行為或情況。結論及發現，為調查過程中經證實的結果，是一個被認定為事故發生之發生因素。結論的表述是經過深思熟慮的陳述。陳述的方式按時間序排列，即任何設計（航空器、發動機、或任何航空系統）、任何零組件或裝備組裝都是優先於飛行、航空器維護、及飛行訓練手冊的制定。

授課講師也一再強調，切勿落入邏輯陷阱，包括：

- 草率的概括：基於太少的實例得出結論；
- 使用絕對詞，如「總是」或「從不」；
- 過度簡化：當兩個事件之間的關係更為複雜時，將兩個事件連結起來，就好像一個事件導致了另一個事件一樣；
- 斷言結論：從不充分的數據中得出結論；
- 事後謬論：假設事件 A 發生在事件 B 之後，所以事件 B 是因事件 A 引起的；
- 非此即彼謬誤：假設一個複雜的問題只有兩個可能的答案；
- 不合邏輯：得出與所提供的事實沒有邏輯關係的結論；
- 錯誤的比喻：因為兩個事物或情況有一些相似之處，所以它們在其他方面一定是相似的；以及
- 反事實主張：如果事件 A 發生，那麼事件 B 就不會發生。

肇因的界定通常圍繞事故發生的過程和時間順序來進行，這些原因是造成事故序列的起點或持續性因素。肇因並非僅指一個單一的因素，而是指在事故發生過程中，行為、不作為、條件或情況所引起的累積影響。如果我們能夠糾正或消除這些原因中的一個或多個，則可能會減少或避免事故及其後果的發生。課堂上，講師也說明肇因於事故調查報告中的陳述應以在甚麼階段，因為甚麼樣的操作而導致甚麼狀況，最後產出甚麼結果的方式撰寫最為合宜；以保持中立的說法，不於肇因敘述上多做結論的判斷，且並非用來指責或歸咎於某一方，而是要客觀地分析事故發生的過程，找出導致事故的根本因素。因此，肇因的陳述應避免過多的推測性結論或主觀判斷。

安全改善建議旨在基於調查發現和分析結果提出具體的行動建議，從而改進航空安全並防止類似事故再次發生。安全改善建議必須基於調查中的發現，並且要從減少風險、提高安全性、改善作業程序等方面進行具體的規劃和建議。安全改善建議應考量有效性（會降低風險嗎？會有多少？）、可接受性、可行性以及成本效益。

撰寫安全改善建議時，應循以下原則：應起始於動詞，語氣應積極且具體，明確指出應該採取的行動，例如：發展、建立、評估、檢查、實行、通知或調整等。另外，要避免一些用詞較薄弱的說法，包括：事實資訊不正確或有不當偏差、事實和分析及結論之間的邏輯有缺陷或該建議並非基於任何發現或原因、建議範圍太廣泛、建議的行動無法實現或報告中的建議過多等。

最終調查報告是主要負責事故調查機構撰寫之，報告應詳盡涵蓋與調查相關的各

個面向，並以一致且依統一撰寫原則，這樣有助於確保報告的清晰性和易讀性。也應確保各部分內容相互協調、前後一致，避免出現重複或矛盾的狀況。調查報告的影響範圍並不限於國內航空安全，因為航空事故往往牽涉到國際間的航空運輸與合作。報告所揭示的問題可能會促使其他國家或國際組織（如 ICAO）重新評估相關的安全規範或標準。因此，報告需要具有足夠的權威性，才能在國際間產生影響力。一份權威且詳細的事故調查報告，不僅能解釋事故的根本原因，還能在國際間起到警示作用，促使全球航空界對相似問題進行反思和改進。同時，報告中的改善建議也能促使不同航空公司及國家在維護安全管理系統方面相互借鑒、合作，共同提升航空安全水平。

### 3.5 殘骸實驗室事故現場調查作業模擬實作

在航空事故調查的過程中，從現場處理到報告撰寫，都需要精確、細心的工作流程來保證資料的完整性和準確性。課程講師讓學員赴殘骸實驗室，模擬現場作業（如圖 3.3-5）。



圖 3.3-5 事故調查現場模擬實作

在課堂上，學員進行模擬事故現場調查，將學到的知識和技能應用到實際操作中。講師提供一份詳細的檢查表，讓學員進行模擬練習的依據，這份檢查表列出了赴事故現場的重點工作項目，幫助學員掌握現場調查的流程。有助於學員學習如何實際應對事故現場的複雜情境，並確保所有關鍵證據被正確地收集和保存。

上課學員依照檢查表內容，逐一檢視並進行模擬練習。練習事故現場的資料蒐集作業，包括依照事故現場的殘骸分布情況，進行詳細的記錄與拍攝（拍攝殘骸、機體損壞、發動機狀況、損壞的儀表板等），並標註每一個重要元素的位置和狀況。在模擬過程中，學員需要記錄發動機的狀況以及儀表板上顯示的關鍵數據及記錄是否有故障燈或警告訊號等。

模擬實作有助於學員理解理論與實踐之間的關聯性，並且能夠讓學員在實際情況中，根據課堂所學，能夠學會如何在現場收集資料並對重要證據進行記錄。模擬練習幫助學員在真實情境中學以致用，提升其在航空事故調查中的專業能力，也能幫助學員們理解航空事故調查中的各種挑戰與應對策略。學員能夠將課堂上學到的調查原則、工具運用方法，與實際調查工作相結合，從而更好地理解事故調查的流程和技術要求。

#### 四、受訓心得與建議

本次訓練之講師經驗豐富，上課內容充實且與學員互動良好。課程內容涵蓋面相極廣，包括所有航空事故調查所應檢視及蒐集的資料。因課程時間有限，講師就豐富之經驗，多以利用案例分享方式，讓學員得以快速進入課程重點。在為期兩週的課程裡，所得到的知識甚多，從法規、調查報告撰寫架構、調查報告撰寫內容、至資料蒐集重點、事故現場量測、事故現場拍照重點、航空器資料蒐集、人員訪談至調查報告撰寫邏輯，以及調查應注意事項。雖然在兩週的課程深度有限，但涵蓋廣度及面向可說甚廣，對於未來參與航空事故調查的人員，會有更深刻的印象。建議未來經費允許之情況下派員赴訓，以提升本會人員對於航空事故調查有更進一步之了解，當事故發生時可第一時間判斷其所賦予之蒐集資料的考量是否得宜及是否足夠，也能對後續的調查工作奠定良好的基礎。

本頁空白

## 參加飛航事故調查訓練課程出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

出國人職稱：副研究員

姓名：劉姿杏

出國地區：美國洛杉磯

出國期間：民國 113 年 9 月 21 日至 10 月 6 日

報告日期：民國 113 年 12 月 29 日

### 建議事項：

	建議項目	處理
1	建議未來經費允許之情況下派員赴訓，以提升本會人員對於航空事故調查有更進一步之了解，當事故發生時可第一時間判斷其所賦予之蒐集資料的考量是否得宜及是否足夠，也能對後續的調查工作奠定良好的基礎。	<input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行

本頁空白