

出國報告（出國類別：開會）

參加 2025 年亞洲事故調查員協會  
國際失事調查論壇  
出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：王興中／首席調查官

派赴國家：新加坡

出國期間：民國 114 年 5 月 20 日至 5 月 24 日

報告日期：民國 114 年 7 月 7 日

公務出國報告提要 系統識別號 C11400208

出國報告名稱：參加 2025 年亞洲事故調查員協會國際失事調查論壇出國報告

頁數：34 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：王興中

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：航空調查組

職稱：首席調查官

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 114 年 5 月 20 日至 5 月 24 日

出國地區：新加坡

報告日期：民國 114 年 7 月 7 日

分類號/目

關鍵詞：飛航安全、飛航事故調查、國際失事調查論壇

內容摘要：

第六屆國際失事調查論壇由新加坡運輸安全調查局主辦，邀集來自各國飛航事故調查機關與專家參與，為全球飛航事故調查機關三年一度的重要交流平台。本屆論壇聚焦於航空事故調查的最新趨勢與技術發展，涵蓋新科技應用、調查制度精進、調查員訓練與案例研究等主題，展現全球對提升事故調查效能與技術的不斷投入與重視。本會依往例派員與會，並發表以生成式人工智慧應用於事故調查為主題之專題報告，分享本會在智慧化調查技術之研發初步成果。與會期間亦與多國調查機關建立交流，深入探討未來在技術支援、數據應用與人力培訓方面的合作可能。透過參與本次論壇，不僅強化本會對國際趨勢之掌握，亦有助於優化本會調查程序、拓展國際合作網絡，對提升我國飛航安全調查能量，具有實質意義與價值。

# 目次

一、目的.....	3
二、過程.....	4
2.1 行程.....	4
2.2 參與人員.....	4
2.3 議程.....	5
三、會議重點摘要.....	9
3.1 國際民航組織事故調查.....	9
3.2 如何建立更有效的調查機制.....	10
3.3 羽田機場跑道入侵碰撞事故.....	11
3.4 馬航 MH370 之搜尋.....	14
3.5 使用紀錄資料還原事故.....	16
3.6 新加坡空軍航空安全之推動.....	18
3.7 人工智慧在航空事故調查中的應用.....	19
3.8 導航自動化中的人因挑戰.....	22
3.9 大型燃氣渦輪發動機調查的挑戰.....	23
3.10 歐洲民航安全調查機構網絡.....	25
3.11 歐洲航空安全局事故調查中的角色.....	26
3.12 空難家屬協助訓練.....	27
3.13 複合材料的風險.....	28
3.14 發展生成式 AI 於事故調查應用.....	30
四、心得.....	33
五、建議.....	34

## 一、目的

第六屆國際失事調查論壇（6th International Accident Investigation Forum, IAI Forum）於民國 114 年 5 月 21 日至 23 日於新加坡舉行，由新加坡運輸安全調查局（Transport Safety Investigation Bureau, TSIB）主辦。本論壇為三年一度之國際會議，旨在促進全球飛航事故調查機關之經驗分享與合作交流，並邀集來自國際民航組織（International Civil Aviation Organization, ICAO）及各國調查機關之代表與飛安專家與會。

本年度論壇聚焦於航空事故調查的最新趨勢，並透過案例研究與專家分享，促進各國之間的經驗交流與合作。主要議題涵蓋事故調查的新進展、新科技在事故調查中的應用、提升事故調查之訓練與能力、案例研究與實務經驗分享等，顯示全球對於事故調查效能與技術之持續重視與投入。

本會依往例派員參與本年度之論壇，並發表題為「Next-Gen Accident Analysis: Developing Generative Pre-Trained Transformers for Accident Investigation（次世代事故分析 - 開發生成式預訓練轉換模型（GPT）於事故調查）」之專題報告。該報告內容聚焦於人工智慧技術於事故資料分析之應用，探討生成式預訓練轉換模型如何輔助分析事故原因、提升資訊整合效率，並強化事故調查之整體品質與準確性，展現本會在數位化及智慧調查之前瞻布局。

與會人員除可藉由各項議程掌握最新國際趨勢外，亦可與來自歐美亞等多國飛安調查機關進行實質交流，強化既有合作網絡，並探討未來技術協作及調查支援等可能性。並可針對論壇中呈現之創新調查工具與方法進行討論，獲取具體參考素材，有助於強化本會調查程序與人才培訓方向。

整體而言，本次參與第六屆 IAI 論壇，除強化本會對於國際事故調查最新趨勢與技術之理解外，亦可強化國際飛安調查領域之既有合作平台，對精進本會整體調查能量與提升飛航安全工作有實質助益。

## 二、過程

### 2.1 行程

日期		起訖地點	工作項目
月	日		
5	20	台北-新加坡	啟程
5	21-23	新加坡	會議
5	24	新加坡-台北	返程

### 2.2 參與人員

第六屆國際失事調查論壇共計有來自世界各國約 150 名代表參加，涵蓋國際民航組織、各國飛航事故調查機關、民航主管機關、學術與研究機構，以及航空公司、飛機與系統製造商等航空產業界代表。國內則由本會派遣首席調查官王興中參與本次論壇，積極與國際調查機關進行經驗交流與技術互動。與會人員合照如圖 2-1。



圖 2-1 與會人員合照

## 2.3 議程

本此次論壇由事故調查及飛航安全相關之專業人士與學者專家進行多篇專題報告與討論，議程如下：

### Wednesday, 21 May 2025

8:00 – 9:00 AM	Registration	
9:00 – 9:10 AM	Opening and Safety Brief	
9:10 – 9:20 AM	Welcome Address	<b>Mr. Lau Peet Meng</b> Permanent Secretary for Transport
9:20 – 9:40 AM	Keynote Speech for Day 1	<b>Mr. Pascal Luciani</b> Deputy Director Air Navigation and Aviation Safety International Civil Aviation Organization
9:40 – 10:00 AM	Group Photo Taking Session	
<b>New Developments on Accident Investigation Matters</b>		
10:30 – 11:00 AM	ICAO's update on Accident Investigation	<b>Mr. Thormodur Thormodsson</b> Technical Officer Accident Investigation Section International Civil Aviation Organization
11:00 – 11:30 AM	Developing guidance on the identification and investigation of serious incidents	<b>Mr. Crispin Orr</b> Chair European Civil Aviation Conference – Air Accident and Incident Investigation Group of Experts (ECAC-ACC)
<b>Lessons from Recent Investigations and Activities</b>		
11:30 AM – 12:00 PM	Haneda Airport Accident on January 2, 2024 <i>From the Interim Report</i>	<b>Mr. Kenji Suzuki</b> Deputy Investigator- General for Aircraft Accident Japan Transportation Safety Board

1:00 – 1:30 PM	A Decade & Beyond: The Search for MH370	<b>Brig Gen Tan Chee Kee</b> Chief Inspector of Air Accident Investigation Bureau Malaysia
1:30 – 2:00 PM	A Dichotomy in Concluding the Probable Cause – SU-BQL Airbus 321	<b>Mr. Tawfik Alkeshi</b> Senior Airworthiness Investigator National Transport Safety Center Saudi Arabia
2:00 – 2:30 PM	Study Case: Embraer-190 impact with obstacle during takeoff	<b>Mr. Paulo Soares Oliveira Filho</b> Safety Investigations – Commercial Aviation Embraer
3:00 – 3:30 PM	An overview of 50 years of accident investigations at Airbus	<b>Mr. Albert Urdiroz</b> Accident Investigator Airbus
3:30 – 4:00 PM	A Year in Aviation Safety – A Military Perspective	<b>Col Nick Wong</b> Head Air Force Inspectorate Republic of Singapore Air Force
4:00 – 4:15 PM	Presentation of tokens of appreciation to Speakers	

### Thursday, 22 May 2025

9:00 – 9:30 AM	Keynote Speech for Day 2	<b>Mr. Angus Mitchell</b> Commissioner Australian Transport Safety Bureau
<b>Lessons from Recent Investigations and Activities (cont. from Day 1)</b>		
9:30 – 10:00 AM	Case Study - An incident investigation of runway excursion	<b>Mr. Chen Qi</b> Senior Investigator Accident Investigation Section Civil Aviation Administration of China
<b>Technological Advances in Investigation</b>		
10:00 – 10:30 AM	AI in Aircraft Accident Investigations: A New Era of Predictive Analytics	<b>Captain Aysha Al Hamili</b> Assistant Director General Air Accident Investigation Sector

		General Civil Aviation Authority United Arab Emirates
11:00 – 11:30 AM	Use of artificial intelligence to spot outliers in large datasets	<b>Mr. Steve Hoare</b> Senior Inspector of Air Accidents Air Accidents Investigation Branch United Kingdom
11:30 AM – 12:00 PM	Next-Gen Accident Analysis: Developing Generative Pre-Trained Transformers (GPT) for Accident Investigation	<b>Mr. Thomas Wang</b> Chief Investigator Aviation Taiwan Transportation Safety Board
12:00 – 12:30 PM	Navigating the Human Factors of Automation	<b>Ms. Delicia Ser</b> Managing Partner Aviation & Organisational Psychologist Cydel Pte Ltd
12:30 – 12:45 PM	Presentation of tokens of appreciation to Morning Speakers	
1:45 – 5:30 PM	<b>Industrial Visit to MITRE-Asia Pacific Singapore</b> <i>Address: 1 Changi Business Park Ave 1, Singapore 486058</i>	

### Friday, 23 May 2025

9:00 – 9:45 AM	Keynote Speech for Day 3 <i>Insights from Investigations: Lessons Learned and Navigating Current Challenges in Transportation Safety.</i>	<b>Mr. Yoan Marier</b> Chair Transportation Safety Board Canada
<b>Managing Current and Future Challenges in Investigation</b>		
9:45 – 10:15 AM	Challenges in modern large gas turbine investigations	<b>Ms. Paula Dugdale</b> Air Safety Investigation Engineer Rolls Royce
10:45 – 11:15 AM	Structure of ENCASIA and EU legislation framework	<b>Mr. Martin Puggard</b> Acting Chairman European Network of Civil Aviation Safety Investigation Authorities (ENCASIA)
11:15 – 11:45 AM	Organisation and management of safety investigations	<b>Mr. Alessandro Cometa</b> Safety Investigation Section Manager European Union Aviation Safety Agency (EASA)

12:45 – 1:15 PM	Tailstrikes - It Strikes Everyone	<b>Captain Roshan Joshi</b> Director – Technical Affairs Association of Asia Pacific Airlines
1:15 – 1:30 PM	Presentation of tokens of appreciation to Morning Speakers	
<b>Training and Capacity Building for Accident Investigation</b>		
1:30 – 2:00 PM	AIC's Incident Assessment	<b>Mr. Emerson Buidal</b> Acting Investigation Manager Accident Investigation Commission Papua New Guinea
2:30 – 3:00 PM	Building a Laboratory for Independent Safety Investigations	<b>Mr. Christophe Menez</b> Head of Engineering Department Bureau d'Enquêtes et d'Analyses (BEA)
3.00 – 3.30 PM	Cultural Lens - Adapt Safety Policies or One-Size-Fits-All?	<b>AsiaSASI Human Factors Working Group</b>
3:30 – 4:00 PM	Training investigators in air accident victim family liaison	<b>Ms. Alison Campbell</b> Senior Inspector of Air Accidents Air Accidents Investigation Branch United Kingdom
4:00 – 4:30 PM	Composite Materials	<b>Mr. Tan Soon Keat</b> General Manager Singapore McLarens Aviation
4:30 – 4:45 PM	Presentation of tokens of appreciation to Afternoon Speakers	
4:45 – 5.00 PM	Closing speech by <b>Mr. Micheal Toft</b> Director Transport Safety Investigation Bureau of Singapore	

## 三、會議重點摘要

### 3.1 國際民航組織事故調查

在本屆論壇中，國際民航組織（ICAO）負責事故調查事務的代表 Thormodur Thormodsson 發表了專題報告，介紹 ICAO 在航空事故調查方面的最新進展與未來規劃。

簡報首先介紹 ICAO 事故調查團隊的組成與工作內容，包括技術官員、行政支援人員與顧問等角色。主要的任務涵蓋管理事故資料報告系統（Accident/Incident Data Reporting System, ADREP）、協助各國提交事故調查最終報告，及對安全改善建議進行統計與分析。

接著，簡報說明了 ICAO 所採用的標準與指導文件，這些是全球飛航事故調查工作的共同基礎。其中最重要的是芝加哥公約的第 13 號附約（Annex 13），規範失事與重大意外事件調查的原則與程序；此外還有與飛航作業有關的第 6 號附約（Annex 6），以及數本實用手冊，包括事故調查手冊（Doc 9756）、事故現場安全指引（Doc 10205）、調查員訓練手冊（Doc 10206）等。

在技術合作方面，簡報介紹了幾個重要的專家小組，例如事故調查小組（Accident Investigation Panel, AIP）、飛航紀錄器工作小組（Flight Recorder Specific Working Group, FLIREC SWG）、事故資料驗證小組（Occurrence Validation Study Group, OVSG）與商用飛航安全及分類標準小組（Commercial Aviation Safety Team/ICAO Common Taxonomy Team, CICTT）。這些小組負責從修訂飛航紀錄器規格、驗證事故資料，到建立全球適用的事故分類科目等，並透過定期會議和線上討論持續推進相關工作。

ICAO 也經常參與一些國際關注度高、具有政治敏感性的事故調查，通常以顧問或觀察員的身分提供協助，確保調查工作符合 Annex 13 標準，並提升調查的公信力與透明度。過去曾參與的調查案包括 1983 年大韓航空 KE-007 事故、2014 年馬來西亞航空 MH-17 事故、2020 年烏克蘭國際航空 PS-752 事故，近期則包括 2024 年亞塞拜疆航空 J2-8243 事故。

此外，Thormodsson 也說明 ICAO 正在推動多項重大計畫，例如將現有的 ADREP 事故資料系統升級為 ECCAIRS 2（歐洲事故調查資料系統）平台，以提升全球事故資料的整合與分析效率；加強事故調查最終報告的資料管理；並進行全球安全改善建議的統計與趨勢分析。ICAO 同時正著手修訂 Annex 13，更新內容將涵蓋非法干預、證據保存與報告義務等議題，並已通知各國需於 2025 年 9 月 2 日前提供意見。

最後，Thormodsson 指出 ICAO 正準備召開任務小組，重新檢討並更新自 2013 年以來未曾修改的 ADREP 事故分類架構，以反映新技術與調查程序的變化，首次會議預定於 2025 年 6 月 10 日舉行。整體而言，Thormodsson 利用此場簡報展示 ICAO 在建立制度與技術提升上的努力，也突顯 ICAO 在全球航空事故調查與安全治理中，所扮演的關鍵協調與標準制定角色。

### 3.2 如何建立更有效的調查機制

英國飛航事故調查局（AAIB UK）的 Crispin Orr 發表了主題為如何建立更有效的「重大意外事件（Serious Incidents）」調查機制簡報。這場簡報關注的核心是：當一件事故雖未造成人員傷亡，但卻具備高風險時，我們是否有足夠的制度與資源來執行調查、找出風險並防止類似事件再次發生。

Orr 指出，目前許多國家在調查重大意外事件方面仍面臨多項挑戰，例如：通報不夠即時、不同國家對什麼是重大意外事件的定義不一致、人力與資源不足，還有整體調查流程與報告制度不夠健全。這些問題導致許多潛藏的安全警訊未被注意或被忽視，錯失了從中學習的重要機會。以歐洲為例，有超過 45% 的國家尚未建立符合法規要求的重大意外事件調查制度，違反了 ICAO Annex 13 的標準。

為改善這種情況，歐洲民航會議在 2023 年於斯洛伐克舉辦了一場工作坊，邀集 ICAO、各國調查單位、航空公司、製造商與監理機關代表，透過案例分享與討論工具，尋求提升事故認定與調查一致性的具體做法。

簡報中也清楚區分了「失事」、「重大意外事件」與「一般事件」三種情形，並說明針對最大起飛重量超過 2,250 公斤的飛機，只要發生失事或重大意外事件，各國都有法定義務展開調查。至於較小型飛機或事件輕微者，則可依情況斟酌處理。Orr 強調，

雖然真正的失事較少發生，但重大意外事件往往是失事發生前的「警訊」，如果能及早調查與學習，將有助於發掘潛在風險，防止日後發生事故。

Orr 也提出一套簡單實用的四步驟決策架構，協助調查機關評估是否啟動調查及調查範圍：

1. 分類判斷：先依 ICAO Annex 13 附錄 C 的定義分類事件性質，必要時可輔以歐洲風險分類工具（European Risk Classification Scheme, ERCS）評估風險程度。
2. 因素考量：包括事件的飛航性質（如是否為商業飛行）、是否為新型事件、是否與以往事件類似、是否影響整體利益、社會關注度等。
3. 資源評估：雖不影響事件的性質分類，但可用來調整調查的深度與方法。
4. 決策與說明：最終決定是否依據 Annex 13 展開調查，應對外清楚說明調查與不調查的理由。

Orr 進一步呼籲，各國應善用有限的調查資源，聚焦於那些最可能帶來安全提升效益的事件。同時強調航空安全調查必須具備彈性、能夠因應不確定性與複雜性，並重視國際合作。Orr 的簡報不僅點出了當前全球在調查「未出事但險些出事」事件上的制度缺口，也提供了明確且可行的改善方向，對於強化航空安全與防範事故發生具有高度實務價值。

### 3.3 羽田機場跑道入侵碰撞事故

Kenji Suzuki 代表日本運輸安全委員會（JTSB）發表了關於 2024 年 1 月 2 日羽田機場跑道入侵碰撞事故的期中調查報告。該起事故涉及一架隸屬於日本海上保安廳的 Bombardier DHC-8（JA722A）與一架日本航空的 Airbus A350（JA13XJ），兩機在羽田機場 34R 跑道上發生碰撞，造成航機嚴重毀損與人員傷亡。

JTSB 表示，目前雖已取得部分關鍵資訊，但仍需進一步深入調查與分析，因此預計短期內無法完成最終報告。依照規定，先發布期中報告，以釐清初步事實，並強調

本次調查的目的在於防止未來發生類似事故，而非追究個人責任。

根據報告內容，事故當時，DHC-8 正在滑行，準備由 C5 滑行道進入 34R 跑道；而 A350 正進行進場降落。DHC-8 疑似誤解飛航管制（ATC）的指令為「進入並等待」，而實際上其並未獲准進入跑道。塔臺人員也未察覺 DHC-8 已進入跑道，導致 A350 在降落時直接撞上已在跑道上的 DHC-8。如圖 3-1。

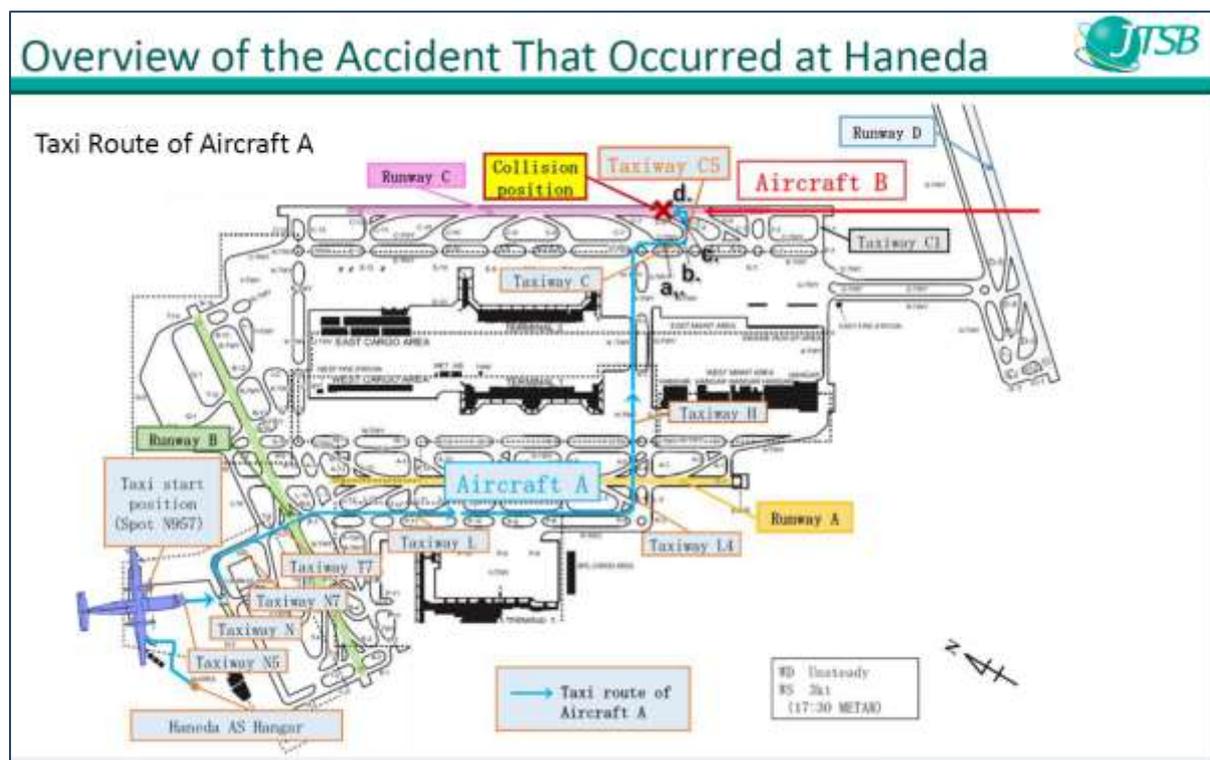


圖 3-1 航機碰撞示意圖

碰撞發生後，A350 起火燃燒，機上乘客與機組人員迅速進行緊急疏散。根據機上乘客拍攝的影片顯示，飛機停止後約 2 分鐘便有濃煙進入機艙，疏散歷時約 5 分鐘。大多數乘客從右側 3 個逃生門逃出，部分逃生滑梯因火勢波及未能啟用。此外，飛機結構已受高溫損害，有的滑梯角度過陡，影響正常運作。消防搶救狀況如圖 3-2。



圖 3-2 A350 消防搶救狀況

報告亦描述消防與救援單位的應變行動，包括多輛消防車從東西兩側趕往現場撲救，並呈現了飛機殘骸及燃燒區域的分布圖。事故後取得的飛航資料紀錄器（Flight Data Recorder, FDR）與座艙語音紀錄器（Cockpit Voice Recorder, CVR）將提供後續深入分析所需的關鍵資訊。

值得注意的是，羽田機場設有跑道佔用監控輔助系統，理應在有飛機誤入跑道且可能與其他飛機產生衝突時發出警報。但本次事故中系統未發出任何警示，顯示其偵測邏輯或應用可能存在盲點。

JTSB 表示，後續調查將聚焦於三個層面：第一，釐清事故當時 DHC-8 對航管指令的理解、塔臺對飛機位置的掌握，以及 A350 是否有機會在最後一刻避免碰撞；第二，分析 A350 的損壞狀況、緊急疏散流程的效率與可能問題；第三，評估消防與救援的應變表現，尋找可改進之處。

JTSB 此份期中報告不僅詳細還原事故過程，也點出了飛航運作中人員溝通、監控系統及緊急應變等環節的潛在風險。透過此次事件所獲得的經驗與教訓，將有助於強化未來飛航安全與失事預防。

### 3.4 馬航 MH370 之搜尋

馬來西亞航空事故調查局（AAIB Malaysia）Tan Chee Kee 發表了一場題目為：十年與未來 - MH370 搜尋之路的簡報，回顧自 2014 年 MH370 客機失聯以來，歷時十年的調查與搜尋歷程，並分享從這場航空史上最艱鉅的搜尋任務中汲取的經驗與教訓。

MH370 是一架波音 777-200ER 型機，於 2014 年 3 月 8 日從馬來西亞吉隆坡起飛前往北京，不久後即與航管失聯。最初的搜尋集中在南中國海，但隨後根據 Inmarsat 衛星提供的訊號分析，搜尋重心轉向偏遠的南印度洋。2015 年 7 月，一塊在法屬留尼旺島發現的機翼襟副翼（Flaperon）殘骸，證實飛機已墜毀於海中。

MH370 的搜尋行動分為四個主要階段：

1. 第一階段（2014 年 3 月至 4 月）：進行初步搜尋；
2. 第二階段（2014 年 10 月至 2017 年 1 月）：由澳洲運輸安全局（ATSB）主導大規模水下搜尋；
3. 第三階段（2018 年 1 月至 5 月）：由 Ocean Infinity 公司利用自主水下載具（Autonomous Underwater Vehicle, AUV）進行深海探測；
4. 第四階段（2025 年 3 月起）：目前正在進行，預計持續至 2026 年 6 月，聚焦於南緯 33 至 36 度之間、沿所謂「第七弧線」的 15,000 平方公里區域搜尋。

這次搜尋採用「無發現不收費」的合作模式，由 Ocean Infinity 派遣 Armada 探測船隊與新一代 HUGIN 自主水下載具執行任務。搜尋於 2025 年 3 月 25 日啟動，並已成立多國技術支援與殘骸驗證小組，強化搜尋過程的科學性與準確性。

截至目前，全球陸續確認共 3 件屬於 MH370 的殘骸，另有 7 件幾乎確定屬於 MH370 的殘骸，如圖 3-3；另有 8 件高度可能是 MH370 的殘骸、2 件可能與 MH370 之殘骸有關。這些殘骸的發現，不僅證實飛機墜入南印度洋，也有助於修正海流模擬模型、縮小未來搜尋範圍。

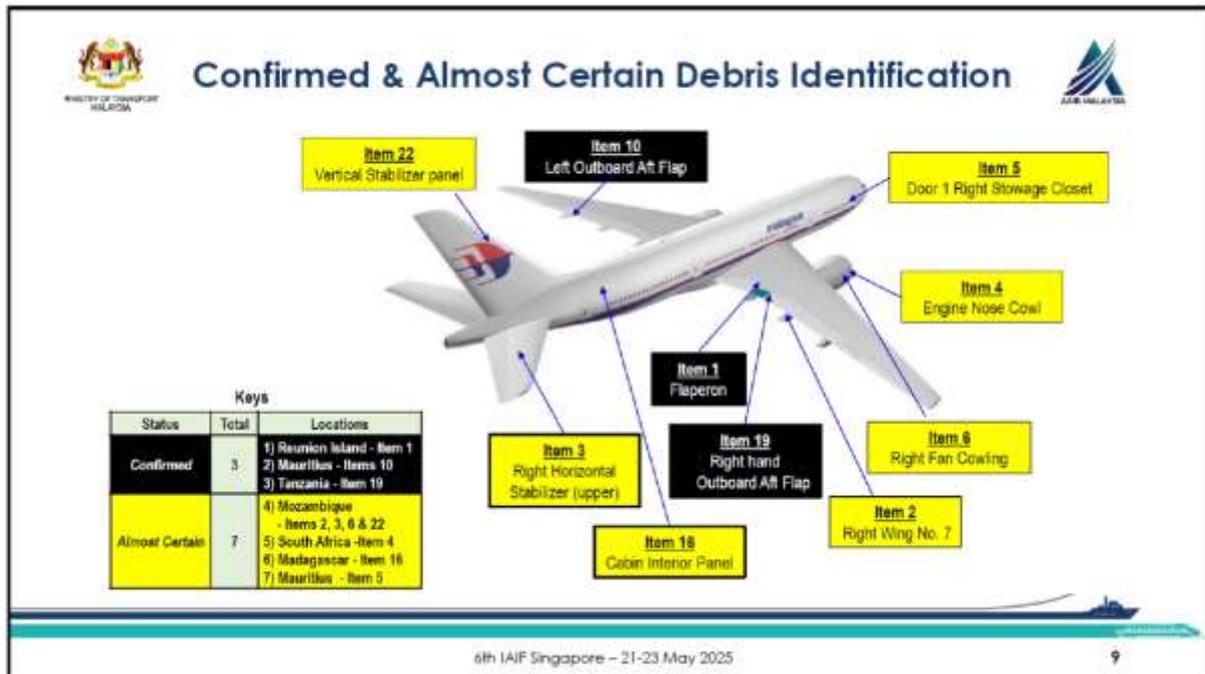


圖 3-3 已尋獲 MH370 殘骸示意圖

Tan Chee Kee 表示，整個搜尋歷程面臨重重挑戰，包括海域遼闊且水深極深、跨國協調困難、缺乏直接飛航資料，以及對衛星訊號與海流模式的判讀存在高度不確定性。然而，這場行動也展現出空前的國際合作精神。雖然在角色分工與溝通機制上仍有改進空間，但各國共享專業知識、技術與資源的模式，為今後的飛航事故調查合作樹立了典範。

MH370 事件對全球航空安全帶來深遠影響。Tan 強調，事故調查人員須具備靈活應變的能力、熟悉新興科技（如衛星追蹤技術），並推動更完善的國際資料共享平台與專業訓練制度，以強化調查效能。

此外，MH370 的失事促成多項國際改革措施，包括：

- 建立全球航空遇險與安全系統（Global Aeronautical Distress and Safety System, GADSS）。
- 延長飛航資料紀錄器的電池壽命與水下訊號覆蓋範圍。
- 要求新型飛機配備可儲存 25 小時音訊的座艙語音紀錄器。
- 強化即時飛行數據串流的技术與政策。

在簡報結語中，Tan 向 MH370 乘客與機組人員的家屬表達最深切的哀悼，並呼籲全球航空業者與調查機構以此悲劇為鑑，持續強化搜尋與調查能力，為全球飛航安全奠定更堅實的基礎。

### 3.5 使用紀錄資料還原事故

澳洲運輸安全局（ATSB）的 Angus Mitchell 發表了主題為使用紀錄資料還原事故之演講，強調紀錄資料在目前事故調查中扮演的關鍵角色。Mitchell 透過多起實際案例，說明如何運用各類錄製資料重建事故過程、釐清真相，進而提出有效的安全改善建議。

Mitchell 以一起發生在雪梨的水上飛機失事為例，說明乘客相機中留下的影像如何成為重要線索。調查人員從一張 32GB 的記憶卡中取得飛行照片，根據照片的時間戳記和拍攝角度，詳細還原了飛機自 Jerusalem 灣飛往 Salem 灣的飛航軌跡。資料顯示，飛機高度從 38 英尺逐步爬升至 135 英尺，再下降至 98 英尺，最後在 Cowan 水域墜毀。這些資訊對判斷飛行異常和失事時間點至關重要。如圖 3-4。



圖 3-4 運用相片還原飛航軌跡

除了靜態影像，ATSB 也展示如何整合來自乘客與目擊者的影片、機上 FDR、

CVR、GPS 定位與衛星追蹤資料，製作出精確的飛航動畫，幫助調查人員與外界理解事故全貌。這些動畫除了作為技術分析參考，也成為對外說明與安全教育的重要素材。

Mitchell 表示，紀錄資料的應用已不再局限於航空領域，同樣廣泛運用於海事與鐵路事故調查。例如在澳洲 Fremantle 港的一起事故中，調查人員利用港區監視攝影機與船舶自動識別系統（Automatic Identification System, AIS）資料，重建船舶的航行動態與碰撞發生經過，釐清操作失誤與風險因素。如圖 3-5。

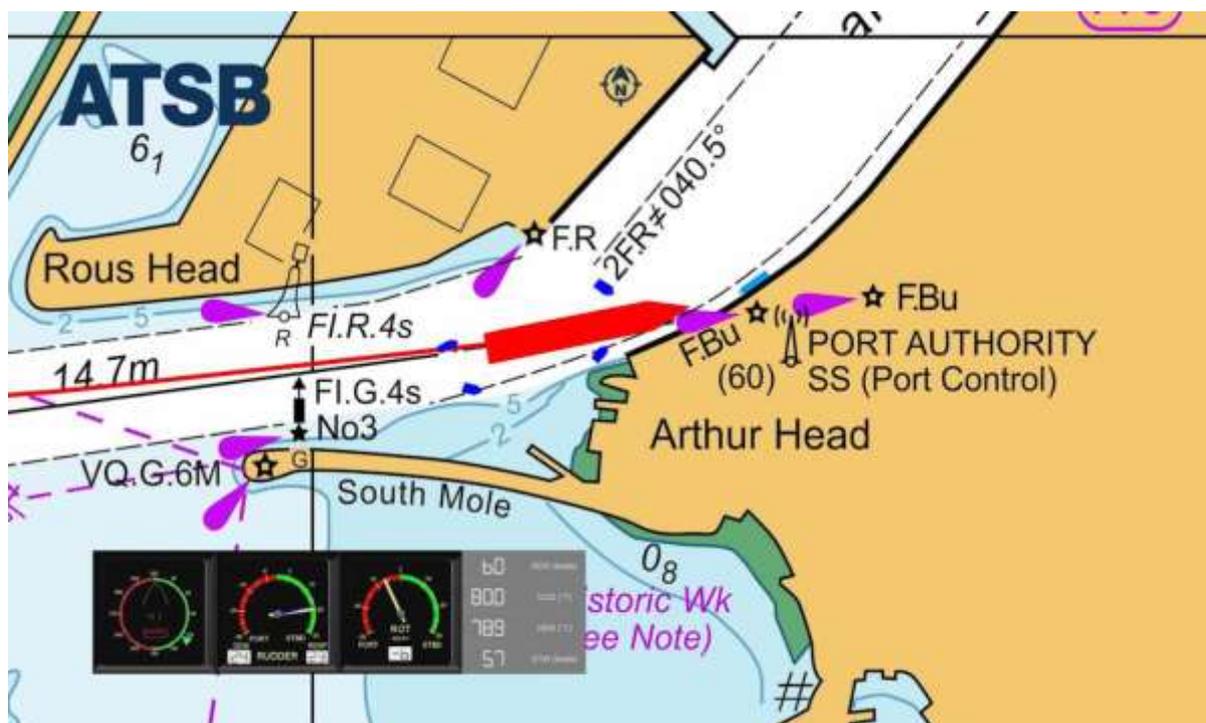


圖 3-5 運用影片 還原海事事故

Mitchell 也介紹了近年錄製技術的快速進展，包括高解析度攝影機、即時資料串流、衛星定位與多感測器整合，這些技術大幅提升了調查效率與準確度。然而，Mitchell 也提醒，這些資料的蒐集、保存與分析，必須遵守嚴格的程序與倫理規範，確保資訊正確使用，避免誤導或侵犯隱私。最後，Mitchell 呼籲全球運輸安全調查機關應持續投資錄製技術與資料分析能力，並強化跨國合作與資料共享，以共同推動全球交通運輸安全水準的提升。

### 3.6 新加坡空軍航空安全之推動

新加坡空軍檢查署 Nick Wong 發表簡報：航空安全的一年 - 軍方觀點，分享新加坡空軍（RSAF）過去一年如何從軍事角度推動航空安全與強化安全文化。

Wong 指出，雖然軍用與民用航空在任務目標、風險接受度、監管機制及技術應用上有所不同，但「安全」始終是雙方的共同核心價值。RSAF 的安全目標，是建立一套穩健的安全管理系統，並培養跨世代飛行與維修人員的安全意識與責任感，確保任務達成與人員安全皆能兼顧。為實現這個目標，RSAF 持續強化政策制度、提升風險評估與應對能力，鼓勵單位持續學習、創新，並著眼於提早辨識與處理潛在風險。

RSAF 也從國內外航空事故中汲取經驗，主動採取預防措施。例如，在應對野生動物侵擾方面，RSAF 加強了棲地管理與跑道巡檢，並依據 ICAO 相關指引及其他機場經驗進行改善；在夜視鏡操作方面，透過虛擬地形模擬訓練，幫助飛行員更清楚了解夜間飛行的風險與限制。同時，RSAF 與新加坡民航局（CAAS）成立聯合工作小組，檢討軍民用空域的銜接與作業程序，提升雙方在共用空域時的協調與安全性。

除航空領域外，RSAF 也積極向其他產業與國防單位學習，像是與「智慧國（Smart Nation）」計畫合作，將城市交通數據分析技術應用於預測性維修與風險控管；也與新航工程（SIAEC）、新加坡地鐵（SMRT）、澳洲國防航空安全局（ADF DASA）與美國空軍（USAF）等單位交流，討論包括調查方法、資料分析、人因研究與預測模型等議題。

面對未來空域日益繁忙、作戰環境更複雜的挑戰，RSAF 正推動安全管理系統進一步升級，核心是發展資料科學與人工智慧（AI）應用能力。例如：建置多層級的數據儀表板，協助揭露異常趨勢；運用 AI 輔助調查，深入辨識潛在風險；建立以風險與能力為基礎的績效評估模型。

Wong 上校特別強調，AI 模型的成效仰賴大量且高品質的資料數據。只有具備良好資料基礎，AI 才能真正協助預測風險、提升判斷準確度。Wong 也提醒，傳統上對「Incident」與「Near Miss」的調查資源有限，但這些事件常是重大事故的前兆。應強化資料分析與風險預警，驗證 Heinrich 安全理論三角，將調查從「事後檢討」轉向

「事前預防」，實踐真正的主動式安全管理。

此外，RSAF 已開始將生成式人工智慧（Gen-AI）導入調查流程，協助調查人員聚焦事實證據、辨識因果關係、整理初步結論，甚至協助草擬安全建議，使分析更全面、深入且有效率。如圖 3-6。

Wong 最後指出，航空安全系統未來必須持續演進，在不增加人力資源負擔的情況下，透過強化資料品質與分析能力，達成高品質調查與預測性風險管理，以因應愈來愈複雜的航空作業環境與科技挑戰。這樣的策略，將是維持與提升飛航安全的關鍵。

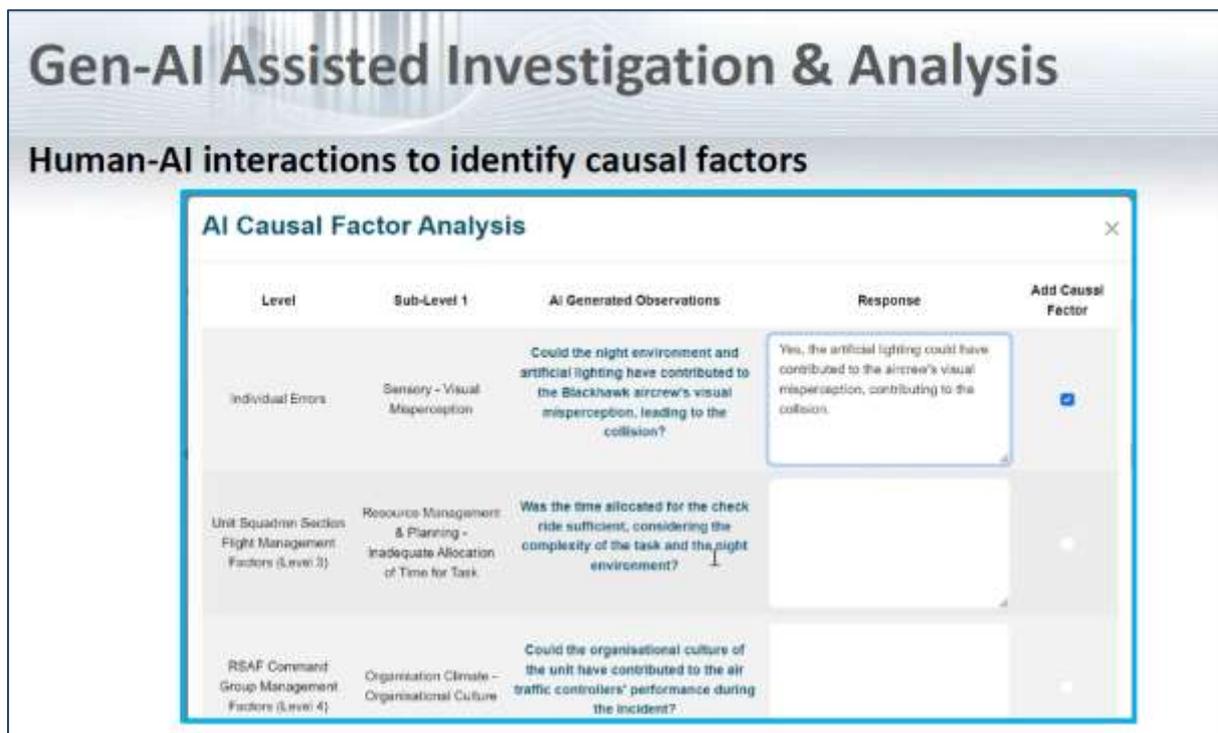


圖 3-6 使用 AI 協助事故調查原因分析

### 3.7 人工智慧在航空事故調查中的應用

阿聯酋民航總局（GCAA）航空事故調查部 Aysha Al Hamili 發表了題目為：人工智慧在航空事故調查中的應用 - 預測分析的新時代簡報，指出 AI 技術已不再只是未來的構想，而是當前航空安全調查中不可或缺的利器。

Hamili 表示，AI 的強大能力包括處理龐大數據、找出隱微的模式變化、重建事故

過程，以及模擬不同情境，這些都大幅提升了調查效率與準確度。藉由 AI 的輔助，事故調查工作正從過去的「事後反應」，逐步轉變為「事前預防」，實現智慧化調查員的願景。

Hamili 分享了 AI 可應用於事故調查各階段的具體方式，包括：

- 自動讀取與分析 FDR/CVR 資料。
- 偵測維修與操作紀錄中的異常現象。
- 利用自然語言處理（Natural Language Processing, NLP）技術，分析飛行報告或駕駛艙對話。
- 模擬飛航事故情境，幫助釐清發生經過。
- 協助進行根本原因分析。

Hamili 介紹了 GCAA 內部開發的 AI 平台「Ask GCAA」，這是一個結合人工智慧的知識查詢系統，能即時提供 ICAO 標準、程序手冊、調查報告與相關政策，讓調查員能快速找到所需資訊，加速作業進程。

阿聯酋也開發了整合式調查平台「AIMS」，這是一套結合 AI 的調查管理系統，涵蓋從事故現場調查到撰寫報告的完整流程。系統內建電腦視覺功能，能重建 3D 模型，清楚呈現飛機殘骸分布與撞擊點，有助於分析失事原因。如圖 3-7。



圖 3-7 阿聯酋 GCAA 的 AI 系統

GCAA 位於阿布達比的飛航紀錄器實驗室具備高度技術能力，可從嚴重損壞的紀錄器中提取數據資料，並正在探索機器學習能如何協助發現異常飛航操作、引擎參數變化或駕駛行為偏差。此外，也運用 NLP 分析駕駛艙對話中的語氣壓力、混亂情緒與溝通問題。

AI 的導入也促進了跨資料整合，例如將 FDR、CVR、空中交通通訊、維修紀錄、天氣資料與訓練紀錄等交叉比對，發掘潛藏的關聯與事故脈絡。Hamili 也提出「智慧調查員 (Smart Investigator)」計畫，結合 AI 與虛擬實境 (VR) 技術，增強分析深度與視覺化呈現，並朝向自動化報告產出、全球預測性安全網絡與知識共享發展，以達成更快、更一致且更具洞察力的調查成果。

Hamili 強調，AI 的真正價值在於提升準確性與效率，讓調查員能將更多心力放在專業判斷與複雜分析，而非取代人的角色。AI 有助於發現人力難以察覺的趨勢與潛在風險，從而提供更完整的事務理解與預防對策。

### 3.8 導航自動化中的人因挑戰

航空心理學家 Delicia Ser 在論壇中發表：自動化人因挑戰的簡報，深入探討在航空系統越來越依賴自動化與人工智慧的背景下，人類操作員所面臨的心理與操作問題。

Ser 指出，表面上看起來自動化讓飛行員和管制員的工作變得比較輕鬆，但實際上，當系統出現異常、無法處理突發狀況時，還是得靠人來介入與判斷。這種情況被稱為「自動化悖論」-系統越是穩定，人類越容易鬆懈，長期下來，反而更可能在真正需要人為介入時失去反應能力。

以機場滑行導引系統為例，從早期的口頭指示與手動燈號，到現在能即時偵測衝突並自動導引航機的系統，雖然提升了運作效率，卻也讓飛行員與塔台人員的工作重心轉為「監看系統是否正常」。Ser 解釋，這種「長時間監控」的任務容易讓人產生疲乏感與注意力下降的問題。研究顯示，操作員在開始監看後的前 30 分鐘內，錯誤偵測能力就會下降約 30%，兩小時後甚至降到不到一半，導致系統出問題時無法即時反應。圖 3-8 說明了滑行導引系統自動化與工作負荷間之關係。

為了降低這類錯誤風險，Ser 建議設計自動化任務時，應安排定期的「微休息」，避免操作員連續監控過久，也可以透過設立監督機制，讓操作員之間互相提醒，提高警覺性。

Ser 也提醒，自動化系統在與人類互動時往往缺乏「非語言訊號」的表達，例如眼神、手勢等，容易造成誤會。這在自動駕駛車輛、機場滑行導引系統或飛行系統中都可能發生。當人員無法判斷系統「在做什麼」或「為什麼這樣做」，就可能導致錯誤決策。因此，在調查事故時，應特別注意自動化是否增加了人員的心理負擔，並評估是否有足夠的支援措施來避免警覺性下降導致錯誤。

最後，Ser 強調，在導入自動化的同時，應建立清楚的系統溝通規則，讓人員能正確理解系統的意圖與運作邏輯。自動化不是為了取代人，而是要與人合作，彼此互補。只有這樣，才能在日益複雜的航空科技環境中，維持高水準的飛航安全。

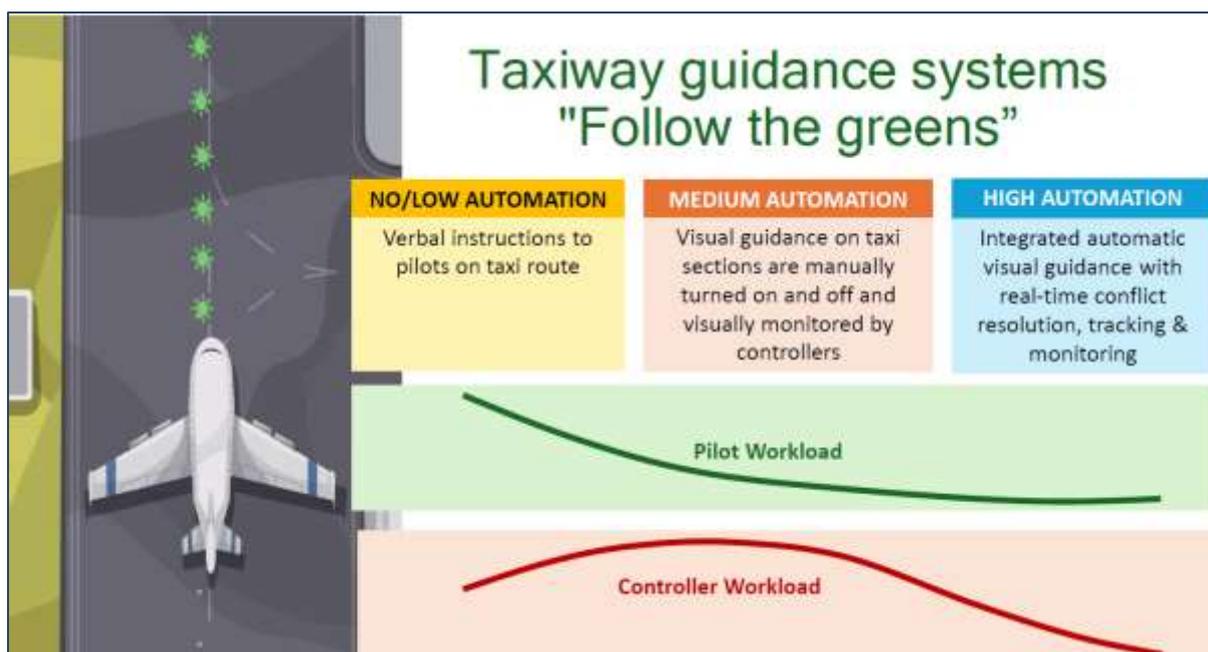


圖 3-8 滑行導引系統自動化與工作負荷

### 3.9 大型燃氣渦輪發動機調查的挑戰

英國勞斯萊斯公司的工程師 Paula Dugdale 發表了名為：現代大型燃氣渦輪發動機調查的挑戰的簡報，深入說明現代飛機發動機在設計、運轉及失效調查上所面臨的各種技術與分析難題。

Dugdale 首先介紹了勞斯萊斯的多款知名大型發動機，包括 RB211、Trent 700、800、900、1000、XWB-84、XWB-97 與 Trent 7000。這些發動機目前廣泛使用在全球民航機隊上，總裝機數超過 4,100 具，多數更納入終身維修合約，顯示其穩定性高、使用壽命長且具經濟效益。

Dugdale 說明，這類大型渦輪發動機在運轉時會遭遇極端工作條件。例如風扇直徑接近 3 公尺，一片風扇葉片在起飛時所承受的力量，相當於吊起一架波音 757 飛機；每秒鐘可抽空一個壁球場大小的空氣量。高壓渦輪葉片的氣體溫度甚至比其金屬熔點高出約攝氏 200 度，轉速可達每分鐘 12,500 轉，承受的應力相當於懸掛一輛重型卡車。這些嚴苛條件讓材料設計極為困難，也為失效原因的判斷增加許多挑戰。

Dugdale 指出，發動機損壞的原因繁多，其中許多失效模式在其他產業中較少見。

例如：高週疲勞（頻繁震動導致裂縫）、蠕變（高溫下材料慢慢變形）、高溫腐蝕（如硫化作用）、滾動接觸疲勞（常見於軸承），並可區分為瞬間性損壞（如爆裂、燃燒）與漸進性損壞（如磨損、腐蝕等）兩大類。以葉片損壞為例，Dugdale 強調來源十分多元，不僅可能被金屬異物撞擊，甚至鳥類或其他動物撞入發動機也會造成損害，有時還需要用紫外線光來檢查是否有有機殘留物，以判斷撞擊物來源。

Dugdale 也介紹了發動機葉片在製造上的進步，例如從傳統鑄造技術，到「單晶葉片」的應用，如圖 3-9，讓葉片能更耐高溫、抗疲勞，但單晶葉片的損壞模式和疲勞損壞很類似，應請專家協助判斷。Dugdale 提醒調查人員，在拆解發動機前務必詳細標記零件位置，並考慮發動機旋轉方向與氣流走向對損傷模式的影響。若渦輪盤邊緣出現裂縫導致葉片斷裂，不應直接判定該處為失效起點，而需繼續往上游追查，如燃燒室內是否有碎片堵塞，導致共振或不正常氣流影響下游葉片。



圖 3-9 發動機葉片在製造上的進步

此外，Dugdale 提醒不能忽略「次要損傷」的證據，例如高能量碎片噴出後造成機體其他部位破損、燃燒室外部起火、燃油或液壓油洩漏等情況，這些都可能在事故中扮演關鍵角色。

總結時，Dugdale 強調，現代大型燃氣渦輪發動機的調查工作需要結合材料科學、機械設計、熱力學與空氣動力等跨領域知識，還需具備系統性思維與縝密邏輯推理能力。唯有深入了解發動機的運作環境與各種潛在失效模式，才能準確找出問題根源，進而提出實用且有效的飛安改進建議。

### 3.10 歐洲民航安全調查機構網絡

丹麥事故調查機關的 Martin Puggaard 以歐洲民航安全調查機構網絡（The European Network of Civil Aviation Investigation Authorities, ENCASIA）代理主席的身分，發表了一場簡報，深入說明 ENCASIA 在歐盟法律架構下的角色與實際運作。

Puggaard 表示，ENCASIA 是根據歐盟於 2010 年通過的第 996/2010 號法規所設立，這是一部針對航空事故調查的專門法規，適用於所有歐盟及歐洲經濟區的成員國。該法規不僅呼應 ICAO Annex 13 的原則，更進一步強調調查機關必須保持獨立運作，不受任何外部壓力或指示，以確保每一項事故調查都能維持客觀與中立。

ENCASIA 的設立宗旨在於促進歐洲各國民航事故調查機關間的合作與交流，提升調查品質與一致性，並支持歐盟在航空安全調查政策上的發展。該網絡由 27 個成員國的調查主管組成，並包含觀察員與技術專家。ENCASIA 每年召開 2 次全體會議，討論年度工作計畫、經費安排與重點成果報告，並依據成員國實際需求成立多個專責小組，處理不同領域的工作任務。其中，第二工作小組專注於跨國合作與事故受難者家屬協助，致力於建立良好的國際合作模式及支援制度，並與歐洲航空安全局（EASA）密切合作。第三工作小組則負責管理「ENCASIA 互助系統」，推動各國資源共享與調查支援，包括人員支援、設備調派、殘骸搜尋與運送、飛航資料紀錄器判讀、金屬材料分析與無人機應用等，讓成員國能更有效掌握彼此的專長與支援能力。

此外，第五工作小組負責推動「同儕評鑑計畫」，這是一種非審議性的輔助機制，旨在協助各國強化調查能力，目前已進入第二階段，重點聚焦於重大飛航事故的處理與應變能力提升，預計執行至 2029 年。第六工作小組則負責分析歐盟安全建議資料庫（Safety Recommendation Information System, SRIS）中的內容，並從中識別對整個歐盟航空安全具有關鍵性影響的建議，進一步提升整體制度的預防與改善能力。

Puggaard 特別強調，ENCASIA 並非一個監督或管理機構，而是以促進合作與經驗交流為核心的平台。透過推動最佳實務的分享、支援法規的落實、協助重大事故的應對，以及建立長期的互助機制，ENCASIA 有效強化了歐洲整體航空安全調查能力，也確保成員國的運作與 ICAO 國際標準保持一致。

Puggaard 的簡報展現 ENCASIA 在歐盟航空安全架構中扮演的重要角色，並反映出區域間協調與合作對於提升全球航空安全水準的重要性。透過系統化的支援與資源整合，ENCASIA 不僅提升了事故調查的效率與品質，更成為其他區域合作模式可參考的範例。

### 3.11 歐洲航空安全局事故調查中的角色

歐洲航空安全局（EASA）的安全調查主管 Alessandro Cometa 發表了題目為：EASA 在 ENCASIA 中的角色的簡報，系統性說明 EASA 如何參與 ENCASIA，以及其在支援事故調查與提升安全制度上的重要貢獻。

Cometa 首先介紹了 EASA 安全調查部門的組成。這個部門由一位主管領導，團隊成員包括資深調查官、多位專責調查人員、負責安全建議追蹤的專員、處理保密安全通報（Confidential Safety Reporting, CSR）的人員，以及一名來自歐盟成員國的外派專家。這支團隊的工作範圍非常廣泛，涵蓋失事與重大意外事件的調查支援、安全建議的管理與追蹤、資料庫系統的維護，以及與 EASA 其他單位之間的橫向協調。

依據歐盟第 996/2010 號法規，只要不構成利益衝突，EASA 可以在歐盟境內以技術顧問的身分參與事故調查，也可在歐盟以外的第三國調查中，支援由歐盟成員國指派的授權代表。這種技術參與模式並不限於歐盟內部；例如在 2019 年衣索比亞航空 737 MAX 事故中，儘管歐盟法規未授權直接參與調查，EASA 仍根據 ICAO Annex 13 的規定，以技術專家身分參與該調查案，展現其國際合作的彈性與積極態度。

Cometa 指出，EASA 每年處理超過 950 件事務或事件通報，審閱大約 350 份調查報告草案，並參與超過 200 件來自各國調查機關的技術溝通事項。這些資訊會整合進入 EASA 的安全風險管理系統（Safety Risk Management, SRM），進一步用來支援政策研擬、風險評估與技術標準的修訂工作，確保調查結果真正回饋至整個航空系統的改

進。

在 ENCASIA 的運作中，EASA 雖然不是正式成員，卻以觀察員的身分長期參與多個工作小組並提供技術支援。在第二工作小組中，EASA 協助建立事故調查機關與 EASA 之間的合作模式與實務運作，以確保調查作業中雙方能清楚分工、互相支援。在第六工作小組中，EASA 積極參與 SRIS2（安全建議資訊系統）與 ECCAIRS2（歐洲事故調查資料系統）的設計與測試，推動調查單位能將資訊直接通報給 EASA，並協助成員國進行培訓。在第七工作小組，EASA 協助統整歐洲各機關對 ICAO Annex 13 的修訂建議，協助彙整 ENCASIA 的共識意見後提供成員國參考，由各國政府負責正式向 ICAO 回應。

總結來說，EASA 在 ENCASIA 中扮演技術支援與協調橋樑的角色，不僅協助各國調查機關強化專業能力，也促進資訊共享與制度的一致性，同時維持與國際組織的密切合作。透過這些努力，EASA 實踐了其「安全是我們的使命」這一核心理念，並進一步強化了歐洲整體在航空事故調查領域的應變能力與標準化水平。

### 3.12 空難家屬協助訓練

英國航空事故調查局（AAIB UK）的調查官 Alison Campbell 發表了名為訓練調查員進行空難家屬協助的簡報，深入探討在航空事故調查中，如何以專業與同理的方式與罹難者家屬互動，以及 AAIB 在這方面所做的努力與制度設計。

Campbell 開場指出，根據 ICAO 及多數國家的法規，航空事故調查機關有責任在調查期間，持續向罹難者家屬提供資訊，並讓家屬了解調查目的與程序。Campbell 強調，這不僅是資訊的傳達，更關係到人性關懷與組織信任的建立。

AAIB 在 2022 年進行了一項內部調查，了解調查員在面對家屬時的準備情況。調查結果顯示，雖然多數調查員具備高度的技術專業，但在與家屬互動方面卻普遍感到不安或缺乏信心。僅有 18% 的受訪者認為自己在首次與家屬接觸時已做好充分準備，而高達 59% 表示準備不足或完全沒有準備好。此外，所有受訪者一致認為，進一步接受家屬協助訓練是必要的。

調查也點出了調查員認為最重要的家屬協助技能，包括良好的溝通能力、展現同理心、誠實與具有同情心。除了組織聲譽與資訊誤傳的風險外，調查員本身也可能承受情緒衝擊、身心壓力與專業信譽的挑戰。因此，AAIB 發展出一套專門為調查員設計的家屬協助訓練課程。

這項課程內容完整，涵蓋法規背景、英國過往家屬協助經驗、實際案例研討、與外部專家合作的悲傷與創傷教育、會議與聯絡技巧、紀錄管理，以及角色扮演等單元。為強化實務能力，課程特別安排專業演員模擬各種與家屬接觸的情境，如事故剛發生、初次見面、資訊說明會等，讓學員在壓力可控的環境中進行練習。雖然角色扮演對多數人而言是一項挑戰，但多數學員在課後回饋時指出，這樣的訓練大幅降低他們面對家屬時的壓力，也提升了應變的信心與準備度。

Campbell 進一步說明，雖然英國採取單一模式調查機關（Single Mode SIA）制度，也就是針對不同運輸方式各設調查機關，但在家屬聯絡訓練方面則採取跨模組合作。AAIB 向鐵路與海事事務調查機關學習，因為無論事故發生在哪一種運輸模組，對家屬而言所需的支持與溝通原則基本是一致的。

Campbell 也分享了將訓練擴展至不同領域人員的想法：在重大事故發生時，家屬人數眾多，僅靠少數調查員應對往往不足，因此有必要培訓更多具基本認知的行政與支援人員，讓他們能在事故發生時提供必要協助。AAIB 正在規劃簡化版課程，讓整個機關都能了解家屬聯絡的核心價值與原則。

未來，AAIB 計畫持續推動定期複訓，並擴大訓練對象，以建立一支隨時能以同理心、專業與一致性回應家屬需求的團隊。Campbell 的簡報不僅突顯了家屬協助在飛航事故調查中不可忽視的人性面向，也展現了 AAIB 在制度化訓練、跨部門合作與組織韌性上的前瞻思維與實踐力，更是一份對罹難者家屬的尊重。

### 3.13 複合材料的風險

McLarens Aviation 亞洲區總監 Tan Soon Keat 發表了一場有關複合材料風險的簡報，深入探討現代飛機大量使用複合材料所帶來事故後處理的挑戰與潛在風險。McLarens Aviation 是一家專門處理航空保險與事故評估的國際機構，擁有超過 50 年經驗，每年

處理超過 5,000 件航空保險案件，在全球 21 個國家設有據點。

Tan 首先說明，飛機發生事故後的狀況大致可分為三種：無明顯損傷、損傷但可修復，以及嚴重毀損。在傳統金屬機體與現代複合材料機體中，這些損壞呈現的樣貌與後續處理方式差異很大，尤其是在發生災難性毀損時更加明顯。

Tan 指出，像 Airbus A350 和 Boeing B787 這類現代飛機大量使用的碳纖維強化複合材料 (Carbon Fiber Reinforced Plastics, CFRP)，具有強度高、重量輕、不易腐蝕和維修成本低等優點，因此越來越普遍。但在事故中，這些材料的表現卻與金屬截然不同。CFRP 在高溫下不會熔化，而是會碳化並釋放出極細的碳纖維粉塵，如圖 3-10。這些粉塵不僅容易隨風飄散，還可能被人吸入，部分國家甚至將它們列為類似石棉的危害物質。



圖 3-10 火燒後之複合材料

因此，在複合材料飛機之事故現場，必須採用高規格的防護措施。包括現場人員必須穿戴個人防護裝備、使用具 HEPA 濾網的吸塵器、噴灑固定劑防止粉塵飄散，並將殘骸裝入厚重塑膠袋後當作危險廢棄物處理。這樣的處理標準與清理石棉的作業相當。

簡報中也介紹了複合材料事故現場清理與復原的流程，包括空氣品質監測、土壤與水樣的採集分析、污染土壤移除與回填，最後還需進行現場檢查與專業評估確認。Tan 分享了一起實際案例：一架使用碳纖維結構的 Epic LT 單引擎飛機失事後，整體復原與處理費用高達 32 萬歐元，當中包含了地質專家費用、採樣井施工、圍欄與防護布設置、土壤檢測與污染處理等開支。

Tan 指出，隨著全球越來越多新一代飛機採用複合材料，相關事故的處理風險與成本也勢必攀升。航空業者、調查機關與保險公司都應該及早面對這項挑戰，建立更完善的事務應對標準與流程。

Tan 的簡報不只是技術層面的分享，更提醒業界關注複合材料帶來的新風險。呼籲透過跨領域合作與前瞻的風險管理策略，為航空安全與環境保護建立更穩健的應變基礎。當材料科技日新月異，航空事故調查與處理方式也必須與時俱進。

### 3.14 發展生成式 AI 於事故調查應用

此次論壇中，本會出席代表發表了一場題目為：次世代事故分析 - 開發生成式預訓練轉換模型（GPT）於事故調查應用的簡報。這場簡報聚焦於探討如何將 AI 技術中的大型語言模型（Large Language Model, LLM），如 ChatGPT，應用於航空事故調查與人為因素分析的實務操作，顯示出調查科技正邁向智慧化的新階段。

這項研究由來自本會、日本運輸安全委員會（JTSB）與克蘭菲爾德大學的 6 位專家組成跨國團隊，針對兩起真實事故：復興航空 GE235 與韓亞航 HL7762 進行 AI 應用測試。研究團隊以人為因素分析與歸類系統（Human Factors Analysis and Classification System, HFACS）作為分析架構，該系統廣泛用於航空業，以 4 個層級（組織影響、監督、前置條件、不安全行為）和 18 個分類細項，幫助找出人為因素在飛航事故中扮演之角色。研究人員設計了對應的指令，讓 ChatGPT-4 進行回應、整理與判讀，模擬調查人員進行人為因素分析的過程。

研究特別聚焦在 4 個關鍵表現指標：準確性、滿意度、完整性與幻覺（Hallucination）。結果顯示，GPT 在生成結構化分析內容與語言表達方面表現良好，特別是在資料完整性與使用者滿意度的評比中得分較高。這代表 AI 能有效歸納資料與

條理化內容，協助初步分析或整理資料。如圖 3-11。

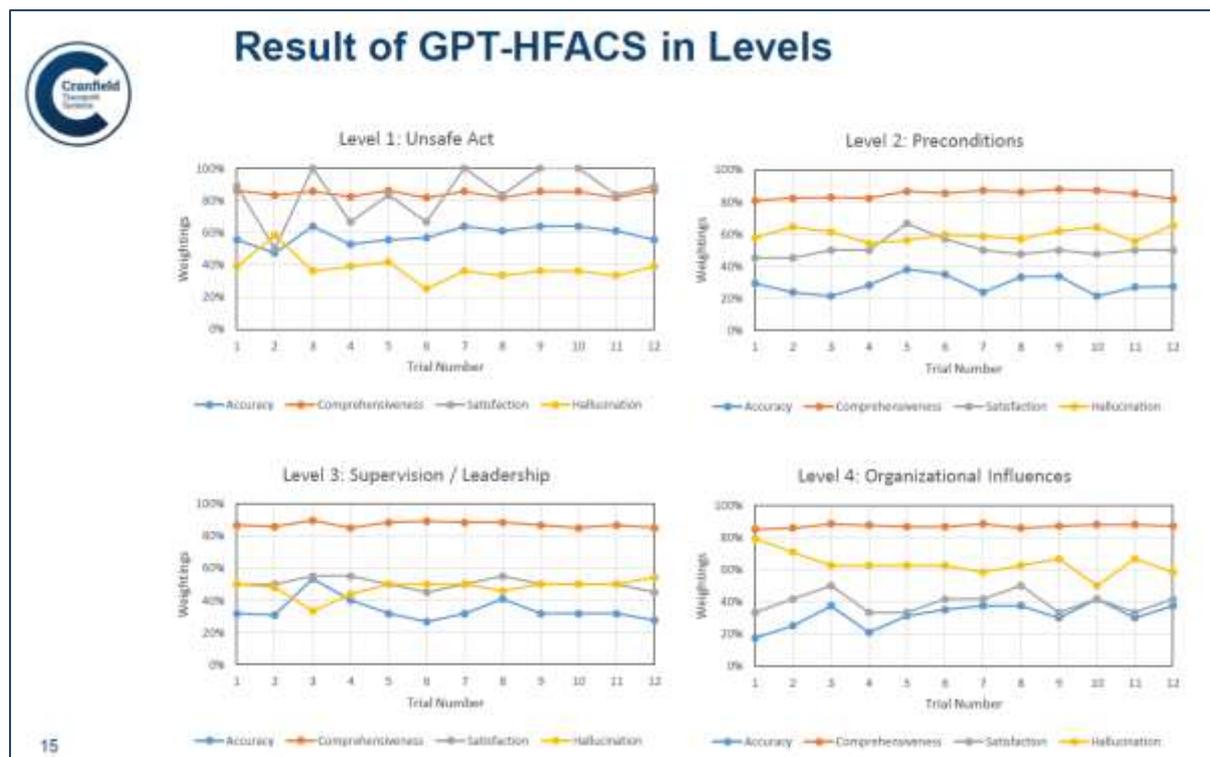


圖 3-11 ChatGPT 分析結果成效評估

然而在準確性方面，AI 模型仍面臨挑戰。尤其在細分類別如「決策錯誤」、「技能型錯誤」與「違規行為」的判讀上，模型容易混淆。此外，GPT 難以準確對應報告中的頁碼或段落，也容易在資訊不足時「猜測」內容，產生所謂的幻覺現象 - 即生成不正確或虛構的資訊，對調查的專業性與可信度可能造成干擾。

研究團隊透過 12 組不同的參數組合（調整 Temperature 與 Top-p）進行分析結果比較，發現微調參數確實能提升分析結果之準確度與降低幻覺比例。但即使如此，目前的技術仍無法完全取代人類判斷，所有輸出結果都需由具專業背景的調查人員進行複核與修正。

此外，簡報也指出，GPT 模型的表現與許多因素有關，包括事故報告的撰寫格式、調查人員對 HFACS 的熟悉程度、語言表達風格，以及可供分析的事實資料量，這些都會影響 AI 的準確判斷能力。

儘管目前 AI 仍有侷限，但研究團隊認為它在事故調查流程中，仍具備極高的輔助

價值。像是下列任務都可透過 AI 支援，提高效率與一致性：

- 整理並歸納事實資料。
- 訪談錄音自動轉錄與摘要。
- 英文資料翻譯與校對。
- 草擬新聞稿或安全建議摘要。
- 協助安全建議分類與比對。

這些應用能有效節省人力、加速流程，讓調查人員能將更多時間專注於判斷、分析與決策工作。

簡報最後強調，即使 AI 工具日益強大，人類在航空事故調查中的角色仍無可取代。不論是 ChatGPT、Copilot 或 Grok 等先進 AI 模型，皆顯示出對人類判斷力與決策品質的依賴。未來的發展方向應聚焦在：

- 提升 AI 可靠性與回應一致性。
- 加強資料安全與隱私保護措施。
- 建立有效的人機協作模式。
- 提升調查人員對 AI 工具的使用能力與信心。

透過專業知識與 AI 科技的結合，航空事故調查將朝向更智慧化、高效與結構化的方向發展，真正落實科技輔助調查的願景。

## 四、心得

本次參與第六屆國際失事調查論壇，提供了深入觀察當前全球航空事故調查趨勢與實務發展的重要機會。論壇涵蓋面向廣泛，從制度規範、人為因素、技術應用到事故應變，皆有豐富案例與專題論述，深具學習與啟發性。

在國際制度與標準更新層面，ICAO 代表介紹 Annex 13 修訂方向與事故資料庫系統調整工作，顯示國際組織正積極回應調查實務需求與航空業界之科技變遷，強化標準與程序的適用性與一致性。雖然我國非 ICAO 會員國，有些事務本會無法參與，但這些資訊對我國接軌國際，參與國際相關事故調查工作，提供了具體參考與準備方向。

在調查工具與科技應用革新方面，AI 與數據分析技術的導入，已成為新興趨勢。多場簡報分享如何應用 AI 進行 FDR/CVR 資料解析、人為因素分析（HFACS）、語意辨識與風險預警，展現調查作業智慧化的潛力。尤其阿聯酋 GCAA 及 Cranfield University 皆已進行研究生成式 AI 模型在調查實務之應用，未來如能克服模型「幻覺」與準確性挑戰，將有機會成為調查流程中關鍵的輔助工具。

從日本羽田機場跑道入侵事故、MH370 搜尋行動與英國針對空難家屬協助之訓練經驗可見，事故調查除包括技術解析、資料分析與行動規劃，更涵蓋人性關懷、社會溝通與制度韌性的多層面要求。特別是家屬應對訓練，提醒本會及我國各參與事故調查之機關，在建立專業與信賴的同時，更須體現調查工作的同理心。

此外，論壇中多次強調「重大意外事件（Serious Incident）」之調查價值，特別指出此類事件往往是失事事件的重要預警。如能妥善調查並提出改善建議，將大幅提升風險防範成效。

最後，論壇亦提供與各國代表直接交流之寶貴機會，不僅加深對歐洲調查網絡（ENCASIA）、EASA 協同機制與新加坡軍民協調合作制度之理解，亦建立未來技術合作的平台。藉由國際互動與新知吸收，對提升調查品質、優化制度設計與實踐提升飛航安全任務，均有深遠助益。

## 五、建議

1. 建議本會推動人工智慧輔助調查技術之發展，持續投入生成式人工智慧於事故調查之實務應用，包括調查資料摘要整理、多國語言轉譯支援等，以提升事故調查之效能。
2. 鑒於先進飛機廣泛採用碳纖維強化複合材料（CFRP），且相關事故後之殘骸處理具高度潛在風險，建議本會研擬針對複合材料事故現場之應變與人員防護程序，以維護同仁於執行事故調查時之自身安全。

## 參加 2025 年亞洲事故調查員協會國際失事調查論壇出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

出國人職稱：首席調查官

姓名：王興中

出國地區：新加坡

出國期間：民國 114 年 5 月 20 日至 5 月 24 日

報告日期：民國 114 年 7 月 7 日

### 建議事項：

	建議項目	處理
1	建議本會推動人工智慧輔助調查技術之發展，持續投入生成式人工智慧於事故調查之實務應用，包括調查資料摘要整理、多國語言轉譯支援等，以提升事故調查之效能。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
2	鑒於先進飛機廣泛採用碳纖維強化複合材料（CFRP），且相關事故後之殘骸處理具高度潛在風險，建議本會研擬針對複合材料事故現場之應變與人員防護程序，以維護同仁於執行事故調查時之自身安全。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行