

出國報告（出國類別：進修）

英國克蘭菲爾德大學
「應用航空事故調查課程」
「Cranfield University
Applied Aircraft Accident
Investigation Course」
出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職稱：盧樹欣 副調查官

派赴國家地區：英國，克蘭菲爾德

出國期間：113年06月01日至113年06月23日

報告日期：113年09月16日

目錄

摘要	ii
一、目的	1
二、過程	1
2.1 克蘭菲爾德大學與克蘭菲爾德安全及事故調查中心	2
2.2 課程安排	5
三、訓練課程重點摘要與心得	9
3.1 與失事調查技能相關之課程	9
3.1.1 訪談技巧	10
3.1.2 渦輪發動機事故調查	13
3.1.3 分析方法	15
3.2 模擬事故調查	18
3.3 其他單位之合作和事故調查管理	22
3.4 結語	24
四、建議	26

摘要

本次參訓之應用航空事故調查訓練，係由英國克蘭菲爾德大學所屬，克蘭菲爾德安全及事故調查中心(Cranfield University, Cranfield Safety and Accident Investigation Centre)常年所開設之課程，課程以實體授課方式進行。為期三週的課程規劃，建構於航空事故調查員於具備各項事故調查所需的基本任制與技能後，如何進一步的技能應用及事故調查管理。其中第二週的模擬航空事故調查，所有參訓者均被分配至調查團隊中擔任調查小組成員。由接獲事故通報開始，赴事故現場檢視殘骸，收集跡證資料，進行人員訪談，面對媒體，乃至調查報告撰寫及改善建議之擬定，均由參與課程的學員團隊合力完成。完成的調查報告，則由課程教師群檢視並提供建議。經由課程深入淺出的教學與真實案例研討，參訓學員得以瞭解航空事故調查過程中的關鍵要項與程序，具備事故所應有的調查技能與認知，足堪成為調查團隊各分組之成員。

一、目的

航空器事故調查所面對的，是航空產業運作中因所產生的各式失誤而引發的事件。因而航空調查員，須接受與航空業各領域相關知識與技能的綜合職能訓練。這些訓練中，可分為包含航空事故調查員基本技能的初始訓練、基礎訓練，及以各項專業分項或管理規劃事故調查進行為目的之進階訓練。本次所參加英國克蘭菲爾德大學開設的應用航空事故調查課程，即屬前述課程分類中的進階訓練。課程對象是針對接受過基礎事故調查訓練課程，具備航空器失事調查基本技能，甚至已具備失事調查經驗的人員。課程整體規畫設計，除提供有關航空器事故調查除了基本技能之外，更進一步的綜合運用及調查管理所應注意及著眼的部分。課程亦規劃模擬調查，以實際事故殘骸佈設模擬航空器事故現場進行演練。過程中，各項資料跡證的收集，以及調查程序的進行均由學員團隊自行掌握完成，教師群僅會從旁協助並不介入主導。訓練的目的，除提供機會使學員能夠運用及整合所習得的基本調查技能，並更進一步帶入在事故調查中，技能面以外的決策經驗分享，例如規劃調查的進行方向與掌控調查進度，或是如何與調查團隊中的成員合作，包含製造商，其他國家調查機構等。課程的教育目標，希望能夠培養調查人員具備更宏觀的調查視野與思維，成為同時具備獨立作業及整合領導跨國調查團隊能力的成熟航空事故調查員。

二、過程

本次參加的應用航空事故調查訓練是由英國克蘭菲爾德大學（Cranfield University）的克蘭菲爾德安全及事故調查中心（Cranfield Safety and Accident Investigation Centre，後稱安全中心）所開設，課程採實體課程方式辦理。課程訓練期間，是由 2024 年 06 月 03 日至 06 月 21 日、每日上課時間並不一致，大致是由上午 8 時 30 分開始，不早於下午 5 時前結束。事實上大部分上課日，課程結束時間為下午 6 時，特定數日的課程，結束時間會到晚間 7 時，甚至晚間 8 時，上課時間明顯長於一般工作的作息時間。課程經理同時也是訓練課程教師的 Alan Parmenter 先生，在開課第一天的訓練簡報中即提到，

部分上課時間長於一般課程達十餘小時的原因，除了課程時數的需要之外，另一個原因是模擬大型事故調查時，調查人員長時間於事故現場活動運作的身心負荷。

本次訓練的學員，以來自英國本地與大英國協國家的學員占多數（8 位/11 位），其餘尚有沙烏地阿拉伯、阿拉聯合大公國、阿曼、愛爾蘭、義大利、匈牙利、蒲隆地等計 15 個國家共 30 位學員。參與本次訓練學員的背景相當多元，除了來自各國民航監理機構，軍方或民航事故調查或飛航安全相關單位，亦有航空產業中負責飛安調查的單位。同時課程雖是中心所開設的短期課程，但也對其他在克蘭菲爾德大學攻讀學位的學生開放，因此學員中也有一些克蘭菲爾德大學碩士班的學生。然而與多數台灣就讀碩士班的學生，為大學畢業後直接就讀的狀況不同，本次訓練課程中的這些碩士班學生，全數都曾經或是依然任職於航空產業相關公司機構，或與安全調查有關的單位。因此，課程進行中教師與學員的互動，常可聽聞產業中許多實際發生案例的分享，更添許多課程教材之外的收穫。

由於克蘭菲爾德大學本身即為一所高等教育機構，因此在課程各層面的種種支援，包含行政與資訊系統都相當充分完整。在啟程前往受訓前，學員即會收到相當詳細的課程準備指南，包含該校環境介紹，生活上所需注意的事項，所需攜帶的個人裝備等等，這對於未曾前往過該校的學員具有相當大的幫助。其次，如同歐美或是民間企業多數機構已相當普遍的無紙化作業，該校在無紙化及輔助學習相關的資訊系統，其設置及運用亦相當完善，所有課程使用的各項教學材料，包括講義、投影片、探討案例、影片等等資料，均存放於雲端。該校更鼓勵學員使用筆記型電腦或平板電腦，於課程中存取閱讀相關的教材，因此學員若無法登錄及存取該校學習輔助及雲端系統，會對學習帶來很大的阻礙。故該校在學員啟程前，會寄送關於如何設定學習帳號及相關輔助資訊系統的詳細說明，包含 Canvas, Teams 等以及相關的資安認證系統，並要求學員於啟程前須確認所攜帶的資訊裝備，能夠順利登錄及存取相關的系統，以確保學員的在受訓過程中不會因為資訊裝備的問題，而影響學習成果。

2.1 克蘭菲爾德大學與克蘭菲爾德安全及事故調查中心

克蘭菲爾德大學的主要校區在倫敦北方約 80 公里的克蘭菲爾德村，恰位於著名的牛津及劍橋大學兩校之間。由於其前身為航空學院，該學院成立之初即因需求而設於英

國皇家空軍的克蘭菲爾德基地。時至今日，該校因而成為全歐洲唯一擁有機場的大學。克蘭菲爾德大學是一所研究型大學，僅頒授碩士及博士學位，因此相較於設有大學部的一般綜合性大學，該校學生人數較少。一般大眾對該校或許較少聽聞，然而，克蘭菲爾德大學於航空產業相關領域的研究能量與成果夙負盛名，與許多航空產業公司均有合作計畫，校園中即可見到許多與產業合作的研發中心，如空中巴士公司、勞斯萊斯集團、BAE 系統公司、波音公司、洛克希德馬丁公司、英國航空等。



圖 2-1 克蘭菲爾德大學



圖 2-2 克蘭菲爾德機場一隅及大學所擁有及操作的飛行實驗室



圖 2-3 克蘭菲爾德大學航太整合研究中心



圖 2-4 克蘭菲爾德大學數位航空研究與技術中心

在受訓期間，有幸獲得克蘭菲爾德安全及事故調查中心一位來自台灣的李文進博士首肯，得以短暫參訪李博士的研究。李博士的研究領域為人因工程，由於保密之故，李博士僅概略提到了他正進行中的研究，與所參與的研究團隊，包含先進航機駕駛艙人機

介面，遠距航空管制系統等，氫能在航空運輸推進動力的運用，做了簡略的說明。對照現今航空產業的走向，克蘭菲爾德大學在航空領域的研究確實位在產業應用發展的尖端。



圖 2-5 上課地點克蘭菲爾德安全及事故調查中心

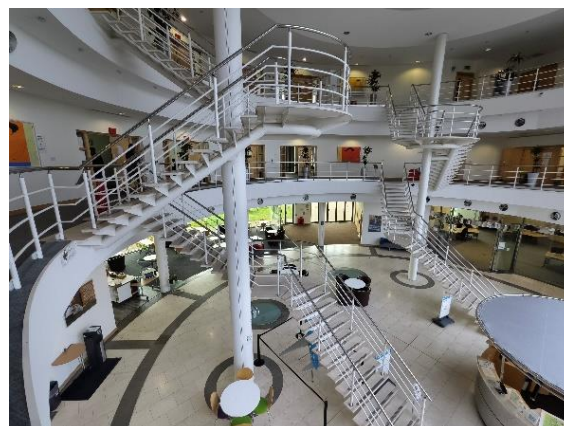


圖 2-6 克蘭菲爾德安全及事故調查中心內部

安全中心所開設並講授與安全調查相關的課程，並不僅限於航空模組，而是包含了水路、鐵路及公路等多種運具模組。依照安全中心的規畫，所有模組的調查課程皆分為兩個階段，第一階段課程主要講授進行事故調查所需具備的共通性基本知識與技能，例如攝影，測量，紀錄，報告撰寫要點與方式，改善建議的研擬等，屬於跨模組共同課程。修習過基礎課程後，方進入各模組的應用調查訓練課程。應用航空事故調查訓練，在安全中心的課程規畫中，是為期六週事故調查訓練的第二部分，是接續前三週基礎事故調查訓練模組的應用進階課程模組，訓練時間同為三週。其主要目的在提升航空事故調查人員，對於執行航空事故調查所需之進階以及調查案管理的專業知能。訓練主題涵蓋航空管制調查，客艙安全調查，複雜調查管理，與各國授權代表之合作，乃至如何與媒體及立法者的共事等等。由此內容可知，此訓練除了進階實務應用外，更著眼於培養事故調查的整合領導能力。參訓學員可選擇一次完成六週訓練，或是分為兩次參加，以本次參訓的班別，便有超過一半比例的學員是分兩次完成整個訓練。報告人過去接受過美國的航空事故調查員課程，並非安全中心基礎課程的訓練，因此在剛開始報名時，即被中心提醒報名這個課程，需完成基礎調查訓練。經過溝通，安全中心要求報告人提出個人簡歷以及曾經受過的調查訓練，再由該中心的審核同意後，始得報名本項訓練，可見該中心要求之嚴謹。

2.2 課程安排

訓練期間之課程配當表詳如表 2.1 所列。

日期/時間	課程名稱	教師
Monday 3 June		
0830	Course Registration (Passport & Visa required)	
0900	Applying fundamentals to air accident investigation	<i>Craig Cattell</i>
1000	Break	
1015	Managing a large technical investigation	<i>Phil Sleight</i>
1115	Break	
1130	Continues	
1230	Lunch	
1330	Human Factors in aviation systems	<i>Imogen Jenner</i>
1430	Break	
1445	Continues	
1545	Break	
1600	Assessment Brief	<i>Craig Cattell</i>
1630	Session ends	
1830	Welcome social	
Tuesday 4 June		
0845	Daily briefing	
0900	Enhanced interview techniques	<i>Mark Robinson</i>
1000	Break	
1015	Continues	
1115	Break	
1130	Continues	
1230	Lunch	
1330	Continues	
1430	Break	
1445	Continues	
1545	Break	
1600	Continues	
1700	Session ends	
Wednesday 5 June		
0845	Daily briefing	
0900	ATC investigations basics	<i>Johann Reuß</i>
1000	Break	
1015	Case study: Überlingen mid-air collision	<i>Johann Reuß</i>
1115	Break	
1130	Continues	
1230	Lunch	

1315	Working with the BEA	<i>Jeff Berthier</i>
1415	Break	
1430	Investigating material failures	<i>Jeff Berthier</i>
1530	Break	
1545	Continues	
1645	Formal session ends	
1800	Escape Room and evening meal social	
<i>Thursday 6 June</i>		
0845	Daily briefing	
0900	Engineering investigations	<i>Lisa Fitzsimons</i>
1000	Break	
1015	Investigating engineering human factors	<i>Lisa Fitzsimons</i>
1115	Break	
1130	Engineering human factors – case study	<i>Lisa Fitzsimons</i>
1230	Lunch	
1315	Walk to Accident Lab	
1330	Interpreting propeller damage (Accident Lab)	<i>Afandi Darlington</i>
1430	Break	
1445	Continues	
1545	Break	
1600	Simulation briefing	<i>Alan Parmenter</i>
1630	Simulation planning	<i>Simulation Teams</i>
1730	Session ends	
<i>Friday 7 June</i>		
0845	Daily briefing	
0900	Analysis methods	<i>Craig Cattell</i>
1000	Break	
1015	Continues	
1115	Break	
1130	Analysis workshop brief	
1230	Lunch	
1300	Analysis workshop	<i>Craig Cattell</i>
1600	Analysis workshop debrief	<i>Craig Cattell</i>
1700	Session ends	
<i>Monday 10 June</i>		
0830	Accident simulation	
1730	Break	
1745	Flight path analysis	<i>Richard Ross</i>
1845	Session ends	
<i>Tuesday 11 June</i>		
0830	Accident simulation	<i>Simulation Teams</i>
1715	Break	

1730	Investigating general aviation accidents	<i>Mark Jarvis</i>
1830	Break (15 min)	
1845	Review of day 2	<i>Marcus Taylor</i>
2000	Session ends	
<i>Wednesday 12 June</i>		
0830	Accident simulation	<i>Simulation Teams</i>
1800	Session ends	
<i>Thursday 13 June</i>		
0900	Analysis and report writing brief	<i>Jerry Barnett, Marc St-Laurent, Alan Parmenter</i>
0930	Accident simulation - analysis phase	<i>Simulation Teams</i>
1230	Lunch	
1330	Continues	
1800	Session ends	
<i>Friday 14 June</i>		
0900	Accident simulation -analysis and report writing phase	<i>Simulation Teams</i>
1230	Lunch	
1330	Continues	
1800	Session ends	
<i>Monday 17 June</i>		
0845	Daily briefing	
0900	Underwater Recovery	<i>Andy Cox</i>
1000	Break	
1015	Investigating safety management systems	<i>Gunnar Flovenz</i>
1115	Break	
1130	Continues	
1230	Lunch	
1330	Case study: G-REDL main rotor gearbox failure	<i>Steve Moss</i>
1430	Break	
1500	Spatial disorientation	<i>Eric Groen (online)</i>
1600	Break	
1615	Upset recovery training	<i>Eric Groen (online)</i>
1715	Session ends	
<i>Tuesday 18 June</i>		
0730	Travel to Farnborough [via Shoe lane]	
0945	AAIB overview	<i>Crispin Orr</i>
1030	Flight data recorders lab	<i>Chris Vaughan, Chris Scott</i>
1130	Hangar tours	<i>Douglas Barnes, Afandi Darlington, Mark Ellis</i>
1230	Lunch	

1315	UK Defence AIB Overview	
1340	DAIB – Case study	
1525	DAIB deployment kit	
1600	Evening Social in Local Area	
1900	Return to Cranfield	
Wednesday 19 June		
0845	Daily briefing	
0900	Working with the manufacturer an investigator's perspective	<i>Bob Vickery</i>
1000	Break	
1015	Continues	
1115	Break	
1130	The operator's perspective of accident investigation	<i>Eamonn O'Flaherty</i>
1230	Lunch	
1315	Gas turbine Investigations – a manufacturers view	<i>Paula Dugdale, Andrew Thomas, Andy Byrne</i>
1415	Break	
1430	Continues	
1530	Break	
1545	Continues	
1645	Break	
1700	Team reports debrief	<i>Rob Carter</i>
1800	Session ends	
Thursday 20 June		
0845	Daily briefing	
0900	Gas turbine investigation workshop (Accident Lab) Breaks included	<i>Paula Dugdale, Andrew Thomas, Andy Byrne, Alan Parmenter, Abdul Abushalla, Craig Cattell</i>
1230	Lunch	
1315	Safety Investigations - The Bad AND the Good	<i>Marc St-Laurent, Paula Dugdale</i>
1430	Break	
1445	Aviation physiology, psychology & pathology	<i>Dr. Nicole Farrell</i>
1545	Break	
1600	Continues	
1700	Session Ends	
1900	End of course dinner	
Friday 21 June		
0930	The Airbus investigator	<i>Sunny Gupta</i>

1015	Break	
1030	Continues	
1115	Break	
1130	What happens next? - an investigator's perspective	<i>Kevin O'Ceallaigh</i>
1230	Course ends	

表 2.1 2024 應用航空事故調查訓練課程配當表

三、訓練課程重點摘要與心得

如所開設的本次訓練中的課程，依其方向大致可以分為三大類：事故調查技能，模擬事故調查，及與其他單位之合作和事故調查管理。在此謹將訓練過程中各項課程，依此分類，擇要摘錄重點內容與心得彙述如後。



圖 3-1 上課實景



圖 3-2 上課實景

3.1 與失事調查技能相關之課程

不同於基礎課程，應用航空事故調查中各項課程的對象，都是對事故調查如何進行已經粗具概念的學員。這些課程築基於跨模組的基礎調查課程之上，除了針對調查所收集到的各種跡證、資料，該如何再做進一步的分析與探究，或是進階調查技能，以及屬於事故調查中人為因素的調查技巧。本次課程中，與失事調查技能相關的課程如基礎航管調查，材料失效調查，工程調查，飛行軌跡分析，分析及報告寫作，安全管理系統調查，渦輪發動機調查，航空系統中的人為因素，強化訪談技巧，航空生理、心理及病理學等課，都是對於航空事故調查領域再做深入的課程，以下僅擇要摘錄部分課程內容。

3.1.1 訪談技巧

訪談是航空事故調查中相當重要的一環，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。教師首先談到調查訪談可以解釋為有意識地應用的對話，將認知過程彙集在一起，形成一個持續的決策流。在進行安全調查時，調查人員從不同來源吸收和獲取大量數據及資訊，並對這些資訊進行處理，以便產生調查假設並規劃後續調查的行動和進度。

在訪談時，同樣需要能夠有效地傾聽他們在說什麼，處理這些資訊，從中擷取關鍵資訊，並將其與其他資訊進行比較，從而尋找資訊的一致性、不一致性、潛在的異常情況，因為這些會影響你的提問和對話的進展。因此，處理資訊的能力是調查訪談員技能的核心。然而在訪談中，實際管理對話的能力同樣重要。對話管理就是你如何與某人互動，如何給他們空間和時間來表達他們的想法，你如何發展和探索他們給你的資訊，然後你如何將這些資訊，納入訪談的整體結果中。

訪談所獲取的資訊，依賴的是受訪者的記憶，由於記憶會隨時間而淡忘，因此訪談工作的進行，需盡可能及早進行，避免因時間流逝，造成受訪者無法回憶事故當時情形。然而訪談所取得資料的品質，與訪談者對於訪談技巧的掌握程度有非常大的關係。Milne & Bull 在其著作「調查訪談：心理及實務」¹中提到，調查訪談人員須從目擊者，受害者，嫌疑人他們的過去經驗中獲取資訊。因此訪談人員需要知道記憶的運作模式，記憶又是多脆弱，以及調查訪談人員又如何會影響到被訪談者所告訴訪談人員的內容。換言之，作為一名調查訪談人員，必須瞭解記憶是不完美的，學習訪談技巧以及訪談技能的增進，目的是在於防止受訪者的記憶被汙染。

接者便切入訪談的結構，訪談事實上就是存在特定目的的對話。事實上，大部分的人，並未意識到即便是平時最普通的對話，都會受到規則相當程度的約束。一段對話的結構，大致可以分為三個階段：Greeting, Mutual activity, Closure，結束之後可以再開啟

¹ Milne, R., & Bull, R. (1999). *Investigative interviewing: Psychology and practice*. Chichester: Wiley.

另一段對話。如同與同事或朋友的一次談話，你會說你好。這背後有很多語言、程序和儀式。你們會互動過，然後會說再見並離開。這是一件非常正常和自然的事情，人類一直不假思索地這樣做。

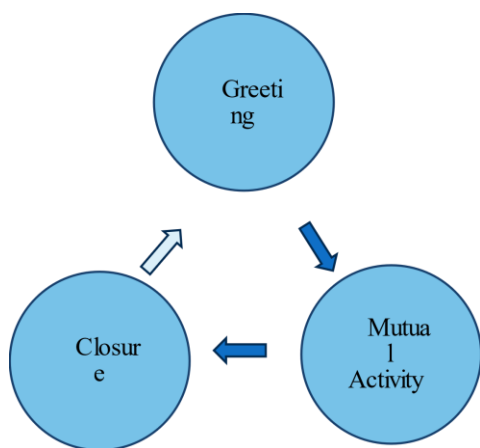


圖 3-3 傳統對話結構

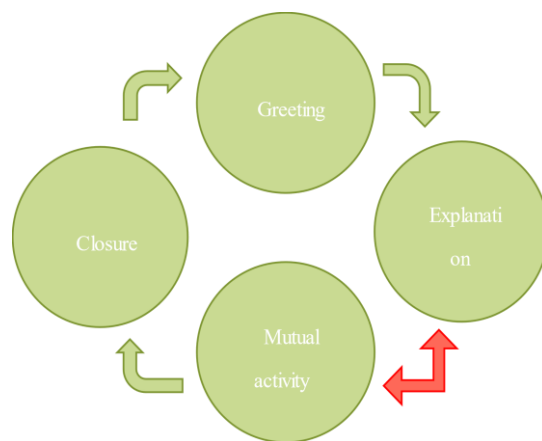


圖 3-4 GEMaC 模式示意圖

既然訪談被視為一種特定目的對話，因此其對話結構中，訪談人需要藉由解釋（Explanation）談話的目的，以此經由集合歸納的過程，設置訪談的背景，方能進入一個富有成效的 Mutual activity 階段。同時，若是 Mutual activity 階段的狀態開始動搖，訪談人需要再次回到解釋，以期克服所存在的任何障礙、障礙或誤解，之後才能再次回到 Mutual activity 階段，繼續提供和接收資訊，以便進入我們希望獲得的訪談結果。因此，就衍生出了 GEMaC 模式。GEMaC 是由 Eric Shepherd 博士所提出用以描述訪談的對話結構，模式有四個階段：Greeting, Explanation, Mutual activity, Closure。他在傳統對話結構模式上的 Greeting 與 Mutual activity 間增加了 Explanation 用以描述前述這樣的過程，同時由於 Explanation 與 Mutual activity 可能會重複來回，因此以雙向箭頭表示其過程。

另一個可以用來描述訪談對話結構的是 PEACE 模式。PEACE 模式是由英國內政部所核可的訪談模式，共分為 5 個階段：Planning and preparation；Engage and explain；Account, clarification and challenge；Closure；Evaluation。由此可以清楚看到 PEACE 模式的名字，來自於每階段的第一個字母。而更進一步看，PEACE 模式核心部分仍可與 GEMaC 模式對應：Engage and explain 即為 Greeting 以及 Explanation；Account，

clarification and challenge 為 Mutual activity；Closure 同為 Closure；而在核心部份之外，訪談之前和之後，PEACE 模式各增加了事前準備的 Planning and preparation，及事後評估的 Evaluation。因此，PEACE 模式在可以視作 GEMaC 模式增加了前置作業以及後續評估的演進版。

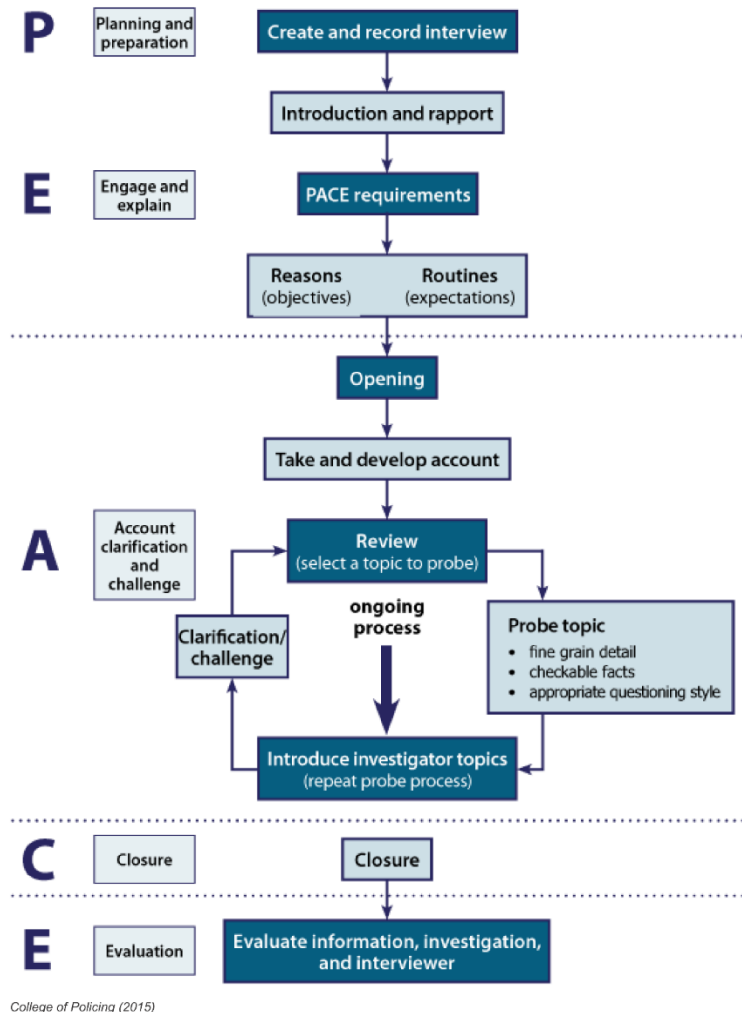


圖 3-5 PEACE 模式示意圖

與訪談相關的個人特質，主要與資訊的處理能力以及對於與人對話的掌握與管理有關，每位訪談人員在這兩項特質的呈現都會有所不同，研究也顯示確實有些性格表型較有利於擔任訪談人。因此教師藉由 Eric Shepherd 博士及 Anna Mortimer 博士針對訪談人員特質分析所發展的 Questioning Behaviour Questionnaire(QBQ)，其中的問題是由問卷受者對於訪談的認知以及訪談中的行為反應，歸納填答問卷者於其進行調查訪談的形式

描述以及特性，也填答者屬於何種類型的訪談人員，以及該填答者最不善應對的受訪者類型。

然而這並非表示只有具備特定特質的人始得運用訪談這個工具，所有的事務調查人員都能藉由後天的訓練，以及擇選合適個人特質的訪談方法作為工具，經由訪談產出獲得具參考價值資訊的訪談紀錄。同時教師也以負面表列的方式，引用 John Baldwin 教授於 1992 年檢視英國警政體系人員進行訪談(即偵訊)所發現當時訪談人員的主要弱點，包含缺乏準備、普遍缺乏效率、技術差、有罪推定、過度重複、持續或費力的詢問、未能確定相關事實以及施加太大的壓力，並以此警惕受訓學員，不應輕忽調查訪談。

3.1.2 渦輪發動機事故調查

渦輪發動機，不論是渦輪扇發動機或是渦輪軸發動機，是現今航空器的主要動力來源，特別是在民航運輸業，更具主流地位。渦輪發動機是高度技術密集的工業產品，其精密複雜的設計，不僅使渦輪發動機價值不菲，要探討其中問題更是需要高度專業，從設計，材料，加工製造等環節，每一個部分都需要對該部分有所專才的專家協助，方能深入探討。因此，以航空器事故參與式調查的精神來說，進行航空器事故調查時，都會邀請發動機製造廠商一同參與。現今各製造廠商都有專責單位配合各國航空事故調查單位，於該公司的產品一旦涉及事故時，參與調查小組提供專業檢視及意見。課程教師共有兩位，即為勞斯萊斯的航空安全調查團隊成員，平日業務就是關於發動機異常狀況調查。但如同大部分的課程，教師在課程開始之前，便宣告教材中的大部分資料與圖片，僅可用於學習，在未獲得勞斯萊斯書面授權之前，不得任意重製或傳播，因此報告將以文字說明為主。

勞斯萊斯對於與其生產發動機可能涉及飛航事故時，會應負責調查的飛航安全機構要求，或是勞斯萊斯主動向調查的飛航安全機構表達願意參與調查的意願。若該項請求為飛航安全調查單位所接受，勞斯萊斯就會派出調查團隊到達事故現場，協助負責調查的飛航安全調查單位。所派出的團隊，每位成員都有各自的分工與專業，在現場調查的過程中，勞斯萊斯的團隊只會紀錄當時所見的事實，所有進一步的拆解、檢測等步驟，基於避免被現場雜亂的環境干擾及汙染，都會將樣本帶到實驗室中進行，最終所有的發現都會交給負責調查的飛航安全調查機構。然而，這裡會衍生出一個問題：身為生產廠

商，是否會因為規避責任而對所收集到的調查資料有所隱瞞？這個問題在課程中亦有專門課程講述，將於之後的 3.3 一節中說明。

然而，各廠商的調查單位，於事故發生後需要一定時間方能趕抵現場；又或者事故規模並不需要該廠商調查人員親赴現場，因此航空事故調查人員必須知曉在事故現場，如何檢視渦輪發動機的狀況，現場發動機所呈現狀態與可能的失效因子，以及如何收集保全重要的證據組件與資料，以提供給後續負責進一步檢測分析的單位或是製造商。因此，教師首先說明渦輪發動機的基本結構及工作原理，之後則是關於到達現場後，針對渦輪發動機的檢視步驟。如同對於事故航機的檢視過程，先由發動機的各個方位觀察開始，檢視是否有什麼部件遺失，以及發動機外觀是否有不正常的樣貌，例如破洞、燒灼痕跡等等。接著，教師用大量的圖片，以及傳閱實際受損的零部件，說明各部件失效時可能呈現的樣態，如發動機失火、非包容性引擎失效（**uncontained engine failure**），調查人員並須詳細記錄在發動機周邊航機結構的損傷，發動機撞擊之後的狀態，可變靜子葉片（**variable stator vane**）的位置等等。這些都是之後重建該事故發生時發動機的狀態的必要訊息。不過現今較新世代的發動機，其控制電腦都具備非揮發性記憶體可儲存發動機的運作資料，甚至因為遠端監控技術的普及，發動機廠商的伺服器中可能即存有該發動機事故前的運作資料。因此，發動機廠商可以協助事故調查團隊取得發動機運作狀態的數據，這類數據對於事故調查將有非常大的幫助。

除了課堂學科，安全中心亦安排至實驗室進行實作工作坊課程，由授課教師群帶領，實地演練操作發動機調查相關的程序與技巧。克蘭菲爾德大學的實驗室中備有數具航空發動機，從活塞式發動機，小型渦輪軸發動機，到民航機所使用的大型渦輪扇發動機。工作坊中教師指導學員，從最基本的檢視發動機殘骸，觀察發動機損壞狀況，如何收集與保存所發現的失效部件，以攜回完整未受污染的樣本以進行後續的檢視與測試等等程序。過程中也演練內視鏡、紫外燈等工具的使用。由於用於實作演練的發動機，均屬航空事故的相關部件，或為曾遭遇發動機機械問題的汰換件，部分教師還曾實際參與該事故相關部件的檢測工作，因此教師在實作課程過程中，對該發動機於檢測時所遭遇的問題與困難，及收集資料所應注意的要點，毫不藏私地分享，確實帶給學員相當豐碩的學習成果。



圖 3-6 實地操作演練發動機調查



圖 3-7 以紫外光檢視鳥擊留下之生物跡證

3.1.3 分析方法

航空事故的調查屬於安全調查，目的並不在於追究責任，而是希望類似事故在未來不會再發生。因此，事故調查是一個涵蓋面廣泛的調查，會檢視與航機運作相關的各個層面與領域，舉凡航務、機務、場站、天氣、生還因素等等，每一個項目都會收集到許多資料。但是事故調查的資源及時間是有限的，因此如何規劃調查的分析方法，便是事故調查人員所需面對的重要課題。分析方法模型可以分為三大類，包含線性模型，複雜線性模型，複雜非線性模型。而分析方法的種類相當多元，最為人知的莫過於 Reason's model 及 SHELL model，其他還有 Functional Resonance Accident Model，Root cause analysis，Perrow's normal accident theory 等等多如繁星。教師提到，每一種分析方法都有其長處，因此選擇適合組織運作，或是事故特性的方法更為重要。課程以挪威安全調查局（Norwegian Safety Investigation Authority，NSIA）所發展的 NSIA 模型為例說明分析方法在事故調查上的運用。

挪威安全調查局是挪威負責調查航空、水路、鐵路、公路和國防部門事故的調查單位。NSIA model 是該單位所發展的分析工具，脫胎於澳洲運輸安全局（Australian Transport Safety Bureau，ATSB）所發展的方法框架，共分為 7 個階段。

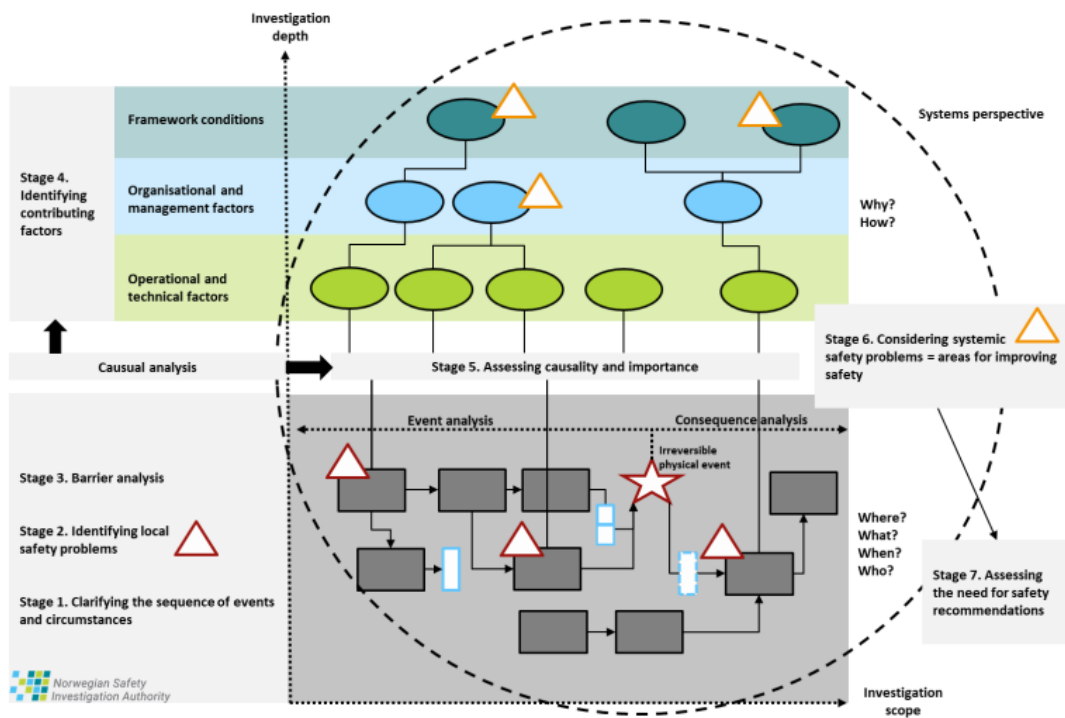


Figure 2: The NSIA's analysis process for systematic investigations (the NSIA method). Illustration: NSIA

Norwegian Safety Investigation Authority (NSIA)

Overriding analysis process // 8

圖 3-8 NSIA 模式示意圖

第一階段是釐清事件的順序和事故的狀況，也就是構建出上圖灰底部分的事件序圖。這階段的目的是，是創建一種系統性的方式，將誰做了什麼，在何時，於何處，發生什麼事，在直角坐標系中，以視覺化方式更清楚的呈現。這部分的工作，不僅關乎事件的後果，也關乎事件的分析。用於進行分析情況的參與者（即參與事故的任何人或事物）被放置在縱軸上，以描繪事件序圖。從另一個角度看，橫軸則為時間，使用現在已知的資訊，顯示了每個參與者，何時執行什麼。這可以清楚直觀地描述了案例的複雜性。

第二階段是釐清區域的安全議題。若系統性安全問題是天秤的一端，另一端就是區域安全議題，這可由三種角度探討。當事件的進程有可能發生變化時，可以用安全議題防禦方式的角度探討；當事件進程中的安全議題涉及缺少控管機制，或是控管機制相當拙劣時，可以由安全議題的控管方式的角度探討；若事件發生並未遵循安全的程序或模式，或是其效果並不如預期，就以偏差的角度去探討。

第三階段是安全屏障分析。可以使用三個類別來檢視安全屏障：

1. 若安全屏障存在，而且有效，就不會發生任何負面事件。

2. 若現有的安全屏障無法正常作用，就會導致事故發生。
3. 若從安全調查人員角度檢視，某些安全屏障應該存在，但實際上卻沒有。這就會導致安全問題。

標定出每一個影響安全議題的因素則是第四階段，這個階段由肇因分析開始，以不斷的提問為什麼和怎會如此的問題，試圖從各種角度（例如飛行員的角度）理解某人或某個群體為什麼會這樣做，以及為什麼這麼做對他或他們是有意義的，這階段與人為因素調查有關。在這個階段，要記錄可能對安全問題產生影響的因素，並以下列三個層級進行分類：

1. 操作和技術方面
2. 管理層或組織級別的變數
3. 具有因果關係的狀態

運用這種分類，能夠清楚地區分系統中，各個組成因素在不同級別間甚至每個級別之內是如何聯結，這有助於更深入地瞭解事故。這三種不同層級的檢視，通常與調查的“深度”或“廣度”有關。深度是指在調查組織和因果關係的程度（在調查模型中屬於上行的調查方向）。廣度是指在進行前述組織和因果關係的調查時，對各組織層級所發生事件時間序的長短多寡程度。我們選擇要注意的層級，將決定我們會研究多少事件序列，從而影響我們會研究多少步驟圖，這也就是說，我們會從哪裡開始，從哪裡結束。

第五階段是檢視每個影響因子或狀況的重要性以及和其他因子的因果關係，用以選擇是更深入地挖掘並繼續調查這項因子，或是捨棄。所以應以下列一系列問題檢視：

1. 這個因子真的存在嗎？其存在該如何驗證或記錄？如果答案是否定的，則立即忽略捨棄該項因子。若答案是肯定的，則進入下一個問題。
2. 這個因子對事故進程是否有任何可觀察到的影響？如果答案是否定的，或是沒有足夠證據可以支持，則捨棄該項因子。但若能確定因果關係，則會在調查中納入考慮，並可能會註明在最終報告。

3. 這樣因子或狀況重要嗎？調查中可能會發現並不會對事故過程或其結論產生重大影響的因素，若與安全無關則可從分析中排出該因子。但若經考慮後，認為該因子具有雖與事故無關，卻對整體安全具潛在影響，則需要納入調查結果。

第六階段是考慮系統性安全問題。過程中，將可資識別的問題集中記錄，其內容包括問題描述、可用於證明的事實資料、以及後續應該繼續調查的方向和內容。此外，對於這些問題，可以運用第五階段檢查因果關係和重要性中的三個問題進行測試。這個階段的結果，有助於找出需要優先改正的系統性安全問題。

在最後的第七階段，則為評估所欲提出安全建議的必要性。這些建議須有前六個階段收集和處理的數據的支援。完整執行 NSIA 模型，有助於整體調查與樹故最終調查報告的撰寫。不過，教師亦強調，NSIA model 只是分析模型的一種，調查並不限於使用何種模型。在分析事故時，使用一些分析模型，不僅能夠化繁為簡，更能協助調查人員以一套標準檢視所持有的資訊，免除因為調查人員主觀因素影響的偏差。

3.2 模擬事故調查

航空事故應用調查訓練課程中的一大重點，即是課程教師群會以安全中心所收集的發生實際航空事故的航空器殘骸，佈設模擬事故現場，再由學員所組成的事故調查小組運用於事故調查課程所習得的知識與技能，自行規劃事故調查各階段的進行，實際演練學科課程所講授的重點。本次課程學員共分三個事故調查小組，安全中心會依照各學員的背景，約略均分不同專長的學員至三個調查小組。各小組自行推舉選任主任調查官，副主任調查官，所需要的專業分組召集人，學員也依個人專長及意願，自行選擇加入各專業分組。總體來說，整個模擬事故調查的進行，是由學員所自行規劃以及運作。帶領模擬事故調查的教師團隊共計五位，均為安全中心的教師，除了均有事故調查相關的學術專長外，過去也均曾擔任過不同機關構的事故調查人員，而且多數還曾受過安全中心的航空事故調查課程的訓練。教師團隊並不會干涉各調查小組的運作，教師團隊僅會設定模擬調查的進度，並在每日的行前簡報與歸詢時，對於調查所應注意的要點略做提點。除此之外，教師團隊於調查進行時，所扮演的角色均為觀察者，調查小組於調查進行中所需資訊的提供者，以及所有後勤支援的提供單位。

模擬事故調查是由接到事故調查通報開始，一架由法國起飛，飛往英國克蘭菲爾德機場的私人雙引擎螺旋槳飛機，在英國當地時間 2024 年 6 月 10 日上午 8 時 40 分左右，墜毀在克蘭菲爾德機場。隸屬於英國交通部的國家調查局航空組，隨即前往事故現場進行調查。模擬事故調查演練進行的地點，是位於克蘭菲爾德機場內西南方邊陲區域。現場的殘骸，則是運用真實事故殘骸佈建而成。

事故現場殘骸及跡證的檢視、與資料的蒐集，是事故調查中極為重要的一個環節。如何能夠在事故現場，有系統地梳理殘骸，並在檢視過程中收集到所需要的跡證與資料，不僅是一項重要課題，也是模擬事故調查的重點之一。各小組於接到通報後不久，即會接收到包含本次事故相當基本初步的一些資訊，例如事故機型，飛行計畫，當時的基本天氣資料，少數目擊者證詞等。這樣安排的目的，即在模擬當調查人員出發趕赴事故現場時所能得到的初始資料。調查人員由獲知事故發生，至整裝赴現場的過程，在時程上是相當緊湊。調查人員需就已取得的資料，構建事故的可能輪廓，並大致規劃於現場殘骸檢視時的程序。經過快速的檢視資料，調查小組須大致規劃之後的事故現場檢視規劃。



圖 3-9 模擬調查現場



圖 3-10 模擬調查現場

抵達事故現場，調查小組成員便穿著必要的防護裝備，舉凡頭盔、反光背心、手套、防護衣等等，等待消救人員完成任務後，不同分組即按各自分工，開始現場的檢視與資料收集：機務分組隨即開始攝影、事故殘骸的檢視與量測標定等工作；航務分組除了一同負擔殘骸檢視與搜尋必須的跡證之外，亦開始尋找目擊者進行訪談。調查小組在檢視現場的同時，亦須注意現場的保全，課程亦設計模擬調查小組會遭遇許多突發狀況，例

如安排不預期的好奇人士闖入事故現場前來查看，也有附近的居民前來抗議等等諸多非常擬真的狀況。亦安排模擬記者前來採訪，而有調查小組成員與媒體互動的環節，每一位學員都須面對媒體鏡頭，臨場答覆媒體記者的詢問，過程均會錄影，連同後續由主任調查官及副主任調查官所主持記者會影像，一併於之後的課堂中的媒體運用課程中討論。



圖 3-11 模擬調查簡報



圖 3-12 模擬事故航機之駕駛艙狀態



圖 3-13 檢視殘骸



圖 3-14 收集須進一步檢驗之證物



圖 3-15 模擬記者會



圖 3-16 調查人員接受模擬媒體訪問

課程安排赴現場檢視殘骸的時間共計 3 天，這段時間中除了課程設定的時間前往模擬事故現場外，其中也安排了一堂關於普通航空業調查的課程，適時的複習關於調查普通航空業事故時所需注意的要點。其餘時間，均由各調查小組自行運用及規畫調查時程。過程中，報告人所在之小組，除了每日的早上及結束前各有一次的進度簡報，也會不定期地召開各專業小組，或是全體調查小組的討論會議。這些討論中，除對已收集到的資料進行討論解析外，也規劃應做的處置，如將採集到的油料樣本送實驗室檢視，或是訂定後續需要進一步向不同單位、機構索取的資料清單等等。整個過程，課程教師群都不會介入影響調查小組的規劃與方向，僅會以同為調查團隊成員的角度，提醒可以考慮的作為。模擬調查所提供的各項資訊，亦能符合現今調查技術與科技的進展，例如提供無人機所拍攝影像以及量測的結果，或是航管雷達資料所描繪的軌跡等等，皆是現行航空事故調查時所使用的工具及方式。由此可以看到安全中心在課程設計及編排的用心。



圖 3-17 模擬調查使用之航機雷達軌跡圖



圖 3-18 模擬調查使用之資料



圖 3-19 調查小組討論調查進度



圖 3-20 各組進度分享

調查報告是調查小組對於事故調查的產出，在航空事故調查領域世界各國均遵循國際民用航空公約第 13 號附約的規定撰寫，因此全球的航空事故調查報告都具有相同的格式。調查報告可以概分為四個部分：事實資料，分析，調查發現，以及改善建議。模擬調查的第 4-5 天，為分析以及報告撰寫，每位學員會依照報告應有的規定格式，撰寫所負責分工部分的報告，接著由分組召集人將之融合為各專業分組的報告，再由主任調查官予以統整編撰完整的調查報告。本次模擬調查結果的調查報告設有繳交期限，若期限前未能完成繳交，便視為課程未完成。由於課程時間緣故，學員必在極為有限的時間中完成調查報告，課程表甚至明確建議各分組應該利用隨後的週末，也就是第 6-7 天，額外到校完成報告。各組所撰寫的報告，會經由安全中心教師團隊批改，其中包含自 AAIB 退休，原本即在 AAIB 負責報告撰寫的教師。各教師都會留下各自對於報告的評語，以及報告文字的建議。整個模擬調查由於時程相當壓縮緊湊，的確給參與學員相當大的壓力，然而相當有序的規畫，讓參與的學員有所獲益。

3.3 其他單位之合作和事故調查管理

在訓練課程中第三大類的課程，是關於事故調查管理以及與其他單位的合作。依照國際民航公約第 13 號附約的規定，當有需要時調查小組應納入航空器登記國、製造國、設計國及航空器所有人及使用人國籍國之飛航事故調查機關。航空器屬於高度技術密集的工業產品，目前全球有能力製造航空器以及相關航材包含發動機等的國家數量並不多，在產品相對屬於寡占的情況之下，航空事故調查有相對高的機率，屬於跨國合作的狀況。

因此，如何能使航空事故調查的運作及進展順利，事故調查管理以及與其他單位的合作成為一項重要的課題。課程中如管理大型技術性調查，與法國航空事故調查處（Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile，BEA）合作，英國航空事故調查局參訪（Air Accidents Investigation Branch，AAIB），水下打撈，與製造商的合作—調查員觀點，空中巴士公司的調查員，操作人觀點的事故調查等課程都屬於此類。這些課程的教師背景極為多元，均是歐洲各國與航空事故調查有關的退休或現職人員，例如講授航管事故調查的 Johann Reuß 先生，是退休不久的德國聯邦航空事故調查局（Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung，BFU）局長，講授操作人觀點的事故調查的 Eamonn O'Flaherty 機長是現職英國 Easy jet 的機長兼主任飛安官；其餘尚有愛爾蘭航空失事調查局（Air Accident Investigation Unit，AAIU）現任局長 Kevin O'Ceallaigh 先生，空中巴士的主任調查官 Sunny Gupta 先生等等。教師的個人知識與經驗分享，不論是由製造商，使用人或是事故調查單位的觀點，這些來自航空產業不同區塊的論述，都帶給學員相當豐碩的收穫。



圖 3-21 參訪 AAIB



圖 3-22 DAIB 人員介紹調查裝備

其中，現任英國航空事故調查局資深航空事故調查官的教師 Bob Vickery 先生，對於調查人員與製造商合作的課程，令人印象深刻。課程中，教師開宗明義就說明了調查人員與製造商亦敵亦友的關係，因為許多調查中分析及檢驗的項目，若沒有原廠的支援即會事倍功半，甚至窒礙難行。然而製造商對於與事故發生是否需負不同程度的責任，卻是存在一定程度的擔憂。教師從製造商的“門面”說起，氣派而有規模的接待處，由心理學的角度，目的是要驚豔來到製造商場域的每一個人，不論是買主或是調查人員，

並在其潛意識形成一種這個地方所具有的權威性。接著不論是簽署智財權，或是一些合作協議，教師認為在在都說明製造商的律師是將調查人員視為一個威脅，因為調查報告通常受到高度矚目，寥寥數語可能就會摧毀製造商過往費盡長時間所建立的聲譽。教師就舉了一個例子製造商在提供的資料中見過這麼一句話，“that information was not made available to the investigation”（該資訊不提供給調查）。

那身為航空事故調查人員，該如何應對這樣的狀況，教師提出了幾項建議，首先要注意可能存在的陷阱，例如要小心那些華而不實的簡報，強行推銷的想法跟理論，神經質的律師，意見分歧等，更不用說毫不掩飾的不合作或是放慢的回應，還須注意監理機關，授權代表甚至是其他國家的調查機構。

另一方面，調查人員需要準備一些保障措施，例如自身的第六感。第六感或許被認為有些神秘的成分，然而在專業領域的第六感，常常來自於個體長時間所累積，對於某一現象、狀態應有樣態的經驗。一旦個體面對僅有輕微背離正常樣態的狀況，或許主體意識一時不能察覺，但這些偏差卻在某些感官或意識中帶來輕微刺激，因而讓個體產生“好像那裏怪怪的”感覺。這些感覺，是來自於專業經驗的累積，而非毫無依據的神祕玄學。因此教師提到了不要輕忽在自身專業領域的第六感。同時教師也提到了同儕之間的爭論是健康而應該要鼓勵的，以避免陷入單一視角的危險，最後教師鼓勵學員要堅持自身的立場，卻也要能接受不一樣的聲音。

最後總結，教師提到在與製造商合作時，必須考慮對於航空事故調查的獨立性及公正性上的風險，所以需要準備保障措施且需要積極主動。同時調查人員要主導調查，調查過程中遵循一定的方法，並且要依循測試，質疑，檢查，以及辯論的流程。

3.4 結語

在完成為期三週克蘭菲爾德安全中心的應用航空事故調查課程後，可以觀察到課程的幾個特點。第一點是由其課程設計結構來看，已經脫離基礎跨模組調查技能的講授。為時一週的模擬調查，從事故發生伊始，至完成撰寫附有改善建議的調查報告，能夠給予參與學員整合運用之前所學的基礎調查技能，此外，還有許多課程講授許多進階的調查技能與方法，確實符合課程名稱：應用航空事故調查的旨意。

第二點是整個課程所接觸的教師人數多達 30 餘位，所有教師教授的課程，均與其專業高度相關。大部分的教師來自英國航空事故調查局的現職或是退休的調查人員，其餘教師則來自歐洲其他國家，如法國、德國、義大利，愛爾蘭等國，也都具有與航空事故調查相關的專業。課程由相關專業的教師授課，除了能夠更深入的說明相關議題之外，這些教師在其個別專業領域所累積的調查經歷與經驗，在課堂中信手捻來分享給學員，有助於從實務面切入議題，更添學習效果。更重要的是，學員有機會接觸到不同國家的事故調查機構的人員，從而瞭解不論是各國調查機構的架構、文化、和運作模式，這對相當仰賴國際合作的航空事故調查領域，有相當大的助益。

第三是安全中心相當要求紀律與程序，例如在模擬調查，或是至實驗室進行工作坊課程時，安全中心嚴格要求學員必須穿著必要的個人防護裝備，頭盔、手套、安全鞋等。又如本次課程中有一位來自某國的學員，課程中因事請假返國處理，然卻因故未能於向安全中心申請的時限前返回，也並未事先知會安全中心，安全中心因而決定終結該學員本次課程的學習。雖然該員之後仍有參加後續課程，但安全中心已明確表示無法授與該學員完訓證明。在航空產業中，標準作業程序是維護作業程序順暢以及安全的重要依據。由過往的事故調查結果，未能遵循或是任意自行變動程序，常是造成事故發生的重要因子。安全中心的各項作業若未照章進行，雖應不至於產生嚴重危害，但若由確實遵行各項要求及程序做起，即便程序看起來是微不足道，卻可藉由依循各項程序的過程，將安全的思維內化為對於安全文化的落實，由此角度觀之，安全中心的要求自有其意義。

報告人過去曾數度參與由美國不同機構所舉辦的航空事故調查的相關訓練，其中關於航空事故調查訓練，是參加美國國家運輸安全委員會訓練中心(National Transportation Safety Board Academy, NTSB Academy)所開設的課程，開設課程機構與課程訓練目的，恰可用以對比本次所參加的課程。兩者所教授的事故調查訓練，皆是遵循國際民航公約第 13 號附約，因此課程方向並無不同。同時以目的來說，兩者所開設的課程皆能達到其目的。美國因為普通航空業極度發達，航空事故發生的數字相對較多，每年約有 1750 件的航空事故，業務量極為繁重，故 NTSB 對於航空事故調查有所分級。因此 NTSB Academy 的課程，主要是培養航空事故調查人員的基本能力，以能獨立進行小型航空事故調查為目的，後續可再接受特定項目調查訓練，如發動機事故調查等進一步增進調

查人員的本職學能。而克蘭菲爾德安全中心的課程，目的則是培養具備基礎調查技能，同時又具有大型事故調查概念，及與調查團隊成員合作的能力，足堪擔任大型複雜航空事故調查小組的成員。因此課程加入了較多高階調查技能如發動機事故調查，及偏向航空事故調查管理的課程。同時安全中心的課程，也因為位處歐洲的優勢，得以安排不同國家的教師，讓學員得以接觸各國不同國情與規定所衍生的獨特文化。因此，應用航空事故調查，確可作為航空事故調查人員的進階訓練課程。

四、建議

運安會對於運輸事故的調查，目的係在避免事故的再發生。然而完善周延的事故調查，須構築於調查人員擁有足夠的調查專業素養。歐洲是航空產業相當興盛的區域，不僅製造商眾多，其產品包含民航機，旋翼機，民航發動機等等亦相當多元，更常有跨國間的合作與相關零組件的運用，整體產業環境相當多元而複雜。因此，應對這樣航空產業環境規劃而生的應用航空事故調查訓練課程，輔以許多課程中，所涵括一般航空事故調查訓練較不容易接觸到的部分，如多元文化，以及不同成員間的合作等課程內容，報告人完成訓練之後，除對於大型複雜航空事故調查的概念有所掌握，也對課程所學如何對應至我國運輸安全調查委員會目前的運作模式有更多體會。誠然，完成安全中心課程所需的時間以及費用明顯較多，然而該訓練課程對於培養航空事故調查人員的進階能力確有其價值。同時，還有機會與主要來自歐洲與大英國協國家的學員交流，在課堂上對於授課主題的討論，模擬調查時的腦力激盪與合作，以及課餘時對於課程或是其他航空事故調查的心得與經驗交流，不僅對提升報告人有關航空事故領域的調查專業素養有所助益，學員彼此之間的互動，對於本會與其他國家相關調查單位的非正式交流相信亦有所提升。因此建議持續辦理本會調查人員參與相關的專業訓練課程，期能更加提升本會之調查能量。