

出國報告（出國類別：開會）

## 2019 年國際航空安全調查員協會 （ISASI）年會出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：執行長／官文霖

派赴國家：荷蘭

出國期間：民國 108 年 8 月 31 日至 9 月 7 日

報告日期：民國 108 年 9 月 30 日

## 摘要

本次國際航空安全調查員協會年會適逢 50 周年，荷蘭運安會擴大舉辦並廣邀各國飛安專家參與。本次會議約 360 人參加，40 篇技術論文與技術論壇報告。討論主題包括：ICAO Annex13 最新修訂內容、馬航 MH17 之殘骸重建、飛航組員之醫療隱私、重大飛航事故之經驗與教訓、全球性合作、人為因素調查，安全管理及安全模型之發展，及太空商用運輸等議題。

# 目次

一、目的.....	4
二、過程.....	5
三、心得.....	9
3.1 調查員訓練課程重點.....	10
3.1.1 飛航組員之醫療隱私議題.....	10
3.1.2 軍用航空器之事故調查.....	11
3.2 工程教育與飛安推廣.....	12
3.3 馬航 MH17 事故調查與殘骸重建.....	14
3.3.1 事故簡述.....	15
3.3.2 事故現場調查.....	15
3.3.3 事故肇因分析.....	17
3.3.4 殘骸重建.....	20
3.3.5 馬航 MH17 的司法調查.....	22
3.4 重大調查案例討論.....	22
3.4.1 波音 737NG 墜海事故.....	22
3.4.2 空客之重大事故因應之道.....	26
3.4.3 A340 異常起飛爬升性能案例.....	28
3.4.4 德國之翼 9525 航班的醫療隱私與爭議.....	29
3.5 商用太空運輸與事故調查.....	32
3.5.1 FAA 商用太空運輸部門及相關法規.....	32
3.5.2 NTSB 太空運具事故調查經驗.....	33
3.6 飛行技術與人為因素調查.....	37
3.6.1 飛行技術與事故肇因統計.....	38
3.6.2 狀況警覺與飛行決策.....	40
四、建議.....	44

## 一、目的

本次國際航空安全調查員協會年會（ISASI）適逢 50 周年，荷蘭運安會擴大舉辦並廣邀各國飛安專家參與。本次會議約 360 人參加，40 篇技術論文與技術論壇報告。討論主題包括：ICAO Annex13 最新修訂內容、馬航 17 之殘骸重建、飛航組員之醫療隱私、重大飛航事故之經驗與教訓、全球性合作、人為因素調查，安全管理及安全模型之發展，及太空商用運輸等議題。本次 ISASI 年會最特別之處在於會議前一天安排各國代表參訪馬航 MH17 的殘骸重建成果，圖 1 為參訪馬航 MH17 的殘骸重建之棚廠。正式會議前的調查員訓練課程分為三場（飛航組員之醫療隱私與體檢制度、家屬協助與回應媒體、數位鑑識與調查員培訓），為期三天的正式會議區分為兩個會場。此外，ISASI 大會工作同仁為讓與會者熱烈參與討論，導入 sli.do app 隨時讓與會者提問講者，效果分常好，本會未來可以考慮。



圖 1 參訪馬航 17 的殘骸重建之棚廠

## 二、過程

日期	起訖地點	任務
08/31 - 08/31	台北-荷蘭海牙	啟程
09/01	海牙	會議 工作小組預備會議 MH17 殘骸考察
09/02	海牙	會議 調查員訓練課程
09/03 - 09/05	海牙	會議 技術論文與分組會議
09/06 - 09/07	海牙-台北	返程

活動	活動內容	註
09/01	1000-1200 會員報到 ( member registration) 1400-1700 工作小組預備會議 (preparation-working group panel discussion) 1400-1700 MH17 殘骸考察	
09/02 09:00 ~ 16:00	事故調查技術研習 Tutorial 1 - Aviation Safety Medical Confidentiality (DSB) Tutorial 2 - Communication with Victims & their Relatives (DSB) Tutorial 3 - Education hands on 'Crash simulation" (TU Delft)	
09/03 09:00 ~ 16:00	技術研討會 Small Country/Big Accident H.H. Namani ( Chief Commissioner - PNG AIC, Papua New Guinea ) , A.L. Stray, M. Poole B737NG 事故之經驗與教訓	

	<p>Rudolf Kapustin Scholarship presentation Alexander Hall, ERAU - Daytona Beach Elise Maire Vondra, USC</p> <p>Black Swan events - examples from Airbus history 空客近期事故之經驗與教訓</p> <p>S. Cote (Airbus SAS, France)</p> <p>Comparison &amp; Lessons Learned from UA232 Sioux City &amp; AA383 Chicago Uncontained Events UA232 及 AA383 事故之經驗與教訓</p> <p>D. Chapel (Flight Safety Director, GE Aviation, USA), D. Kemme</p> <p>Airmanship 2.0: Innovating aviation human factors forensics to a necessarily proactive role F. Mohrmann (NLR, NL), J. Stoop 未來人為因素的發展重點</p> <p>Why did the helicopter collide with trees? Approach the cause from analysis of images and sounds. K. Fukuda (JTSB, Japan) 日本之直昇機事故案例分享</p>	
<p>09/04 09:00 ~ 16:00</p>	<p>技術研討會</p> <p>Take-off performance incidents; do we need to accept them or can we eliminate them? G. van Es (NLR, NL), M. Nijhof, B. Benard 航空器起飛性能事故之議題</p> <p>Erroneous takeoff performance: Why the past is still highly relevant today. S. Hoare (AAIB, United Kingdom) 飛航組員輸入錯誤之 FMS 資訊的事故案例</p> <p>Unstabilized take-off techniques on A340-300</p>	

	<p>V. Ecalte ( Bureau d'Enquêtes et d'Analyses (BEA) pour la Sécurité de l'Aviation, France) 法國 BEA 調查 A340-300 的不穩定起飛事故</p> <p>Updating the Concept of Cause in Accident Investigation N. Leveson ( Aeronautics and Astronautics Dept., MIT, USA ) , Capt. D. Straker 探討航空安全模型</p> <p>Human Factors panel W. Bramble (NTSB, USA) 人為因素論壇</p> <p>Commercial Safety Investigations and SMS T.J. Logan (Virgin Galactic, USA) 航空安全管理與事故調查</p>	
<p>09/05 09:00 ~ 16:00</p>	<p>技術研討會</p> <p>The importance of High Load Event Reporting A. Dika (AAIIC, Republic of Kosovo) 航空器種落地事故案例</p> <p>Breaking airlines Flight Data Monitoring barriers: A pilot's perspective Capt. B. de Courville ( Air France Retired, France) 法航對飛航資料發展與應用的新觀點</p> <p>Themes and Systems Safety Investigation - Proactively Investigating for System Safety Improvements D. Foley (Civil Aviation Authority, New Zealand ) 系統安全調查與經驗分享</p> <p>Competency-Based Education: A Framework for a More Efficient and Safer Aviation Industry.</p>	

	<p>F.A.C. Mendonca (Purdue University, US), J. Keller, B. Dillman 航空產業的適職性訓練</p> <p>Accidents Past, Accidents Future: Safety in the Age of Unmanned Aviation T.A. Farrier (Chair ISASI Unmanned Aircraft Systems Working Group, USA) 從載人航空器事故至無人載具事故調查之發展</p> <p>Evolution of Mishap Prevention: Application of Human Factors Evaluation Techniques for UAS E. Lagerstrom (Insitu Inc., USA), W. Williams 無人載具事故調查之人為因素議題</p> <p>Does what happened in the aircraft matter anymore? N. Boston (Australian Transport Safety Bureau, Australia) 澳洲運安會之人為因素調查技術分享</p> <p>Research-based insights : the importance of lightweight data recorders for general aviation aircraft. Harvey (Transportation Safety Board of Canada, Canada), M. Rudin-Brown 簡式飛航紀錄器於普通航空業之重要性</p> <p>Safety Promotion at the Manufacturer - Acknowledging the Past Helps Establish the Future E.J. East (Boeing Commercial Airplanes, USA) 波音公司重大事故之啟發與安全教育館</p>	
--	---	--

### 三、心得

目前，國際航空安全調查員協會（ISASI）共有 73 國家參與，其中 125 家團體會員，及近 1,300 位個人會員。整個會員制度區分為尊榮會員、終生會員、院士會員、名譽會員、個人會員、協會會員、短期會員，學生會員，團體會員。為順利推動協會業務與促進資訊交流，ISASI 主席邀請 12 個政府事故調查機關組成國際事務委員會，轄下分為 15 個技術工作小組，包括：ICAO AIG 小組，航管小組，機場小組，客艙安全小組，跨區域合作小組，重大事故應急管理小組，飛航紀錄器小組，通用航空小組，政府航空調查員小組，人為因素小組，調查員訓練小組，無人機小組，及學生會員獎助小組。

此外，會議其中一場次為亞洲飛安調查員協會（ASIASASI）的技術會議，本次會議會員出席十分踴躍，與會人員合照如圖 2。經過改選後，日本 JTSB 擔任 ASIASASI 主席，香港 AAIA 擔任副主席，新加坡 TSIB 擔任秘書長。ASIASASI 執行委員會會員包括：日本 JTSB、香港 AAIA、新加坡 TSIB、臺灣 TTSB、澳門 MAIC，及印尼 NTSC。以下針對本次會議的技術活動及資訊收集，摘要心得如下：



圖 2 亞洲飛安調查員協會會員合照

### 3.1 調查員訓練課程重點

#### 3.1.1 飛航組員之醫療隱私議題

2015 年 3 月 24 日法航一架 A320-211 型機 9525 航班，執行西班牙巴塞隆納飛往德國杜塞道夫的載客任務，該機於經法國南部上普羅旺斯阿爾卑斯省上空時，副駕駛員蓄意撞山，圖 3 為 9525 航班之事故現場圖。調查期間涉及飛航組員之醫療隱私與飛安辯論持續展開。

法國航空失事調查局（BEA）報告顯示，該副駕駛員在事故發生前曾多次諮詢私人醫生及醫療保健人員（包括一名精神科醫生與一名心理學家）。調查期間，調查員首先提出為何精神科醫生沒有通知歐盟民航局或其雇主？這涉及民航法規及醫療隱私法規的不健全。事故前，報告不合格的飛航組員是違反醫療保密規定。近期，ICAO 及歐盟 EASA 為防止類似事情再發生，已著手研擬新的法規。



圖 3 9525 航班之事故現場圖。

過去 50 年民航的蓬勃發展中，為避免飛行中恐怖分子挾持飛行員，駕駛艙的防爆及保全功能越來越複雜。飛航事故涉及人為因素很常見，但涉及飛行員蓄意行為不多見，少數案例如下：

- ◆ 1997 年勝安航空一架 B737-36N 型機 185 航班執行印尼雅加達至新加坡的載客任務，該機起飛後約 12 分鐘，突然從正常飛行高度急速翻滾下墜，飛行速度超過了音速，在空中解體，撞擊於穆西河靠近蘇門答臘巨港。印尼 NTSC 主導

調查，事故原因為「原因不明」；美國 NTSB 提出的意見為「失事原因是機上有人蓄意操控飛機墜毀，此人極有可能是機長」。調查發現該名機長在 1997 年下半年的工作上曾遭受過挫折；且他在股票上虧損約 100 萬美元。加上飛機黑盒子在墜毀前可能是被關閉。因此，NTSB 認為，這是一次蓄意墜毀飛機的事件。

- ◆ 2013 年莫三比克航空一架 ERJ 190 型機 470 航班，執行莫三比克馬布多至安哥拉羅安達的載客任務。根據莫三比克民航機構發布初步調查報告，該機機長有明確意圖想要將該客機墜毀，並手動改變自動駕駛的設定（從巡航高度 38,000 呎經過三次下降高度後，最終下降至高度約 600 呎以下導致撞山。

### 3.1.2 軍用航空器之事故調查

本訓練課程邀請歐美資深軍事事故調查員分享各式技術能量、經驗、程序與專業知識。本場次由國際航空安全調查員協會（ISASI）轄下的軍事航空安全調查員（MASI）主持。

以澳洲為例，民用航空器的事故調查機構為澳洲運安會（ATSB），該國軍用航空器的事務調查機構為澳洲國防部及空軍安全局（DDAAFS）。兩個機構共同研擬軍用/民用航空器飛航事故調查程序與應急程序，值得我國參考，詳圖 4。荷蘭運安會（DSB）提報馬航 MH17 航班的事務調查，它涉及歐盟多數的民航/軍機事故調查機構、俄羅斯/烏克蘭的司法調查機構與飛航事故調查機構間的合作議題。DSB 表示，取得 MH17 航班的調查權後，他們參照 SQ006、SWISS 111、TWA 800 及 PAN AM 103 等重大事故案例，研擬調查時程及管制計畫，主要工作包括：動用維安部隊保護調查團隊進入事故現場、尋找及保存遺體、檢視殘骸、雇用吊車及火車運送殘骸、殘骸三維重建等。

此外，瑞典航空事故調查局（SHK）是國際民航事故調查機構中最特殊的單位，它屬瑞典的獨立調查機構。SHK 多模組運輸安全調查機構，1990 年由該國司法部獨立出來。SHK 最高行政首長為局長，調查人力 35 人，下設三個組別（第一調查組、第二調查組、行政組）。SHK 的事務調查權涵蓋：軍用航空器、民用航空器、海事、軌道、道路及其它事故專案調查。SHK 屬北歐地區事故調查資源最充足的機構，它與英國 AAIB、MAIB 也常有業務往來。歐盟各調查機關的技術合作，十分值得亞太地區的機構學習。

	<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <div>1 = 1 seat 2 = 2 seat Mod = Module</div> <div>AC = AWCAT AG = AVGAS AT = AVTUR</div> <div>EPOS = Emergency Postable Oxygen OBOGS = On-board Oxygen Generation System</div> <div>A = Alkaline Li = Lithium NC = NiCad PB = Lead Acid/Gel</div> <div>F = Fixed in Airframe P = Portable handheld CR = Civil registered</div> <div>✓ = Fitted ✗ = Not fitted</div> </div>																
	Name	Tail No.	MAX Crew	MAX PAX	Ejection Seat	Fuel	Engine Oil	Hydraulic Oil	Oxygen	Radio-active material	Composite Material	Batteries	Explosive Ordnance	Extinguishers	Pressure cylinders	Alloys	Life support
<b>FIXED WING</b>	B350	A32-XXX	2	10	✗	AT	✓	✓	G	✓	✓	Pb	✓	EP	✓	✓	✓
	BBJ 737	A36-XXX	8	36	✗	AT	✓	✓	G, PGG	✓	✓	NC	✓	EP	✓	✓	✓
	CAP10	CR	2	0	✗	AG	✓	✗	✗	✗	✓	Pb	✗	P	✗	✓	✗
	Challenger	A37-XXX	4	9	✗	AT	✓	✓	G, P	✗	✓	NC	✓	EP	✓	✓	✓
	CT4B	CR	2	0	✗	AG	✓	✗	✗	✗	✓	PB	✗	P	✗	✓	✗
	F-111	A8-XXX	2	0	✓ Mod	AT	✓	✓	L, G	✓	✓	NC	✓	F	✓	✓	✓
	C130H Hercules	A97-XXX	5	92	✗	AT	✓	✓	LP	✓	✓	Pb	✓	EP	✓	✓	✓
	C130J Hercules	A97-XXX	4	126	✗	AT	✓	✓	LP	✓	✓	NC	✓	EP	✓	✓	✓
	F/A-18 Hornet	A21-XXX	2	0	✓ 1 or 2	AT	✓	✓	L	✓	✓	Pb, A, Li, NC	✓	F	✓	✓	✓
	Hawk	A27-XXX	2	0	✓ 2	AT	✓	✓	OBOGS, G	✓	✓	Pb, A, Li, NC	✓	✗	✓	✓	✓
	KC-30A	A39-XXX	14	270	✗	A	✓	✓	G, P, Chem	✓	✓	A, Li, Pb	✓	E, P	✓	✓	✓
	AP3-C/P-3C Orion	A9-XXX	20	0	✗	AT	✓	✓	G, P, EPOS	✓	✓	Pb, A, Li	✓	EB	✓	✓	✓
	PC-9/A	A23-XXX	2	0	✓ 2	AT	✓	✓	G	✓	✓	NC, A, Li	✓	✗	✓	✓	✓
	RSAF PC21	9-XXX	2	0	✓ 2	AT	✓	✓	OBOGS, P	✗	✓	Li, Pb	✓	✗	✓	✓	✓
	Scan Eagle	N/A	0	0	✗	see note	✗	✗	✗	✗	✓	Li	✗	✗	✗	✗	✗
	Skylark	N/A	0	0	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	Li	✗	✗	✗	✗	✗
	Super Hornet	A44-XXX	2	0	✓ 2	AT	✓	✓	OBOGS, G	✓	✓	Pb, Li	✓	F	✓	✓	✓
	Wedgetail	A30-XXX	13	8	✗	AT	✓	✓	G, P, Chem	✗	✓	Li, Nc	✓	E, P	✓	✓	✓
NOTE: High Ozone 3-cases																	
<b>ROTARY WING</b>	Black Hawk	A25-XXX	4	10	✗	AT	✓	✓	✗	✓	✓	Pb, A, Li	✓	EP	✓	✓	✓
	Chinook	A15-XXX	4	30	✗	AT	✓	✓	✗	✓	✓	NC, A, Li	✓	EP	✓	✓	✓
	Kiowa	A17-XXX	2	3	✗	AT	✓	✓	✗	✓	✓	NC, A, Li	✓	P	✗	✓	✓
	MHR90	A40-XXX	4	18	✗	AT/JAC	✓	✓	✗	✓	✓	NC, Li	✓	E, P	✓	✓	✓
	S70B-2 Seahawk	N24-XXX	3	10	✗	AT/JAC	✓	✓	✗	✓	✓	Pb, A, Li	✓	EP	✓	✓	✓
	Sea King	N16-XXX	3	25	✗	AT/JAC	✓	✓	✗	✓	✓	NC, A, Li	✓	P	✓	✓	✓
	Squirrel	N22-XXX	2	4	✗	AT/JAC	✓	✓	✗	✓	✓	NC, A, Li	✓	F	✓	✓	✓
	Tiger ARH	A38-XXX	2	0	✗	AT	✓	✓	✗	✓	✓	NC, A, Li	✓	EP	✓	✓	✓
	RSAF Super Puma	220-XXX	4	22	✗	AT	✓	✓	✗	✗	✓	NC	✓	EP	✓	✓	✓

圖 4 澳洲國防部及空軍安全局製作之事故現場危害檢查表

### 3.2 工程教育與飛安推廣

1985 年 8 月 12 日，日航 JAL123 發生空難，導致機上 520 名人員罹難。日航高層主管面對乘客失去親人的悲痛，社會大眾對航空運輸安全的疑慮。2006 年 4 月 24 日日航成立飛安教育館（Safety Promotion Center, SPC），並承諾日航永遠不會再發生此類的悲慘事故。日航集團將飛安教育館（SPC）定位為日航的「安全堡壘」，是安全與可靠營運的根本，提醒每位員工於日常工作中要提高安全意識，關注大眾委託的安全使命。

JAL 飛安教育館主要有兩區，一為 JAL123 關鍵證物展示區，另一航空安全圖書館。參觀日航飛安教育館採取預約制，每次最多 25 人。圖 5 為 JAL 飛安教育館之 JAL123 關鍵證物展示區。JAL 成立以來共發生 8 件致命空難，JAL 飛安教育館有三大目標：1. 防止日本航空運輸再發生機毀人亡的悲劇；2. 激勵 JAL 員工在腦海建立安全意識與安全文化；3. 從重大難難的經驗與教訓轉移給新一代員工。聯繫資訊如下：

Contact Phone No. 03-5756-3566 / Fax No. 03-5756-3576

Address 5-1, Haneda Airport 3-chome Ota-ku, Tokyo 144-0041 Japan



圖 5 JAL 123 主殘骸（後加壓艙面板）外觀圖

2017 年 11 月，波音公司仿效日航集團飛安教育館的概念，於美國西雅圖波音艾弗雷特工廠成立飛安教育館，如圖 6。整個波音的飛安教育館約有半個足球場大小，其中最醒目的各種安全數據的趨勢統計，過去的重大案例及其改進作為，包括：GPWS、TCAS、SMGCS、新材料、非接觸式結構檢測技術等。目前約陳列 10 個重要案例。



圖 6 波音公司之飛安教育館

### 案例：1956 年美國大峽谷 DC-7 及 L-1049 空中相撞

1956 年 6 月 30 日星期六，美西標準時間 11 31 時，美國聯合航空公司 DC-7，及 Trans World Airlines 航空公司 L-1049 飛機大峽谷上空發生空中相撞。造成 128 名乘客和機組人員在碰撞中死亡。

美國 NTSB 提出調查報告中涉及許多改善措施，例如發展航管雷達來監控航空器的飛行動態，發展 TCAS 電腦來預防航空器相撞。

### 案例：2000 年新航 SQ006 跑道入侵撞擊地面障礙物

2000 年 10 月 31 日臺灣當地時間 23 時 17 分，新航波音 747 型機 SQ006 班機執行新加坡至台灣桃園再至美國洛杉磯載客任務。當日在象神颱風強風豪雨下，該班機準備自 05L 跑道起飛時，因為大雨造成的能見度不佳、機組人員因專注於側風而忽略跑道標誌的疏忽與塔台方面的溝通不良以及中正機場的指示設施不到位，因而誤闖了正在施工維修而暫時關閉的 05R 跑道。該機以超過 140 哩/時的速度擦撞機具，之後翻覆並斷裂成三截，後來全部三截因油箱引燃大火及爆炸。此事故造成 79 名乘客和 4 名機組員罹難。

本會的調查報告提出數項改善建議給波音公司及 ICAO，相關內容如下：

致波音公司：

- ◆ 3. 考慮於即將驗證及新獲驗證之航空器駕駛艙裝置機場場面導引及導航系統，如電子活動地圖顯示器。
- ◆ 4. 發展並提出必要之技術支援，提供客戶（航空公司）於駕駛艙裝置機場場面導引及導航系統，如電子活動地圖顯示器供機場場面活動使用。

致國際民航組織：

- ◆ 1. 研訂將 ASDE 或類似裝備，列為高航行量民航機場之標準裝備。
- ◆ 7. 鼓勵所有會員國於商業用航空器駕駛艙裝置機場場面導引及導航系統，如電子活動地圖顯示器供機場場面活動使用。

### 3.3 馬航 MH17 事故調查與殘骸重建

主導調查機構為荷蘭運安會（DSB）；授權代表包括：烏克蘭政府、馬來西亞交通部、美國 NTSB、英國 AAIB、澳洲 ATSB、俄羅斯聯邦政府 IAC。

2014 年 7 月 17 日，馬來西亞航空一架 B777-200ER 型機，航班編號 MH17，執行荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場至馬來西亞吉隆坡機場之載客任務。事故當日途經俄羅斯邊

界的烏克蘭領空巡航高度 33,000 呎遭到飛彈擊落，並墜毀於烏克蘭東部邊境距俄羅斯邊境 40 公里。機上乘員及飛航組員全數罹難（283 名乘客、15 名飛航組員）。

### 3.3.1 事故簡述

荷蘭運安會的調查報告指出，MH17 航班沒有證據顯示機械故障或人為疏失；可能肇因為該機遭遇大量高能物體從外部穿透後，導致機身結構損壞發生空中解體。調查報告推斷該枚飛彈於駕駛艙左上方爆炸，造成駕駛艙內的 3 名駕駛員身亡，致前機身折斷，之後發生空中解體。DSB 調查團隊並推斷山毛榉飛彈之發射位置位於親俄叛軍控制地區。圖 7 MH17 航班之飛航軌跡套疊圖，該機因天氣避讓偏離 L980 航路左側約 6.5 哩。

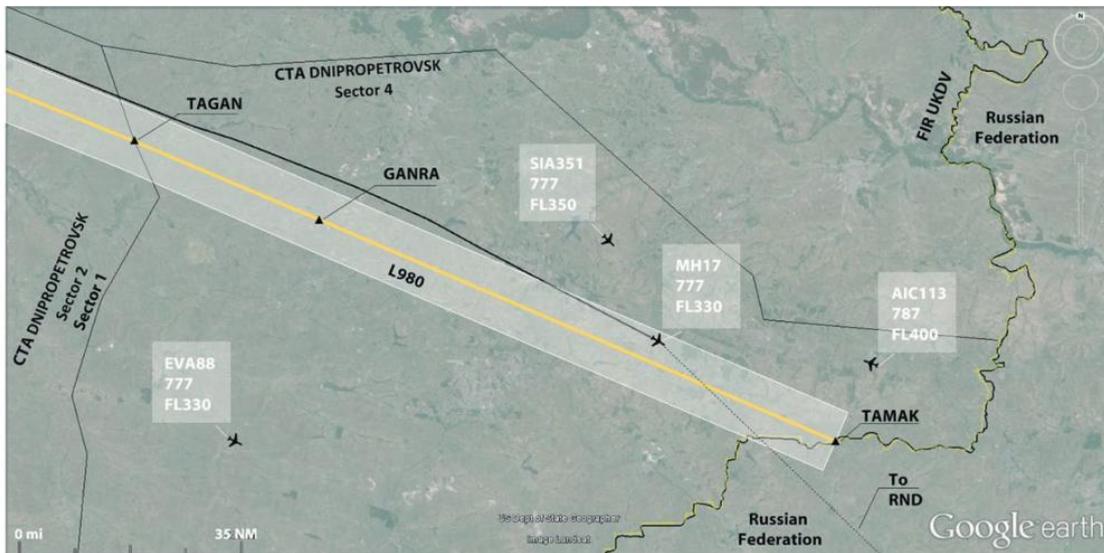


圖 7 MH17 航班之飛航軌跡套疊烏克蘭飛航情報區 L980 航路及航點

本事故涉及進入戰區檢視及收集殘骸、運送大量殘骸及遺體、殘骸重建及彈道模擬等艱困工作。調查機構如何整合資源，如何應對罹難者家屬及社會大眾也是本案的重點。

### 3.3.2 事故現場調查

事故當日，俄羅斯代表會同烏克蘭政府及歐洲安全與合作組織（以下簡稱歐安組織）舉行電話會議，商討籌組「國家調查委員會」，烏克蘭政府向俄羅斯及歐洲安全與合作組織承諾保證事故地區之人員與裝備安全。然而，事故第 2 天事故調查人員進入作業區時，多次遭遇烏克蘭軍方與反叛軍炮擊。隨即，調查人員放棄調查任務。

事故後 5 日，烏克蘭總統下令，要求烏克蘭軍隊在距馬航 MH17 航班墜毀地點半徑 40 公里範圍內停火。此期間，事故地區的遺體由烏克蘭政府軍及反叛軍各自處理，此

造成人道疑慮與後續蒐證的困難。

事故後 30 天期間，DSB 經歷多方斡旋終於取得調查權。烏克蘭政府軍及反叛軍陸續交出遺體及證據，由 DSB 租用火車及運輸機將相關證據運至荷蘭愛因霍芬機場進行後續調查工作。

7 月 21 日，烏克蘭政府軍及反叛軍代表於頓涅茨克市將兩具飛航紀錄器交給馬來西亞政府官員。次日，馬來西亞代表將紀錄器轉交 DSB，DSB 委託英國 AAIB 解讀。座艙語音紀錄器內無任何航機警告聲響；最後 20 毫秒錄音包含兩次異常聲響，此涉及以聲紋反推爆炸點位置的技術，詳圖 8。

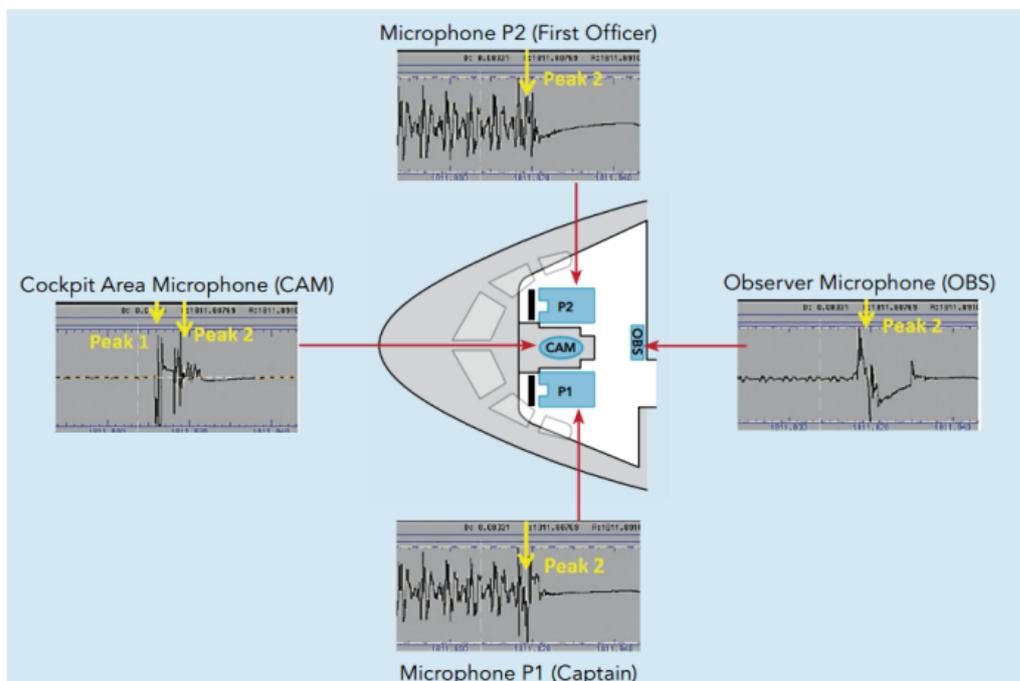


圖 8 MH17 航班之座艙語音紀錄器所紀錄之異常聲響

事故後 4 個月，DSB 事故調查團隊及歐洲記者在歐安組織戒護下數度進入事故現場，調查人員初期只能拍照，不能進行目擊者訪談及採集證據。荷蘭國防部經與烏克蘭軍方協調，調查人員於 11 月 16 獲得當地政府許可於六天執行所有殘骸的採證及運送準備工作。並於 2015 年 4 月才能回收被事故地區當地居民取走的相關物品與殘骸。殘骸分布約 50 平方公里，主殘骸散落於六個地點，詳圖 9。

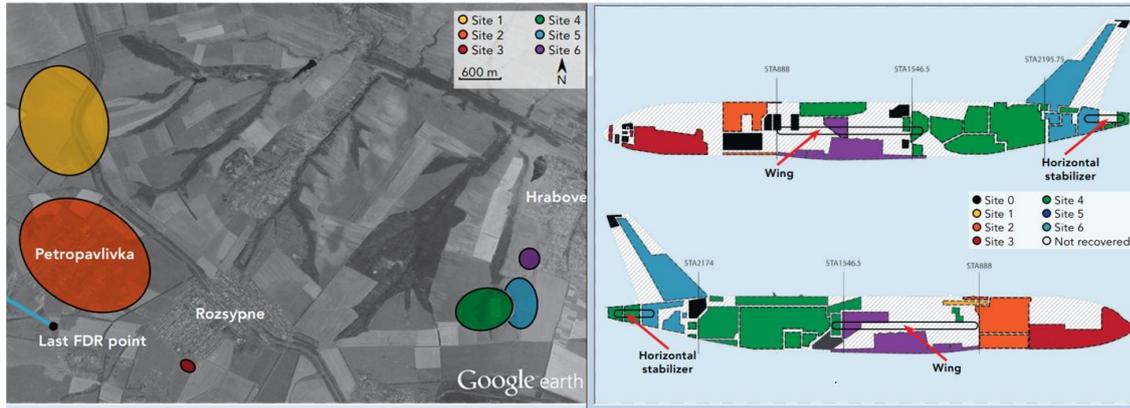


圖 9 MH17 航班之殘骸分布圖與尋獲殘骸站位圖

### 3.3.3 事故肇因分析

DSB 根據衛星資料、航管雷達資料、事故區域天氣資料排除 MH17 航班被雷擊及隕石擊落的可能性。根據飛航紀錄器無異常警告，排除航空器因機械或發動機故障而墜機的可能性。經檢視所有收集的殘骸並未發現貨艙或客艙內部起火的證據。

DSB 調查員參考泛美航空 PA103、環球航空 TWA800、華航 CI611 等空中解體案例分析技術，經比對其最後 20 毫秒內 2.3 毫秒 2 次的聲紋，振幅較大且消散速度較快。推斷不是內部油箱爆炸引起，也不是機體結構失效導致爆炸性減壓。

相關殘骸證據顯示，MH17 左前機身與駕駛艙左上方存在幾百個小孔洞與跳彈痕跡<sup>1</sup>（ricochet mark），另於左發動機進氣道與左機翼翼尖亦發現孔洞與跳彈痕跡。駕駛艙內部左側座位損壞最為嚴重，前機身的穿空損壞止於壹號門以前。據此推斷該機遭受高能物體從駕駛艙左上方射入，詳圖 10。

<sup>1</sup> 跳彈痕跡：延展性物質之表面（如金屬），剖面圖會呈現入口淺出口深的情形。

DSB 的調查報告很長篇幅探討「高能物體」的可能性，包括：空對空飛彈、空對空機砲、地對空飛彈。再經比對殘骸的損壞型式，排除空對空飛彈與空對空機砲的可能性。該報告最精彩的論述為山毛櫸地對空飛彈的可能發射陣地及相關證據的分析。另依據殘骸上的微物跡證及油漆分析、地對空飛彈模擬結果，DSB 的調查結論是山毛櫸飛彈所為，詳圖 11。



圖 10 MH17 航班之機頭殘骸重建圖（包含孔洞與跳彈痕跡）

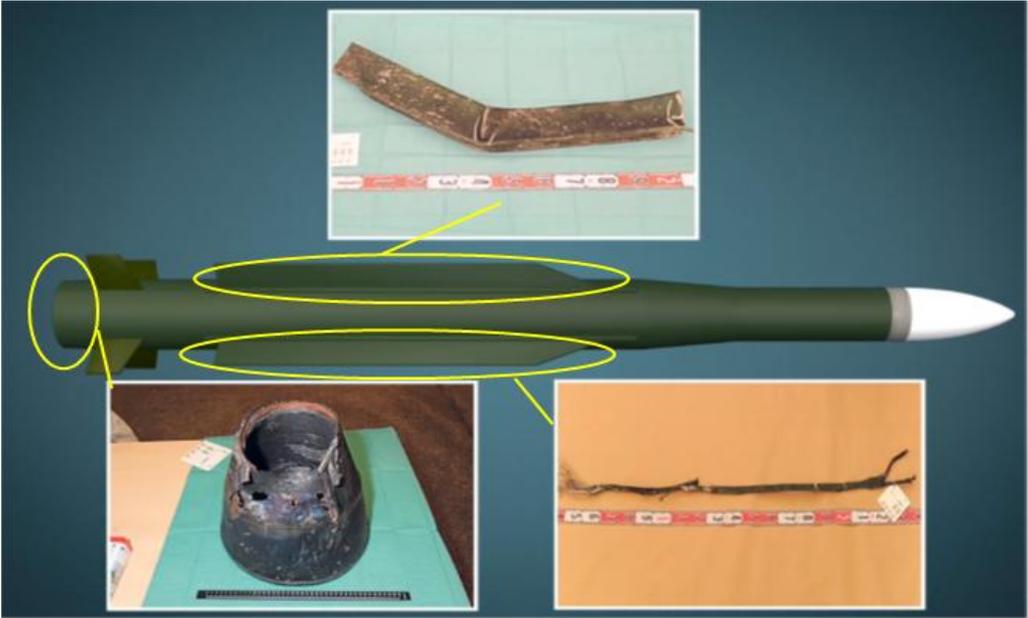


圖 11 MH17 航班事故現場尋獲三件屬於山毛櫸飛彈的零件

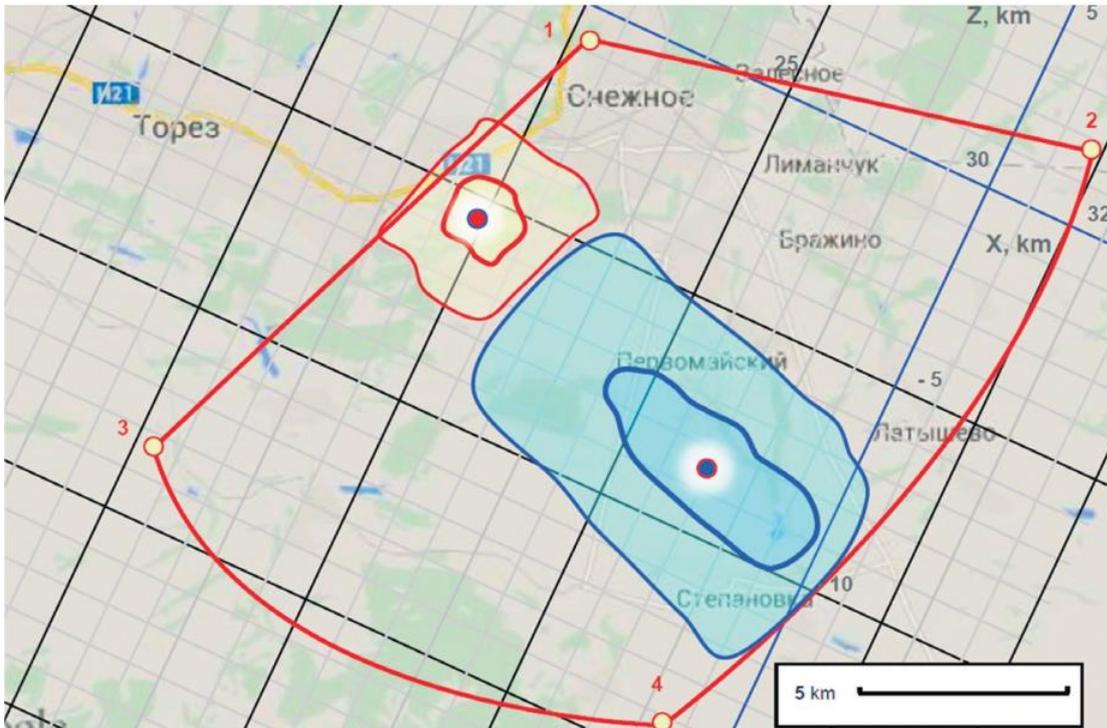


圖 12 MH17 航班事故山毛櫸地對空飛彈的可能發射陣地模擬圖

山毛櫸地對空飛彈的可能發射陣地模擬結果源自三個專家團隊：荷蘭航空研究所（紅色區域標記 1-2-3-4）、軍火製造商 Joint-stock Company Almaz - Antey（左側紅色區域或右側大藍色區域）、烏克蘭基輔研究所（右側小藍色區域），詳圖 12 與圖 13。

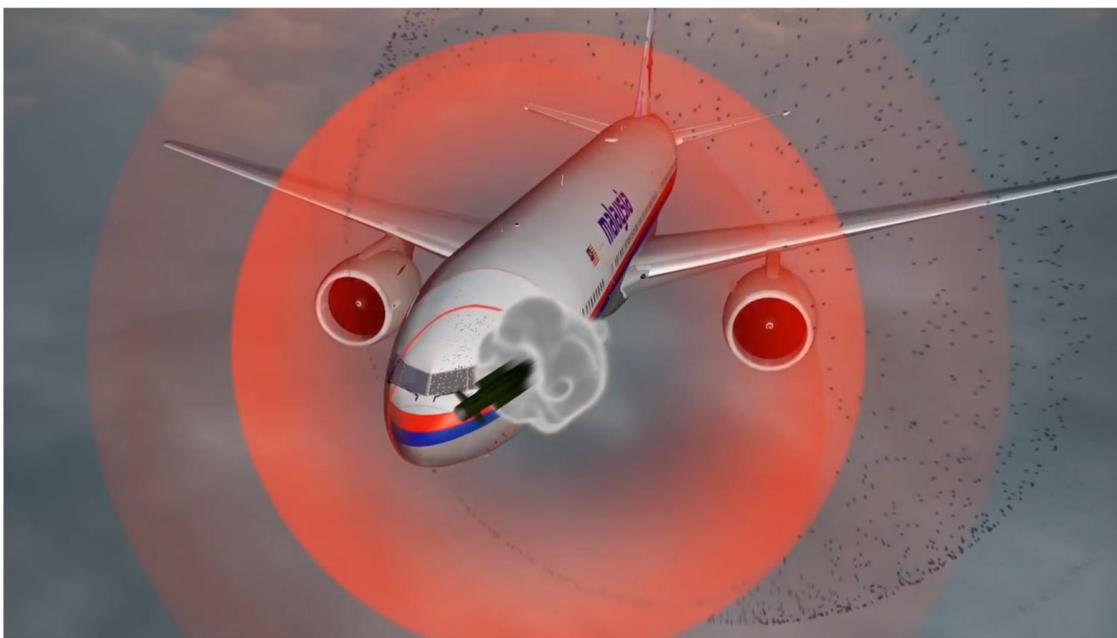


圖 13 MH17 航班事故與山毛櫸飛彈的彈道模擬成果

### 3.3.4 殘骸重建

回顧整個世界民航史，著名的殘骸重建至少包括：Pan Am 103（1988，AAIB）、TWA800（1996，NTSB）、SWISS 111（1998，TSB）、CI611（2002，ASC）、MH17（2014，DSB）。根據荷蘭 DSB 調查人員的說明，不包含殘骸運送及清洗費用，整個硬體重建費用約 1,000 萬新台幣，耗時 6 個月。

MH17 殘骸重建最難的部分是動用聯合國維和部隊及北約聯盟的警察/軍事資源，赴烏克蘭東部的事務現場收集殘骸碎片，克服種種難關將殘骸透過陸運及空運載到荷蘭空軍基地進行重建。這項重建主要是傳統的二維硬體重建，及三維硬體重建，詳圖 14，圖 15，及圖 16。首先，空軍基地機庫的地板繪製飛機的平面輪廓。逐一布置相關的殘骸，根據波音公司提供的技術文件及 777-200 全機的雷射掃描資料進行全尺寸重建。三維硬體重建的重點在前機身及其三毛櫟飛彈的碎片穿孔分布。



圖 14 MH17 二維硬體重建側視圖



圖 15 MH17 三維硬體重建側視圖

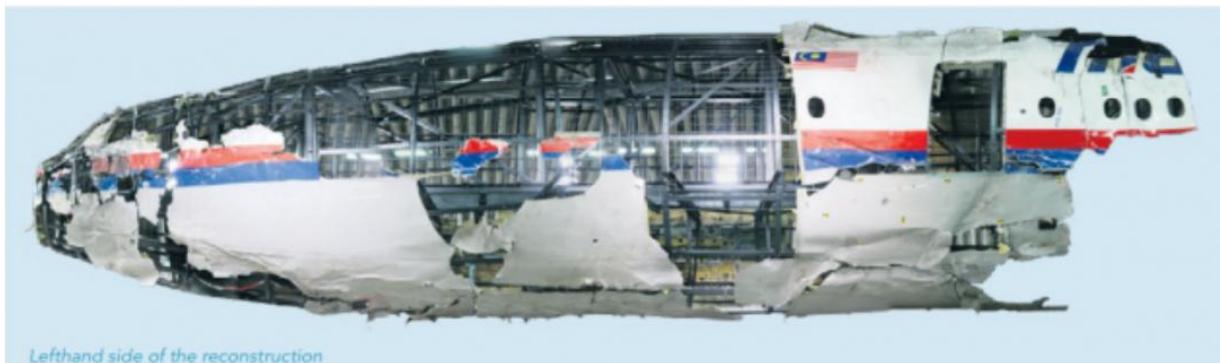


圖 16 MH17 三維硬體重建左右兩面之側視圖

### 3.3.5 馬航 MH17 的司法調查

荷蘭運安會於馬航 MH17 調查之初，即與該國司法機關及國防部組成國際聯合調查小組 (Joint Investigation Team, JIT)。DSB 公布調查報告後，荷蘭首席檢察官接手立案展開司法調查。並於 2019 年 6 月中旬公布四名涉案人員資料 (3 名俄國的軍事人員，1 名烏克蘭指揮官)。荷蘭首席檢察官曾對媒體揭露此四人在此案中「扮演重要角色…雖然他們沒有按下按鈕，我們懷疑他們緊密合作，將導彈發射器運到後來它所在之處，用來將飛機擊落。」，隨即發布國際通緝令和拘捕令。2019 年 9 月 5 日引用外電報導，烏克蘭法院將烏克蘭指揮官釋放。

本案仍受國際關注，因為荷蘭首席檢察官指控俄國司法部不配合調查。荷蘭司法部長曾公布一封致荷蘭國會的書信，他在信中提到「由於莫斯科當局無法遵守法律要求、或提供不正確的資訊，荷蘭已經對莫斯科當局採取未指明的外交步驟」。俄國外交部回應一份聲明「再一次完全毫無根據的指責，正是要與俄羅斯當局對立，此舉旨在讓俄羅斯聯邦在國際社會裡名譽受損。」

近期，英國外相及美國國務卿，均曾評論本案，並發表聲明敦促俄國「確保在俄羅斯、且被起訴的人，都能面對司法審判。」

## 3.4 重大調查案例討論

### 3.4.1 波音 737NG 墜海事故

2018 年 9 月 28 日，新幾內亞航空一架波音 737-800 型機 PX73 航班，執行日本東京成田國際機場至巴布亞紐幾內亞傑克遜斯國際機場載客任務。該機於中停楚克國際機場的最後進場時墜入機場外的瀉湖中，機上 47 名機組與乘客，該機造成 1 人死亡及 6 人重傷，航空器隨即沉入水下約 30 公尺的湖中。

本事故由巴布亞紐幾內亞事故調查委員會 (Papua New Guinea AIC, PNG AIC) 主導調查，該航空器於 2005 年 4 月 19 日交機給印度航空快運，接過數度轉賣，2013 年 9 月 13 日由新幾內亞航空購得。PNG AIC 於 2019 年 7 月 19 日發布調查報告。本案值得關注及討論的議題有三：低能見度進場且忽略 17 次 GPWS 主警告 (sink rate 及 glideslope)、使用駕駛艙觀察員的側錄影像，損壞紀錄器的特殊處理。

機長 52 歲	副駕駛
巴布亞紐幾內亞籍	澳大利亞籍
該型機飛行時 2276.4 小時	該型機飛行時 368 小時

本次飛行任務中，該公司一名機務人員座於觀察員座位，進場期間使用手機全程錄影。根據飛航資料及錄影資料，該機高度約 600 呎解除自動駕駛，高度 500 呎進入雨幕而能見度降低，約通過最低下降高度時兩名駕駛員已發現高度偏低並開啟雨刷，約高度 200 呎以下 GPWS 主警告持續作動 17 次，約高度 100 呎時副駕大吼：「太低了！我們太低了！我們太低了！我們太低了！」，飛航資料模擬動畫截圖，詳圖 17 至圖 19。

調查報告指出，飛航組員於最後進場期間忽略多項自動警告，沒有採取積極措施來阻止高速下降，避免降落在潟湖。兩人都未察覺到快速發展的不安全情況。」



圖 17 PX73 高度約 1,200 呎執行落地前檢查程序之飛航動畫模擬圖

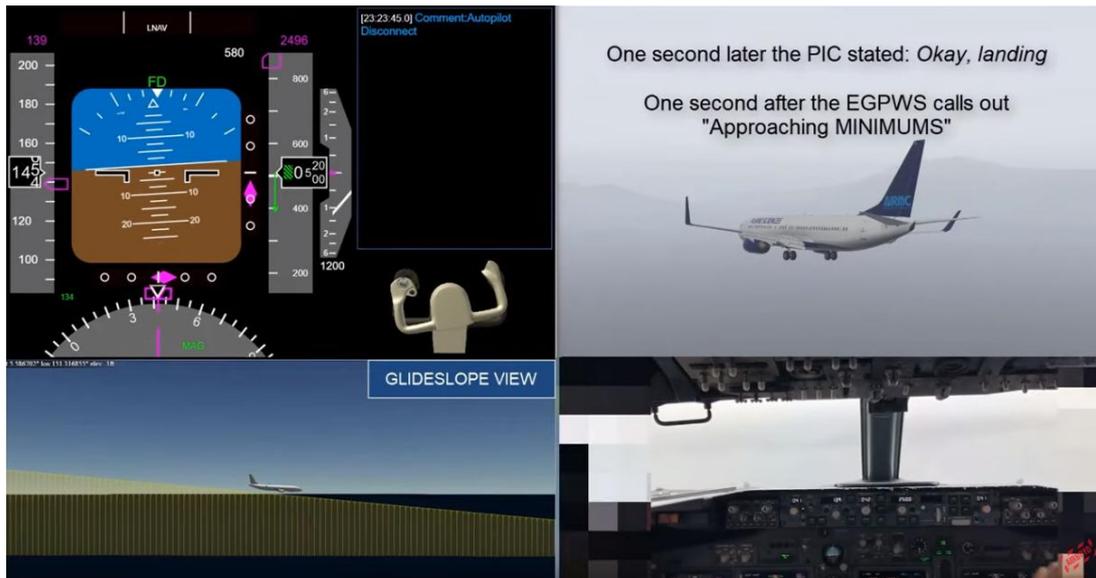


圖 18 PX73 高度約 500 呎最低下降高度之飛航動畫模擬圖



圖 19 PX73 墜入瀉湖前 1 秒的飛航動畫模擬圖

### 使用駕駛艙觀察員的側錄影像

迄今，國際航空公司飛行員協會（IFALPA）仍然反對立法記錄駕駛艙的圖像與攝影。根據 Annex 13 的相關規定，駕駛艙的錄像與聲音是不能對外揭露的，相關規定如下：

5.12 The State conducting the investigation of an accident or incident shall not make the following records available for purposes other than accident or incident investigation, unless the competent authority

designated by that State determines, in accordance with national laws and subject to Appendix 2 and 5.12.5, that their disclosure or use outweighs the likely adverse domestic and international impact such action may have on that or any future investigations: (對失事或意外事件進行調查的國家不得為失事或意外事件調查以外的目的提供下列紀錄，除非該國指定的主管機關根據國家法律確認並遵守 Annex 13 附錄 2 及 5.12.5，調查機關揭露或過度採用此類行為可能對該調查或任何未來調查產生的不利影響：)

- A. cockpit voice recordings and airborne image recordings and any transcripts from such recordings; and
- B. records in the custody or control of the accident investigation authority being:
  - a、 all statements taken from persons by the accident investigation authority in the course of their investigation;
  - b、 all communications between persons having been involved in the operation of the aircraft;
  - c、 medical or private information regarding persons involved in the accident or incident;
  - 4) recordings and transcripts of recordings from air traffic control units;
  - 5) analysis of and opinions about information, including flight recorder information, made by the accident investigation authority and accredited representatives in relation to the accident or incident; and
  - 6) the draft Final Report of an accident or incident investigation.

目前，解套的修訂條文建議為 5.12.2 The records listed in 5.12 shall be included in the Final Report or its appendices only when pertinent to the analysis of the accident or incident. Parts of the records not relevant to the analysis shall not be disclosed. (5.12.2 只有失事或意外事件的相關分析時，

5.12 中列出的紀錄才應包括在最終報告或其附錄中，與分析無關的部分不得揭露)。會議中，加國代表已提出 5.12 條的修正版本，本會應持續關注後續發展。

### 損壞飛航紀錄器的特殊處理

事故機安裝 Honeywell 第 4 代飛航資料紀錄器，因為持續泡水超過 10 天，常見的處理程序是取回陸地後，經過清洗乾淨、烘乾、檢查電路受損情形、取出固態式晶片模組，再執行受損紀錄器的下載與解讀程序。

本事故發生之初，PNG AIC 曾以電郵詢問可否請本會代為解讀，此期間亦尋求加拿大 Plance Science Inc. 的技術協助。最後，PNG AIC 支付工程費用使用 Plance Science Inc. 特術工具進行解讀與分析工作，詳圖 20。

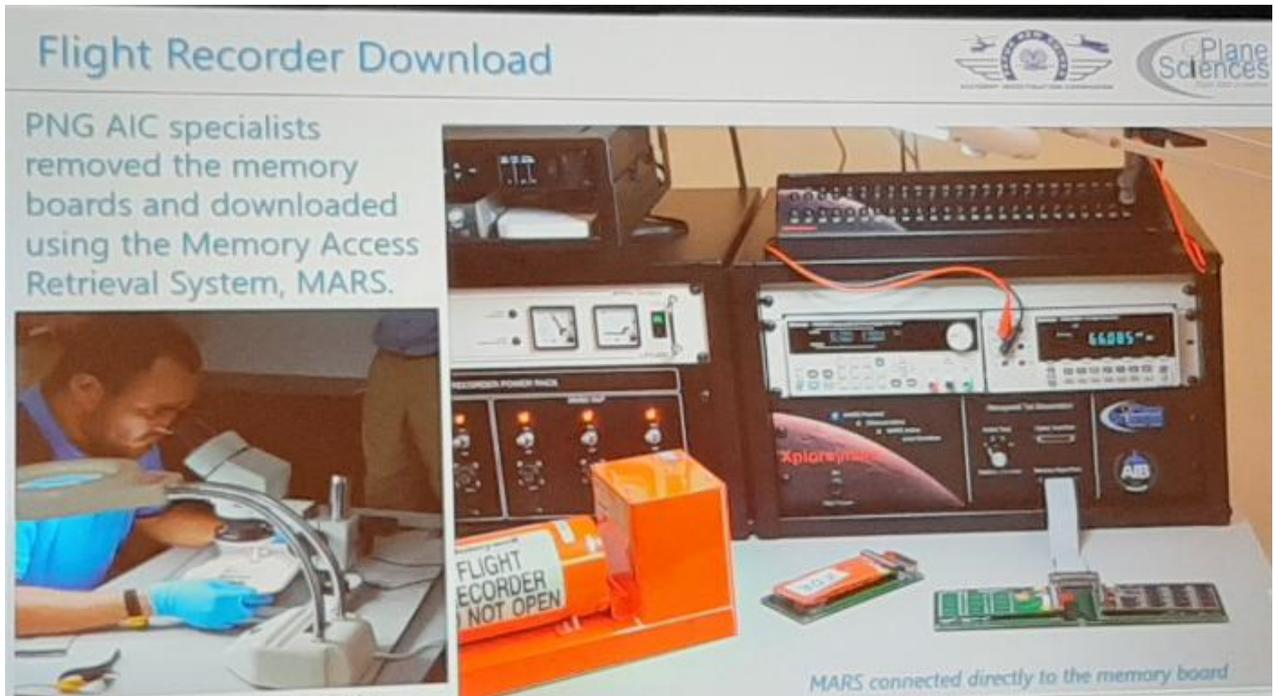


圖 20 固態式飛航紀錄器之特殊解讀裝備 (MARS)

### 3.4.2 空客之重大事故因應之道

空客安全部門提報該公司歷年來參與重大事故因應之道，他們十分關注事故的根本原因及預防方法，會中共分享 3 個案例，摘要如下。

#### A320 型機飛控排線接錯，導致左座側桿的滾轉失效

##### 1. 事件簡述

事故前一日某一架 A320 型機執行航電檢修作業；

事故當日第一航班起飛時，左座駕駛員擔任主飛，起飛揚仰轉時航機持續向

左滾轉，且修正無效；經右座駕駛員接手操控一切恢復正常。

## 2. 事故原因

事故前一日深夜維修人員執行航電檢修作業，不慎將左座側桿的訊號接線接錯。

## 3. Airbus 改進作為

修訂 A320 維修手冊中涉及飛航操控電腦的維修程序；  
修訂航電檢修作業的工單及品檢程序。

### A310 型機飛行中方向舵整片斷裂，導致航機喪失方向控制

#### 1. 事件簡述

某一架 A310 型機執行載客任務，巡航途中方向舵整片斷裂；  
航機進入異常滾轉及快速俯衝，經飛航組員緊急迫降後無人員傷亡。

#### 2. 事故原因

涉及垂直機翼及方向舵結構的定期檢查不夠周延。

#### 3. Airbus 改進作為

強化方向舵結構的檢查程序；  
檢討航空器之複合材料的強度試驗程序；

### A332 型機爬升過程遭遇大量鳥擊，導致雙發動機熄火而喪失動力

#### 1. 事件簡述

某一架 A320 型機執行載客任務，爬升過程遭遇大量鳥擊；  
雙發動機熄火後，飛航組員執行水面迫降。

#### 2. 事故原因

本案涉及航空航動機的鳥擊適航認證；  
很短時間內，航空器的控制律由正常轉為傳統手動飛行的挑戰。

#### 3. Airbus 改進作為

增加 QRH 新程序 EMER LANDING - ALL ENG FAILURE；  
檢討航空航動機的鳥擊適航認證的程序；  
雙發動機熄火後自動啟動 APU，以提供緊急電力。

### 3.4.3 A340 異常起飛爬升性能案例

2017 年 3 月 11 日，法航一架空客 A340-300 型機 AF423 航班，執行哥倫比亞波哥大埃爾多拉多機場到巴黎戴高樂機場載客任務，事故當日約 UTC2354 時，飛航組員使用埃爾多拉多機場 13R 跑道起飛（跑道長度 3,800 公尺，及一條 clear way 300 公尺）。該機使用全推力起飛，約 2,760 公尺空速達 VR，該機通過 13R 跑道末端時無線電高度只有 6 呎，空速持續偏低，約 V2+9 哩/時。此期間出現「PITCH PITCH」警告聲響。AF423 航班繼續爬升未發生其他異常事件，並且遵守在第二段的爬昇路徑上穿越障礙物的相關規定，該機後續安全完成飛航任務。BEA 調查報告指出，操控駕駛員於滾行期間的側桿操控量偏小，導致航機的仰角率及爬升速度太低，增加撞擊助導航天線的風險。

本事故的根本原因在於空客的飛行組員訓練手冊（FCTM）建議的最佳起飛帶桿率為 2 至 3 度/秒。然而飛航組員沒有任何儀表可以知道實際的帶桿率。AF423 機長的實際帶桿率約 1.5 度/秒，此過度柔和操作而多耗用約 200 公尺的地面滑滾長度。

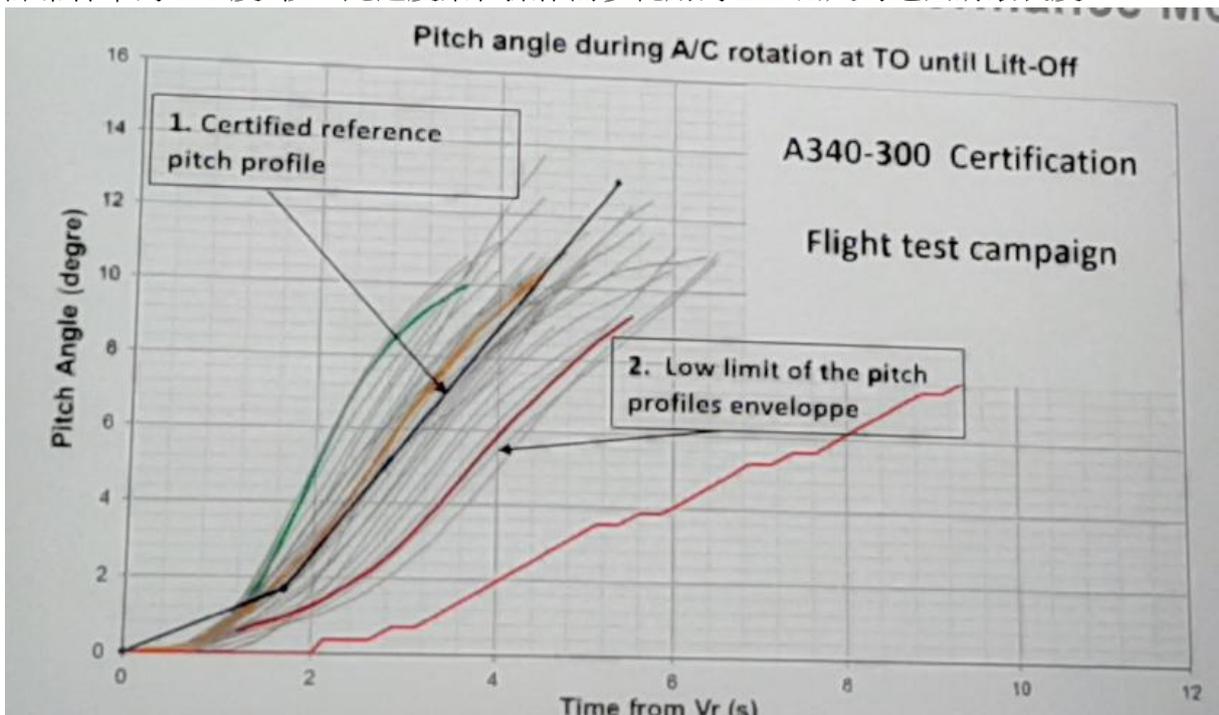


圖 21 AF423 航班於起飛仰轉期間之仰角比較圖

BEA 給 EASA 改善建議如下：

- Require operators operating the A340-300 to set-up safety measures to reduce the observed variability in the pilot's rotation

technique. (要求 A340-300 機隊業者制定安全措施，以減少飛航組員於起飛仰轉帶桿技術之差異)

- Require operators operating the A340-300 to set-up safety measures to restore sufficient take-off distance margins by comparing the possible difference between the take-off performance reached in operations and that established during certification. (要求 A340-300 機隊業者制定安全措施，透過實際的起飛操作與認證之起飛操作的性能差異比較，以恢復足夠的起飛距離裕度。)

#### 3.4.4 德國之翼 9525 航班的醫療隱私與爭議

##### 事故摘要

2015 年 3 月 24 日，德國漢莎航空子公司德國之翼航空一架 A320-211 型機航班編號 9525，執行西班牙巴塞隆納機場至國杜塞道夫國際機場載客任務，事故當日該機途經法國南部上普羅旺斯阿爾卑斯省上空時失事，機上載有 150 人，包括 144 名乘客和 6 名機組成員均罹難，航空器全毀，事故地點為阿爾卑斯山海拔 2,700 公尺的山區。

本案由法國航空失事調查局 (BEA) 負責主導調查，因涉及大量成員死亡，法國馬賽市檢察院亦委派檢察官進行犯罪偵查。經過對駕駛艙語音紀錄器內容，該機墜毀前十分鐘，一名機長 (擔任監控駕駛員) 離開駕駛艙後，被鎖在駕駛艙外，駕駛艙內僅有一名副駕駛員 (擔任艙控駕駛員) 在執行飛航任務。直至該機墜毀前，這名副駕駛員未發出求救或航空器亦無主警告資訊。事後病理解剖報告，兩位駕駛員亦未發現涉及突發性心臟病等健康問題。

BEA 的調查報告指出，本案與副駕駛員的憂鬱症有關。副駕駛員於 14 歲時開始學習駕駛滑翔機並參加飛行俱樂部。他高中畢業後開始接受漢莎航空飛行訓練。2008 年，他開始擔任漢莎航空的空服員；於 2013 年 9 月他轉入德國之翼擔任飛航組員，總飛時約 630 小時。

紀錄顯示 2009 年，副駕駛員曾因「嚴重憂鬱症」中斷了飛行訓練，並接受 18 個月的心理觀察，美國飛行訓練學校曾一度將他列入不適宜飛行員名單。檢察官事後在副駕駛員找到他的日記，部分內容被節錄於司法調查報告，例如：

- ◆ 2008 年 11 月，他搬往德國不來梅（Bremen）約 1 個後被停飛期間，他的日記出現「在接受嚴重憂鬱症的心理治療，飛行員的夢想職業就這樣離我而去…唯一能讓我感到一絲快樂的是，從懸崖上跳下去。」
- ◆ 2009 年 7 月，他接受 45 小時的心理治療後，他的日記出現「在接受治療時我意外發現，自己竟墜入如此痛苦的深淵，也意外的發現，我竟然總是淚流滿面。現在一切又好起來了。…」

2014 年 12 月，副駕駛員又出現憂鬱症狀，並曾向多位心理醫生諮詢。此期間副駕駛員曾求醫 41 次，包括眼科醫生，但沒有任何一名醫師警告民航局或航醫或航空公司。事後檢方掌握的證據顯示，副駕駛員存在視力問題，可能因害怕丟掉工作，他向德國之翼公司隱瞞病情。

2015 年 2 月，該名副駕駛員到杜塞道夫大學醫院接受醫療診斷，但他並未向醫生透露具體病情。事後調查發現，該名副駕駛員於 2015 年 3 月 10 日接受憂鬱症治療，該情況不適合在當天工作。事故後 3 天，德國檢察官指出，他事故當日曾撕毀病單，並向航空公司隱瞞罹患憂鬱症的事實，警方後來在他的住所查扣一批「治療心理疾病的藥物」。

相關證據指向，事故前副駕駛員曾服用抗憂鬱藥物西酞普蘭（Citalopram）、米氮平（Mirtazapine）及安眠藥。有醫學研究證明，病人服用初期西酞普蘭、或調整服藥劑量時，會有自殺傾向。

#### 德國醫事法的癥結點

事故發生當時，德國對病人隱私的保護極為嚴密，醫生害怕如果預先通報病人情況，該危險狀況如果沒發生，可能會使通報的醫生失去工作。德國法律禁止將病患的個人資訊對外揭露，醫生唯有在確信病人或他人安全將遭受危害時，才有權擱置病人隱私。

BEA 調查報告建議，對飛行組員進行更嚴格的醫療檢查項目及次數，並容許在維護大眾安全的前提下，放寬醫療報告去揭露醫療隱私資訊。

德國之翼發生後，我國「航空人員體格檢查標準」105 年 3 月 8 日發布修訂內容，其第 6 條、第 11 條、第 12 條及第 17 條內容如下：

- ◆ 第六條 民航局或體檢醫師認為有必要時，得要求體檢受檢人提供有關資料或指定 醫療機構、專科醫師檢查，作為評定之參考。

- ◆ 第十一條 航空人員因病、傷致不能執行職務連續達二週以上者，應由服務單位向民航局或受其委託之體檢醫師諮詢。
- ◆ 第十二條 航空人員如自知體能衰弱或體能缺陷加劇，致不能符合所持有體檢證規定之標準時，應及時主動向服務單位請求停止執行職務，服務單位並應向民航局或受其委託之體檢醫師諮詢。前項及前條經諮詢後，認為應再體檢之航空人員，並應向民航局或受其委託之體檢醫師申請複檢，於複檢通過後，始得再執行職務。
- ◆ 第十七條 精神及神經系統檢查標準如下：
  - 一、精神疾病：不得有下列情形之一之病史或經鑑定確定：
    - (一) 思覺失調類群及其他精神病症。
    - (二) 嚴重精神官能症、壓力相關障礙症及體化症。
    - (三) 人格或行為失常，其嚴重性已達反覆表現之程度。
    - (四) 精神活性物質相關障礙症及成癮。
    - (五) 特發於孩童期與青少年期之行為及情緒疾患。
    - (六) 任何足以影響安全執行職務之精神疾病。
  - 二、神經系統疾病：不得有下列情形之一或見諸病史。
    - (一) 癲癇發作。
    - (二) 意識障礙其原因不明。
    - (三) 腦血管病變。
    - (四) 偏頭痛或其他頭痛合併神經功能障礙。
    - (五) 任何其他足以影響安全執行職務之進行性或非進性之中樞、末梢及自律神經系統疾病。
  - 三、頭部損傷：不得有左列情形之一或見諸病史：
    - (一) 頭部外傷傷及顱腔內部，遺有局部腦組織或腦膜損傷。
    - (二) 頭部外傷傷及硬腦膜。
    - (三) 頭部經手術後，延及顱骨內外板。
    - (四) 任何其他足以影響安全執行職務之頭部外傷。
  - 四、不得有足以影響安全執行職務之脊椎損傷。

來自副駕駛員家屬的翻案意見

Tim van Beveren 是位飛安專家及飛行員，他對檢察院的調查結果表示質疑。BEA 發布調查報後，副駕駛員的家屬無法接受該結果，並找第三方獨立調查（包括 Tim van Beveren 及哈一位勒大學教授）。其公開聲明指出「要找到證據，揭示事情的真相；官方調查一開始就從憂鬱症飛行員自殺，將其它可能性排除在外」。主要疑點如下：

1. 法國總統為何匆匆下結論?為何事故後 2 天法國總統就宣布事故原因指向副駕駛員。
2. 官方調查團隊未深入探討航機是否存在技術故障。
3. 事故山區是否存在不穩定氣流。
4. 2014 年至 2015 年期間，副駕駛員多次看診是眼疾而非憂鬱症。沒有一個醫生診斷說他患有憂鬱症或心理疾病。只有一份家庭醫生報告裡懷疑，他也許患有輕度精神分裂症。

### 3.5 商用太空運輸與事故調查

#### 3.5.1 FAA 商用太空運輸部門及相關法規

美國的商用太空運輸部門成立於 1984 年，法源為 Commercial Space Launch Act。1995 年於美國聯邦航空總署轄下成立商用太空運輸辦公室（Office of Commercial Space Transportation, AST），詳圖 22。FAA 商用太空運輸辦公室的負責人為 FAA 助理局長，下設四個業務部門，該辦公室負責 1. 保護大眾安全與健康；2. 保護美國的國家機密與太空政策；3. 促進美國商業太空運輸產業發展。發射太空運具的證書至少包括：運具本身、運具操作範圍、大眾安全等，與 FAA 的航空法規極為不同。

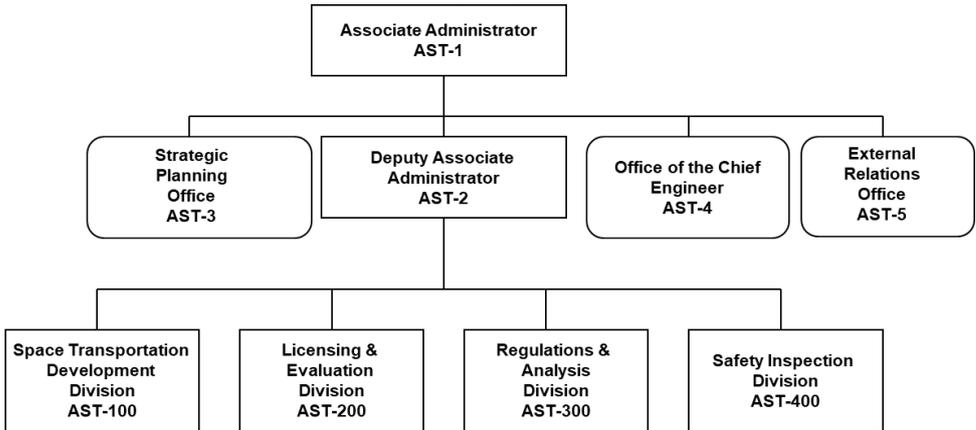


圖 22 FAA 商用太空運輸辦公室組織圖

FAA 商用太空運輸辦公室的主要認為為確保在商業太空發射及重返運具於活動期間保護美國的大眾安全、財產和、國家安全，及外交政策的利益，並鼓勵及促進美國的

商用太空運輸活動。迄今，發射一次行太空運具包含：地面發射、海面發射、空中發射，及探空火箭。可回收式的太空運具包含：載人可重複使用的運載火箭（太空梭）、太空重返運具（SPACEX 火箭）、可重複使用的亞軌道火箭。

根據 FAA 與 NTSB 的合作協議，當雙方認定一起事件屬失事等級（accident），採用 NTSB 的民航事故調查程序；如非屬失事等級由 FAA 商用太空運輸辦公室決定調查規模與方式。以 2014 年為例，FAA 監督商用太空運輸業者進行 8 件意外事件調查（mishap），並參與 1 件 NTSB 的失事的調查。

### 3.5.2 NTSB 太空運具事故調查經驗

美國國家運安會（NTSB 過去 20 餘年，進行過幾件大型太空運具的事故調查，如：1993 年飛馬運載火箭意外事故，1986 年挑戰者號太空梭失事故，及 2003 年哥倫比亞號太空梭失事。近期事故包括：2014 年 Antares Cygnus CRS orb-3 事故，2015 年 SpaceX Falcon 9 太空載具事故，2016 年 SpaceX Falcon 9 Amos-9 事故等。以下摘錄部分重點：

調查法源 49 U.S. Code § 1131. General authority

(a) GENERAL. —

(1) The National Transportation Safety Board shall investigate or have investigated (in detail the Board prescribes) and establish the facts, circumstances, and cause or probable cause of—

(A) an aircraft accident the Board has authority to investigate under section 1132 of this title or an aircraft accident involving a public aircraft as defined by section 40102 (a) of this title other than an aircraft operated by the Armed Forces or by an intelligence agency of the United States; (適用於航空運具事故)

(B) a highway accident, including a railroad grade crossing accident, the Board selects in cooperation with a State; (適用於公路運具事故)

(C) a railroad accident in which there is a fatality or substantial property damage, or that involves a passenger train; (適用於軌道運具事故)

- (D) a pipeline accident in which there is a fatality, substantial property damage, or significant injury to the environment; (適用於管道事故)
- (E) a major marine casualty (except a casualty involving only public vessels) occurring on or under the navigable waters, internal waters, or the territorial sea of the United States as described in Presidential Proclamation No. 5928 of December 27, 1988, or involving a vessel of the United States (as defined in section 2101 (46) [1] of title 46), under regulations prescribed jointly by the Board and the head of the department in which the Coast Guard is operating; and (適用於重大水路事故)
- (F) any other accident related to the transportation of individuals or property when the Board decides— (適用於太空運具事故)
  - (i) the accident is catastrophic;
  - (ii) the accident involves problems of a recurring character; or
  - (iii) the investigation of the accident would carry out this chapter.

調查法源 14 CFR 401.5

§ 401.5 Definitions.

Casualty means serious injury or death. (重傷與死亡的定義)

...

Launch accident means (太空發射運具之失事定義)

- (1) An event that causes a fatality or serious injury (as defined in 49 CFR 830.2) to any person who is not associated with the flight;
- (2) An event that causes damage estimated to exceed \$25,000 to property not associated with the flight that is not located at the launch site or designated recovery area;

(3) An unplanned event occurring during the flight of a launch vehicle resulting in the impact of a launch vehicle, its payload or any component thereof:

(i) For an expendable launch vehicle, outside designated impact limit lines; and

(ii) For a reusable launch vehicle, outside a designated landing site.

(4) For a launch that takes place with a person on board, a fatality or serious injury to a space flight participant or crew member.

Mishap means a launch or reentry accident, launch or reentry incident, launch site accident, failure to complete a launch or reentry as planned, or an unplanned event or series of events resulting in a fatality or serious injury (as defined in 49 CFR 830.2), or resulting in greater than \$25,000 worth of damage to a payload, a launch or reentry vehicle, a launch or reentry support facility or government property located on the launch or reentry site.

#### 1993 年飛馬運載火箭意外事故<特別調查報告>

1993 年 2 月 9 日，美國東部標準時間約 0930 時，美國軌道科學公司執行飛馬運載火箭任務，美國航太總署（NASA）按照先前建立標準流程，啟動中止任務的決定。幾秒鐘後，該運載火箭的測試系統重新啟動發射序列，致導彈與其航母飛機完全分離。飛馬火箭的點火程序，升空程序，及隨後將兩顆衛星部署到低軌道也是平安無事。參與任務的人員沒有受傷，也沒有損壞任務中的任何設備。

本報告中提出的安全議題包括：指揮、控制與通信責任、發射機組人員疲勞、發射對講機操作程序、發射限制效率，以及缺乏發射火箭的共通性文件等。

參與調查機構：美國 NASA、美國交通部。美國交通部邀請 NTSB 參與調查（根據 1989 年 6 月 5 日合作協議備忘錄）。

#### 1986 年挑戰者號太空梭失事

1986 年 1 月 28 日，美國東部標準時間約 1139 時，NASA 發射挑戰者號太空梭發生重大事故。太空梭於美國佛羅里達州上空剛起飛 73 秒就爆炸起火，機上 7 名機組人員

喪命。解體後的殘骸掉落在美國佛羅里達州中部的大西洋沿海處。

挑戰者號太空梭升空後，因右側固體火箭推進器的 O 型環密封圈失效，致原本密封在固體火箭推進器內的高壓高熱氣體泄漏。氣體泄漏影響附近的外部燃料槽。高溫的燃燒下結構失效，亦致使右側火箭推進器的尾部脫離。

羅傑斯委員會發現，NASA 組織文化與決策過程中的缺陷與錯誤導致這次事故的關鍵因素。自 1977 年開始，NASA 的管理層事前已經知道承包商所設計的固體火箭推進器在 O 型環處存在著潛在的缺陷，但卻未曾提出過改進意見來妥善解決。事故當天清晨時，工程師對於低溫下進行發射的危險性發出的警告，且未能充分地將這些技術隱患報告給他們的上級。

參與調查機構：美國總統成立羅傑斯特別委員會，前國務卿威廉羅傑斯（主席）、太空人尼爾·阿姆斯壯（副主席）、理察·費曼等。

### 2003 年哥倫比亞號太空梭失事

2003 年 2 月 1 日，哥倫比亞號執行 STS-107 任務返程發生重大事故，事故地點位於美國德克薩斯州與路易斯安納州上空。該事故造成機上 7 名太空人罹難。STS-107 任務發射時，太空梭外儲箱上的絕熱材料碎片因空氣動力脫落並擊中太空梭左翼前緣。太空梭重回大氣層時太空梭熱防護系統失效而導致事故發生。高溫氣體穿透損傷部位並摧毀太空梭內部機翼結構，迅速導致太空梭在空中解體。

調查報告指出，NASA 管理部門多年來習慣沒有造成嚴重損害的意外事件，且不用進行調查，後被稱為偏差行為的正常化。參與調查機構：美國 NASA、美國交通部、NTSB。



圖 23 哥倫比亞號太空梭之殘骸重建結果

### NTSB 商業太空計畫

為有效力地執行太空運具事故調查，NTSB 1. 籌組工作小組（NTSB, FAA AST, USAF, NASA）；2. 太空產業諮詢小組（推動調查員訓練計畫，參訪相關機構與裝備）；3. 成立太空運具設計與系統工程組（代號 SPACE 101）；4. 研擬事故調查標準作業程序；5. NTSB 支持並共同推動國際太空法。

### 3.6 飛行技術與人為因素調查

人為因素的調查重點至少包含：感覺/知覺因素、醫療及生理因素、知識或技能因素、個性和安全態度、判斷-風險決策因素、機組間溝通/協調因素、設計/系統因素、監督因素等。

過去 60 餘年民航技術的日新月異，以使飛航安全進入一個極度安全時代。然而，隨著客機旅運量的增加，任何一次致命空難對全球經濟必具衝擊性。飛航事故調查的關注焦點亦隨之轉移，第一階段技術故障；第二階段人為因素；第三階段組織因素；第四階段社會技術系統，詳圖 24。

針對組織因素的安全議題，民航界仰賴飛航資料監控、強制安全報告、主動安全報告及內部查核。而社會技術系統則是全新領域，盡一切力量取得各式運行資料，環境資料，以及系統內人員主動提報之資料。第四階段的大量資料，可以稱為民航大數據的應用時代。

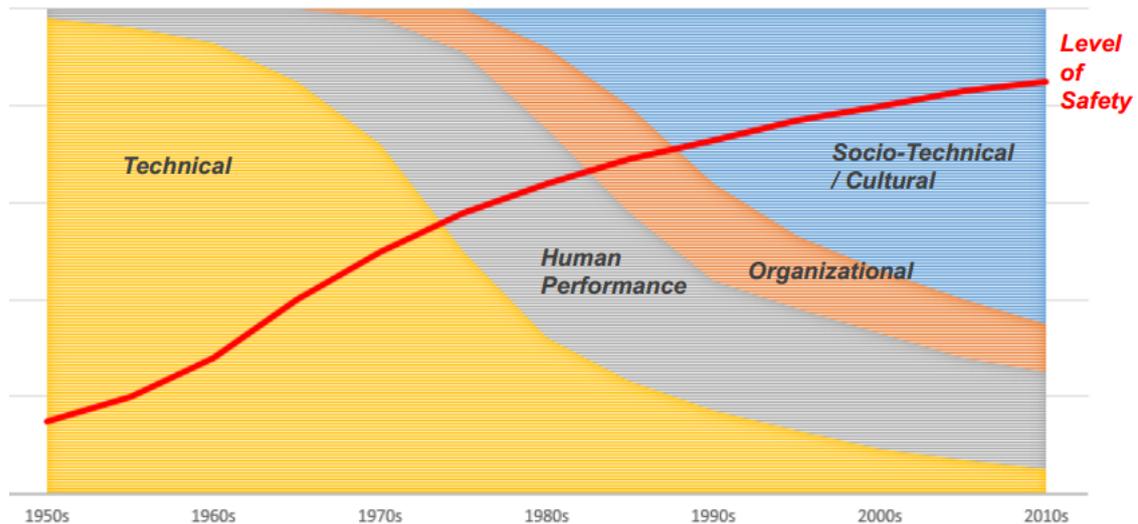


圖 24 飛航事故調查的關注焦點轉移圖

### 3.6.1 飛行技術與事故肇因統計

文獻研究顯示，飛航事故的可能肇因與風險涉及 70 至 80%的人為疏失，不好的飛行技術（airmanship）常見於各類調查報告，詳表 1 世界飛安基金會的統計分析結果。此外，不好的飛行技術易導致飛航操作與營運效率之缺失，進而增加系統的風險，降低整體效能與經費損失。

何謂飛行技術？飛航組員能始終如一地運用良好的判斷力與完善的技能（well-developed skills）來實現飛行目標。良好的飛行技術所需的一致性有兩特點：飛行紀律建立在不妥協的基礎上；持續維持系統性技能與開發熟練的操控技巧。飛行技術亦須高度的狀況警覺，已建立完整的飛行技術，透過學習以獲得自己能力及限制、航空器、環境、團隊與風險的相關知識，詳 Tony Kern 研究（1996）。

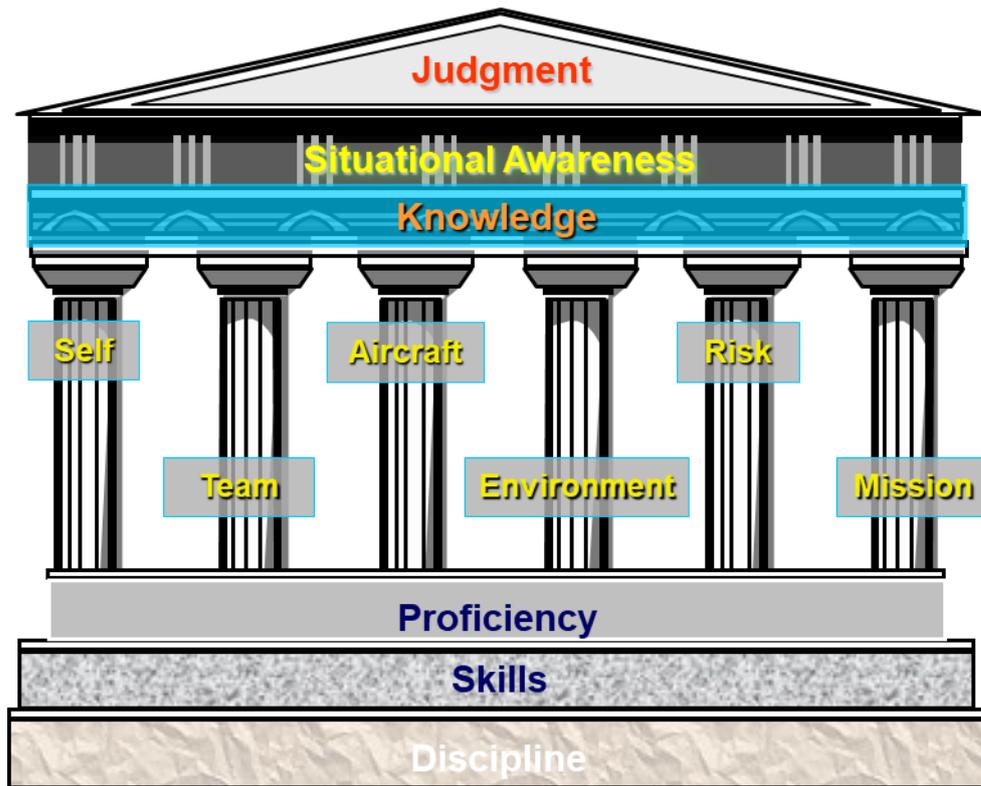


圖 25 飛行技術示意圖

良好的飛行技術是基於合理的判斷，並遵守下列規則來操控航空器：

1. 飛行- 操控航空器，檢查姿態、速度、高度、相關儀表，及自動駕駛模式
2. 導航- 飛航組員知道航空器之位置，及前往的目的地/下一個導航點
3. 溝通- 飛航組員彼此討論與回顧遭遇的問題，分享任務，相互合作
4. 管理- 採取後續的安全作為，並適度使用自動駕駛
5. 監控- 持續檢查航空器之改變之處，遭遇不可預期的事件時，解除自動駕駛採取手動飛行。

表 1 世界飛安基金會的統計分析結果 (Flight Safety Foundation - 1998-1999)

失事之原因分類	屬進場及著陸相關比例
不適當之決策	74%
遺忘某一程序或不適當的行為	72%
不適當之座艙資源管理 (如組員協調，交叉檢查等)	63%

對飛行軌跡之狀況警覺不足	52%
不適當或不成份理解當下的環境情況	48%
飛航組員之過慢或延遲行為	45%
飛行操控困難	45%
飛航組員與管制員之間溝通不正確或不完整	33%
飛航組員與自動駕駛之互動問題	20%

### 3.6.2 狀況警覺與飛行決策

飛航意外事件及失事調查很常出現狀況警覺 (Situational Awareness, SA) 及飛行決策 (Aeronautical Decision Making, ADM)。據考證「狀況警覺」一詞來自美國空軍，有時也稱為「情境警覺」或是「情境意識」。狀況警覺係為特定的時間內，對影響飛機及飛航組員的因素及周邊狀態的準確理解。狀況警覺能力是一種針對個人所從事的工作，及其對週遭的事物保持警覺的能力。狀況警覺是決策的第一步。只有對周邊的人、機、環等情況充分的認知，才有可能觸發決策。

飛行決策 (Aeronautical Decision Making, ADM) 是指在航空飛行駕駛過程中，飛航組員面對特定情境做出最佳決策時的心理及生理的過程。飛行決策建立在高度狀況警覺能力之上，飛航組員要理解四個問題：現在怎樣？未來怎樣？我能怎樣？我該怎樣？透過反覆思考以獲得對周邊情景，及對發展趨勢之掌握與預測。約 1950 年代，歐美研究的心理學家對人類的決策問題產生興趣，迄今已衍生許多理論，概分為規範性決策理論、描述性決策理論及自然決策理論，概述如下：

- ◆ 規範性決策理論：視人為完全理性決策者，假設某特定事件的發生機率。決策者根據事先獲知的機率模型來理性決策。忽略人類大量不理性的決策衝動。
- ◆ 描述性決策理論：視決策者以目標導向為前提，如果有威脅，那就採取行動。無法有效解釋具有時間壓力、目標模糊等複雜條件下的決策過程。
- ◆ 自然決策理論：視決策者在複雜的、動態變化的、充滿不確定性的真實環境下的決策。

航空的飛行決策受其影響，如資訊加工模型源自規範性決策理論，它強調飛航組員在決策過程中，根據主觀機率模型對事件結果發生的可能性，做出主觀反應進而獲得最佳決策，詳圖 26。亦即飛行決策取決於飛航組員對發生特定事件之機率的認定過程。近 30 年的相關研究卻提出人類的決策過程受到非理性因素的影響，建議要務實思考飛航組員的決策過程，很短的時間面臨時間壓力與目標模糊的複雜條件，亦要思考決策者的決策技能訓練。

1980 至 1990 年代發生數起重大飛航事故，航空學者與心理學家開始研究自然決策理論，目的是了解飛航組人員於高度複雜的駕駛艙如何與航管人員進行有效溝通及正確決策。該理論納入考略動態的操作環境中之變數，例如高風險、不確定性、目標變化、時間壓力目標模糊，甚至卻乏關鍵資訊的因素。

飛行決策的核心是風險評估，所謂風險評估係指飛航組員對外部環境及內部環境潛在風險的主觀認知與評價。一般情況下，當飛航組員需要作出一個好的決策時，往往是要先考慮「有無風險?有哪些風險?風險是否可控?控制過程中是否有衍生風險等?」，根據理論，主要的風險評估分為四種：

- ◆ 當事人對狀況警覺不足，無法意識到風險。
- ◆ 當事人能準確評估外部情形，受限其知識、能力等限制無法意識到風險。
- ◆ 當事人意識到風險後，個人基於過去的經驗、任務之動機或人格特質而認為風險不足為懼，而放任風險發展。
- ◆ 當事人客觀評估風險後，並採取理性行動。

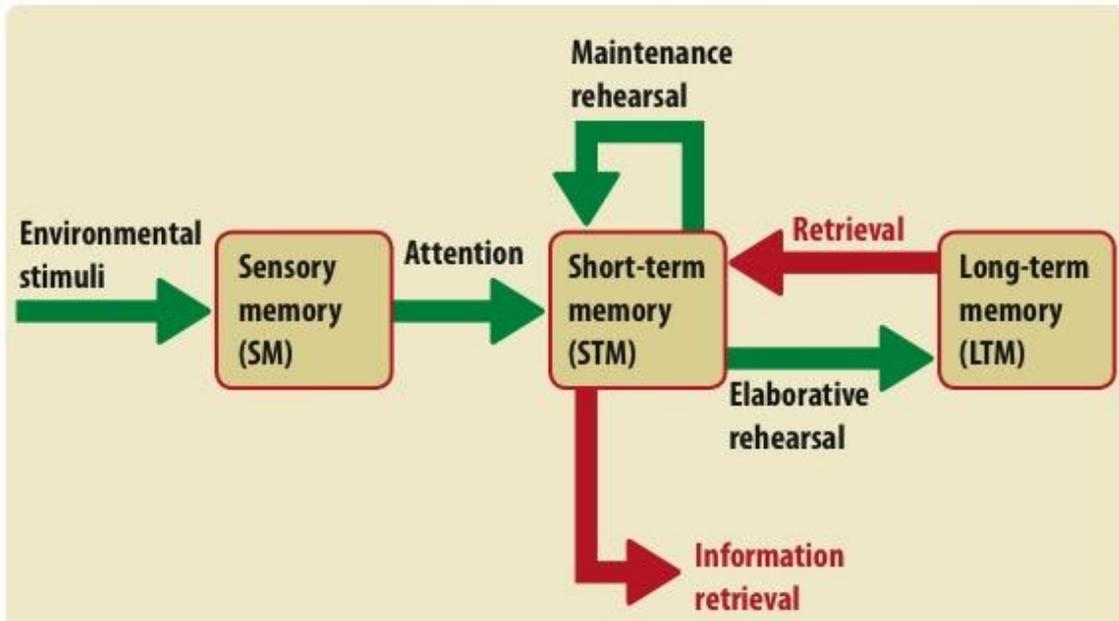
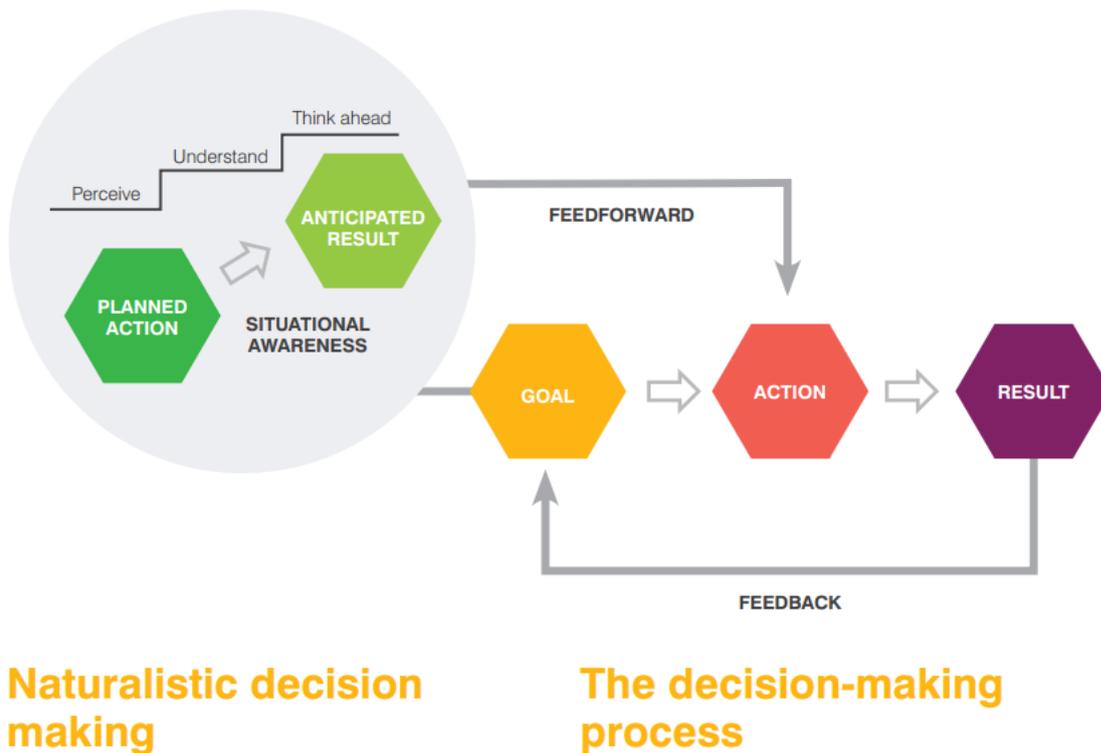


圖 26 資訊加工模型模型圖 (Cognitive Information Processing (CIP) Theory)



### Naturalistic decision making

### The decision-making process

圖 27 自然決策與決策之回饋機制圖

飛行決策主要受到狀況警覺、風險評估、知識和經驗、人格特質、社會因素等因素的影響，決策的深層次要因素取決於組織與個人的安全文化。飛航組員的人為因素訓練與事故調查可以從四方面著手。

- ◆ 提升個人能力，包括基礎性的能力（飛行技術、遵守法律及公司安全規範等），及保證性的能力（嚴格遵守 SOPs、持續自我學習、吸取他人的經驗與教訓、座艙資源管理、良好的飛行決策、避免管道效應等）。
- ◆ 加強風險評估，透過加強狀況警覺及風險意識來提升當事人的風險評估技能。飛行中隨時掌握飛機狀態（動力，運動軌跡，外型設定）、飛機位置（飛行計畫，航路，障礙物）、天氣動態（當下觀測，未來預報）、時間變數（可用燃油時間，預計到達時間，航管等待時間，到備降場所需時間等）、對前後艙組員之理解等。
- ◆ 磨練人格特質，牢記「風險無所不在，但整體可預測」。飛航組員應遵守飛航紀律、機組團隊紀律、個人紀律。應維持專業的態度，理解與認同組織的安全文化、價值觀、行為準則。應持續自我學習，透過自我要求，實現卓越的績效。
- ◆ 善用新技術以提高安運行安全，如透過抬頭顯示器，電子飛行包，整合飛行資料和決策資訊，大大提升查詢效率。

與會的專家提出繼續計畫偏見（plan continuation bias）對飛行決策的影響。例如濕滑跑道情況下，A330 適航認證的最大展示側風為 32 浬/時，存在陣風可達 40 浬/時。實際案例為，某 A330 航班獲得落地許可後高度約 2,000 呎時，機載航電系統的側風分量為 50 浬/時，地面測報的平均值側風為 38 浬/時，且氣象預報有一強烈雷暴正在接近機場。飛航組員面對強烈雷暴的壓力，他極可能選擇繼續進場，而不願去備降場。

因為，去備降場要另外安排旅客轉機，前後艙組員的後續航班也會受影響。此為繼續計畫偏見的表現。詳細資訊可查閱澳洲民航局發布之技術文件「Safety behaviours: human factors for pilots 2nd edition, Resource booklet 7 Decision making」。

## 四、建議

本次參加國際航空安全調查員協會年會，行程圓滿且收獲豐富。討論主題包括：討論主題包括：ICAO Annex13 最新修訂內容、馬航 MH17 之殘骸重建、飛航組員之醫療隱私、重大飛航事故之經驗與教訓、全球性合作、人為因素調查，安全管理及安全模型之發展，及太空商用運輸等議題等。本會與其他機關調查人員表交流熱絡，多數成員對我國轉至運安會都深表敬佩，據此出以下三項建議：

- 一、本會應積極發展新興調查技術與安全分析模型。
- 二、深化參與國際航空安全調查員協會的技術活動，廣泛建立運安會人脈與資源。
- 三、吸取歐美近期重大調查案的經驗，關注與司法機關之合作，飛航組員的藥物檢測與醫療隱私等議題。