

出國報告（出國類別：研究）

赴美國巴爾的摩市參加 2012 年國際
航空安全調查員協會（ISASI）
年會出國報告

服務機關：飛航安全調查委員會

姓名職務：調查實驗室主任／官文霖

派赴國家：美國巴爾的摩市

出國期間：民國 101 年 8 月 24 日至 9 月 1 日

報告日期：民國 101 年 9 月 6 日

目次

一、目的

二、過程

三、心得

四、建議

一、目的

為持續提升本會的調查技術並與國際同業經驗交流，職奉派參加第 43 屆國際航空安全調查員協會（ISASI）年會並發與 NTSB 主辦的專題論壇。年會主題為『重新評價飛安-從被動反應的到主動預測』。議程為 1 天教育訓練及 3 天會議，主要內容包括：3 場專題演講（NTSB 主席、TSB 主席、BEA 執行長）、4 場次專題論壇（調查實驗室對大型失事之挑戰及機會、參與平行調查的挑戰、現場調查階段到最終報告間的落差、發展及培養安全意識的重要性）、4 篇學生論文、22 篇技術論文。

其中，法國 BEA 的法航 447 航班事故、巴西 CENIPA 的 3504 航班事故、波音公司的降低航空器衝出跑道事故之新策略，以及各式非揮發性記憶體（NVM）的處理及解讀等論文最為重要。

我國非常榮幸能獲得美國 NTSB 主席的邀請參與「工程實驗室對失事調查之支持、機會與挑戰」專題論壇。圖 3.1 部份與會人員合影。

圖 3.1 部份與會人員合影



二、過程

日期	起訖地點	詳細任務
08/24	台北 - 美國舊金山 BR28 23:30~ 21:10	起程
0825	美國舊金山-巴爾的摩 UA580 22:30 ~ 06:40+1 天	轉機 抵達
08/26	巴爾的摩	報到
08/27~08/29	巴爾的摩	會議
08/30	巴爾的摩 美國巴爾的摩-洛杉磯 UA307 18:09~ 20:38	會議及轉機
08/31~09/01	洛杉磯-台北 BR01 01:35 ~ 05:50+1 天	回程 返國

8月27 日議程

- 第一場 當飛航動畫無法詮釋真實故事；飛航資料於失事調查之應用與超越
- 第二場 航空器製造商（Airbus/Boeing/Honeywell）對失事調查之技術援助

8月28日 議程

- ISASI主席Mr. Frank Del Gandio開幕致詞
- NTSB主席Ms. Deborah A. P. Hersman 專題演講
- 於事故驅使的民航界中預測飛安（Mr. Jim Burin/FSF）
- 自願性安全計畫於安全管理系統（SMS）之作用（Mr. Tim Logan/美西南航空）

- 面對改變- 從組織責任 (Responsibility) 到個人權責 (Accountability) (Mr. Carmen Hanford/澳洲皇家海軍)
- 事故調查委員會的小組專題研討：工程實驗室對失事調查之支持、機會與挑戰
 - 由美國NTSB主導，並邀請法國BEA、加拿大TSB、俄國IAC及台灣ASC協助
- 主動式的事務調查管理 (Ms. Mike Cunningham/加拿大TSB)
- A320於巴西聖保羅衝出跑道之失事調查 (Mr. Fernando Camargo/ 巴西 CENIPA)
- 適合普通航空業航空器之低成本飛航記錄器之發展 (加拿大皇家空軍)
- 本日會議提問及小組會議

8月29日議程

- TSB主席Ms. Wendy Tadros 專題演講
- 事故調查委員會的小組專題研討：涵蓋事故調查現場至最終調查報告之差距
- 美國NTSB 副主席Mr. Christopher A. Hart 主持
- 航空維修安全問卷調查-預測安全工具已從飛行操作轉為維修因素 (英國 Cranfield University)
- 小國家對重大失事之調查及管理 (利比亞Ethiopian 409航班失事， Capt. Mohammed Aziz)
- 事故調查委員會的小組專題研討：涵蓋事故調查現場至最終調查報告之差距 (美國NTSB委員Mr. Robert Sumwalt, 主持)
- 以安全研究計畫推動飛航安全之好處 (NTSB Mr. Joseph Kolly)
- 航空器失事恢復訓練裝備之創新研發 (Mr. John Stoop, 荷蘭Delft大學)
- 事故調查工具及技術之演進－戴達羅斯，智能手機到NEXGEN新世代航管系統 (Jay Graser, Gemitek)

- 應用奇數比例以量化事故原因與疏失間的關係（Mr. Sawyer, Fort Hill Group）
- 本日會議提問及小組會議

8月30日議程

- ISASI 會員及會務大會
- 被動式及主動式飛航資料之應用（納吉利亞事故調查局及CAE Flightscape）
- 事故調查委員會的小組專題研討：安全意識之開發與培養（美國NTSB 委員Mark Rosekind主持）
- 無人航空器系統失事之調查議題（Mr. Tom Farrier）
- 航空器意外事故調查之整體方法（Mr. Phillip Sleight/ UK AAIB）
- 法航AF447失事專題報告
 - 法國BEA執行長Mr. Jean-Paul Trodec 提到調查進度與意見（發現及安全建議）
 - 法航AF447主要調查分組提報（損壞紀錄器解讀、飛行操作議題、家屬援助及通信等）

三、心得

第 43 屆國際航空安全調查員協會年會（ISASI）約有 35 個國家約 350 人與會，大會主題為「重新評價飛安-從被動反應的到主動預測（Evaluation of Aviation Safety- From Reactive To Predictive）」。與往年最大不同是 NTSB 積極參與規畫，將會議的論文提報改為四場次的大型專題論壇討論（Panel Discussion）。

NTSB 主席 Deborah A. P. Hersman 第一天的專題演講重點：

- 重要職務更動：原來的執行長 Tom Haueter 今年夏天已退休，新任航空部門執行長為 John DeLisi，副執行長為 Dana Schulze。Lorenda Ward 及 Frank Hilldrup 為 NTSB 新任的 international advisor。
- 面對 21 世紀複雜的航空運輸科技，調查員不能以 20 世紀的心態及技術從事調查工作。北美及歐洲地區雖然重大空難已大幅減少，事故調查工作惟有仰賴多國的技术合作才能充分展現調查效率，並一起努力消弭飛安缺失。
- 所有的調查機構必須使用所有可用的工具，保持警戒心態並提高實驗室的現代設備及工具，透過資料探勘及研究找出飛安隱患。美國最近 10 年的飛安成就是透過偉大的技術合作所達成的，包括：監理機關、製造商、民航業者、民航職工、商業航空安全小組（CAST）及世界飛安基金會等組織，惟有如此我們才可能從被動反應的到主動預測的飛安觀念。
- 21 世紀的事故調查工具（forensic investigation tools）主要有四項：持續強化辯證科學、資料收集與分析、新技術及新式應用科技、國際技術合作。應用非揮發性記憶體（NVM）及智能手機或平板電腦內的資料解讀，即為新技術及新式應用科技的重要發展方向之一。目前，NTSB 將損壞晶片解讀、以掃描電子顯微鏡（SEM）偵測材料下表面的狀況、資料探勘及飛安研究列為重點發展方向。

TSB 主席 Wendy A. Tadros 第二天的專題演講重點：

- 事故調查工作惟有仰賴多國的技術合作才能充分展現調查效率，並一起努力消弭飛安缺失。最近 10 年，加拿大已達到 0 死亡率的飛安紀錄。
- 解釋 2012 年 TSB 所提列的航空類的 Watch List 項目，包括：航空安全管理系統、落地失事及衝出跑道、地面碰撞風險、可控飛行撞地或撞水。
 - 航空安全管理系統（SMS）：加拿大運輸部（TC）無法有效的監督加國民航業者發展航空安全管理系統，甚至有些公司未被要求建立 SMS。TSB 建議 TC 必須有效監控所有民航業者的 SMS 實行作為於日常性的運作中。
 - 落地失事及衝出跑道：本項是國際民航也是加國的飛安一大重要改進項目。於惡劣的天氣中，飛航組員需要得到及時的天氣資料、跑道道面條件。此外，機場需要延長跑道安全區，或安裝等工程減阻系統（EMAS），使衝出跑道的航空器能安全停止。
 - 地面碰撞風險：本項風險包括航空器與地面車輛或滑行中的其它航空器。TSB 建議加國的機場服務提供單位需要改進其程序，並強化其的碰撞預警系統。
 - 可控飛行撞地或撞水：本項風險已持續發生於普通航空業 10 年以上。TSB 建議業者要改進其非精密進近程序，及更廣泛的應用新技術，已減少此種事故。
- 加拿大現在最大飛安顧慮為 15%普通航空業中（Air Taxi、Commuter 等），卻造成 80%的死亡率，強調發展及立法安裝低成本飛航紀錄器的重要。

3.1 波音公司對降低航空器衝出跑道事故之新策略

近年來，如何降低航空器衝出跑道事故的風險一直是航空器製造商、監理機關及整個民航相關單位的關注焦點。波音公司投注相關資源從事避免及降低此類事故風險的研究及裝備改良。近期內，波音公司與民航業界一起合作，擬訂一項全面的跑道安全策略，它被稱為狀況警覺及降低衝出跑道的警告裝置（Situational Awareness and Alerting for Excursion Reduction，SAAFER）。SAAFER 是以過去的相關事故資料為基礎，根據其事故原因、潛在風險及預防手段所發展出來的裝備。

依據波音所收集的相關事故及事件資料，衝出跑道的原因是多重因素，可能從進場簡令不詳盡、進場速度過快，以至於航空器落地後減速裝備操作不當都有可能（詳圖 3.2），只有徹底了解衝出跑道的的主要肇因及潛在風險才能消弭其風險。

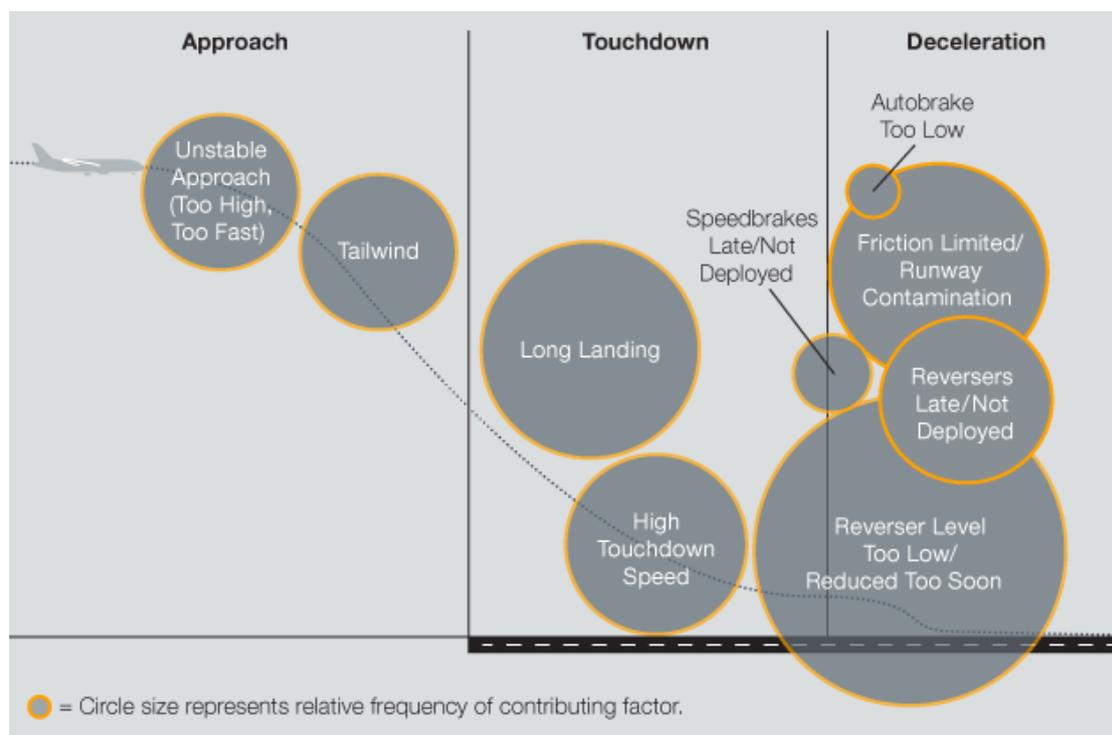


圖 3.2 航空器落地階段衝出跑道的多重因素示意圖

依據波音所收集的相關資料包含 2003 至 2010 年，航空器落地階段衝出跑

道的多重因素統計如下：

- 90%屬溼滑或受污染跑道情況
- 68%屬穩定進場但落地後衝出跑道
- 55%屬落地點在落地區內
- 55%屬落地時尾風等於或高於 5 knots

因此，波音擬訂一套全方位的跑道安全策略（SAFFER）內有三個意涵：多重因素導致航空器落地階段衝出跑道、僅降低某一項風險因子無法有效減少衝出跑道的事故再發生、民航業界應該發展多模組的解決方案。本策略是透過改進的程序、訓練教材，及先進的駕駛艙裝備所組成。所謂多模組的解決方案中，指 SAAFER 將改進駕駛艙內的飛航程序，及減少衝出跑道的教育訓練課程。

波音公司的 SAFFER 提供一套控制導引及警告工具給飛航組員，促使於進場規畫、落地至地面減速滾行期間，以提升其狀況警覺。該策略目標是讓飛航組員理解航空器狀態及其存在的威脅項目，使他們能夠作出正確而及時的決策，以確保安全落地。

● 對進場及落地之程序建議

波音公司建議，航空公司應該考慮跑道安全的建議，修改他們的進場及落地程序。加強現有的落地程序是當前有效的一套解決方案，無需等待未來的駕駛艙技術之改進，可以在短期內降低航空器衝出跑道之風險。

◆ 計算所需跑道長度

飛航組員準備進場簡令（approach briefing）時，應該使用近即時的天氣資訊分析所需跑道長度，並比照其可用落地距離（LDA）。使用近即時的天氣資訊，及實際跑道上的數據（例如：受污染、溼滑、有溝槽或無槽道面）執行落地距離計算，可以降低航空器因跑道長度不足所造成的衝出風險。

◆ 決定重飛點

於進場簡令時，飛航組員必須計算及提報落地過程的重飛點或決定降

落的最後位置。如此可以降低約 44%因長落地（long landing）所導致的衝出跑道風險。

- ◆ 增加反推力器的呼叫程序

波音公司的飛航組員訓練手冊和飛航組員操作手冊，近期又增加一個強制性的反推力器呼叫程序。其目的是為提醒飛航組員的狀況警覺，因為反推力器是航空器落地滾行減速中，與煞車裝置一起搭配使用的。於溼滑或受污染跑道情況下，持續使用反推力器直至航機停止，如此可以降低約 80%因未使用或過晚使用反推力器所導致的衝出跑道風險。

- 跑道安全訓練工具

過去發生衝出跑道事故的資料顯示，如果飛航組員更深入的了解落地環境及風險關連性（例如：天氣、風、跑道條件、最低設備清單間的相互關係、航空器重量），則有些此類事故是可以避免的。每次飛行中飛航組員需要詳加理解以下因素之間的相互關係：

- ◆ 穩定的飛行方法
- ◆ 受污染跑道對航空器衝出跑道的風險
- ◆ 可用落地距離及落地所需的落地跑道長度
- ◆ 機場煞車報告的條件比實際情況之比較
- ◆ 進場速度
- ◆ 落地後減速煞停操作
- ◆ 評估進場速度過快對增加落地距離的影響性
- ◆ 評估煞車報告的可靠性
- ◆ 適當且及時的減速裝備操作

- 跑道安全的新技術

波音公司專注於人為因素驅動的駕駛艙的設計與改進，與現有規劃中的機場，空中交通，和客戶的經營策略是一致的。這些增強功能是針對所有進場階段的方法、落地及減速來防止衝出跑道。航空器進場期間，駕駛艙內的工

具及程序，可以協助飛航組員在給定條件下，確認落地所需的跑道長度（詳圖 3.3）。波音電子飛行包已提供落地距離計算模組。新增的戰略架構於現有的科技上，以更有效率的方式顯示跑道資訊於 PFD 及 ND 儀表。航空器落地前，ND 儀表會圖示進場規畫所設定的乾跑道和受污染跑道的停止位置，飛航組員可以明確地評估衝出跑道的風險。飛航組員亦可手動設定停止參考位置，例如：land and hold short operation (LAHSO)、滑行道出口、預期落地點或是重飛點（詳圖 3.4）。

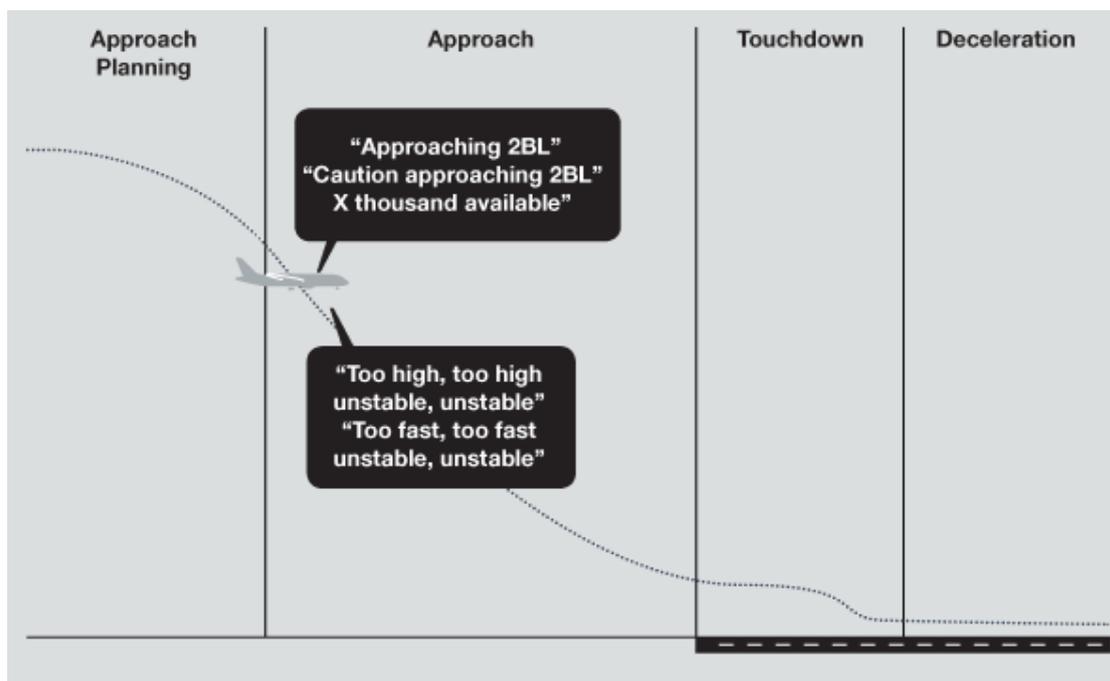


圖 3.3 航空器進場期間為避免衝出跑道風險，波音公司的呼叫邏輯示意圖

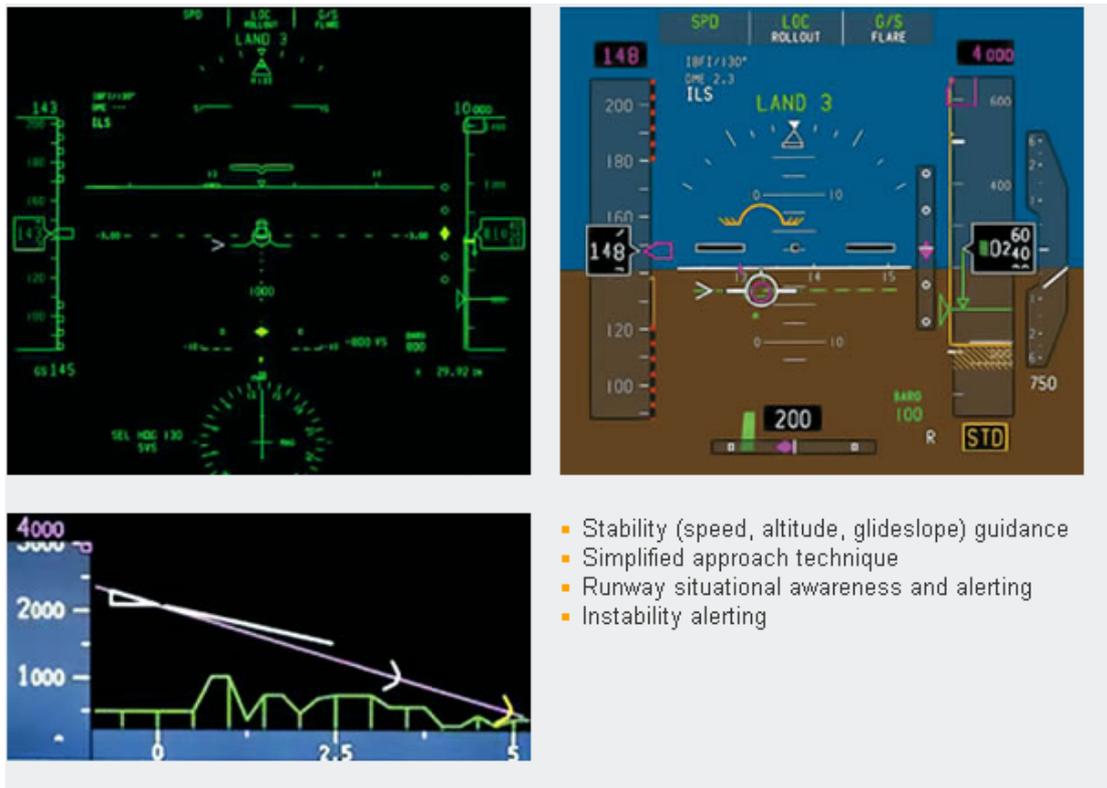


圖 3.4 航空器進場至落地期間為避免衝出跑道風險，波音公司的呼叫邏輯示意圖

3.2 非揮發性記憶體對飛航事故調查之重要性

非揮發性記憶體（Non-volatile memory, NVM）為一種記憶體，當電流關掉後，儲存在記憶體裡的資料不會消失，可以繼續被保存，因此是資訊儲存單元，類似硬碟一般。雖然 NVM 能夠永久儲存資料，但存取速度比不上動態隨機存取記憶體（DRAM）或快取記憶體（Cache Memory）等揮發性記憶體（Volatile Memory）。

一般而言，NVM 依記憶體內的資料是否能在使用電腦時隨時改寫為標準，可分為 ROM（Read Only Memory）和 Flash（快閃記憶體）2 大類。目前，Flash 正廣泛應用在各種不同領域，尤其是手機、數位相機、MP3 播放器等行動產品。隨著科技進步，傳統的飛航資料紀錄器（FDR）已升級到第三或第四代的固態晶片式，其紀錄參數已達上千項。然而，涉及複雜的事故調查，或是未裝置 FDR 的普通航空器事故調查，就是重要的資料來源。

某些國家飛航事故調查單位自己擁有特別裝備來解讀 NVM，例如法國 BEA 及美國 NTSB 等。要讀取這些 NVM，裝備製造商扮演著最重要的角色，以下摘要 Honeywell 公司其三類型非揮發性記憶體對事故調查的幫助，包括：加強型地面接近警告系統（Enhanced Ground Proximity Warning System，EGPWS）、發動機狀態趨勢監控（Engine Condition Trend Monitoring，ECTM），及其他各式 NVM。

EGPWS

Honeywell 在這次會議中提到該公司之加強型地面接近警告系統（EGPWS）之 NVM 資料，這些資料並不記錄日期及時間，EGPWS 使用的系統時間為上電累計時間 hh:mm:ss，是以 leg 計數，leg 1 為最近的 leg，可以累計至 500 legs，超過 500 時，會消去最舊的 leg 資料。資料紀錄的頻率為每秒 1 次。資料來源當下所選用之系統，並非所有的系統，如有左右兩套系統，警告時選擇左系統，則只有左系統資料除非飛航組員事先已設定選用右座系統。EGPWS 紀錄資料的長度為警告（caution/warning）前 20 秒，及警告後 10 秒的資料，相關紀錄參數如表 1。及時當時系統被 inhibited，系統仍會記錄資料。下載的資料可以 EXCEL 格式輸出。資料亦可以與地圖/航圖重疊（Google KML）。

表 1 EGPWS 紀錄參數表

Alert type	GPS Altitude	Disp. Range 1	Eng. Torque 1
System operating time	GPS VFOM	Disp. Range 2	Eng. Torque 2
Corrected altitude	Radio altitude	Terrain Disp . enable 1	Eng. Torque 3
Latitude	Altitude rate	Terrain Disp. enable 2	Tactical selected (low altitude)
Longitude	Magnetic track	Landing Gear Down	Helicopter only

Position source	True track	Landing Gear Selected	
Position uncertainty	True heading	Terrain Awareness & TCF	
Airspeed	Terrain database	Audio inhabit	
True airspeed	GPS Sat. visible	Body AOA	
Ground speed	GPS Sat. Tracked	Longitudinal Acc.	
Min. operation speed	Pitch angle	Normal Acc.	
Baro. Altitude (uncorrected)	Roll angle	Inertial Vert. Acc.	
Geometric altitude	G/L Dev.	Filtered shear/total	
Geometric altitude	Loc. Dev.	Static Air Temp.	

儲存在 EGPWS 內的 NVM 資料，可以用經過特別程式化的 PCMCIA 卡片下載，該公司提供資料下載的服務，但其特殊 NVM 解碼程式是不會販賣或分享的。EGPWS 於事故調查中最大用處是老舊航空器、普通航空業及直升機等，由於這些航空器大都無 FDR 或紀錄參數極少，所以能夠從 EGPWS 獲得飛航資料，對飛航事故調查提供非常重要的貢獻，目前該公司提供之 EGPWS 包括型號如下表 2:

表 2 EGPWS 機型分類

Class-A		Class-B	
MK V/VII	MK VI/VIII/XXII	KGP 560/860 KMH820/920	MK XXI KMH820/920

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Airbus 航空器 ✓ Boeing 航空器 ✓ 大型商務航空器 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 渦輪旋槳航空器 ✓ 中小型商務航空器 ✓ IFR 直升機 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 小型商務航空器 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 渦輪旋槳航空器 ✓ VFR 直升機
---	--	---	--

ECTM

Honeywell 公司的發動機狀態趨勢監控 (ECTM) 有兩代產品，第一代為發動機數位電子控制模組 (Digital Electrical Engine Control, DEEC)，兩項序號 TFE731-2/3/4/5 及 TFE731-20/40/50/60；第二代為全權式數位發動機控制模組 (Full Authority Digital Engine, FADEC)，一項序號 HTF7000 系列。例如 Boeing 747 發動機的啟動方式是透過稱為 FADEC 控制，啟動過程由發動機控制電腦 (Engine Control Computer, ECU) 負責監控，ECU 會依照 FMC 及大氣電腦 (ADC/ADIRU) 所提供的參數判斷最佳的點火時機，在適當的轉速 (N2) 提供適當的注油量來點火啟動發動機。藉由 FADEC 啟動發動機可降低損耗，延長其壽命。圖 3.5 為第一代發動機數位電子控制模組因高溫損壞後可解讀的晶片及主機板。

DEEC 及 FADEC 所紀錄的資料分為三類，摘要如下 (詳表 3)：

- 發動機基本統計資料
 - 發動機型別、序號；性能趨勢；使用歷程 (歷時、降落次數、運轉周期等)
- 發動機維修或故障排除資料
 - 發動機超限紀錄、飛行中各種故障類型及發生時間
- 操作資料
 - 發動機轉速，反堆力器使用周期；渦輪高溫段溫趨勢及使用周期；油門桿變化；flight phase。

表 3 DEEC 及 FADEC 紀錄特性

	DEEC	FADEC
紀錄時間	最後 90 分鐘	最後 60 分鐘
停止機制	發動機關車或落地 (WOW) 後 5 分鐘	發動機關車或落地 (WOW) 後 5 分鐘

紀錄參數	9 項 N1 (75 ~ 85) of max. range	36 項 (有經緯度資料) N1 (75.7) of max. range
取樣率	1 Hz	10 Hz

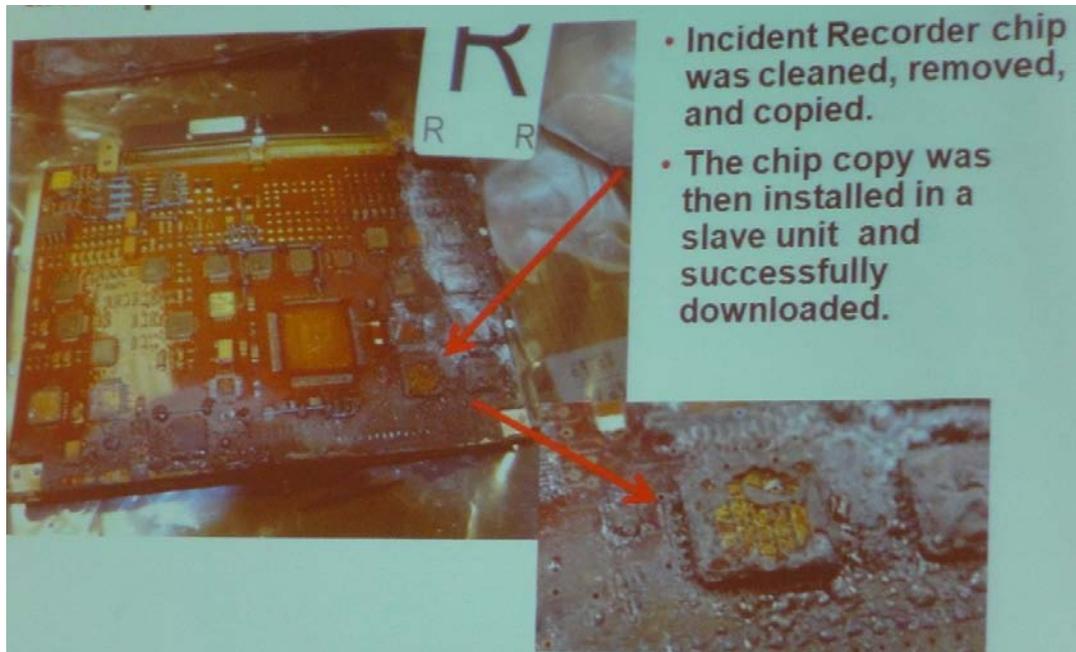


圖 3.5 第一代發動機數位電子控制模組因高溫損壞後可解讀的晶片及主機板 (TFE731)

Other NVMs

Honeywell 公司其它 NVM 種類繁多，常見產品摘錄如下：

- HF/VHF Radios 定翼機及旋翼機的機載通信裝備
- TCAS/FMC/FWC：除 EGPWS 外，最常用的 NVM 為空中防撞系統 (TCAS)、飛行管理電腦 (FMC)、飛行管理及導引電腦 (FMGC)、飛行警告電腦 (FWC) 等
- 航空器上控制面電腦：如：A320/A330 的主飛控電腦 (PRIM)、次飛控電腦 (SEC)、套縫/襟翼控制電腦 (SFCC) 等
- 自動煞車系統：煞車及轉向控制單元 (BSCU) 的四大功能為：手動煞車、自動煞車、防滑煞車；功能為透過 BSCU 控制航空器主輪輪速為 88% 的航空器地速 (以防輪胎咬死)。
- EPIC：針對商務航空器 Honeywell 公司以 PC 電腦為基礎，開發一系列整合 FMS/MCDU/Generic Altitude Indicator 等功能為單一 Primus EPIC 導航

模組，常見於 Ahusta AW139、Cessna Sovereign、Dassault Falcon 900EX EASy、ERJ 170/190、Gulfstream G550、Hawker 4000 等航空器上，詳圖 3.6

- ACARS：航空器通信定址與報告系統（Aircraft Communication Addressing and Reporting System，ACARS），是一種在航空器與地面站間透過無線電或衛星傳輸短消息的數字數據鏈系統。1990 年初期，民航業界也正發展飛航資料擷取級管理統（FDAMS）或航空器狀態監控系統（ACMS）。使用 ACARS，航空公司就可以在地面上近即時得到 FDAMS/ACMS 資料，用以分析航空器、發動機和操作性能的性能數據。
- APEX：類似 Primus EPIC 導航模組，適用於商務航空器
- HUMS：為改善直昇機飛行作業之安全所引用之 HUMS（Health & Usage Monitoring System）系統，利用振動監控之原理來偵測傳動系統設計上之缺點及疏失。
- Sky connect：Iridium 衛星電話的傳輸紀錄



圖 3.6 Primus EPIC 導航模組顯示系統（適用於 Gulfstream 機種）

Honeywell 公司技術人員表示，事故調查員應先熟悉各機種航空器有安裝那些 ECTM/NVM 裝備，於進入事故現場前可以與航電製造商先討論並取得相關建議，不論取得的 ECTM 裝備是否完整，不可以通電也不要使用航空公司的裝備讀取，因為航空公司的地面裝備一經通電後很可能內存的資料會被消除掉。因此，Honeywell 建議一套事故現場處理方案給各國的政府調查員，重點摘要如下：

- 一般性警告

- 到達事故現場前已做好準備處理電子設備。
 - ◆ 假設它們可能受到靜電放電（electrostatic discharge，ESD）損壞的電子元件。不可配戴皮手套處理任何電子元件。
- 剪切電子元件線路前，應確保無附著需要通電維持其資料的 RAM 存在。
- 如果電子元件是乾的，送到實驗室前持續維持乾的狀態
 - ◆ 保持”電子元件的原樣”運送到製造商工程部門或調查實驗室
 - ◆ 不得試圖刮除、刷洗或以機械方式去除電子元件的污垢及碎屑
- 如果電子元件是潮濕的，送到實驗室前持續維持潮濕的狀態
 - ◆ 如果電子元件附著汙泥或其他材料且處於潮濕狀態，將它視同海上空難的 FDR/CVR 處理模式，先用水清水後並置於水箱內運送
- 不要使用任何化學品，如：以漂白劑去清潔組件。這是非常重要的組件與生物危害的污染。
- 到達事故現場前應先做好準備，便於標識有助於調查的電子元件清單，並建立優先尋獲非揮發性記憶體（NVM）的關鍵項目

- 如果事故地點是潮濕狀態（淡水或鹹水）

- 取得電子元件後置於水箱容器內，使用去離子水（2 Mohm de-ionized water）
 - ◆ 瓶裝飲用水（含 RO 逆滲透水）是可接受的，而不是瓶裝礦泉水
 - ◆ 不要使用自來水，蒸餾水或醫療級 10 兆歐水（10 MOhm water）
- 如果事故現場無法取得去離子水或逆滲透水來清洗及運送電子元件，選用乾淨的淡水或海水也可以

- ◆不得將受損的電子元件再暴露於空氣中，或轉移或試圖乾燥處理它
- ◆不得將受損的電子元件以乾燥的空氣，或已無法控溫的加熱器將它乾燥處理

- **包裝及運送指南**

- 將電子元件安置於硬化塑料的容器內，避免使用保麗龍
- 盡量以透明的塑料層包裹電子元件，或使用防靜電的包裹產品
- 選用的運送容器，應確保其內塗層材料不會與透明的塑料包裹層或防靜電的包裹產品產生化學反應。較適當的處理方式是於運送容器內安裝附帶的減振空塑料或適當的保護泡沫包裝
 - ◆不可使用泡沫塑料（styrofoam peanuts）或其他類似的包裝材料
- 運送含有一定容量的水容器時，應考量運送途中各種變數，以確保容器及電子元件的完整性及安全性。

3.3 巴西天馬航空 3054 航班調查結果

2007 年 7 月 17 日，巴西時間 18:54 時，巴西天馬航空一架 A320-233 型機 3054 班機執行阿雷格裡港至聖保羅定期載客任務。事故當日，該機採用孔戈尼亞斯機場 35L 跑道儀器進場（LDA 6,380 呎），該機於通過跑道頭後約 1,200 呎處落地，因速度過快再加上地面濕滑煞停不及，致衝出跑道末端、並橫越一條八線道高速路，撞入一座加油站附近的辦公大樓並且爆炸起火，詳圖 15。機上有 187 名人員（包含 181 位乘客，6 位機組人員）與 12 位地面人員死亡，航空器全毀。參與本事故搶救巴國官員指出，航空器爆炸時機艙內溫度高達攝氏 1,000 度 C，生還機會幾近於零，此為巴西最嚴重的一次空難。

巴西事故調查局（CENIPA）指出，事故發生前數周該機場正在實施跑道整修，且該跑道沒有跑道端安全區（Runway End Safety Area，RESA），且前一天有 1 架 ATR-42 發生水飄而衝出跑道。3054 班機事故當日，屬雷雨天氣當時下大雨，收到事故通報後 CENIPA 馬上取得機場監控錄影，發現跑道的積水情形及該機落地滾行速度異常的快（詳圖 3.7）。

因此，調查的重點很快確定。1. 飛航組員的進場與落地操作是否未按 MMEL 及 FCOM? 2. 是否 2 號發動機故障或飛航組員設定錯誤，導致在落地滾行期間 2 號發動機推力處於 Climb 模式?



圖 3.7 3054 航班與正常航班之落地滾行速度比較圖

根據巴西事故調查局的調查報告，該事故與可能肇因有關之調查發現：「1. 起飛前 2 號發動機反推力器故障，航空器於無線電高度 20 呎以下或/及收油門警示聲響提示時，操控飛航組員未將 2 號油門控制桿收至慢車位置，兩名飛航組員落地後交叉檢查仍無法發現自動煞車及自動擾流板均未作動；2. 飛航組員於主輪落地後約 8 秒後使用人工煞車，仍未能在剩餘跑道上完成減速煞停，且因不對稱反推力器效應產生向左偏航（1 號發動機反推力器 EPR 1.05%，2 號發動機正推力 EPR 1.20%）；3. 天氣及人為因素方面，至少包括：降雨造成跑道溼滑及影響能見度，致煞車性能降低；飛航組員的落地前準備有欠周延、喪失狀況警覺。」圖 3.8 為 3054 航班的事故發生順序圖。

巴西事故調查局簡報中提到，民航業界推動 SMS 的過程中，他們觀察到 SMS 被過度高估其主動性和預測性的管理效用。3054 事故發生前，巴西民航局認為 SMS 是足夠安全的，可以確保達到可接受的水平。本案促使巴西政府及民航界認同：加強事故調查可作為一種有效的飛安檢測工具，可應用於設計或維護問題，以及缺乏管理和監督的過程中。

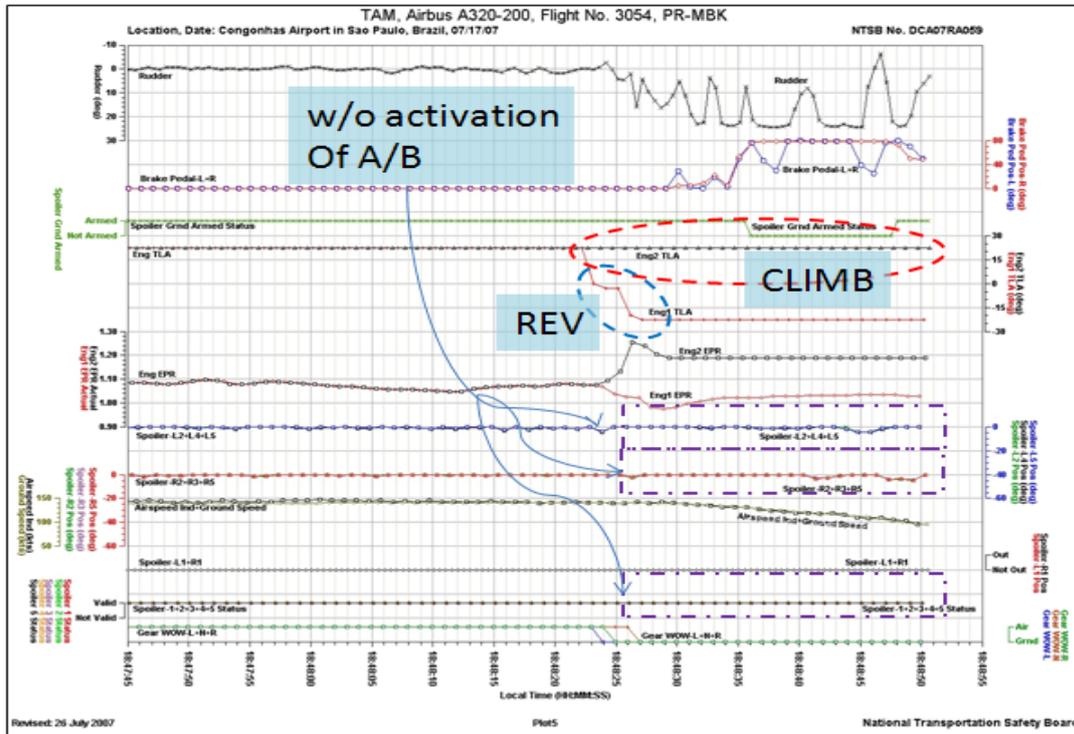


圖 3.8 (a) 3054 航班的 FDR 資料繪圖

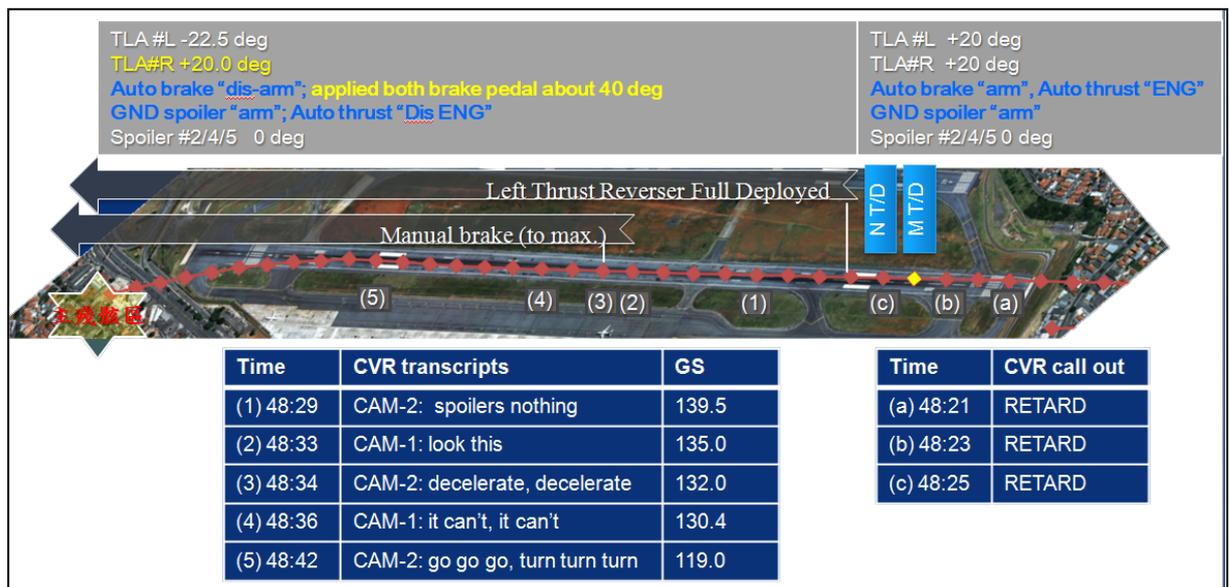


圖 3.8 (b) 3054 航班的事務發生順序圖

3.4 法國航空 447 航班調查結果

法航 1 架 A330-200 型機 447 班機於 2009 年 6 月 1 日執行巴西里約熱內盧加利昂國際機場至法國巴黎戴高樂機場定期載客任務。該機載有飛航組員 3

人、客艙組員 9 人、及乘客 216 人。01:33 時，該機 ACARS 報告位於巴西東北海岸 310 海浬高度 FL350 地速 453 海浬/小時，詳圖 3.9。01:48 時，地面控制臺首次收到 ACARS 的故障訊息：『皮托管、2 套飛控系統故障，導因於 ADIRU 故障致使自動駕駛及自動油門解除..』。直到失速後墜毀前，計有 24 組 ACARS 訊息傳送至地面控制臺，主要內容：『 Pitot Probes 及 ADIRU 失效，數位飛控跳為 Alternate Law，喪失失速保護功能，兩套 PFD 儀表之空速指示異常.. 』。02:14 時，最後的 ACARS 訊息顯示：『 艙壓變化異常（高於+/- 1800 呎/分)』，詳圖 3.10。

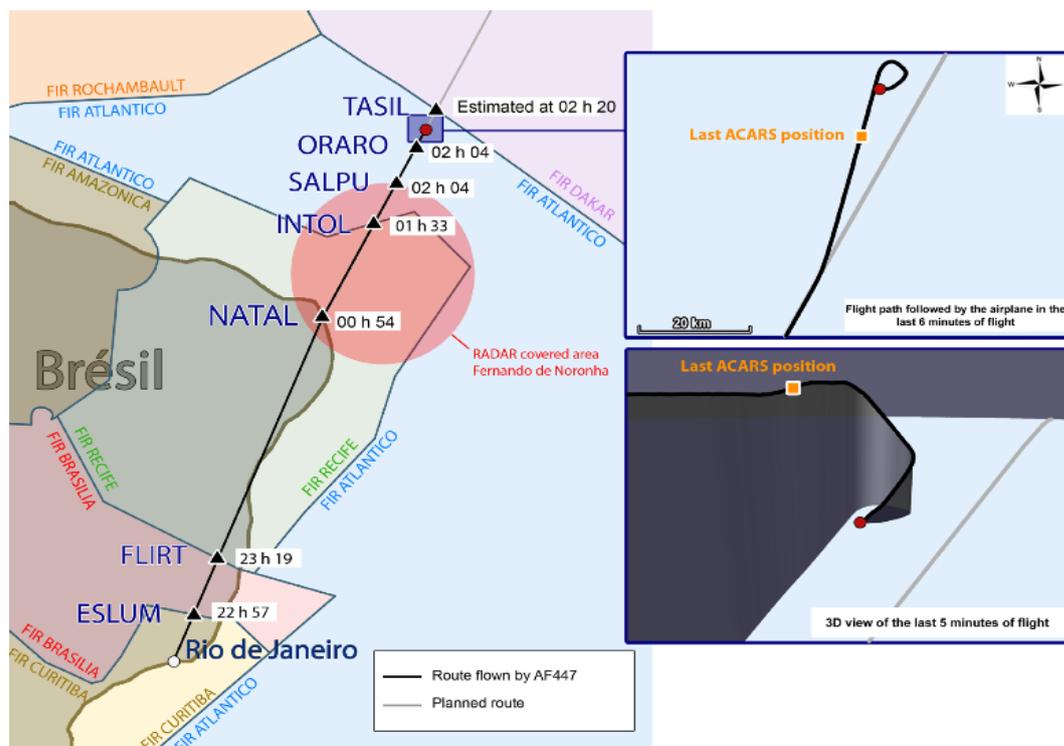


圖 3.9 法航 447 航班飛航經過及航點相對位置圖

02:01:58 機長離開駕駛艙去休息並指派右座副駕駛為操控飛航組員（巡航機長 / Relif Captain）；失速爬升期間，左座副駕駛多次通知機長，約 02:11:43 時，機長回到駕駛艙。根據 CVR 及 FDR 紀錄，02:10:05 時，自動駕駛及自動油門解除後，PF 說『 I have the controls 』，5 秒內航機仰角增加坡度左右搖擺，空速由 274 浬/時驟降為 52 浬/時，失速警告作動。02:10:16

時，PNF 說：『we' ve lost the speeds , we' ve lost the speeds 』，PF 立即粗猛側桿 (side stick) 使仰角快速增至 11 度。02:10:18~10:47 期間，左座 PNF 發現 ECAM 的相關異常訊息，並呼叫：『turned on the wing anti-icing 』，並數度提醒 PF 航機在爬升建議下降高度。此期間左右兩側 PFD 的空速時好時壞 (275~50 浬/時間跳動)。此期間最大上升率 6,900 呎/分。02:11:15 時，超過達高度升限 (REX MAX) FL375 達到 FL380。

02:10:47 時，飛航組員將油門收回至 ILDE，此時仰角 8 度、高度 37,500 呎、上升率 1,100 呎/分。02:10:51 時，失速警告再度作動，飛航組員將油門置於 TO/GA 位置，PF 持續拉側桿致最大仰角達 18 度，攻角亦由 10 度驟增至 40 度以上。此結果導至該機失速無法改出，並墜毀於巴西聖佩德羅及聖保羅島嶼附近的大西洋海中。當日約 02:20 時，巴西航管通知達喀爾航管有關法航 447 班機無線電失聯問題並展開搜索及救援行動。6 月 7 日，搜救單位找到一批漂浮殘骸，包括：垂直尾翼及 50 名機上人員的遺體。

TX time	Message	註記
02:10:10	1/WRN/WN0906010210 221002006AUTO FLT APOFF	自動駕駛異常解除MW
02:10:16	1/WRN/WN0906010210 226201006AUTO FLT REAC W/S DET FAULT	風切偵測功能失效MC
02:10:23	1/WRN/WN0906010210 279100506F/CTLALTN LAW	異常備用控制率MC
02:10:29	1/WRN/WN0906010210 228300206FLAG ON CAPT PFD SPD LIMIT	正駕駛 FMGEC空速計算異常
02:10:41	1/WRN/WN0906010210 228301206FLAG ON F/O PFD SPD LIMIT	副駕駛 FMGEC空速計算異常
02:10:47	1/WRN/WN0906010210 223002506AUTO FLT A/THR OFF	自動油門異常解除MC
02:10:54	1/WRN/WN0906010210 344300506NAV TCAS FAULT	TCAS防護功能失效
02:11:00	1/WRN/WN0906010210 228300106FLAG ON CAPT PFD FD	正駕駛 PFD&ND儀表異常MC
02:11:15	1/WRN/WN0906010210 228301106FLAG ON F/O PFD FD	副駕駛 PFD&ND儀表異常MC
02:11:21	1/WRN/WN0906010210 272302006F/CTL RUD TRV LIM FAULT	方向舵偏轉保護失效MC
02:11:27	1/WRN/WN0906010210 279045506MAINTENANCE STATUS EFCS 2	第2級維修狀態訊息
02:11:42	1/WRN/WN0906010210 279045006MAINTENANCE STATUS EFCS 1	第1級維修狀態訊息
02:11:49	1/FLR/FR0906010210 34111506EFCS2 1,EFCS1,AFS,...PROBE-PITOT 1X2 / 2X3 / 1X3 (9DA),HARD	2套EFCS失效 可能歸因於皮托管失效 (hard fault)
02:11:55	1/FLR/FR0906010210 27933406EFCS1 X2,EFCS2X,, FCPC2 (2CE2) / WRG:ADIRU1 BUS ADR1-2 TO FCPC2,HARD	第1第2級維修狀態訊息內容
02:12:10	1/WRN/WN0906010211 341200106FLAG ON CAPT PFD FPV	正駕駛 PFD至 FPV(bird)消失
02:12:16	1/WRN/WN0906010211 341201106FLAG ON F/O PFD FPV	副駕駛 PFD至 FPV(bird)消失
02:12:51	1/WRN/WN0906010212 341040006NAV ADR DISAGREE	EFCS電腦拒絕1套異常ADR MC
02:13:08	1/FLR/FR0906010211 34220006ISIS 1,... ISIS(22FN-10FC) SPEED OR MACH FUNCTION,HARD	備用儀表系統(ISIS)失效，影響空速及馬赫數輸出 (hard fault)
02:13:14	1/FLR/FR0906010211 34123406IR2 1,EFCS1X,IR1,IR3,...ADIRU2 (1FP2),HARD	3套IRU失效 (hard fault)
02:13:45	1/WRN/WN0906010213 279002506F/CTL PRIM 1 FAULT	FCPC1(PRIM1)失效 MC
02:13:51	1/WRN/WN0906010213 279004006F/CTL SEC 1 FAULT	FCPC1(SEC1)失效 MC
02:14:14	1/WRN/WN0906010214 341036006MAINTENANCE STATUS ADR 2	第2級維修狀態訊息 (ADR2...)
02:14:20	1/FLR/FR0906010213 22833406AFS 1,...FMGEC1 (1CA1),INTERMITTENT	FMGEC失效 (Intermittent fault)
02:14:26	1/WRN/WN0906010214 213100206ADVISORY CABIN VERTICAL SPEED	客艙高度變化異常 (大於1800ft/min)

圖 3.10 法航 447 航班事故發生期間 ACARS 訊息時序圖

事故原因：1. 巡航中皮托管被冰晶堵塞為已知現象；按照基本飛行素養，

<完全喪失空速資訊>屬可識別的故障，飛航組員應可研判必要的仰角，推力操作及其改正程序。 2. 飛航組員對空速指示異常感到震驚，於高空巡航期間遭遇亂流增加操控困難，因操控飛航組員對仰角及坡度操作過量，使機頭突然抬升，爬升航跡不穩定及爬升率驟變，致使空速及 ECAM 相關資訊指示混亂，詳圖 3.11。 3. 飛航組員未意識到遭遇多套空速指示異常的<簡單>問題；亦未按 Unreliable Speed Indication/ADR Check 及 Stall Recovery 程序呼叫及執行。 BEA 的解說如下：

- ◆ 自動駕駛解除後 1 分鐘，2 名飛航組員狀況警覺不足及協調合作混亂以致完全喪失其認知及控制。將<完全喪失空速資訊>列為本事故主要原因未獲得驗證。為改進此類情況需要更多的線上飛行資訊回饋，以改善人因工程設計及訓練。
- ◆ 該機處於失速狀態伴隨失速警告及抖振徵狀，飛航組員從未意識到航機狀況亦未執行失速改正程序。按人因工程所發展的警告系統，飛行員於初始訓練及複訓中均有失效警告科目，惟本組飛航組員未有合理且可靠的預期行為。
- ◆ 飛航組員未能發揮最低程度的警覺性以識別失速警告及抖振。此涉及飛航組員的養成教育有關失速認知，操作經驗及基本飛行知識。現行航空公司的訓練未能提供令人信服的證據，以證明飛航組員能持續保有這些飛行技能及知識。
- ◆ 本事故中雙程序失效突顯出現行安全管理模型/系統的限制。我們預期飛航組員均能應付突發狀況，有能力控制及穩定航跡，並按（異常/緊急）程序的記憶項目快速診斷及改正航機姿態。

- ◆ 飛航組員可能會遭遇突發狀況，導致瞬間而非完全喪失狀況警覺。本事故屬常見的認知失效模式，失速初期飛航組員就未能穩定的操控航跡，持續失速警告中亦無法掌握航機的真实狀況及其對應的處置程序。

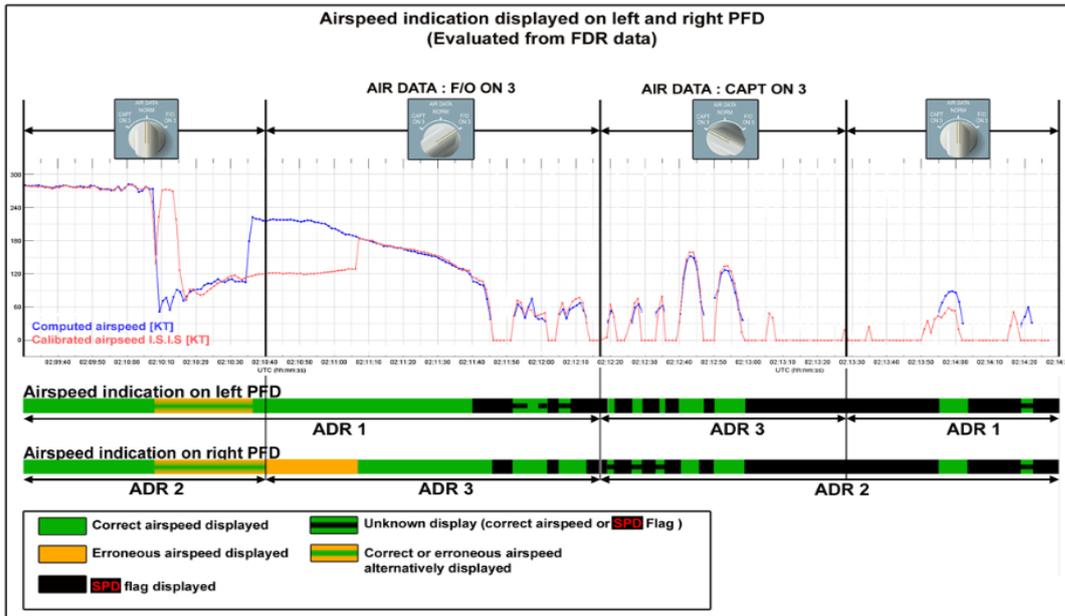


圖 3.11 法航 447 航班事故發生期間左右兩套 ADR 狀態顯示圖

3.5 NTSB 專題論壇

NTSB 所主導的 4 場次專題論壇，包括：調查實驗室對大型失事之挑戰及機會、參與平行調查的挑戰、現場調查階段到最終報告間的落差、發展及培養安全意識的重要性。研討重點摘錄以下：

1. 調查實驗室對大型失事之挑戰及機會

本論壇的參與者包括：NTSB 研究及發展部處長 Joe Kolly、TSB 工程部材料組組長 Sylvie Dionne、IAC 副主席 Sergey Zayko、BEA 工程部長 Christophe Menez，以及台灣 ASC 調查實驗室主任官文霖。本論壇的討論重點有三項，包括：分享重大飛航事故的挑戰及克服困難的經驗及方法；面對上述挑戰時，如何透過 party system 或 Working Group 或 safety study 來解決；針對 ICAO Annex 13 的相關 SARPs，研討未來的改進作為，例如：強化調查機構間的技術合作及資源分享等。

BEA 提到其工程部門面臨的困難，針對損壞紀錄器要自行發展下載及分析工具、有效整合 ATC 錄音及雷達的分析能量、各種影像分析、損壞 NVM 晶片的修補及解讀技術，以及工程失效分析等。TSB 與 NTSB 亦逐一介紹其工程部門及相關能量發展，包括：紀錄器及性能部門、系統工程部、金相結構部門。就金相結構部門而言，NTSB 及 TSB 均有強大技術能量，以支持工程師校分析、空中解體分析、材料破損表面成分分析（如質譜儀）、材料或組件內裝 3D 檢測（X-RAY、3D SCANNER、掃描式電子顯微鏡等）。

本會礙於人力及經費規模，除介紹實驗室相關重要儀器外，強調技術合作夥伴的重要性，並陳述歷年來與 ATSB/BEA/NTSB/TSB 相互分享的相關資源及程式，並簡介建置國際飛航紀錄器調查員小組網站（IRIG）及濕滑跑道調查小組等進展，亦介紹本會的事故現場測繪系統及事故調查資訊管理系統的資訊整合成果。

2. 參與平行調查的挑戰

本論壇的參與者包括：JTSB 航空調查處副處長 Yuji Yanagisawa、CENIPA 專案經理及法務顧問 Col. Fernando Camargo、EASA 副執行長 John Vincent、SHK 執行長 Hans Ytterberg。

相較於其他專題論壇，有關平行調查的挑戰方面，與會者的表現平平，且均未論及司法平行調查，多在事故/事件的認定流程，及該國民航監理機關是主動參與調查，或是被動選擇性受邀方面打轉。

有趣的是本會最近有機會與巴西 CENIPA 合作，特別介紹一下巴西事故調查體系。CENIPA 隸屬於巴西空軍，排除非法行為及恐怖攻擊外，它負責巴西所有的軍機及民航機的失事與意外事件調查工作。CENIPA 成立於 2006 年，編制內有 200 餘人，其中調查員 50 多人；據事故統計資料，2011 年共調查 228 起飛航事故（含失事及重大意外），及 640 起意外事件的調查工作。按照巴西飛航

事故法律規定，CENIPA 可以按調查需求邀請該國民航局參與調查，亦即 CAA 無法主動要求。

日本 JTSB 與民航局 JCAB 的關係更值得我們借鏡，按照日本飛航事故法律規定，JTSB 的飛航事故調查工作是不能委託 JCAB，但未排除請求 JCAB 的技術協助，但是所有的事件/通報及認定權屬於 JCAB；現實運作中，JCAB 及 JTSB 是共同參與相關證人訪談及現場檢查工作。對於涉及複雜及高度技術性的調查案，JTSB 也會應用其資源尋求第三方的技術訓練及專家協助。為避免涉及事故人員的身份洩露，JTSB 的任何調查報告不會提供任何涉及人員的資訊給 JCAB。JCAB 將 JTSB 的調查報告視為補充資料，並堅持自己的平行調查。JTSB 面對日本社會的質疑聲音，它如何公平公正展開調查，因為 JCAB 及 JTSB 的人員結構及工作多有所重疊，尤其是 JCAB 也是被調查單位，為何讓 JCAB 的技術員直接參與 JTSB 的訪談及現場檢測工作。

3. 現場調查階段到最終報告間的落差

重大事故發生初期，主導調查機關應適時的向大眾公布調查進度。所以，發言人制度及善用各式媒體的溝通管道及平台是一大挑戰。對於 CVR 抄件的內容儘管是事實亦要小心處理。對較小的飛航事故調查機構而言，人力與經費是額外的挑戰，也可能因為過度投入某一重大事故調查，而延誤既有的重大意外事故的調查進度，此為調查資源的調度問題，ICAO DOC 9962 及 ICAO 9756 Part 2 都有相關章節可供參考。

調查機關不要想去控制媒體，也不能一直躲避媒體；我們面對的挑戰是全方位，只要是事實資料或及安全資訊，如盡早公布對大眾安全有所助益，那就要主動面對媒體，透過各種管道讓安全資訊（safety issues, safety concern, safety recommendations）盡快傳遞給大眾。

4. 發展及培養安全意識的重要性

主導調查機關要有主動分享安全資訊的意識，透過分享盡快找到飛安隱

憂，並適度讓事故的事實資料及調查方向透明化。並與 Party system 或 Working Group 的成員討論後，制定技術合作管道及研擬消除飛安隱憂的策略及重點工作順序。

例如：澳洲 ATSB 提到他們每一起事故會濃縮成一頁的成果，稱為 safety summary 用以快速有效傳遞安全資訊給社會大眾，包括：What happened、What the ATSB found、What has been done as a result、Safety message 等四部分。世界飛安基金會（FSF）指出降低飛安風險有三項關鍵工作：基於資料找出最高的風險項目、制定干預方法以降低最高的風險項目、制定標準格式文件並傳遞給對的團體以干預風險。如 FSF 已發布的 ALAR Toolkit，RERR Toolkit 等。

專題論壇中 NTSB 航空部門執行長指出，NTSB 主動分享安全資訊的做法非常多樣化，如：most wanted list、public meeting symposium、safety study、informational safety alert、training center 都算。面對充滿挑戰的 21 世紀，NTSB 更要求員工要主動宣傳安全資訊，可以透過傳統及現代社交網路（facebook, youtube, twitter 等），並主動參與一些民航的安全宣傳活動，如：美國實驗飛機協會（EAA）等。

另外，FAA 代表也提到他們的分享安全資訊主要管道是工作小組，目前有四項：Commercial Aviation Safety Team（CAST）、General Aviation-Joint Steering Committee（GA-JSC）、International Helicopter Safety Team（IHST）、Aviation Safety Information Analysis and Sharing（ASIAS）。

3.6 Annex 13 的修訂內容

本次會議中政府機構之航空安全調查小組（Government Air Safety Investigators Group, GASIG）召開，因應即將頒布的 Annex 19 Safety Management，它將影響 Annex 1/6/8/11/13/14 有關 SSP 及 SMS 的相關章節，

Annex 13 內容修訂方向如下：

1. Chapter 1 Definitions

...

State safety programme. (SSP) An integrated set of regulations and activities established by a State aimed at managing civil aviation safety.

...

2. Chapter 3 General

...

3.2 States shall establish a State safety programme, in order to achieve an acceptable level of safety in civil aviation.刪除
Note.— A framework for the implementation and maintenance of a State safety programme is contained in Attachment F and guidance on a State safety programme is contained in the Safety Management Manual (SMM) (Doc 9859). 刪除

...

3. Chapter 8 Accident Prevention Measures

幾乎主要內容已移到 Annex 19 Safety Management

Note 2. — Annex 19 contains provisions for a State safety programme (新增)

...

8.1 ~ 8.7 全數刪除 (Incident Reporting System)

8.8→8.1 Recommendation.— In addition to safety recommendations arising from accident and incident investigations, safety recommendations may result from diverse sources, including safety studies. If safety recommendations are addressed to an organization in another State, they should also be transmitted to that State' s investigation authority.

Exchange of safety information

8.9 Recommendation.— States should promote the establishment of safety information sharing networks among all users of the aviation system and should facilitate the free exchange of information on actual and potential safety deficiencies. 刪除
Note.— Standardized definitions, classifications and formats are needed to facilitate data exchange. Guidance material on the specifications for such information-sharing networks will be provided by ICAO upon request. 刪除

4. Attachment C List of Examples of Serious Incidents

若干文字內容及定義將有調整，如：Collisions not classified as accidents；Fires and/or smoke in the cockpit, in the passenger compartment, in cargo compartments or engine fires…；Fuel Quality level or distribution situations requiring the declaration of an emergency by the pilot, such as insufficient fuel, fuel exhaustion, fuel starvation, or inability to use all usable fuel on board. ；…

5. Attachment F Framework for the State Safety Program

全部刪除，並搬到 Annex 19 Safety Management

6. Attachment E Legal Guidance for Protection of SDCPS

原內容並存於 Annex 13 及 Annex 19 Safety Management

四、建議

本次赴美國巴爾的摩市參加第 43 屆國際航空安全調查員協會（ISASI）年會，行程圓滿且收獲豐富。今年年會主題為『重新評價飛安-從被動反應的到主動預測』。議程為 1 天教育訓練及 3 天會議，主要內容包括：3 場專題演講（NTSB 主席、TSB 主席、BEA 執行長）、4 場次專題論壇（調查實驗室對大型失事之挑戰及機會、參與平行調查的挑戰、現場調查階段到最終報告間的落差、發展及培養安全意識的重要性）、4 篇學生論文、22 篇技術論文。其中，法國 BEA 的法航 447 航班事故、巴西 CENIPA 的 3504 航班事故、波音公司的降低航空器衝出跑道事故之新策略，以及各式非揮發性記憶體（NVM）的處理及解讀等論文最為重要。

與往年最大不同是 NTSB 積極參與規畫本屆 ISASI 年會，將會議的論文提報改為四場次的大型專題論壇（Panel Discussion）討論，我國非常榮幸能獲得美國 NTSB 主席的邀請參與「工程實驗室對失事調查之支持、機會與挑戰」專題論壇，同時與法國 BEA、加拿大 TSB、俄國 IAC 等 5 個調查工程部門，就重大飛航事故所面臨之挑戰、重點工程技術及主要設備、過去技術合作模式及成果等方面，進行研討並開放與會者提問與建議。據此職提出 3 項建議：

1. 透過國際飛航紀錄器調查員小組網站（IRIG），持續參與各國調查部門的工程能量發展及分享相關技術。
2. 持續研習損壞晶片（NVM）的解讀技術，並規畫未來的實際作業程序。
3. 密切關注 Annex 13 及 Annex 19 的修訂及相關頒布內容。