

出國報告（出國類別：會議）

參加 2018 年國際飛航測試會議

出國報告書

服務機關：交通部民用航空局飛航標準組

姓名職稱：張小千/約聘檢查員

派赴國家/地區：美國/加州

出國期間：107 年 4 月 15 日至 107 年 4 月 22 日

報告日期：107 年 7 月 2 日

目錄

壹、目的.....	p.2
貳、過程.....	p.3
參、心得及建議.....	p.16

壹、目的

國際飛航測試會議提供平臺讓各國飛航測試單位及其相關人員交換技術信息，共同討論航空系統運行議題及評估其對飛行的影響。會議議題包含飛航測試程序、技術、設備和其他相關主題，讓作業相關人員對飛航系統運行所依據的航行信號、程序之校驗與維護領域有更好的了解和關注，以因應各類飛航系統運作及其對於飛航測試作業之衝擊。2018 國際飛航測試會議討論主題涵括飛測作業標準(組織、運作、系統)、陸基增強系統(Ground Based Augmentation System, GBAS)飛航測試技術、儀航飛行驗證(Flight Validation) 、ARINC 編碼(航圖數據庫)座談、無人機操作與飛航測試之應用、飛測人員訓練與檢定、傳統助航設備(Legacy Nav aids)…等主題。與會之各國民航主管、飛測服務機構與其相關產業於會議交換技術信息，提出其發展中或已驗證之作業方法與心得；對於飛測資源較薄弱的國家，藉由會議可汲取他人經驗及早因應，降低新飛測技術對於飛測系統改裝/升級與應用之衝擊。

全球飛航服務型態由目前的陸基系統(Ground Based System)，逐步轉向以衛星導航為主的星基系統(Space Based System)。衛星導航系統可以提供全球、全天候、連續即時的導航。為確保飛航安全，必須對提供精確進場之衛星導航方式在精度、完整性和可用性…等方面進行高要求檢測。陸基增強系統(GBAS)利用全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)提供精確進場信號服務之系統，且 GBAS 系統相關設備可安裝於機場附近任何地方，無需架設在跑道附近；這系統突破儀器降落系統(Instrument Landing System, ILS)受環境限制架設之困境。目前，國際民航組織相關作業小組正在開發提供二類/三類(CAT II /III)之 GBAS approach service type D (GAST-D)設備規範；關於實施 GAST-D 的“標準和建議措施”(Standards and Recommended Practices , SARPs)預計將於 2018 年發布，預估在 2020 年時將有機場首次啟用並投入營運。目前，臺北飛航情報區內並無 GBAS 架設機場，本局飛測機及飛測系統雖無配備 GBAS 飛測功能之需求，但飛測小組仍持續關注 GBAS 導航系統發展趨勢，以瞭解並掌握目前全球飛測系統製造商、飛測服務機構及各國主管機關對於性能導航飛測要求、測試方法及軟硬體技術發展現況，俾利及時因應臺北飛航情報區 GBAS 架設需求。

貳、過程

一、行程紀要

日期	行程
4/15	由桃園機場搭乘長榮航空航班至美國舊金山機場
4/16~4/20	會議
4/21~4/22	由美國舊金山機場搭乘長榮航空航班返抵桃園機場

二、會議議程

日期	議程
4/16	<ul style="list-style-type: none">• Opening Ceremonies• Plenary Session• Standards (Organizational, Operations, Systems)
4/17	<ul style="list-style-type: none">• Flight Inspection Technology• GBAS Inspection, Operational Experience
4/18	<ul style="list-style-type: none">• Operation• Safety• Flight Validation and ARINC Coding• Panel Discussion: Flight Validation
4/19	<ul style="list-style-type: none">• UAV Operations and Flight Inspection Applications• Training and Certification
4/20	<ul style="list-style-type: none">• Legacy Nav aids

三、重要議題摘要

本屆會議分別有來自世界各國約 32 國之民航主管單位、研究機構、飛航測試服務提供者、飛機製造廠、飛測系統整合廠、量測儀器廠家…等

機構人員，與會人員約 188 人。討論主題包含飛測作業標準(組織、運作、系統)、GBAS 飛航測試技術、儀航飛行驗證(Flight Validation)、ARINC 編碼(航圖數據庫)座談、無人機操作與飛航測試之應用、飛測人員訓練與檢定、傳統助航設備(Legacy Nav aids)…等主題逐一進行。各主題討論內容摘錄如下：

(一) 飛測作業標準

國際民航組織附約 Annex 10 是世界各國一致遵守之規範，目前各國飛測方法及程序均參考 ICAO Doc 8071 號文件。配合 ICAO Annex 10 修訂，國際民航組織導航系統小組已完成對 Doc 8071 文件第 1 冊之更新工作，文件修訂工作小組成員於會議中報告最新修訂進度及修訂重點：

- 配合 ICAO Doc 9906 號文件「飛行程序設計品質保證手冊」，刪除 Doc 8071 號文件第 5 章。
- 更新檢查週期的指南，使其與現行做法保持一致，尤其是 VOR、DME 和 ILS。
- 新增 VOR 評估方法之新建議
- ILS 位移敏感度新指南

最新的 Doc 8071 號文件預計於今年九月將正式公布，飛測小組將持續關注文件修訂情況並配合修訂本局飛測程序。

(二) GBAS 飛航測試技術

空中交通管理系統從現有陸基導航系統轉換為星基導航系統已成為未來發展的必然趨勢，衛星導航系統可以提供全球、全天候、連續即時的導航。為確保飛航安全，必須對提供精確進場之衛星導航方式在精度、完整性和可用性…等方面進行高要求檢測。陸基增強系統(Ground Based Augmentation System, GBAS)就是利用全球導航衛星系統(GNSS)提供精確進場信號服務之系統，過去 FAA 將 GBAS 稱為區域增強系統(Local Area Augmentation System, LAAS)。目前國際民用航空組織(ICAO)統一稱為 GBAS。

GBAS 運作由三個主要系統組成(如圖 1)：

- 太空衛星系統
- 地面系統
- 機載系統

前述三個主要系統僅地面系統作業需經飛測驗證後方可啟用。

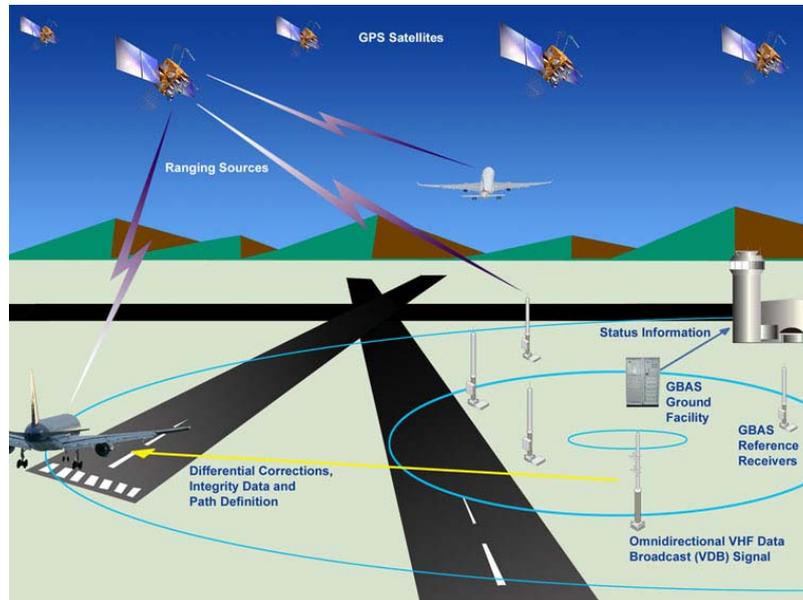


圖 1 GBAS 運作系統

GBAS 地面系統包含四對參考接收機和天線、地面數據處理設備、VHF 數據廣播(VHF Data Broadcast, VDB)設備和 VDB 天線…等。

- 參考接收機系統負責為將它所收到每顆 GPS 衛星虛擬距離測量值及每顆衛星的基本健康狀況傳送至地面數據處理設備。
- 地面數據處理設備彙整來自每個參考接收機的測量值，執行衛星的差分校正值計算；並同時即時監測導航信號及地面站，形成衛星導航系統和本站自身的完整性信息；然後把最終進場數據(Final Approach Segment Data , FAS Data)、校正值和完整性信息通過 VDB 廣播給機載用戶。

安裝多模式接收機(Multimode Receiver, MMR)之飛機和 GBAS 站距離接近時，它們之間與全球定位系統之誤差有很強的關聯性，透 VDB 廣播方法能夠提高進場飛機導航系統定位精度和完整性。

對駕駛員或航管人而言，這類進場方式與儀器降落系統(ILS)相

似。GBAS 提供之導航信號在水平軸向和垂直軸向精度可小於 1 公尺，準確性、可用性和完整性均極良好，對於 CAT I、CAT II 和 CAT III 精確進場來說是非常必要的。

依機場運作需求，GBAS 參考接收機天線架設需考慮多重路徑反射干擾、電離層預期條件和與跑道頭距離。VDB 發射機必須確保將 VHF 信號覆蓋到所有有意使用 GBAS 信號之區域；可以是單一發射機或多個發射機之設計。GBAS 系統相關設備可安裝於機場附近任何地方，無需架設在機場附近；這系統特別適合受環境限制無法架設 ILS 系統之機場。基於飛航安全考量，避免系統遭受人為破壞，目前各國均將 GBAS 系統相關設備架在機場邊界圍欄內。

VDB 信號提供校正和完整性數據同時，還傳送進場程序所定義的座標形式之進場路徑信息。GBAS 之應用比 ILS 更有彈性，GBAS 被設計在給定 VHF 頻率上可傳輸最多 48 個不同的進場路徑。在空中，每個進場路徑都是“直線”，且每個進場路徑可以有不同的滑降角度(Glide Path Angle, GPA)，跑道頭定義和對齊方位角。

進場可以定義到空中特定點或虛擬跑道，或被定義為模仿機場使用傳統 ILS 單一進場。依目前技術規範，GBAS 進場可用涵蓋為 23 浬；預期 2019 年在 VDB 信息完整性限制條件下，將改為 23NM 以外亦可使用 GBAS 進場。

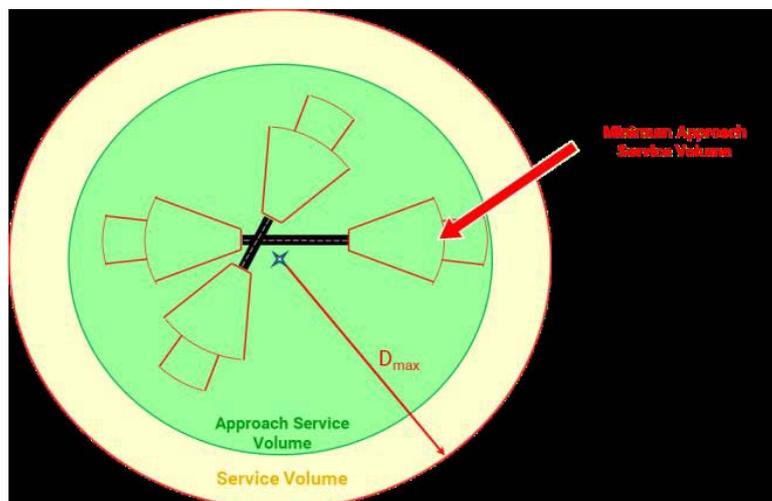


圖 2 GBAS 服務涵蓋

VDB 信息將提供航空器檢查電臺識別碼，地面站在安裝時經由驗證程序定義允許僅左右定位操作最大使用距離(Dmax)範圍，預估範圍可以達到 200 海浬，但通常會被限制為 40-50 海里以滿足頻率分配許可標準。最小進場涵蓋係依發送每個定義進場路徑信號之支援 VDB 發射機而定。

雖然全球經驗證許可使用之 GBAS 地面設施和飛機數量不斷增加，但僅局限於 CAT I GBAS 程序。目前，機場或民航業者均在等待 CAT II / III 之 GBAS 程序之開放，以便在惡劣的天氣條件下執行 GBAS 進場。目前，國際民航組織相關作業小組開發中 CAT II / III 之 GBAS 程序以 GAST-D 設備為主；國際民航組織關於實施 GAST-D 的“標準和建議措施”(Standards and Recommended Practices, SARPs)預計將於 2018 年發布，預估在 2020 年時將有機場首次啟用並投入營運。本次會議著重於討論 GAST-D 規格發展與飛測方法。目前臺北飛航情報區內並無 GBAS 架設機場，本局飛測機及飛測系統無配備 GBAS 飛測功能之需求，飛測小組仍將持續關注 GBAS 導航系統發展趨勢，俾利及時因應臺北飛航情報區 GBAS 架設需求。

(三) 儀航飛行驗證及 ARINC 編碼(航圖數據庫)座談

由 Capt Tom Wede TransPolar GmbH, Germany 主持，邀請程序相關作業人員以座談方式說明並探討儀航程序產出流程；座談者有

- Cheng-Yi Cheng, Lufthansa Systems/Lido, Germany
- Stephen Moody, Jeppesen
- Capt Tom Wede TransPolar GmbH, Germany(主持人)
- Robert Stuckert, FAA Flight Inspection
- Fabrizio Maracich. Italian Company for Air Navigation Systems, Italy(ICAO Doc. 9906 負責之成員之一)

Stephen Moody 說明 Jeppesen 負責如何彙整各國 AIP 發布資訊執行每 28 天更新作業，Cheng-Yi Cheng 介紹 Lufthansa System 系統裡航圖 Database 更新作業流程，Robert Stuckert 說明 FAA 飛測人員

執行儀航程序飛行作業方式及程序發布前 Database 製作方法，Fabrizio Maracich 簡要說明義大利程序驗證替代方式。座談會主要是讓飛測人員相互了解程序製作流程及先進國家程序驗證方法，但仍尊重各國驗證方式。

FAA 飛測小組組織完善，組織可自行執行 ARINC 編碼，且其飛測機 FMS 系統經修改可讀入非正式發布之程序供飛行驗證使用。其它未具 ARINC 編碼能力之國家大都付費委託 FMS 系統廠特別編譯飛測用程序或利用先發布限制使用程序(待驗證完成後由航管單位同意民航機使用之方式)供飛行驗證使用。

目前我國 GNSS 儀航飛行驗證乃採用手動輸入航點方式進行，航管組提供程序之航點由飛測機駕駛手動輸入飛機 FMS 系統內，再設定 FMS 以點對點自動駕駛方式進行；此方式驗證除耗費人力執行手動輸入外，人為輸入疏失風險大，且只得用於以 Track Fix、point to Point 之簡單 GNSS 程序驗證。建議程序設計/管理單位宜考量比照其他國家付費委託 FMS 系統廠特別編譯飛測用程序或利用先發布限制使用程序(待驗證完成後由航管單位同意民航機使用之方式)供飛行驗證使用。

(四) 無人駕駛機操作與飛航測試之應用

近年來無人駕駛飛機技術迅速發展，無人駕駛飛機已經從高度專業化軍用工具發展到可以在許多消費電子產品商店購買的消費產品。過去幾年中，民用小型無人駕駛飛機申請數量大幅增加，其應用範圍從航空攝影、氣象測量、水土保護、農噴及救難。本次會議彙集飛測團體共同討論/研究無人駕駛飛機在飛航測試(Flight Inspection)領域之適用性。

無人駕駛飛機(Unmanned Aircraft, UA)或無人駕駛飛行器(Unmanned Aerial Vehicles, UAV)通常是經由數據鏈路連接到地面站，以達成指揮和控制(Command and Control, C2)功能。所以無人駕駛飛機與其他民用飛機和航管系統相互作用時，遠端控制飛行員的職能和責任對飛航安全運作極為重要。空域安全之關鍵要素是避

免碰撞之確保，故遠端控制飛行員和機組其他成員必須列入考慮操作執照/許可。

近來，不少無人駕駛飛機在飛航測試適用性討論文章發表。隨著非軍事應用無人駕駛飛機技術提升以及法律明確性，無人駕駛機操作與飛航測試之應用主題在本次會議相應地受到關注。

飛航測試為一個高度技術整合活動，需要非常熟練且訓練有素的飛行員，特殊裝備的飛機，實驗室設備和飛機/系統維護和儀器校準…等需要相當的資金成本。來自商業壓力和預算限制，激勵業者不斷地尋找新的技術與更有效的解決方案，朝降低成本和提高效率努力。傳統地做法是提升飛測設備功能/精確性，希望大幅提高測試效率，在單一的飛行中結合多項檢查同時進行，減少飛行時間，增加飛測機的可用性；部份維護任務外包和人力資源整合運用節省開銷。將無人駕駛飛機引入飛航測試任務的主要動機之一是降低載人飛測機營運成本。但在現行法律規範下，無人駕駛飛機裝載一個裝備齊全的飛測系統其尺寸和重量是不切實際的；此外，還必須考慮如何以自動化和無人駕駛飛機實現儀航程序“可飛行性”之驗證飛行。所以，目前無人駕駛飛機在飛航測試之應用上大都局限於小型無人駕駛飛機上架設感測器執行較單純之任務，例如：機場燈光檢測、無線電波干擾源檢測。

目視進場滑降指示燈(Precision Approach Path Indicator, PAPI)檢測應用案例：因大多數無人機都配備了相機，故無人機在飛航測試領域上最直接的應用是視覺測量。會議中飛測系統製造商 Aerodata 首先提出無人駕駛飛機在 PAPI 飛航測試應用方式。該應用市場上已有產品，且用於巴黎機場及巴西空域管制局 Brazilian Department of Airspace Control, DECEA)。

PAPI 安裝必須檢查單一燈座紅光和白光間轉換角度及視角水平覆蓋。跑道旁的四個 PAPI 燈顯示為紅色或白色，取決於正在接近的飛機的角度和高度。其任務是確定燈光輻射仰角是否在給定的公差範圍內，以及燈光在給定的方位角範圍內是否清晰可見。恰當配備的無人機懸停在 PAPI 的進場路徑上紅白光過渡點周圍，可以檢查

燈光轉換仰角。檢查能見度方位角，可以使用同一架無人機在高於跑道 1500 英尺高度/4 海哩處的部分圓弧上，以攝影機側視捕捉 PAPI 燈影像。



圖 3 以無人機執行 PAPI 檢測前準備

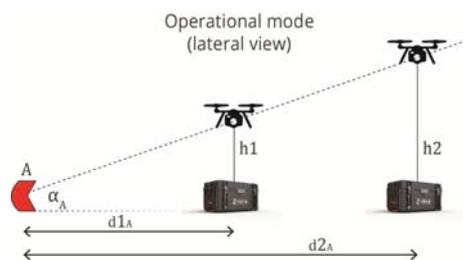


圖 4 以無人機執行 PAPI 檢測距離與高度關係

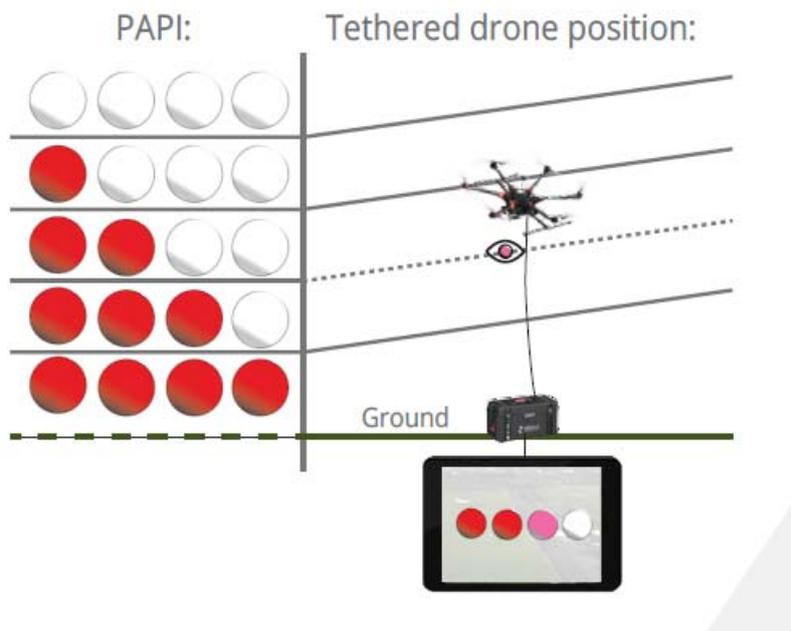


圖 5 無人機執行 PAPI 檢測攝影視窗估算



圖 6 無人機執行 PAPI 檢測攝影視窗實況

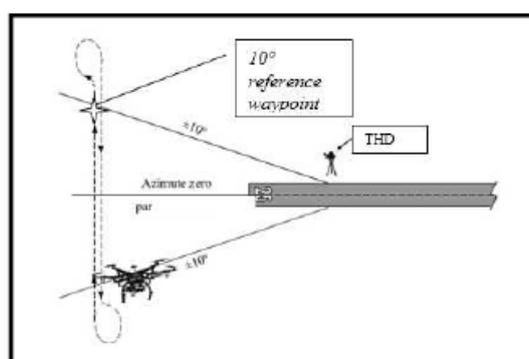


圖 7 無人機執行 PAPI 檢測水平涵蓋角度

此類無人機體積小、活動區域小且調度機動，應用可運用於平時繁

忙且不易安排飛測之桃園機場，可利用跑道關閉聯合檢查之時段同時檢測機場跑道燈光。

無人機之應用非僅限於燈光，如果架設了指向性天線則還可應用於射頻干擾(Radio frequency interference ,RFI)偵測。RFI 是當今航空業所面臨的挑戰之一，干擾常來自機場附近非故意干擾之發射器，干擾可能是短暫或是持續長時間，此類干擾都有可能對飛機構成影，特別是對於信號來自遙遠的高空衛星系統。被稱為 JAGER (Jammer Acquisition with GPS Exploration and Reconnaissance)之多旋翼平台無人機系統可自動快速定位 RFI 干擾源，它可透過指向性天線定位干擾器，利用軸向信息驅動傳感系統實現干擾源定位和導航的新技術。有趣的是傳感器能夠在 GPS 被干擾環境中追蹤 RFI 來源並讓載具定位，同時解決 RFI 定位和導航問題，有助於預防衛星信號干擾提昇飛航安全。



圖 8 JAGER 無人機執行 RFI 檢測

(五) 飛測人員訓練與檢定

FAA 飛測小組 Gary Bell 及 Greg Cox 簡報該組織如何利用飛航檢查機載處理器軟體(Flight Inspection Airborne Processor Application, FIAPA)完善其飛測組員訓練計劃。訓練課程包括了解飛測系統、系統組成、系統操作、與以前的飛測系統的差異、系統使用技術、與此系統相關的風險以及如何應對風險。

FIAPA 是 FAA 自動化飛測系統第二階段產品，大部份 FAA 飛測機配備之飛測系統，該系統包括硬體及軟體更新。FIAPA 是用於收

集、分析和記錄飛行檢查數據的專有軟體；所收集之資料可用於評估助航設備和儀航程序。FIAPA 可安裝在飛測機內、辦公室桌面電腦或可提電腦上。

FIAPA 系統有三種模式：即時模式、重新計算模式和重播模式。在即時模式下，FIAPA 收集並處理飛行中檢測的數據，檢查結果可立即通知地面人員，並同步還將即時數據記錄到原始日誌文件中。使用此原始記錄數據，重新計算模式可允許飛測工程師選擇/更改檢查設置，然後處理原始記錄數據，猶如飛機重新執行另一次檢查。FIAPA 重播模式，可讓使飛測工程師能夠查看先前檢查的結果。重播模式中使用的數據可以是來自於即時模式或重新計算模式的結果數據。重播模式不會重新計算以前收集的數據，它只是提供先前檢查結果的可視性。

FIAPA 利用多元運算技術建立圖形用戶界面(graphical user interface, GUI)，提供使用者友善界面，處理器可同時收集即時飛行量測數據並進行分析，提供即時檢查結果圖形、持續監視系統並即時提供容差條件比較結果。

FAA 認為除了對電子操作員程序模式轉變外，對駕駛員程序也發生變化。FAA 飛測機還在機艙內安裝 WiFi，讓駕駛員能透過 iPad 看到電子員在飛測系統工作檯操作項目，為飛行員提供正在進行的或先前的飛行檢查數據收集和數據分析的更多信息，透過 FIAPA 使飛行檢查任務標準化，駕駛員、航管人員、機組人員之間的互動減少口語交流，節省時間、燃料和金錢，可顯著提高飛行檢查的效率。FAA 培訓計劃包括大約 8 小時的地面訓練、以及在配置 FIAPA 系統飛機上執行 4 天飛測任務飛行訓練。除了 WiFi 外，本局飛測機與飛測系統大致上和 FAA 系統功能相當，組員之訓練也相似。

(六) 傳統助航設備(Legacy Nav aids)運作精進

曾在 FAA 擔任 32 年助航設備工程師之 Nelson Spohnheimer 發表模擬各類跑道運作模式離場飛機對 ILS 信號影響研究報告，並以 2011 年新航 777 飛機在慕尼黑國際機場執行 CAT I ILS auto-land 進場時，因 ILS 信號被正在離場之飛機干擾，飛機落地後偏離跑道之意

外事件為例(附圖)，呼籲各主管單位重視 ILS 系統臨界區及靈敏區 3 度空間管制作業。



圖 9 新航 Boeing 777-300 慕尼黑機場滑出跑道事件

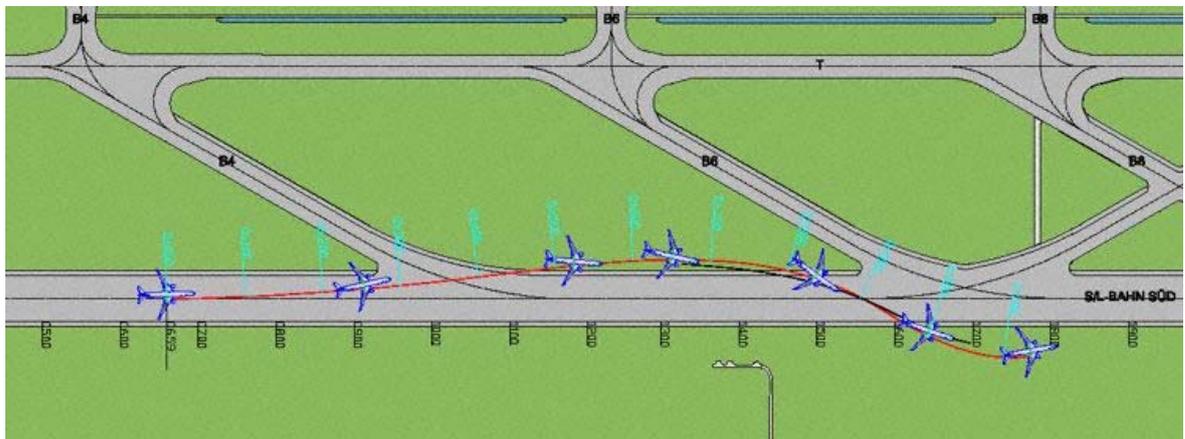


圖 10 新航 Boeing 777-300 慕尼黑機場滑出跑道事件地面軌跡

類似事件曾發生於 2014 年桃園機場 05L 跑道邊燈損壞意外事件及飛測機定期飛航測試時；為避免無效飛航測試作業，建議航管單位重視飛航安全加強航管人員之訓練。

French Civil Aviation University(ENAC) Bertrand Spitz 以 ILS 模擬軟體研究 St NaZaire 機場 CAT I LLZ 信號受機場內大型棚廠影響，到場航機於距機場 17nm 外攔到 LLZ 假信號。該案例發生雖在 ILS 系統涵蓋區域外，但對於提前攔截進場之航機確有風險，筆者建議

ILS 廠家開發/生產不對稱淨空信號發射機以解決該機場 17nm 外航機誤攔 LLZ 假信號之問題。近來，桃園機場於 05L 跑道頭附近增建許多大型棚廠，是否在 17nm 外亦有 NaZaire 機場類似狀況，宜多加注意。

參、心得及建議

從事飛航測試任務期間，經常會在出現意想不到的結果時被質疑飛測結果之準確性。與安裝在客機上的航電系統相比，飛測系統經過定期調校在檢測信號方面更加敏感，並能指出信號不完善的情況。這可能會導致飛測系統發現了問題，但由於某些飛機駕駛艙設備顯示“平滑”，即使是傳統的飛測系統也無法檢測到所有存在的問題。有時，甚至其結果被與一個眾所周知但老化的系統進行了比較，只因為該系統在多年前已被驗證啟用。典型的後果是責怪新系統不良，因為舊系統已被接受，因此被認為是正確的。其實，日常作業也可能由於沒有意識到一些微妙的潛在錯誤，而影響測試結果。透過國際飛航測試會議，和來自世界各地有經驗或剛進入飛測工作之人員交流，吸收他人工作經驗，可預防/提供自己避免因微小疏失落入盲點。

傳統助導航設施設置受地形、土地取得等因素限制發展，在原為軍事發展之衛星導航技術解禁後，衛星科技於民航運用領域上快速進展，以衛星信號為導航基準之儀航程序順勢大量產出。在現行電系統技術下以飛行管理系統(FMS)執行區域導航(RNAV)和性能導航(PBN)複雜的航路，除可減輕飛航組員工作負荷外，更提升空域內飛機流量。完整且有效率地執行衛星導航為主之性能導航程序驗證、複查作業工作，避免影響機場航管秩序，逐漸受到重視；飛航測試系統軟體從單純提供傳統助導航設施測試路徑、紀錄量測資料功能，轉移為程序資料庫驗證、航路飛航中衛星導航數據紀錄，甚至是飛測組員訓練工具。本局飛航測試系統軟體雖有 RNAV 驗證功能，但對於 RF、FAS 路徑元素及 DME-DME 航路甚至是 GBAS 系統尚未俱備驗證功能，若此類型航路為臺北飛航情報區程序未來發展之主流，應及早規畫飛測系統軟/硬體升級時程，避免以傳統方式費時又不精準之驗證方式執行，影響機場航管秩序。

飛航檢查任務以低空飛航、在人口密集的空域作業為主，其比一般航空公司運送乘客和貨物業務蘊藏較高的潛在風險。應對這些安全挑戰時，飛測小組成員應比一般航空業者更注重其操作設定、訓練和裝備安全上之要求。因應近年來空中飛航應用技術快速更新，從事飛航測試作

業人員除需汲取相關資訊外，並應定期參與各類國際飛航測試會議，以了解飛航技術之發展與應用，掌握新技術應用期程及飛航測試對應方法與解決途徑。