

出國報告(出國類別：會議)

「飛測機後艙設備升級研討會議」
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：德國不倫瑞克

出國期間：114 年 8 月 30 日至 114 年 9 月 6 日

報告日期：114 年 10 月 31 日

摘要

台灣掌管的台北飛航情報區涵蓋17座民航機場與大量國際航線，為亞太空域交通樞紐。為符合ICAO規範，民航局飛航標準組負責所有助導航設施之飛測任務，每一項設備在啟用前、定期、與異常後均經過飛航測試。提供所有國內飛航導航環境以及國際過境航機的優良品質助導航服務。

飛航測試不僅是維護我國飛安的基礎專業作業，更是我國作為ICAO成員準則遵循者，提供所有國際過境航機的優良品質導航服務，對國際飛航體系所負的責任與承諾。飛測機後艙設備升級研討會議為執行飛航測試相關人員提供一個飛航測試系統使用和飛航測試技術資訊的交流平台。透過技術研討，與會者除可接收飛航測試系統技術的最新發展進展外，還能匯聚來自各國飛測成員執行各類飛測之經驗共同研討飛測系統的運作和改進方式，從使用者角度推動產品人機界面精進並提升產品品質的穩定性。

本報告分享研討會裡對於飛航測試應用、常見飛航測試問題/經驗、無人機執行飛航測試之研究進展、飛航測試系統更新案例相關資訊。

目次

壹、 目的.....	p.2
貳、 行程紀要.....	p.4
參、 過程.....	p.5
肆、 會議及訓練資料摘要.....	p.7
伍、 心得與建議.....	p.14
陸、 附錄.....	p.16

壹、 目的

台灣掌管的台北飛航情報區涵蓋17座民航機場與大量國際航線，為亞太空域交通樞紐。為符合ICAO規範，民航局飛航標準組負責所有助導航設施之飛測任務，每一項設備在啟用前、定期、與異常後均經過飛航測試。提供所有國內飛航導航環境以及國際過境航機的優良品質助導航服務。

飛航測試不僅是維護我國飛安的基礎專業作業，更是我國作為ICAO成員準則遵循者，提供所有國際過境航機的優良品質導航服務，對國際飛航體系所負的責任與承諾。飛測結果必須是可被航空器、提供助導航設備信號服務者（如：機場、飛航服務總臺、助導航設備製造商）信賴，所以飛航測試系統必須是穩定且可靠的系統；飛航測試系統利用市場上已經穩定之技術，整合相關之量測儀器，以協助飛航測試團隊有效地、穩定地取得精確資料，而不是採用最炫、最新的軟/硬體發展系統。

飛測機後艙設備升級研討會議為執行飛航測試相關人員提供一個飛航測試系統使用和飛航測試技術資訊的交流平台。透過技術研討，與會者除可接收飛航測試系統技術的最新發展進展外，還能匯聚來自各國飛測成員執行各類飛測之經驗共同研討飛測系統的運作和改進方式，從使用者角度推動產品人機界面精進並提升產品品質的穩定性。

本報告分享研討會裡對於飛航測試應用、常見飛航測試問題/經驗、無人機執行飛航測試之研究進展、飛航測試系統更新案例相關資訊。

近來電腦系統工業技術的大幅提升，能夠即時且精確快速地計算大量的測量數據，並提供人性化的界面，以防止人為操作錯誤。數位化測試之數據系統可以提供易於保存並有利於研究/分析的數據格式，提供助導航設備維護工程人員對於設備進行長期間地面測試結果與飛測結果關聯性進行研

析。經過改進的系統不僅可以縮短飛航測試的執行時間以滿足大量測試需求，還可以為地面工程人員提供有助於分析導航設備資料的工具。如果飛航測試系統能夠與科技同步更新，將會提高飛航測試操作的效率與安全性。然而，飛航測試操作需要高度的專業知識，除少數土地幅員大之國家（如：美國聯邦航空署FAA、中國民用航空飛行校驗中心），各國家受經費/成本限制飛測團隊改為營利機構或由區域各國共同委託專責營利機構協助，善用外部資源配合技術的發展現況，提升飛航測試小組的工作效率。

飛測機後艙設備升級研討會議是飛航測試系統整合廠商Aerodata定期舉辦的活動，為使用該公司產品的飛航測試相關人員提供一個飛航測試系統使用和飛航測試技術資訊的交流平台。透過技術研討，與會者可接收飛航測試系統技術的最新發展進展，還能匯聚來自各國飛測成員執行各類飛測之經驗（與會成員名冊如附錄一）；廠家了解客戶對該公司產品的評價，並與客戶共同研討飛測系統的運作和改進方式，從使用者角度推動產品人機界面精進並提升產品品質的穩定性。

研討會包括系統使用經驗分享、常見飛航測試問題討論、無人機執行飛航測試之研究進展、飛航測試系統更新案例，以及飛航測試人員的技能提升訓練。透過會議得與各國執行飛航測試負責人員接觸，了解各國飛航測試業務的運作模式和新輔助導航系統飛航測試需求，建立飛航測試技術專家社群網絡。

貳、 行程紀要

日期	行程
8/30～8/31	搭乘中華航空航班前往德國漢諾威再搭車抵達不倫瑞克
9/1 ～9/3	飛測機後艙設備改裝/升級研討會議
9/4	由不倫瑞克搭車至漢諾威搭機至法蘭克福
9/5~9/6	由法蘭克福搭乘中華航空航班返台

參、 過程

會議議程如下：

Monday 1st of September

Pre-Conference Session

Steigenberger Parkhotel, Braunschweig

Tuesday 2nd of September

2.1 AeroFIS® User Conference Introduction

2.1.1 Words of Welcome

Michael Bitzer (COO), Aerodata AG (Germany)

2.1.2 Introduction of Participants

Jörg Dybek (conference moderator), Aerodata AG (Germany)

2.2 Session 1

2.2.1 Presentation ‘Last and Recent Flight Inspection Projects’

Frank Musmann, Aerodata AG (Germany)

2.2.2 Presentation ‘AeroFIS® Flybot’

Claus Wilkens, Dr. Mirko Stanisak, Aerodata AG (Germany)

2.3 Session 2

2.3.1 Presentation ‘PAPI flight inspection using D-CFMF camera system’

Philip Margenfeld, Flight Calibration Service GmbH (Germany)

2.3.2 Presentation ‘RNAV 5 (VOR/DME) analysis – evaluation concept for Germany’

Anton Erbach, Flight Calibration Service GmbH (Germany)

2.3.3 Presentation ‘DME-DME flight validation’

Oliver Schomaker, Manfred Webers, Flight Calibration Service GmbH (Germany)

2.4 Session 3

2.4.1 Presentation ‘High-precision reference positioning in case of GNSS jamming’

Dr. Mirko Stanisak, Claus Wilkens, Aerodata AG (Germany)

2.4.2 Wrap up and discussion

Jörg Dybek (conference moderator), Aerodata AG

(Germany)

Wednesday 6th of September

3.1 Session 4

3.1.1 Presentation ‘Receiver RTK using RTCM 3 GNSS Data’

Dr. Mirko Stanisak, Aerodata AG (Germany)

3.1.2 Presentation ‘New hardware developments’

Frank Musmann, Rolf Rese, Aerodata AG (Germany)

3.1.3 Presentation ‘New software developments’

Thomas Hähndel, Marcel Hoffmeister, Aerodata (Germany)

3.2 Session 5

3.2.1 Presentation ‘Integration of camera positioning in AFIS software’

Thomas Hähndel, Aerodata (Germany)

3.2.2 Presentation ‘Experiences using CRPA antenna in GPS jamming environment’

Frank Musmann, Aerodata AG (Germany)

3.2.3 Presentation ‘On-board internet for flight inspection aircraft’

Dr. Mirko Stanisak, Aerodata AG (Germany)

3.3 Session 6

3.3.1 Presentation ‘GBAS challenges with different FIS receivers and ground stations’

Dr. Mirko Stanisak, Marcel Hoffmeister, Aerodata AG (Germany)

3.3.2 Presentation ‘EWIS aircraft in flight inspection: certification aspects and technical challenges’

Stephan Kocks, Aerodata AG (Germany)

3.3.3 Presentation ‘Portable cockpit information display (PCID)’

Paul Frost, Aerodata (Germany)

3.3.4 Customer ideas and demands

Jörg Dybek (conference moderator), Aerodata AG (Germany)

3.3.5 Conference closing

Thorsten Heinke, Aerodata AG (Germany)

肆、 會議及訓練資料摘要：

一、**Aerodata AG** 資深專案經理在簡報中指出，該公司過去兩年已完成以下專案進展：

- 全新安裝飛測系統之飛機共 7 架，已部署於印度、韓國、希臘、土耳其、印尼等國。
- 飛測系統升級專案同步於西班牙與保加利亞展開。
- 沙烏地阿拉伯則採購了一款可執行 VOR／ILS／PAPI 等飛測任務之無人機。
- 機型包括 King Air 360、Praetor 600、Citation Latitude、Falcon 2000（升級機型）、Citation Longitude。

由於軍事用途的 TACAN 系統（太康系統）受到美國出口／進口之嚴格管控，且傳統型態的 TACAN 裝備正逐步被數位化儀器所替代；於與會討論中，與會人員關注「非軍事用途飛測系統」如何取得／安裝 TACAN 接收機，以支援 VORTAC 飛測功能。

Aerodata 回應指出，目前正為執行飛測系統升級的客戶提供方案，客戶可利用現有的 TACAN 接收機。另 Aerodata 正在研究 Collins DME-4000 接收機（內含 DME 三通道）之應用，未來將可支援同時執行三套 DME 測試，或單一 TACAN 系統測試。（註：本局目前飛測機前艙安裝 Collins TCN500 一套；飛測系統中安裝 Collins TCN500FI 一套，並配備 VIAVI SDX2000 L-Band Test Generator，定期執行 DME、ATC SSR Mode S、TACAN 接收機之校調工作。惟 SDX2000 測試器目前亦面臨廠家停止調校之困境）

二、使用遙控無人機進行飛航測試經驗分享

輕型多旋翼無人機具備低成本、垂直起降與穩定懸停的優勢，且部署彈性高。這類無人機可輕易運送至機場附近，並在夜間航班量較少的時段

進行飛航測試。這不僅有助於減少飛航測試人員於夜間執行任務的風險，也可在航班繁忙時段減輕對航空管制人員的負擔。

目前，多數國家仍採用搭載高度可靠航空電子設備的飛機，在正常飛行速度下評估助導航設備是否符合 International Civil Aviation Organization (ICAO) Annex 10 所訂性能要求。雖然飛航測試機與其航空電子設備無法代表所有飛機類型或所有裝備，但仍有助於判斷操作相關的信號異常。此原則並未限定僅使用地面或飛航測試方法，而是強調若採用其他測量方式，需與之建立良好相關性。

於本次會議中，Aerodata AG 展示了其所開發的無人機飛測軟體與組件，並指出該系統可整合如 DJI Matrice 300/350 RTK、DJI 400 多旋翼無人機、德國 Starcopter HIGHDRA、荷蘭 Acecore Technologies ZOE X4 等平台，用以執行 ILS 測試。其所呈現的測試結果與傳統飛航測試機的成果相當一致。該公司今年已交付一架 AeroFIS Flybot 紿位於沙烏地阿拉伯的 Samana Special Mission 公司（該公司為沙烏地政府民航總局 (GACA) 指定，負責民用與軍用機場之助導航／燈光輔助設備系統的飛行檢驗與驗證服務）。

展望未來，無人機預計將大量參與左右定位台 (LOC)、滑降道 (Glide Path)、測距儀 (DME)、多向導航台 (VOR) 等助導航設備的飛航測試工作。



圖 1 無人機執行飛測任務之架構

三、FCS Flight Calibration Services GmbH 在 RNAV 5 (VOR/DME) 飛航測試的經驗分享

位於德國布倫瑞克 (Braunschweig) 之 FCS Flight Calibration Services GmbH (簡稱 FCS) 為由 DFS Deutsche Flugsicherung GmbH (德國) 、 Austro Control GmbH (奧地利) 及 Skyguide Ltd. (瑞士) 三家空中導航服務提供者共同出資設立的專業飛航檢測公司，負責上述三國的導航、監視與通訊系統之飛行檢測及程序驗證服務。

本次分享聚焦於其於 VOR/DME 為基底之 RNAV 5 測試分析經驗。RNAV 5 屬於沿線／區域導航 (en-route/area navigation) 規範，允許飛機在 ± 5 海浬範圍內的橫向偏差，而其導航支撐仍以地面設備 (如 VOR、DME) 為主。

測試與分析重點

FCS 在其飛行檢測與程序驗證服務中涵蓋 VOR、DME 及其組合導航（DME／DME）系統。

在 P-RNAV(DME/DME)為主之應用中，FCS 系統具備同時檢測最多 4 個 DME 或 TACAN 裝置，並可採用其 SISMOS 技術分析多達 10 個 DME 與其傳播效應。關於 DME 用於 RNAV 5 支援地面基礎導航之案例，FCS 的 Dr. Jochen Bredemeyer 與 EUROCONTROL 曾合著 “Qualifying DME for RNAV Use” 一文，說明如何提升飛測效率與監控多通道 DME 接收機的使用。在程序驗證(flight validation)領域，FCS 強調使用專門的「pre-production」資料庫與其 FIDIT(Flight Inspection Database Integrity Tool)工具進行 ARINC 424／FMS 資料比對，確保程序編碼正確。此方法亦可用於以 VOR/DME 為基礎之導航程序分析。

實務優化與建議

基於上述經驗，FCS 所提出的優化重點可總結如下：

要進行 VOR/DME (或 DME/DME) 設施支援之 RNAV 5 測試，需確保地面導航裝置覆蓋一致、信號品質良好，並將接收機通道與傳播效應納入衡量。FCS 的實務做法即為採用多通道接收、記錄多個 DME 同時響應。採用高精度定位參考系統 (例如 FCS 在其機上檢測系統中使用相位差 DGPS 定位，誤差可達 <10 cm) 以保證飛行檢測數據準確。對於程序驗證而言，不僅僅飛行路徑本身的偏差需檢查，還應包括資料庫(NAV Database)與實施設備的編碼一致性、換裝或更新之後的重新驗證。在使用傳統地面導航(如 VOR/DME)支持 RNAV 5 的情況下，需明確作為 GNSS 失效時的「後備」方案，並考量控制面與監視系統的介入，以維持安全性。

FCS 透過其完善的飛機裝置、精密的飛行檢測系統與嚴謹的數據驗證流程，在 VOR/DME 支援的 RNAV 5 應用中，提供了可操作、具參考價值的實務經驗。其經驗重點在於：地面導航裝置性能確認、多通道信號測量、飛行檢測精度、高品質資料庫驗證及飛行程序驗證流程。

四、德國飛測公司 FCS Flight Calibration Services GmbH 分享其 2023 年執行「日內瓦 DME-DME 飛航驗證」的實務經驗。該公司指出：雖然目前我國尚未開展此類程序，但「DME-DME 程序驗證」作為 RNAV 程序的重要環節，將為未來發展所必須面對。FCS 所簡報的專案過程、測試紀錄與參考文件，對於我國導航驗證工作而言，是一筆非常珍貴的資訊資產。

五、FCS Flight Calibration Services GmbH 分享其使用攝影機輔助進行 Precision Approach Path Indicator (PAPI) 燈光測試的經驗。透過案例分析，可作為評估未來飛測系統是否應安裝攝影機以輔助 PAPI 燈光測試的重要參考。



圖 2 飛測機安排攝影鏡頭正面及側面



Source: FCS

圖 3 飛測機駕駛艙安排攝影鏡頭

PAPI Inspection – EDDR PAPI 09 (Level Run)

<u>Lamp A:</u>		<u>Lamp C:</u>	
Distance:		Distance:	
• 3,31 NM		• 2,68 NM	
• 6,13 km		• 4,97 km	
Angle:		Angle:	
• 2,72°		• 3,34°	
<u>Lamp B:</u>		<u>Lamp D:</u>	
Distance:		Distance:	
• 3,02 NM		• 2,39 NM	
• 5,59 km		• 4,42 km	
Angle:		Angle:	
• 3,03°		• 3,73°	

Source: FCS, AD AFIS 220NG Screenshot

圖 4 執行 PAPI 測試攝影鏡頭之紀錄

六、Aerodata AG 介紹其最新飛測硬體系統，內容涵蓋：

- 飛測專用的助導航信號接收機模組

- 千兆位元（Gigabit）網路架構，包括通用 RTN/SRTN 網路支援
- 機內通話系統數位化改造
- 新款顯示電腦與大尺寸顯示螢幕
- 可進行後置計算的工作電腦
- 衛星信號接收機與抗干擾衛星天線的最新發展

目前，本局飛測系統由 Aerodata AG 於 2012 年（民國 101 年）初期組裝製造。該系統內的即時運算與圖形處理電腦已使用逾 13 年，且作業系統為 Windows XP。微軟於 2014 年 4 月 8 日終止對 Windows XP 提供安全更新、技術支援及其他修補程式，自此系統潛藏安全性風險且軟體更新面臨困境。此外，飛測機定位所使用的衛星接收機僅支援單一系統（美國 GPS），且該款設備已經停產，未來若發生故障可能面臨維修費用高昂或零件缺料的困境。

因此，了解最新的飛測硬體發展現況，對於評估系統升級的必要性與時機具有重要意義。

伍、心得與建議

本局飛測機定期於「台北飛航情報區」上空執行各項助導航設備信號檢測，旨在確保機場內及航路上助導航設備信號品質，以提升飛航安全。飛測報告必須為主管機關、航空器、助導航設備服務提供方（如：機場、飛航服務總臺、助導航設備製造商）所信賴。因此，飛航測試系統不應僅採用最炫、最新的軟／硬體，而應由飛測系統整合商選用市場上已被驗證、穩定運作的技術，整合相關量測儀器，以協助飛測團隊有效、穩定地取得精確資料。

回顧本局飛航測試機及飛航測試系統，自民國 99 年決標、101 年年底完成全案驗收。該系統於 100 年開發、採用當時最可靠的 Windows XP 作業平台，且視窗操作平台為飛航測試運作核心。系統驗收至今已有 14 年，並未執行任何功能提升項目。然而隨著科技持續發展，14 年前的系統已逐漸過時、難以滿足現代業務需求。雖然當時飛測系統表現優異，但自 Microsoft 停止對 Windows XP 提供技術支援後，該作業系統已成為其制約因素。為因應未來業務需求、提升安全性、降低維護成本、適應現代化工作模式以提升生產力，現在正是考量系統升級的適當時機。

本局飛測機自民國 99 年辦理採購後，靠工作團隊精心維護，至今仍能順利執行助導航設備飛測任務。會議資料顯示，近期飛航測試系統因客戶需求多元、衛星及電腦科技快速變革，不論硬體或軟體皆已有大幅變化。各國陸續採購新飛測機或進行飛測系統升級。建議本局應定期檢視飛航測試系統之技術發展，並視需要推動飛測系統性能提升，以符合國際飛航測試需求、提高系統可靠度並增強測試效能。

另飛航測試業務在民航產業中比重極低，從業人員亦為數極少，國內飛測人員僅約十人左右。安排專屬飛測相關研討會極為困難。Aerodata AG公司利用各國飛測人員參加「飛測機後艙設備升級研討會」之機會，在會前彙集各單位意見，此舉可整合多方意願，並在有限飛測人力資源下，提供技巧與技術交流平台，使不同文化／國家之飛測工程師得以探討應用、汲取他國經驗、並建立交流管道。建議未來本局仍應派員參與此類國際性技術交流活動。

附錄一

20th AeroFIS® User Conference September, 1th – 3th 2025; Braunschweig, Germany

Attendees:

Country	Organization	Name
Australia	AeroPearl Pty. Ltd.	Shamantha Alwis
Australia	AeroPearl Pty. Ltd.	Graham Claxton
Azerbaijan	Silk Way Business Aviation	Andrey Estrov
Bulgaria	BULATSA	Diana Dukova
Bulgaria	BULATSA	Veselin Kortsanov
Bulgaria	BULATSA	Georgi Sarachinov
Canada	NAV Canada	Paul Papp
Canada	NAV Canada	Jean-Pascal Tremblay
Czech Republic	ANS	Alexandr Dorovsky
China	CAAC (CFI)	Shi Yanpeng
China	CAAC (CFI)	Sun Zhihao
China	Pacific-China Aero Tech Ltd.	Na Wang (Jessica Wang)
Germany	Flight Calibration Services GmbH	Sebastian Dehnert
Germany	Flight Calibration Services GmbH	Anton Erbach
Germany	Flight Calibration Services GmbH	Christian Hein
Germany	Flight Calibration Services GmbH	Philip Margenfeld
Germany	Flight Calibration Services GmbH	Oliver Schomaker
Germany	Flight Calibration Services GmbH	Markus Schwendener
Germany	Flight Calibration Services GmbH	Daniel Seiler
Germany	Flight Calibration Services GmbH	Knuth Steffens
Germany	Flight Calibration Services GmbH	Manfred Webers
Germany	SVEGE	Sascha Parzy
Germany	SVEGE	Thomas Schachtner
Greece	HCAA	Spyros Chinopoulos
Greece	HCAA	Ioannis Giannikakis
Greece	HCAA	Themistoklis Kontogiannis
Greece	HCAA	Panagiotis Passas
Greece	Hellenic Air Force	Ioannis Alexandrakis
Greece	Hellenic Air Force	Nikolaos Aivazidis
Greece	Hellenic Air Force	George Gkelutis

Country	Organization	Name
India	Airport Authority of India (AAI)	Chengaiah Gari Pattabhi
India	Airport Authority of India (AAI)	Mahesh Chandra
India	Airport Authority of India (AAI)	Avinash Kumar
Indonesia	DGAC	Dian Yusuf Aminudin
Indonesia	DGAC	Iwan Kurniawan
Indonesia	Mandala Dharma Krida P.T.	Prayudi
Indonesia	Mandala Dharma Krida P.T.	Dany Widiyanto
Korea	Flight Inspection Center (FIC)	Hong Seop Lee
Korea	Flight Inspection Center (FIC)	Seung Goo Lee
Poland	PANSA	Szymon Markiewicz
Poland	PANSA	Pawel Szpakowski
Poland	PANSA	Adam Tarnowski
Poland	PANSA	Szymon Tomaszewski
Poland	Polish Air Force	Mariusz Bulik
Poland	Polish Air Force	Krzystof Myka
Senegal	ASECNA	Roger Bekale Ngwa
Serbia	SMATSA	Darko Rascanin
Slovakia	LPS	Erik Bročko
Slovakia	LPS	Dalimír Pišťanský
Slovakia	LPS	Vladimír Mikulík
South Africa	SACAA	Kagiso Molote
South Africa	SACAA	Moshe Rikhoto
Spain	ENAIRESA	Matías Esteban Iwanchuk
Spain	ENAIRESA	Juan De Dios Piedra
Spain	SENASA	Francisco Javier Cadenas Fernandez
Spain	SENASA	Eduard Marin Roca
Spain	Teyco Hispania SL	Nuria Amador
Taiwan (R.O.C.)	CAA Taiwan	Cheryl Chang
The Netherlands	NLR	Harald de Haan
The Netherlands	NLR	Ivo J. Wilmes
Turkiye	DHMI	Yildiray Ates
Turkiye	DHMI	Eyüp Bilgin
Turkiye	DHMI	Yilmaz Gültekin
Turkiye	DHMI	Fatih Talat Tunç
Turkiye	Turkish Air Force	Necip Dongaz
Turkiye	Turkish Air Force	Özkan Karakoyun
United Kingdom	Flight Precision Ltd.	Alex Yashin

