

出國報告（出國類別：其他）

## 107 年「F-16 型機系統安全會議」

服務機關：空軍第四聯隊

姓名職稱：少校分隊長袁尚駿

派赴國家：美國

出國期間：107 年 12 月 3 日至 8 日

報告日期：107 年 12 月 17 日

## 摘要

「F-16 型機系統安全會議」係由美空軍後勤中心主導，結合洛克希德馬丁、普惠發動機公司、系統安全小組會員及全球 F-16 型機軍售國一同召開，會中除提報美軍及各使用國重大失事案例、故障趨勢分析及研討改進措施外；另與會國依使用經驗，針對影響飛行安全相關問題共同提案討論。

本次為第 88 次系統安全會議，計有 21 個 F-16 使用國參與，包括中華民國、美國(含美國空軍、洛克西德馬丁飛機製造原廠、奇異及普惠發動機製造廠等單位)、比利時、荷蘭、挪威、丹麥、希臘、義大利、波蘭、芬蘭、葡萄牙、智利、土耳其、以色列、約旦、葉門、埃及、南韓、新加坡、泰國、日本(F-2 部分系統與 F-16 相似)，與會人數約 120 人。

第一天議程主要係由主辦單位提報會議流程並確認未來兩日討論議題項目，其次是由部分使用國針對該國過去一年發生之飛安事件及趨勢實施提報，會議第二天首先由洛馬代表提報關於全球 F-16 機隊過去一年重大失事的情況以及趨勢，續由洛廠各系統代表提報 F-16 機隊相關議題。第三天續由洛廠執行議題討論，後由美希爾基地 F-16 飛安官(F-16 SPO Safety)做三天會議總結，並擬定下次召開 SSG 會議行程。

## 目次

一、命令依據：	4
二、目的：	4
三、與會人員：	4
四、過程：	4
五、會議重點：	6
(一)美軍失事分級簡介：	6
(二)F-16 型機失事統計分析：	6
(三)全球 F-16 型機年度失事事件(A 級事件)：	6
(四)各國 F-16 型機飛安案例研討：	8
(五)美方對 F-16 型機關切議題：	9
(六)自動地面防撞系統(Auto GCAS)及自動整合防撞系統(Auto ICAS)介紹：	11
六、心得與建議：	13
七、參考資料：	15



<b>Wednesday - 5 December 2018</b>				
<b>Time</b>	<b>Subject</b>	<b>Primary Briefer</b>	<b>Organization</b>	
0800	Opening-Welcoming Remarks	Col Gates	F-16 System Program Manager	
	Administrative Actions/Safety Privilege/SSG Flow	John Germ	F-16 SPO Safety	
	Safety Center Mishap Review	LTC Matthew Crowell	AF Safety Center	
0900	F-16 Class Mishap Review	Davy Thorn	Lockheed Martin Aeronautics	
	F-16 Attrition Trends	Dave Vandercook	Lockheed Martin Aeronautics	
	Air Data Incidents	Davy Thorn	Lockheed Martin Aeronautics	
<b>Break</b>				
1015	AutoGCAS Sustainment	Scott Baker	AFLCMC/WWM	
	AACAS/ICAS	Kevin Price	AFRL	
1100	MMC Restarts	Bob Giese	F-16 SPO Safety	
	Tinker SPO F100 Engine Briefings	Nick Peterman	F100 Engine SPO	
	P&W F100 Engine Briefings	Matt Krueger	Pratt & Whitney Military Flight Safety	
<b>Lunch</b>				
1200	USAF Wheel Chocks	Eric Troidl	UDRI	
	Canopy Rain Pooling - Polish Study	Don Wilmoth	416 SCMS/GUEAA	
	Canopy Rain Pooling – Structural Design Change	John Germ	F-16 SPO Safety	
	Review of F-16 Hazards	John Germ	F-16 SPO Safety	
	USAF Aircraft Information Program	John Germ	F-16 SPO Safety	
	Hazard Tracking System	Michael Nennmann	Lockheed Martin Aeronautics	
	HAP Review	Bob Giese	F-16 SPO Safety (LM Aero)	
	CAT 1 DR Summary / MSTG Review / Maint. events	James Trollo	F-16 SPO Safety (LM Aero)	
	Tinker SPO F110 Engine Briefings	Duane Bauman	F110 Engine SPO	
	GE F110 Engine Briefings	John Kucek	GE Military Flight Safety	
	(All Presentations on the F-16 System Safety SharePoint & TCG Website) (Briefing Summaries to Bob Giese by end of SSG-or robert.giese.1.ctr@us.af.mil)			

12月5日會議行程表

<b>Thursday- 6 December 2018</b>			
<b>Time</b>	<b>Subject</b>	<b>Primary Briefer</b>	<b>Organization</b>
0800	Landing Gear Topics	Lt Russell Markosky	417 SCMS/GUEA
	Tow Bar Update	Doug Ball	F-16 SPO
	Wiring/Eclipse Tester	Howard Swanson	F-16 SPO
	Wiring Chafing		F-16 SPO
0900	F-16 "Wiggle Butt"	Dave Kendall	F-16 SPO
	Corrosion	Sonny Koftinow	F-16 SPO
	ECS & Hypoxia	Shawn Flemming	F-16 SPO
	GCU Incident	Bill Garcia	416 SCMS/GUEA
	New Horizontal Stab	Ray Park	416 SCMS/GUEA
<b>Break</b>			
1000	NDI	Bryce Harris	F-16 SPO
	CAD/PAD Topics	Allen Hancey	AFLCMC/EBHJ (CAD/PAD)
	CAD/PAD Risk	Bob Giese	F-16 SPO
	F-16 Customer Support (Falcon Hotline)	MSgt John Doyle	F-16 SPO
1100	Action Item Review	John Germ	F-16 SPO Safety
<b>Lunch</b>			
1200	SSG Continues as Required		
1330	Selection of Next SSG Date	Col Gates	F-16 System Program Manager
	Closing Remarks		
(End of SSG; Except for Executive Council)			
(All Presentations on the F-16 System Safety SharePoint & TCG Website) (Briefing Summaries to Bob Giese by end of SSG-or robert.giese.1.ctr@us.af.mil)			

12月6日會議行程表

## 五、會議重點：

### (一)美軍失事分級簡介：

- 1、A 級事件：損失總金額大於 2 百萬美元(含)或肇致人員喪生；飛機損傷無法修復。
- 2、B 級事件：損失金額大於 50 萬美元(含)至 2 百萬美元(不含)或肇致人員傷殘；地面人員 3 員以上住院治療。
- 3、C 級事件：損失金額大於 5 萬美元(含)至 50 萬美元(不含)或人員由於受傷而短暫無法執行任務。
- 4、D 級事件：損失金額大於 2 萬美元(含)至 5 萬美元(不含)，人員受傷或患病不符 A、B、C 級事件者。
- 5、E 級事件：事件發生不符以上飛危事件界定條件，但事態嚴重，若再發生極可能造成傷亡之事件。

### (二)F-16 型機失事統計分析：

全球 F-16 型機自 2006 年 11 月 30 日至 2017 年 12 月 1 日止，累計飛行時數為 13,867,227 小時，計發生 528 起重大失事案件，平均失事率為每 10 萬飛行小時 2.61 件，累計造成 375 架飛機全毀，飛機毀損率為每 10 萬飛行小時 3.68 架。

美國空軍 F-16 機隊歷年失事肇因以飛行員人因因素與發動機故障為主，佔全部失事率之 80%以上，其中飛行員人因因素與發動機故障因素佔 A 級事件(Class A Mishap)之 75%，在飛機毀損事件中，飛行員人因因素佔 70%，發動機故障因素佔 30%，以近十年而言，飛行員人因因素所佔比例高於發動機故障因素，幾乎超過 50%，因此人因已成為控制失事率之重要議題。

### (三)全球 F-16 型機年度失事事件(A 級事件)：

- 1、自上次會議至今(2017 年 12 月至 2018 年 11 月)，全球 F-16 型機共發生 7 起 A 級事件，共造成 5 架 F-16 全毀、2 架 F-16 嚴重受損(可修護)。

#### 2、失事事件原因類別分析(如表一)：

2018 年度發生 7 起 A 級事件，其中飛行人因因素佔 5 起(2 起為起飛及落地失敗、3 起人員操控撞地)，起落架伸放失效 1 起，1 起地面火警。

失事類別統計		
失事類別	件數	備考
人因因素	5	起落階段 X2 人員操控撞地 X3
機械因素	2	
總計	7	

表一 失事類別統計

3、美方摘列 3 起人因因素 A 級事件案例於會議中研討，內容摘陳如后：

(1)案例一(高 G 昏迷)：

美國空軍乙架 F-16 型機單座執行特技表演課目，起飛後加速至 400 哩/時，向後帶桿爬升並持續保持帶桿成倒飛姿態，距地面絕對高度約 8000 呎，同時保持倒飛姿態持續加速至 400 哩/時，準備向下做出動作，隨即再次向後帶桿，建立姿態後同時 G 力上升，此時飛行員產生 G 力昏迷，飛機姿態為向下俯衝，於飛機撞地前，飛行員尚未清醒，肇致事件發生。

(2)案例二(熄火航線衝出跑道)：

美國空軍乙架 F-16 型機因發動機問題須緊急落地，隨即朝向最近機場，定向機場過程中，飛行員採取熄火落地方式直線進場，於飛機到達跑道頭觸地前空速尚有 230 哩/時(主輪速限為 217 哩/時)，飛行員則保持平飛減速，觸地時已超過跑道一半距離，隨即使用剎車，惟剩餘跑道長度已不足將飛機安全停止，導致飛機衝出跑道，飛行員彈射跳傘。

(3)案例三(操控撞地)：

我空軍乙架 F-16 型機執行對地攻擊(SA)訓練，於任務過程中撞擊山區，經洛克希德馬丁公司於事件發生後檢視飛行紀錄器，研究後發現飛機當時未有故障產生，故排除機械因素，屬人因操控撞地事件，其餘事件肇生原因持續調查中(如圖一)。



圖一 我國與會人員於會議中提報 6685 號機 CSMU 下載數據

(四)各國 F-16 型機飛安案例研討：

部分國家於會議上提報該國年度飛安事件，可提供本軍參考案例內容摘陳如后：

1、案例一(尾管飛脫)：

韓國空軍一批四架 F-16 型機單座執行對空任務(ACT)訓練，於返場過程中實施機外檢查 (B.D CHECK)，當 2 號機檢查長機外型時，發現長機尾管部分葉片脫落，落地後經檢視長機尾管，於噴嘴左下方有一片葉片脫落(如圖二)，肇事原因尚待查證中。



圖二 飛機尾管

2、案例二(機砲不正常)：

韓國空軍一批一架 F-16 型機雙座執行對地機砲射擊(SA)訓練，射擊過程中發現有不尋常金屬異聲，隨即停止課目返降，落地後經檢視飛機外型，發現左邊座艙罩下方，於機砲射擊門前方機身(如圖三)有明顯彈孔，調查原因為機砲材質不良所導致。



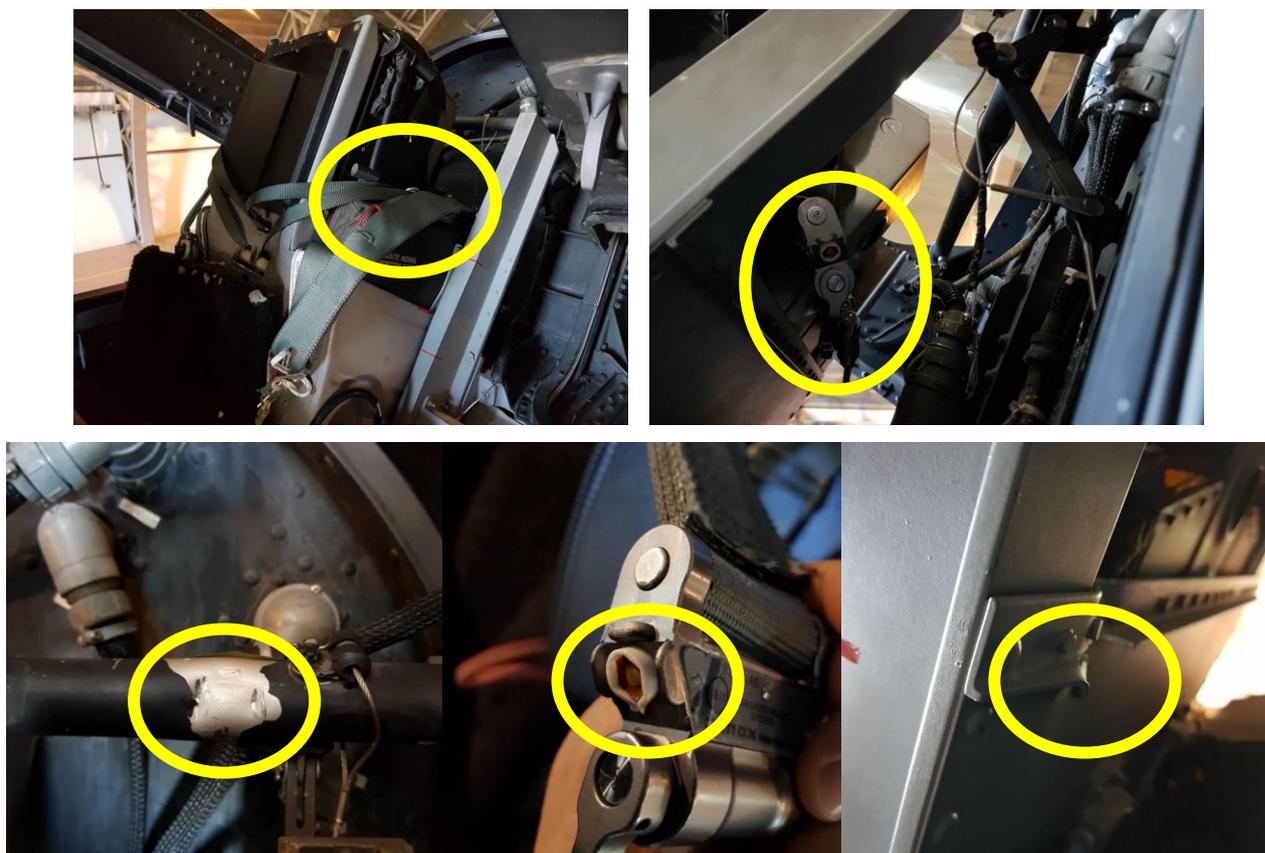
圖三 飛機左邊機身

### 3、案例三(發動機不正常反應)：

葡萄牙空軍有三起發動機不正常反應，渦輪風扇進氣溫度(FTIT)指示器擺動超過正負 50°C 及發動機轉速(RPM)指示器擺動超過正負 3%，事件發生原因仍在調查中。另有一起乙架 F-16 型機實施空戰運動(ACM)訓練，於操作課目過程中，高度約 23000 呎，低速度狀態下，發動機有衝激反應，肇事原因尚待查證中。

### 4、案例四(座艙罩故障)：

智利空軍乙架 F-16 型機雙座於地面關座艙罩時，後座因肩帶位置擺放錯誤，造成座椅、隔框及肩帶鎖等裝備損壞(如圖四)。



圖四 肩帶損壞情況

### 5、案例五(發動機不正常反應)：

希臘空軍乙架 F-16 型機實施空戰運動(ACM)訓練，飛行 44 分鐘後，高度 16000 呎，距機場 50 哩，座艙內 ENGINE WARNING 警告燈亮，渦輪風扇進氣溫度(FTIT)指示器及發動機轉速(RPM)指示器均指示為零，檢查測試頁次(TEST PAGE)有 ENG 022 及 ENG107 的故障代碼，飛行員立即採熄火航線方式返場及落地，肇事原因尚待查證中。

### (五)美方對 F-16 型機關切議題：

主辦單位於會議前已向各國蒐整提案議題，經美方綜整各國故障趨勢及議題面向，並與

去年度會議比較綜整後，著重關切議題於本次會議研討計以下列 6 項：

1、起落階段案例趨勢(Takeoff and Landing Phase Trends)：

2018 年全球共有 14 起於起飛及落地階段的意外事件，其中 3 起發生於起飛階段，飛機在重外載高速度情況下執行放棄起飛；另 11 起發生於落地階段，其中 2 起在進場時下滑道過低，以致擦撞左右定位臺及進場燈光系統、後座接桿時機晚導致重落地、熄火航線操作不佳，進場速度大及落地距離遠，剩餘跑道長度不足，衝出跑道、落地後防滑剎車失效，人員操作不當剎爆輪胎；上述案例顯示本年度在起飛及落地階段的飛安事件，仍高居不下，須提高警覺。

2、人因疏失飛安事件(Proficiency Related Mishaps)：

全球本年度有 528 起飛安事件，其中包含 7 起 A 級事件，共計 103 位飛行員受傷或死亡，A 級事件中人因因素肇事原因占 71%，顯示因人因疏失導致嚴重飛安事件所佔比例較高，為此各國除不斷提升本職學能及模擬機訓練，練習緊急情況的判斷及處置，更透過每年 F-16 型機系統安全會議，研討人因疏失發生主因，以避免或是預防再次肇生相同事件，確實降低危安事件的發生，確保飛行安全。

3、自動地面防撞系統改正及空間迷向飛行員改正(SDO;to Include AGCAS & PARS 'Saves')：

全球本年度有 1 起自動地面防撞系統改正避免飛機墜地，本起事件為執行對地小角度機砲攻擊時，因專注對靶操作而忽略飛機高度，自動地面防撞系統於 200 呎絕對高度，8 度俯角，沒有坡度狀態下致動改正飛機。

4、缺氧/座艙失壓(Hypoxia & Cabin Depressurization)：

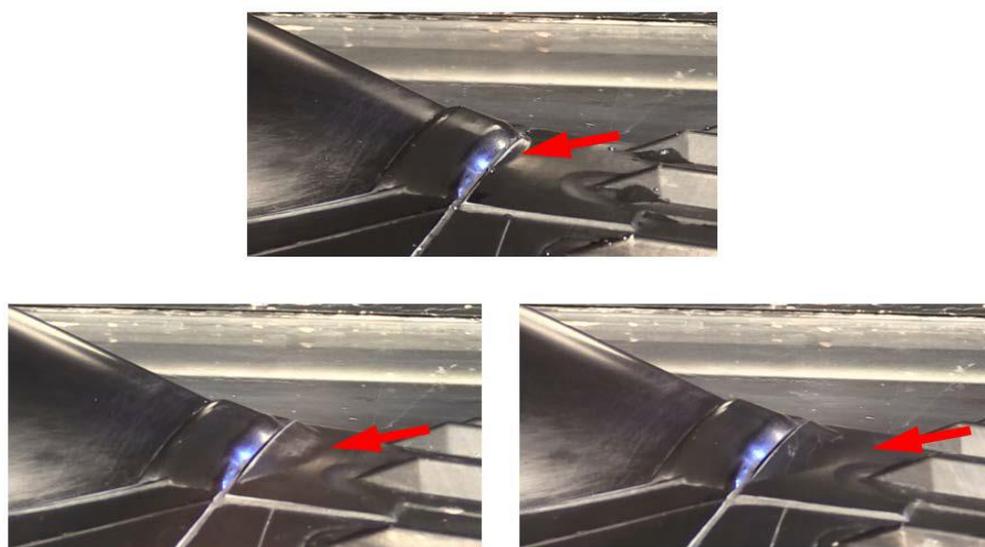
全球本年度 F-16 型機未造成缺氧情事，惟原廠持續建議各使用國採購座艙氧氣系統手持式測試儀(On-Board Oxygen Generating System ;OBOGS) (如圖五)，於地面檢查時測試氧氣系統輸出功能是否符合技令規範要求，以預防肇生高空缺氧問題。



圖五 座艙氧氣系統手持式測試儀

#### 5、雨水影響座艙罩視線(Canopy Rain Pooling)：

自去年系統安全會議至今美軍 F-16 型機發生 11 起空中因大雨影響座艙罩視線事件，經查其肇因為不同款之打磨膏殘餘油墨遇水後，抗潑水效果之差異(凝結起霧)所造成，美軍目前正在尋求解決方案並針對座艙罩打磨膏進行研究，將於 2018 年 1 月針對新型座艙罩打磨膏執行效用評估，並希望各國如有相關案例能於 SSG 會議上分享各國解決方案，經查本軍目前所使用之打磨膏(品牌：TEX STARS)為洛廠所認可，故並未發生飛行中大雨因油墨造成凝結起霧而影響座艙罩視線之情事(如圖六)。



圖六 水氣凝結比較

#### 6、爆材過期(CAD\_PAD Overage Items)：

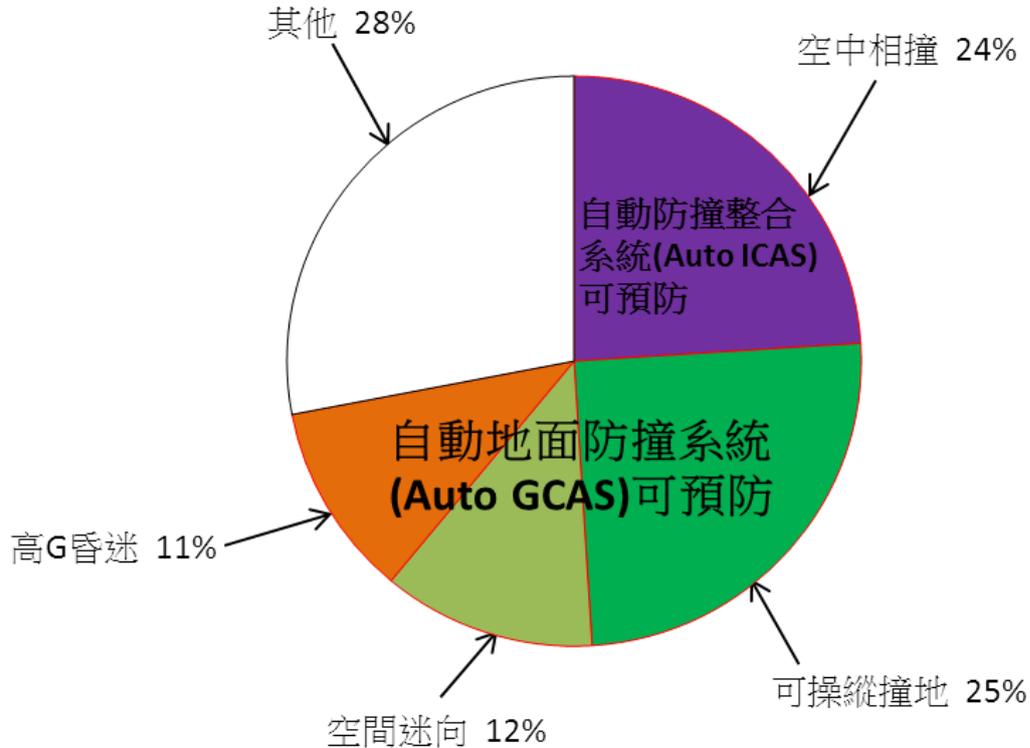
部分 F-16 使用國反應因屆期而辦理延用的逃生爆材數量日益增加，對機隊造成潛在風險，美軍建議各國以機號管制即將屆期的爆材並將資料提供給美軍，以利美軍管制日益增加的風險並加速各國籌補速度。

本軍自接機至今每年均提供即將屆期資訊給美軍，於爆材屆期前半年清查單位存量是否足夠，如存量足夠，將於爆材屆期前執行更換，若存量不足，將回報保指部列請購清單至美方購補，若美方供應鏈無法及時提供時，美方將辦理延交。

#### (六)自動地面防撞系統(Auto GCAS)及自動整合防撞系統(Auto ICAS)介紹：

F-16 型機 4 大致命失事因素為 G 力昏迷、人員操控墜地、空間迷向及空中相撞，72%的 F-16 型機意外是此 4 項因素所造成(如圖七)，而意外發生原因均為人因因素，為降低此 4 項因素造成重大傷亡及損失，洛廠研發出自動地面防撞系統(Auto GCAS)，此系統能夠不斷地將飛機的飛行軌跡和任務模組電腦(MMC)及數位式地面海拔資料庫(DTED)產生的地形進行比對，若偵測飛行軌跡即將撞擊地面，系統將會發出迴避指令，如果飛行員

因高 G 昏迷、空間迷向等因素未採取處置，系統將自動接管飛行控制系統來執行規避動作，一旦消除潛在威脅，系統將把飛機的飛行控制權交還給飛行員；此裝備可在飛行員進入空間迷向、高 G 昏迷及低空操作接近地面時，有效避免飛機撞地。



圖七 F-16 失事意外與防撞系統分析圓餅圖

在本次會議中，洛廠針對自動地面防撞系統做一詳盡解說(註 1)，並表示自動地面防撞系統(Auto GCAS)可進一步研改為自動整合防撞系統(Auto ICAS)，除了原本設計的防止撞擊地面外，還可以避免空中飛機相撞，自動整合防撞系統(Auto ICAS)藉由任務模組電腦(MMC)解算飛行軌跡，再利用機載雷達及空戰即時顯示莢艙(ACMI POD)(如圖八)感測具威脅的飛機，並從威脅的飛機獲得相同類型的資訊，利用飛機軌跡改正預測解算法(ARTP)持續地循環計算，以確定兩架飛機的位置、距離及飛行軌跡，若判斷可能相互衝突，會從 9 種避免碰撞運動方向，選擇最佳向量脫離碰撞航線，對於空戰運動訓練課目能有效避免空中碰撞(註 2)。

註 1：自動地面防撞系統(Auto GCAS)與自動整合防撞系統(Auto ICAS)，兩者之間主要差異在於自動地面防撞系統(Auto GCAS)可透過任務模組電腦(MMC)運算之後，如即將撞擊地面，模組電腦立即主動跨越人為操控權，使飛機保持在飛行員所設定的最低絕對高度以上脫離、自動整合防撞系統(Auto ICAS)為自動地面防撞系統(Auto

GCAS)延伸，在空戰運動訓練時，減低空中相撞的機率。

註 2：如 F-16 型機備有自動地面防撞系統(Auto GCAS)可減少將近 48%飛安事件(高 G 昏迷、空間迷向及可操縱撞地)、再加上自動整合防撞系統(Auto ICAS)避免空中相撞，更可大幅減少將近 75%因人因因素所造成之飛安事件。



圖八 F-16 空戰即時顯示莢艙(ACMI POD)

## 六、心得與建議：

### (一)心得：

- 1、F-16 型機系統安全會議由全球 F-16 使用國指派代表與會，會議中部分國家均分享使用經驗，藉由世界各地區相互探討發生飛安事件，並請洛克西德馬丁飛機製造原廠、奇異及普惠發動機製造廠針對各國提出系統相關問題進行答覆，以發掘 F-16 型機潛在飛安因素，進而降低飛行訓練成本，避免造成重大災難事件肇生，此次會議將能有助於提升我國空軍飛行安全環境。
- 2、年度各國 F-16 型機隊飛安案例，有多起發生於起飛及落地階段，經分析為人員操作及環境因素，造成飛機衝出跑道，本軍 F-16 型機配有阻力傘，可增加飛機減速效能，大幅減少因剩餘跑道不足使飛機衝出跑道等意外；另若於落地階段時，飛行員判斷環境惡劣無法安全落地，可下決心轉降外場，切勿於進場姿態、速度不正常及環境惡劣時勉強進場，任何時候有懷疑不安全時，應斷然重飛，以維飛安。
- 3、鑑於各國提報飛安事件中，大部分均為人因因素所造成，各部隊飛行員應持續不斷提升本職學能及模擬機訓練，練習緊急情況的判斷及處置，增進人員熟稔度及緊急程序應處能力，以確實降低危安事件的發生，確保飛行安全。

## (二)建議：

### 1、爭取出國計畫經費，提升飛安交流學習：

本次會議各使用國空軍均派遣 3 至 4 人與會，與會人員除飛行人員外，亦包含維修專業及飛行安全管理政策單位高階軍官；而美國空軍 F-16 型機基地除派遣飛行中隊長外，亦派遣飛行人員與飛安官與會，可見各使用國對 F-16 型機系統安全會議之重視，故建議本軍於經費許可情況下，派遣 3 至 4 人與會，除基層部隊飛行人員(資深人員為佳，或具飛安與管理經驗者)與修護專業外，各層級均可派員參與此次會議，以瞭解各國 F-16 機隊飛安事件管理現況，並從政策與執行面著手，可有效提升我國 F-16 機隊管理安全。

### 2、增購飛機預警系統，避免一級事件再生：

F-16 型機 4 大致命失事因素為高 G 昏迷、空間迷向、人員操控撞地及空中相撞，今年本軍發生的一級事件如配有自動地面防撞系統(Auto GCAS)裝備將能發揮作用，可避免憾事發生；美方洛廠最新研發自動整合防撞系統(Auto ICAS)，能有效預防 F-16 型機 4 大致命失事因素所造成的一級事件，故建議本型機於未來能加裝此系統或是預防地面防撞系統(Predictive Ground Collision Avoidance System,PGCAS)，並於未來 F-16 V 型機能將此系統或類似系統列為標準配備，增進飛行安全。

### 3、先期前往調整時差，增進會議學習成效：

受訓地點於美國猶他州，與臺灣時差(Jetlag)慢 15 小時且日夜顛倒，歷年會議均於抵美後隔日即執行研討會，人員無法立即調整與克服身理時鐘，降低學習成效，建議搭配人員例休或年度慰勞假(採不支付生活費方式辦理)先期 1 至 2 日前往，以調整人員身理狀態與適應當地生活環境，摒除相關生理影響，提升整體效益。本次會議行程安排些微緊湊，美國希爾空軍基地(Hill AFB)為 F-16 機隊修護的大本營，各使用國均有派遣一位修護代表長期進駐，對於 F-16 型機近年所發生的機械相關問題甚為瞭解，故建議於會議結束後多停留 1 至 2 天，彼此交流修護上所遭遇窒礙問題或是預防未來可能產生之問題。

### 4、借鏡失事案例經驗，落實飛安教育推廣：

經本次會議統計全球本年度有 528 起飛安事件，其中大部分事件均能藉飛安教育及訓練的推動在事前預防及避免，人員若均具備充足知識與技能，必能大幅減少飛安事件的發生，故建議積極爭取國際飛安相關會議及訓練參與，並參考他國飛安教育訓練方式，增進我軍空(技)勤人員飛行安全管理模式，有效杜絕飛安事件發生。



美 F-16 系統安全會議提報現場

七、參考資料：

- (一) 1\_5\_1\_2018 SSG - Year in Review (Germ)
- (二) 3\_19\_0\_Mishap Events (Giese)
- (三) 2\_1\_0\_ROKAF-SSG-Briefing-2018(Korea)
- (四) 2\_2\_0\_PRT\_SSG88\_country\_briefing(Portugal)
- (五) 2\_4\_0\_SSG N 88 (Chile)
- (六) 2\_7\_0\_SSG88\_HAF briefing(Greece)
- (七) 3\_15\_0\_F-16 Canopy Rain Pooling - Bump Update(Germ)
- (八) SSG-88\_Agenda\_Draft