

出國報告（出國類別：其它）

## 105 年「F-16 型機系統安全會議」

服務機關：63544

姓名職稱：上尉徐定衛

派赴國家：美國

出國期間：105 年 12 月 5 至 10 日

報告日期：106 年 2 月 3 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、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，與會各國依使用經驗，針對影響飛行安全相關問題共同提案討論。

本次會議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，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，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，最後由洛廠代表提報 F-16 機隊相關議題。第三天主要是由各國與會代表針對該國所提出的問題，與各國所屬之專案經理及技術代表進行晤談，以取得技術問題回復或解決方案。

## 目次

一、目的.....	4
二、行程概要.....	4
三、會議重點.....	4
(一)美軍失事分級簡介.....	4
(二)F-16 型機失事統計分析.....	4
(三)F-16 型機近期失事事件研討.....	5
(四)美方現對 F-16 型機關切議題.....	7
(五)F-16 型機各使用國相關飛安案例提報.....	9
四、心得與建議.....	10

# 本文

## 一、目的：

藉赴美參與 F-16 型機系統安全會議（SSG：SYSTEM SAFETY GROUP），瞭解美軍及全球使用國重大失事案例及改進措施，並於研討會中，針對各國使用經驗及飛行安全等問題，進行討及紀錄，相關經驗可供本軍先期預防措施與精進作為參考，確保飛行安全。

## 二、行程概要：

- (一) 12 月 5 日：搭乘長榮航空班機自桃園國際機場前往洛杉磯國際機場轉機至鹽湖城。
- (二) 12 月 6 日：上午抵達鹽湖城國際機場後入住希爾空軍基地。
- (三) 12 月 7 日至 9 日：於希爾空軍基地參與 F-16 型機系統安全會議。
- (四) 12 月 10 日：由希爾空軍基地搭車至鹽湖城國際機場搭機前往洛杉磯，搭乘長榮航空班機自洛杉磯國際機場返國，於晚間返抵桃園國際機場。

## 三、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)，人員受傷或患病而不符 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 2016 年 11 月 30 日止，累計飛行時數為 10,699,767 小時，計發生 370 起重大失事案件，平均失事率為每 10 萬飛行小時 2.02 件，累計造成 365 架飛機全毀，飛機毀損率為每 10 萬飛行小時 3.46 架；美國空軍 F-16 機隊歷年失事肇因以飛行員人為因素與發動機故障為主，佔全部失事率之 80%以上，其中飛行員人為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，飛行人為因素佔 50%，發動機故障因素佔 25%，以近十年而言，飛行員人為因素所佔比例略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降低之重要議題。

(三)F-16 型機近期失事事件研討：

1、自上次會議至今(2015 年 12 月至 2016 年 11 月)，全球 F-16 型機共發生 13 起重大失事，造成 11 架全毀及 2 架嚴重受損(可修護)，6 名飛行員生還，7 名飛行員不幸喪生。

2、失事之原因類別分析(如表一)：

年度 13 起重大失事飛行人為因素佔 5 起(2 起為起飛及落地失敗、2 起高 G 昏迷(GLOC)及 1 起空中相撞)，發動機失效 3 起；另 4 起原因不明調查中與 1 起待確認因素中。

表一 失事類別統計

失事類別統計		
失事類別	件數	備考
人為因素	5	起落 X2 G LOC X2 空中相撞 X1
發動機因素	3	
原因不明	4	
待確認失事因素	1	
總計	13	

3、美方就人為及機械因素摘列 7 起案例於會議中探討，內容摘陳如后：

(1)人為因素：

A、案例一(落地失敗)：

執行儀器降落訓練，飛機於落地過程中衝出跑道，兩位飛行人員未彈射跳傘受傷，因洛廠未參與調查，詳細肇因不明。

B、案例二(起飛失敗)：

因重掛載使用 A/B(After burner)推力起飛，加速 157 浬/時(起飛速度為 172 浬/時)，因發動機儀表顯示異常放棄起飛(指示空速 184 浬/時)，飛機持續滾行越過 BAK-14 攔截鋼繩，最後由跑道終端 E-5 鋼繩攔截，惟因重掛載及大速度致飛機衝出跑道直至與儀器降落系統( ILS)定位天線擦撞後停止，現場發現距跑道離場端 4725 呎處遺留黑色連續刮痕，為捕捉鉤與地面接觸之痕跡，證明捕捉鉤正常伸放，但 BAK-14 攔截鋼繩支撐塊損壞(圖一)，造成捕捉鉤無法正常鉤接鋼繩，且飛行員剎車使用力道不足(最大僅 15%)，肇致減速不及而衝出跑道。



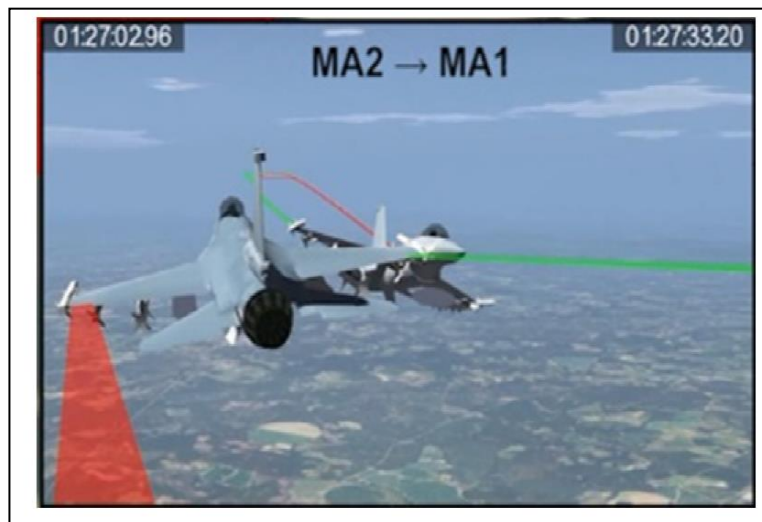
圖一 損壞之 BAK-14 攔截鋼繩支撐塊

C、案例三(高 G 昏迷(GLOC))：

日間執行飛行訓練過程中，飛行人員疑似產生高 G 昏迷狀況，長機見其姿態異常而呼叫改正，但未獲二號機飛行員回應，最後飛機墜毀，飛行員未執行彈射跳傘喪生。

D、案例四(空中對撞)：

F-16 型機兩架於接近終昏之多機訓練課目執行集合，過程中 2 號機右機翼與長機右機翼及水平尾翼發生碰撞(圖二)，碰撞後兩架飛機液壓系相繼失效無法操控，分別棄機跳傘，人員均安。



圖二 空中碰撞示意圖

(2)機械因素：

A、案例一(發動機故障)：

F-16 型機一架起飛 10 分鐘後，爬升高度至 18000 呎，空速保持 350 浬/時，飛行員以無線電通報發動機空中熄火，經飛行員多次空中起動，均未能起動成功，飛行員於高度 2,700 呎棄機彈射跳傘，飛機全毀人安，經調查發現發動機第一級渦輪段葉片斷裂脫落，導致發動機 IOD 熄火。

B、案例二(發動機故障)：

F-16 型機一架起飛 20 分鐘後，爬升高度至 13800 呎，空速保持 360 浬/時，飛行員通報聽到異聲巨響(飛機強烈搖晃)，隨即發動機於空中壓縮器失速並熄火，經飛行員多次空中起動均未成功，最後於高度 3,700 呎飛行員彈射跳傘，飛機全毀人安，經調查發現發動機第二級渦輪段葉片疑似因外物損傷(FOD)造成斷裂脫落損毀，使發動機壓縮器失速熄火。

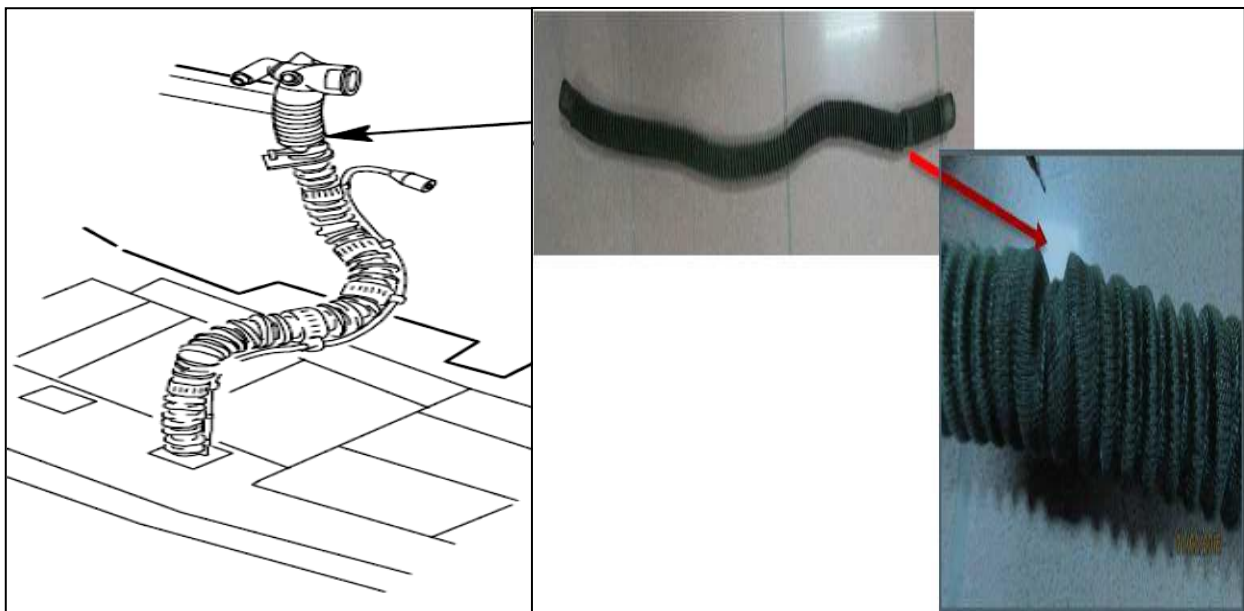
#### C、案例三(發動機故障)：

F-16 型機於起飛後遭遇發動機推力喪失，飛行員立即執行鑽升(Zoom)，大約於 880 呎彈射跳傘，飛機全毀人安，經調查發現第二級渦輪段葉片斷裂脫落，致發動機受損後熄火。

#### (四)美方現對 F-16 型機關切議題：

美方針對各使用國飛安事件肇因，提報解決方案及處理進度計 9 項：

- 1、土耳其空軍一架 F-16 於例行訓練中，飛行員通報發生缺氧情形(高度 17000 呎)，申請緊急返場降落，事後調查發現座艙內氧氣軟管損壞(如圖三)，美方建議空勤人員進入座艙時加強目視檢查，地勤人員落實維護保養檢查作業，所有人員進出座艙應注意及避免損壞氧氣軟管，目前本軍飛行員於開車前均執行座艙內氧調器測試；另地勤人員均依技令執行每 60 天軟管測試及檢查。



圖三 氧氣軟管損壞位置示意圖

- 2、新加坡空軍曾發生兩起 F-16 BLOCK 52 型機飛行中機翼燃油出氣口大量洩漏燃油事件，並造成機內低燃油存量警告燈亮，調查發現因燃油箱內燃油傳輸管耦合聯軸器斷裂損壞，造成機內燃油系統溢滿至機翼燃油出氣口，經維修單位查閱該國 F-16 修護技令後

發現，該耦合聯軸器有兩種件號，且均可裝機使用(P/N：14J02-48A 外觀為金色、P/N：W991-48DE 外觀為深灰色)，P/N：14J02-48A(金色)溝槽較 W991-48DE(深灰色)橫截面寬深(0.005 英吋差異)，經新加坡空軍評估 P/N：14J02-48A(金色耦合聯軸器)較耐磨損，應選用該件號物料，目前本軍 F-16 BLOCK 20 型機使用件號僅 W991-48DE 乙項，且技令 TW-16A-4-28 並未許可本軍使用 14J02-48A，故本事件對我機隊無影響。

### 3、雨天積水影響座艙罩視線(Canopy Rain Pooling)：

F-16 型機因座艙罩流線外型與進場時攻角較大之緣故，雨天進場階段座艙罩前段會因積水而影響視線，甚至有完全遮斷前方視線之情形，經洛廠調查發現目前美軍 F-16 機隊每月定期打磨座艙罩玻璃使用之打磨膏(品牌：Micro-gloss)會造成座艙罩玻璃表面損傷，導致撥水性變差及表面積水嚴重，經洛廠試驗改以打磨膏(品牌：Whiz Type II)打磨拋光座艙罩玻璃不會造成表面損傷且可改善撥水性，本軍目前所使用之打磨膏(品牌：TEX STARS)為洛廠所認可，且未肇生座艙罩雨天積水影響視線之情事。

### 4、主起落架下鎖致動器(Down lock Actuator)重新設計：

F-16 型機發生多起落地時主起落架阻力支撐(Drag Brace)失效，造成主起落架坍塌之案例，經調查為阻力支撐襯套磨損，落地時起落架結構共振及起落架回彈等因素造成阻力支撐下鎖致動器解鎖。2013 年 9 月至 2014 年 4 月原廠已完成新構型下鎖致動器與基本功能驗證，原廠迄今仍對該設計修改裝機使用成效評估，預於 2017 年 3 月完成評估報告。

### 5、主輪轂(Main Wheel)研改設計：

主輪轂製造原廠目前針對 F-16 重構型機隊裝用之主輪轂，運用 7050 鋁合金基礎材料著手研改輪轂與煞車盤設計，預判可有助減少整體機件抗磨損、腐蝕及熱損傷之危害問題產生，同時改善主輪轂內嵌式隔熱罩散熱不佳情況，本軍目前使用輕構型主輪轂，無相關安全影響。

### 6、主輪胎變型問題處理：

截至目前為止，各國 F-16 型機使用之主輪胎接連發生胎皮變型問題，造成輪胎皮與起落架不當磨損，承辦單位提報說明 F-16 機型設計裝用之主輪胎均符合軍規要求，惟輪胎製造過程品質管理非設計所能控制，請各國針對輪胎變型異常狀況，依據技術手冊提出品質不滿意報告，傳送輪胎製造廠商或本會議辦公室承辦人員協助處理；本軍如遇相關情形可依程序提出品質不滿意報告，採拍照記錄方式傳送輪胎製造商協助處理。

### 7、缺氧(Hypoxia)飛安問題處理：

近來許多 F-16 型機使用國飛行員反映高空飛行發生缺氧情形，美國空軍已針對該問題



著手調查，現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) (圖四)，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。



圖四 座艙氧氣系統手持式測試儀

#### 8、雷射干擾威脅(Laser Harassment)：

近年來多國反映飛行中遭受不明雷射照射干擾飛行(含起飛落地階段)，並造成飛行員暫時失明，尤其是飛行人員穿戴夜視裝備任務飛行時更為嚴重，直接影響飛行安全，如此行為於美國境內視為公共安全問題及意圖謀殺罪行，雷射筆雷射與一般光源不同且具有高亮度的特性，高功率的雷射亮度超過太陽光及其它人工光源 100 億倍，很多人擔心雷射棒或雷射筆的雷射會把眼睛照瞎，事實上一般紅色雷射對眼睛較不會照成傷害，只要雷射功率在 5mW 以下，即不會有何傷害，但若是綠色雷射，且功率在 5mW 以上者，則直接對準人體眼睛照射是會傷害眼球的，嚴重者會有眼盲的可能，因此市售有 30mW 功率以上的綠色雷射，由於對人體有害，在歐美許多國家是禁止使用的。美軍針對不明雷射照射狀況建議處理方式如下：

- (1)多機組員航空器若其他組員尚未遭受雷射光照射，則由其接手操控航機。(單座機飛行員可視情況改變飛行姿態避開雷射光照射)
- (2)將駕駛艙內各種光源調至最亮，將雷射光之影響降至最低。
- (3)開啟自動駕駛模式。
- (4)組員切勿揉眼、勿直視雷射光、運用手掌遮掩並保護眼睛，或戴上護目鏡。
- (5)於恢復視力後在適當的飛航狀態下檢查各項儀表狀態。

(6)通報航戰管單位處理。

(五)F-16 型機各使用國相關飛安案例提報(由希臘及土耳其兩國實施提報)：

1、希臘空軍駕駛桿干擾事件：

一架 F-16 型機於低空出擊航線課目開始前執行 G 力感受課目，進入高度約 3000 呎，速度 400 海浬，飛行員建立 70 度坡度，大約 6G 轉彎，於 G 力建立後不久，飛行員抗 G 褲右側大腿處爆裂，氣囊膨脹後壓迫駕駛桿，致坡度增加至 80 度，飛行員立即鬆 G 改平坡度並停止課目。

(1)事件肇因：飛行人員個人裝備材質不佳或老化。

(2)精進作為：針對飛行員個裝執行特檢，不合規定之裝備立即執行更換。

2、飛行中推力喪失事件：

F-16C BLOCK 52，執行 ACT 課目，高度 22000 呎，速度 0.9 馬赫，首先飛行員聽到發動機有很大的異響，隨後遭遇發動機低推力、後燃器失效、發動機失速等情況，同時飛機尾管冒煙且伴隨震動；飛行員立即拋擲 370 油箱，選擇就近機場執行熄火航線落地。

(1)事件肇因：發動機中 3 顆螺絲未按規定扭力鎖妥，導致鬆脫造成核心模組損壞。

(2)精進作為：要求修護人員確依技令執行各項修維護工作，並落實完工後檢查，避免類案再生。

3、土耳其空軍落地後左主輪爆胎肇致滑出跑道事件：

F-16C 落地滾行過程中左主輪爆胎，飛機滑出跑道。

(1)事件肇因：飛行員進場速度大（9 度 AOA，195KIAS），進場高，勉強進場導致飛機重落地，且未執行氣動力減速。

(2)精進作為：持續教育飛行人員於進場姿態或速度不佳時切勿勉強進場，如遇不正常情形應立即下決心重飛；另落實模擬機訓練，俾提升人員緊急情況應處能力。

#### 四、心得與建議：

(一)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分享，藉由世界其它各地區相互探討發生之飛安事件，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，亦為本會議之精神所在。

(二)鑑於本次會議各使用國空軍均派遣 4 至 5 人與會，與會人員除飛行人員外，亦包括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，亦派遣飛行人員及飛安官與會，足見各使用國對 F-16 型機系統安全會議之重視，故建議本軍能以重視飛行安全及經費許可情況下，仿照各使用國與會員額 4 至 5 員，

除基層部隊飛行及修護主官外，各層級均可派員參與此項會議，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 F-16 機隊管理及安全。

- (三)在本次各國飛安案例交流中，雷射侵犯(Laser Harassment)均列入事件報告，而發生時機均於執行低空飛行時(低空對地飛行及進場航線)最多，飛行員反映有綠色雷射光線射入座艙，並對飛行操作造成相當干擾，但並未回報對飛行人員有任何傷害情事，各國處理方式均為第一時間由飛行員報告空中遭遇雷射侵犯的位置，再由管制單位通報警察，警方在接獲通報後立即前往通報地點，顯見各國對於雷射侵犯之重視，本軍旋翼機部隊亦有類案發生，應可參考它國之處置方式，以維護飛行安全。
- (四)各國 F-16 機隊飛安案例交流，大部分案例均環繞於操控中撞地、空中相撞及空中意外關車，顯示 F-16 飛行人員易於飛行過程中，因負荷過重等因素而忽略交互檢查之重點，導致意外情況發生；另外關於空中意外關車方面，除少數機械因素導致油門關斷卡榫損壞外，大部分均為人員飛行習慣不佳，飛行時將手指置於油門關斷手柄，而於油門收回慢車時，將油門關斷，有鑑於此，建議部隊賡續加強本職學能及模擬機訓練，強化課目熟練度，並掌握於高任務負荷情況下交互檢查之重點；另於遭遇飛機不正常情況時，均依黃卡逐條處置，確保飛行安全。