

出國報告（出國類別：考察）

國防部空軍司令部參加 2022 年 「新加坡國際航空展」出國報告

服務機關：空軍航空科技研究發展中心

姓名職稱：吳啓郁上校、王仲明中校、孫志豪中校

唐子傑中尉、廖翊歲少尉、姚虹羽士官長

派赴國家：新加坡

出國期間：111 年 2 月 14 日至 2 月 18 日

摘要

「2022 年新加坡國際航空展(Singapore Air Show, SIA)」於今(111)年 2 月 14 日至 2 月 18 日，假新加坡樟宜機場展覽中心舉行；本中心藉由參加本次新加坡航空展，考察國際航太商情，有效拓展所屬人員對於各類航空器設計概念及新式科技認知，俾厚植國軍研發戰機與新式武器能量。

本次航展計有 39 個國家或地區共 590 家廠商參展，各家廠商展出內容涵蓋商業及軍用飛機、直升機、導彈/武器系統、推進系統、空電裝備、無人機/無人機防禦系統、安全及逃生裝備、訓練/模擬系統及地面支援裝備等各式陳展裝備。

本次參訪活動中，中心依據後續可能發展之新式武器，分組廣泛蒐整各式武器裝備之相關資訊，並與多家廠商進行深度會談，針對武器系統之研發設計、維護及支援等與廠商進行經驗交流與研討，所獲成果可運用於本軍未來武器研發參考，期能強化建軍備戰工作，藉以提升我國空防戰力。

目錄

壹、 依據.....	1
貳、 目的.....	1
參、 任務編組（人員編組名冊如附表）	1
肆、 行程概述	1
伍、 航展簡介	3
一、 航展歷史.....	3
二、 展覽規劃.....	4
三、 陳展項目	4
四、 新加坡航太技術與工程會議.....	7
陸、 航展內容摘要.....	8
一、 室內展區陳展資訊	8
二、 室外飛機靜態展示	127
柒、 新加坡航太技術與工程會議內容摘要	160
一、 超越地平線的創新	160
二、 電動垂直起降飛行載具做為城市空中交通之主力軍	161
三、 使用自衛式雷射武器提高戰鬥機生存能力.....	162
四、 維持，一種戰鬥能力	164
五、 透過超視距擴展無人機操作潛力	164
六、 以多架攝影機辨識多目標軌跡.....	166
七、 飛機引擎之新式後勤	167
八、 使用積層製造技術革新飛機零件供應鏈.....	167
九、 軍事航空減碳之技術路徑.....	168
十、 以電力做為走向綠色航空業之解答	169
捌、 心得與建議.....	170
一、 蒐整武器新知，擴展人員視野.....	170
二、 汲取設計概念，納入設計考量.....	170
三、 建立溝通管道，避免單一商源.....	171
四、 預設參訪重點，做好事前聯繫.....	171
附表.....	i

表目錄

表 1、F-35 戰機性能規格表.....	9
表 2、HURJET 高教機性能規格表.....	21
表 3、HURKUS 初教機性能規格表.....	22
表 4、ANKA 無人機性能規格表.....	23
表 5、AKSUNGUR 無人機性能規格表.....	24
表 6、KF-21 戰機性能規格表.....	26
表 7、FA-50 戰機性能規格表.....	27
表 8、KT-1 初教機性能規格表.....	28
表 9、JF-17 Thunder 裝備規格表.....	29
表 10、FTC-2000G 裝備規格表.....	30
表 11、L-15 裝備規格表.....	31
表 12、K-8 裝備規格表.....	32
表 13、Wing-Loong I & II 裝備規格表.....	33
表 14、Blue Spear 裝備規格表.....	40
表 15、Barak LRAD 裝備規格表.....	41
表 16、Meteor 空對空飛彈裝備規格表.....	47
表 17、Smart Glider 飛彈裝備規格表.....	48
表 18、Spear 系列裝備規格表.....	49
表 19、CMM-ER 飛彈裝備規格表.....	50
表 20、Aster B1 NT 飛彈裝備規格表.....	51
表 21、VL MICA NG 飛彈裝備規格表.....	52
表 22、Mistral 發射台裝備規格表.....	55
表 23、IRIS-T 飛彈裝備規格表.....	57
表 24、Reccelite 裝備規格表.....	64
表 25、LCR-2020 裝備規格表.....	71
表 26、Orbiter 1、2、3、4 無人機性能比較表.....	81
表 27、IHAWK 無人機功能表.....	89
表 28、MS-110 感測器裝備規格表.....	98
表 29、T.RADAR PRO 裝備規格表.....	100
表 30、DrN-35 運輸無人機性能規格表.....	119
表 31、ExtremV 水路兩用多用途車性能規格表.....	120
表 32、Terrex2 步兵戰車性能規格表.....	121
表 33、F-35A 性能規格表.....	127
表 34、TF-X 性能規格表.....	129
表 35、F-16D Block52 性能規格表.....	132
表 36、F-15SG 性能規格表.....	136

表 37、Tejas 性能規格表.....	140
表 38、AH-64D 性能規格表.....	143
表 39、H225M 性能規格表.....	146
表 40、BELL 505 性能規格表.....	148
表 41、C-46 性能規格表.....	150
表 42、A330-MRTT 性能規格表.....	152
表 43、A400M 性能規格表.....	154
表 44、P-8 性能規格表.....	157
表 45、E-190-E2 性能規格表.....	159

圖目錄

圖 1、航展會場示意圖.....	6
圖 2、F-35 三型機上視比較圖.....	9
圖 3、F-35A 菱形機首.....	10
圖 4、F-35A 座艙罩匿蹤塗層.....	10
圖 5、F-35A 機翼邊條翼.....	11
圖 6、F-35A DSI 進氣道及凸包.....	11
圖 7、F-35A 內置彈艙.....	12
圖 8、F-35A 內置機砲.....	12
圖 9、F-35A 機首及右腮 EODAS 位置.....	13
圖 10、F-35A EOTS 及左腮 EODAS 位置.....	14
圖 11、F-35A 下腹 EODAS 位置.....	14
圖 12、F-35A 機背 EODAS 位置.....	14
圖 13、F-35A V 型雙垂尾.....	15
圖 14、F-35A 彈艙艙門及蒙皮鋸齒接合處.....	16
圖 15、F-35A 起落架艙門及雷達罩與機身鋸齒接合處.....	16
圖 16、F-35A 發動機鋸齒狀噴嘴.....	16
圖 17、TF-X 全尺寸模型.....	18
圖 18、TF-X 機翼邊條翼.....	19
圖 19、TF-X 側彈艙.....	20
圖 20、HURJET 高教機模型.....	21
圖 21、HURKUS 初教機模型.....	22
圖 22、ANKA 無人機模型.....	23
圖 23、ANSUNGUR 無人機模型.....	24
圖 24、KF-21 戰機模型.....	26
圖 25、FA-50 戰機模型.....	27
圖 26、KT-1 初教機模型.....	28
圖 27、JF-17 Thunder 戰機模型.....	30
圖 28、FTC-2000G 戰機模型.....	30
圖 29、L-15 高教機模型.....	31
圖 30、K-8 教練機模型.....	32
圖 31、翼龍 I 無人機模型.....	33
圖 32、翼龍 II 無人機模型.....	33
圖 33、Phantom Strike 雷達.....	34
圖 34、DASALS 尋標器光學器件.....	37
圖 35、APKWS 搭載載具.....	37
圖 36、APKWS 打擊能力特點.....	37

圖 37、數位 GPS 抗干擾接收器	38
圖 38、Blue Spear 地對地導彈模型.....	40
圖 39、Barak LRAD 防空飛彈防禦系統模型.....	41
圖 40、Thunder B-VTOL 小型垂直起降無人機.....	43
圖 41、Thunder B-VTOL 無人機模型.....	43
圖 42、ELI-3360 MPA 海上巡邏機模型.....	44
圖 43、F-18 飛彈掛載模型	46
圖 44、F-35B 飛彈掛載模型	46
圖 45、F-35B 掛載示意圖	46
圖 46、Meteor 空對空飛彈模型.....	47
圖 47、Smart Glider 空對地戰術飛彈模型.....	48
圖 48、SPEAR 空對地飛彈模型.....	49
圖 49、Spear-EW 電戰武器模型.....	49
圖 50、Camm-ER 地對空飛彈模型.....	50
圖 51、Aster B1 NT 地對空飛彈模型.....	51
圖 52、VL MICA NG 地對空飛彈模型.....	52
圖 53、High Energy Laser Effector 模型.....	53
圖 54、MBDA Deutschland 雷射武器運用示意圖.....	53
圖 55、EMADS 陸基防空飛彈系統模型.....	54
圖 56、Mistral ATLAS-RC/SIMBAD-RC 發射台模型.....	55
圖 57、IRIS-T 空對空飛彈模型.....	57
圖 58、IRIS-T 固體推進劑發動機和推力向量控制系統	57
圖 59、IRIS-T SLM 中程防空飛彈示意圖	60
圖 60、IRIS-T 及 IRIS-T SLM 模型.....	60
圖 61、IRIS-T SLM 發射車（左）與指管車（右）模型	61
圖 62、IRIS-T SLM 多功能火控雷達車模型	61
圖 63、HPem SkyWolf 高能電磁脈衝武器模型.....	62
圖 64、Reccelite 偵察莖艙模型.....	64
圖 65、Spice 250 導引組件模型.....	65
圖 66、FireFly 戰術武器系統模型.....	66
圖 67、L3Harris 供應 F-35 戰機之系統	68
圖 68、L3Harr 全功能次系統能量.....	68
圖 69、ALQ-254 電戰系統架構圖.....	69
圖 70、WESCAM MX 系統感測器模型.....	70
圖 71、LCR-2020 雷達系統模型.....	71
圖 72、Titanis 反無人機防禦系統平台模型	72
圖 73、Titanis 高能雷射武器模型.....	73
圖 74、JHMCS II 系統組成	74

圖 75、JHMCS II (1) 日間模組 (2) 夜間模組.....	75
圖 76、JHMCS II 介面連接及感測元件.....	75
圖 77、X-Sight 頭盔瞄準具.....	76
圖 78、e-LAD 顯示器.....	76
圖 79、MQ-9B 無人機模型.....	77
圖 80、多機管控及航線規劃示意圖.....	78
圖 81、多任務控制系統示意圖.....	79
圖 82、MMC XBOX 操作控制手把.....	79
圖 83、Metis 系統產品簡介.....	80
圖 84、XC2 系統產品簡介.....	80
圖 85、Orbiter 4 無人機模型.....	82
圖 86、Orbiter 4 開啟降落傘(1)開啟緩衝墊(2)示意圖.....	82
圖 87、Orbiter 4 向下尖小翼示意圖.....	83
圖 88、STAMP 系列感測器模型.....	84
圖 89、AirBus ZEROe 概念機模型.....	85
圖 90、AirBus 次世代客機傳統外型設計圖.....	86
圖 91、IHAWK 無人機.....	87
圖 92、Hope technick 全向彈藥裝載車.....	88
圖 93、彈藥裝載車控制台.....	89
圖 94、彈藥裝載車轉盤.....	89
圖 95、彈藥裝載車斜向車輪設計.....	90
圖 96、VR 虛擬實境操作示意圖.....	90
圖 97、MK-18 彈射座椅組成說明.....	91
圖 98、MK-18 型座椅頭部保護裝置.....	92
圖 99、MK-18 型座椅頭部防護氣囊.....	93
圖 100、MK-18 型座椅腳部防護束帶.....	93
圖 101、MK-18 型座椅頭部支撐網.....	94
圖 102、ACES 5 彈射座椅組成說明.....	95
圖 103、ACES 5 型座椅頭部和頸部保護裝置.....	96
圖 104、ACES 5 型座椅手臂和腿部保護裝置.....	96
圖 105、MS-110 偵照莢艙模型.....	97
圖 106、MS-110 偵照莢艙感測器模型.....	97
圖 107、創未來 T.Radar Pro 疊翼雷達.....	100
圖 108、CMC 多功能顯示器與 GPS.....	102
圖 109、CMC 中央處理器與飛行管理系統.....	102
圖 110、Genesys 整合型顯示器涵蓋功能.....	103
圖 111、Highway-in-the-sky 示意圖.....	104
圖 112、F135-PW-600 發動機模型及運作模式.....	106

圖 113、F100-PW-229 發動機模型.....	107
圖 114、GTF 發動機模型.....	107
圖 115、PW100 發動機模型.....	108
圖 116、APS5000 輔助動力系統.....	108
圖 117、Eaton 數位燃油測量系統.....	109
圖 118、Eaton 衝壓空氣閥門及驅油噴射泵.....	110
圖 119、Eaton 增壓幫浦系列.....	110
圖 120、HENSOLDT 雷達預警接收機.....	111
圖 121、HENSOLDT 高級寬頻數據鏈路.....	112
圖 122、HENSOLDT 任務電腦.....	112
圖 123、HENSOLDT 多功能天線.....	113
圖 124、HENSOLDT 空用網路連接系統.....	113
圖 125、Euroflir 410 EO/IR 感測器模型.....	114
圖 126、HAMMER 空對地導彈模型.....	115
圖 127、XMA 小型遠程數據收集器.....	115
圖 128、STIM 300 慣性測量元件.....	116
圖 129、SyNaute 導航系統.....	116
圖 130、Arrano 1A 引擎模型.....	117
圖 131、碳纖維煞車模型.....	117
圖 132、DrN-35 運輸無人機.....	119
圖 133、ExtremV 水路兩用多用途車.....	120
圖 134、Terrex2 步兵戰車.....	121
圖 135、Spider 新一代輕型攻擊車.....	122
圖 136、ST engineering 混合實境操作體驗.....	122
圖 137、BELL429 商用直升機.....	123
圖 138、Bell-360 Invictus 攻擊直升機模型.....	124
圖 139、AeroSafe 飛行個裝.....	126
圖 140、scorpion 頭盔顯示器組成說明.....	126
圖 141、F-35A 戰機正面外觀.....	127
圖 142、F-35A 戰機側面外觀.....	128
圖 143、F-35A 戰機背面外觀.....	128
圖 144、TF-X 戰機正面外觀及掛載武器展示.....	130
圖 145、TF-X 戰機斜面外觀.....	130
圖 146、TF-X 戰機側面外觀.....	131
圖 147、TF-X 戰機背面外觀.....	131
圖 148、F-16D 戰機正面外觀.....	133
圖 149、F-16D 戰機背面外觀.....	133
圖 150、F-16D 戰機斜面外觀.....	134

圖 151、F-16D 戰機座艙前機身特寫.....	134
圖 152、F-16D 戰機進氣道及電戰掛載.....	135
圖 153、F-16D 戰機機翼武器掛載及機背適型油箱.....	135
圖 154、F-15SG 戰機正面外觀.....	137
圖 155、F-15SG 戰機斜面外觀.....	137
圖 156、F-15SG 戰機背面外觀.....	138
圖 157、F-15SG 戰機側身掛載.....	138
圖 158、F-15SG 戰機右側電戰掛載.....	139
圖 159、F-15SG 戰機左側電戰掛載.....	139
圖 160、Tejas 戰機正面外觀.....	140
圖 161、Tejas 戰機側面外觀.....	141
圖 162、Tejas 戰機背面外觀.....	141
圖 163、Tejas 戰機斜面外觀.....	142
圖 164、AH-64D 攻擊直升機斜面外觀.....	144
圖 165、AH-64D 攻擊直升機側面外觀.....	144
圖 166、AH-64D 攻擊直升機背面外觀.....	145
圖 167、AH-64D 攻擊直升機短翼武器掛載.....	145
圖 168、H225M 直升機正面外觀.....	146
圖 169、H225M 直升機斜面外觀.....	147
圖 170、H225M 直升機側面外觀.....	147
圖 171、BELL505 直升機正面外觀.....	148
圖 172、BELL505 直升機側面外觀.....	149
圖 173、KC-46A 加油機斜面外觀.....	150
圖 174、KC-46A 加油機加油管位置.....	151
圖 175、KC-46A 加油機尾端.....	151
圖 176、A330-MRTT 加油機側面外觀.....	153
圖 177、A330-MRTT 加油機空中加油對接監控鏡頭.....	153
圖 178、A400M 運輸機正面外觀.....	155
圖 179、A400M 運輸機斜面外觀.....	155
圖 180、A400M 運輸機側面外觀.....	156
圖 181、A400M 運輸機背面外觀.....	156
圖 182、P-8 反潛機側面外觀.....	158
圖 183、P-8 反潛機派龍架.....	158
圖 184、E-190-E2 客機側面外觀.....	159
圖 185、無人計程車概念設計圖.....	162
圖 186、F-16 戰機配置 SHIELD 莢艙示意圖.....	163
圖 187、F-16 與 F-35 有無配置 SHIELD 莢艙之存活率.....	163
圖 188、無人機監視系統運用示意圖.....	165

圖 189、以多攝影機追蹤多目標示意圖	166
圖 190、航空業減碳之技術路徑圖.....	168
圖 191、以電力為動力之飛行載具示意圖	169

壹、依據

依國防部空軍司令部 111 年 1 月 26 日國空計劃字第 1110005119 號令辦理。

貳、目的

為提升航發中心設計研發能量，赴新加坡參加航展，藉以考察國際航太商情，汲取各項武器設計研發新知及概念，培育中心人員研發觀念，以相關武器系統之研發設計、維護及支援等與廠商經驗交流與研討，俾本軍未來武器研發參考。

參、任務編組（人員編組名冊如附表）

- 一、司令部計畫處：計畫參謀官王仲明中校。
- 二、航發中心：研發科長吳啓郁上校（領隊）、研發官孫志豪中校、研發官唐子傑中尉、研發官廖翊崴少尉及飛機士姚虹羽士官長。
- 三、駐新加坡軍協組：副組長鍾永泰中校。

肆、行程概述

111 年 2 月 14 日於桃園國際機場啟程赴新加坡樟宜機場，於當地時間 2 月 15 日至 2 月 17 日參加「2022 年新加坡國際航空展」，參展期間全員共同參與考察國際航太產業、先進軍事科技及軍備產業發展現況與趨勢，續於 2 月 18 日啟程抵桃園國際機場；返國後依衛生福利部疾病管制署（Centers for Disease Control, CDC）110 年 12 月 27 日防疫規定於 2 月 19 日至 3 月 11 日實施檢疫隔離（14 日）與自主健康管理（7 日），全員於 3 月 13 日返部歸建。

「2020年新加坡國際航空展」行程表

臺北時間		新加坡時間		地點	活動概要
日期	星期	日期	星期		
2月14日	一	2月14日	一	臺北 至 新加坡	臺北時間 2月14日 1420時搭新加坡航空 SQ877 班機返國赴新加坡樟宜機場，新加坡時間 2月14日 1905時抵達。
2月15日	二	2月15日	二	新加坡	航展重點考察項目： 1. 下一代戰機 2. 防空武器 3. 雷達及偵蒐系統
2月16日	三	2月16日	三	新加坡	航展重點考察項目： 1. 航太技術與工程會議 (SATEC) 2. 推進系統 3. 航電系統 4. 座艙系統
2月17日	四	2月17日	四	新加坡	航展重點考察項目： 1. 無人機 2. 安全與逃生設備 3. 空中特技表演 4. 戶外展示實機觀摩
2月18日	五	2月18日	五	新加坡 至 臺北	新加坡時間 2月18日 1100時搭新加坡航空 SQ878 班機返國，臺北時間 2月18日 1620時抵達。
共計 5 天〈2/14~2/18〉					

伍、航展簡介

一、航展歷史

- (一) 新加坡國際航空展 (International Singapore Air Show, SAS, 以下簡稱「新加坡航展」) 為亞洲規模最大、最具影響力之航空展，與法國巴黎航空展覽 (Paris Airshow) 以及英國法茵堡航空展覽 (Farnborough Airshow) 齊名，並稱世界三大航空展，首屆於 1981 年在巴耶利巴舉行，1984 年舉辦之第二屆航展改遷至新建樟宜機場展覽中心，此後每屆新加坡航展都安排在每逢雙數年春節前後於該地舉辦。
- (二) 新加坡位處東南亞航空樞紐中心，現有高達 100 多間航太公司，占全球飛機維護、維修和營運 (Maintenance、Repair and Operations, MRO) 市場 10%，除了維修業務之外，全球知名航空業區域物流中心也設在新加坡，包括波音 (Boeing)、空中巴士 (Airbus)、巴西航空工業 (Embraer) 及通用電氣 (GE) 等公司。以新加坡厚實航太產業基礎，並善用其地理位置優勢，新加坡航展致力於成為亞洲航空產業貿易與維修交流平台。
- (三) 新加坡航展獲得新加坡國防部 (MINDEF)、民航局 (CAAS)、國防科技局 (DSTA)、樟宜機場集團 (Changi Airport Group)、新加坡經濟發展局投資公司 (EDBI) 及國際航空運輸協會 (IATA) 等機構支持，經過數年發展，為來自世界各地航太產業相關廠商帶來龐大商機；以 2016 年為例，有來自 48 個國家或地區共計 1,040 家廠商參展，約 4 萬 8,000 人出席，並促成超過百億美元之商機。

二、展覽規劃

本屆新加坡航展由 Experia Events Pte Ltd. 公司主辦，於 2 月 15 至 18 日假新加坡樟宜展覽中心 (Changi Exhibition Centre) 舉行，因受到新冠肺炎疫情影響，本次展覽規模大幅縮小，共計 39 個國家或地區 590 家廠商參展 (2018 年 1,000 多家，2020 年 930 家)，預計吸引超過 13,000 人出席 (2018 年約 54,000 人，2020 年約 30,000 人)，陳展模式主要以企業對企業方式進行，僅提供航太產業、官員、媒體及軍方人士參觀，未開放一般民眾入場，每日參觀時間為上午 0930 時至下午 1700 時。

三、陳展項目

航展會場面積約 40,000 平方公尺，陳展項目分為室內展區、室外飛機靜態展示區及空中飛機性能展示：

(一) 室內展區

室內展覽分為三大展區，除部分知名大廠如洛克希德馬丁 (Lockheed Martin)、達梭 (Dassault)、巴西航空工業 (Embraer) 等公司，僅於戶外展區設置獨立展館，餘廠商皆於室內展區進行裝備、技術展示及交流研討；室內展場陳展產品涵蓋商業及軍用飛機、直升機、導彈/武器系統、推進系統、空電裝備、無人機/無人機防禦系統、安全及逃生裝備、訓練/模擬系統及地面支援裝備等領域，惟因本屆陳展規模縮小且新加坡航展市場導向偏重於維修及售後服務，室內展場無全尺寸戰機、全系統防空武器或概念機發表，多數僅以模型展示，航空技術及設備多以航空器次系統及零附件製造、維修為主。

(二) 室外飛機靜態展示區

本次參與戶外靜態展示的飛機及裝備說明如下：

- 1、戰機：新加坡空軍 F-15SG 戰機、F-16D 戰機；美國空軍 F-35A 戰機；
印度空軍 Tejas 戰機；土耳其 TF-X 戰機全尺寸模型。
- 2、直升機：新加坡空軍 AH-64D 直升機、H225M 直升機；美國貝爾公司
Bell 505 直升機。
- 3、加油機：新加坡 A330MRTT 加油機；美國 KC-46A 加油機。
- 4、客機：法國空中巴士 A330-900 neo 客機、A220-300 客機、A350-900
客機；法國達梭 Falcon 2000LX 商務機、Falcon 8X 商務機及
Falcon 6X 商務機全尺寸模型；義大利 Piaggio P180 商務機；
美國 HondaJet HA420 商務機；巴西 Embraer E190-E2 客機。
- 5、其他：美國 P-8A 巡邏反潛機、KC-46A 加油機；法國空中巴士 A400M
運輸機；新加坡 Hermes 450 無人機及 ASTER 30 防空飛彈系
統。

(三) 空中飛機性能展示

空中飛機性能展示項目有新加坡空軍 AH-64D 直升機機動展示、F-16C 戰機性能展示；美國海軍陸戰隊 F-35B 戰機性能展示；印度空軍 Tejas Mk.1 光輝戰機性能展示；空中巴士 A350-1000 客機性能展示；波音 777-9 客機性能展示；印尼空軍木星表演隊特技秀及美國空軍 B-52H 轟炸機衝場等。

(四) 展場位置圖



圖 1、航展會場示意圖

四、新加坡航太技術與工程會議

- (一) 新加坡航太技術與工程會議 (Singapore Aerospace Technology and Engineering Conference, 以下簡稱 SATEC) 有著悠久歷史, 自 2004 年以來, 新加坡空軍 (RSAF)、航空工程與後勤部 (AELD) 與新加坡航太工程師學會 (SIAE) 聯合舉辦兩年一度之航太技術新挑戰及維護會議 (NCATMC), 自 2012 年起更名為 SATEC; 會議目的是為學術界和工業界研究人員與工程師提供一個展示及討論航太技術和工程關鍵發展及進度之平台, 並協助當地公司與世界各國有影響力的航太業專業人士建立關係, 提供交流機會。
- (二) 2018 年 SATEC 有來自軍隊、國防合作夥伴、業者及學術界之各專業人士計 424 名參與 38 場演講, 其中包括空中巴士 (AirBus)、普惠 (P&W) 及新加坡空軍均指派相關領域專家分享其觀點, 而 2020 年 SATEC 因新冠肺炎大流行因素暫停舉辦。
- (三) 本屆 (第 10 屆) SATEC 配合 2022 年新加坡航展聯合舉辦, 會議分為上、下午場次, 上午為全體會議, 會議主題是「超越地平線的創新 (Innovate Beyond The Horizon)」, 專注於技術和概念的創新使用, 以克服航空業面臨不斷變化的挑戰; 下午為分組討論, 區分為「新式後勤 (Maintenance of the Future)」 「綠能技術 (Green Technologies)」 「第 4 代航空情報偵察概念 (4th IR in Aerospace)」 「先進航空技術 (Advanced Aerospace Topics)」 等 4 類 38 場研討會議, 由各界學者專家就航太各項新式技術與維護等實際經驗成果發表論文與演講, 藉此分享最先進航太知識與技術, 提供與會人員參考。

陸、航展內容摘要

一、室內展區陳展資訊

(一) Lockheed Martin

洛克希德馬丁是美商公司，以開發及製造軍機聞名，目前可稱為全世界最大國防工業承包商，占據美國防部每年採購預算三分之一訂單，控制40%世界防務市場，主力產品有雷達、軍用運輸機、偵察機、戰鬥機、飛彈及衛星等，例如 C-130、F-16、F-22、F-35、愛國者飛彈及地獄火飛彈等，囊括美國近代空軍所有精銳武器，也確保美軍極強的空中戰力。

本次展覽 Lockheed Martin 僅安排 F-35A 靜態展示及 F-35B 特技性能表演，並未於室內展場設置攤位，仍可藉由現地實機參訪，觀察各項飛機設計細節。

F-35 Lightning II 為單座單發動機聯合攻擊戰鬥機，主要用於前線支援、目標轟炸、防空攔截等多項任務，為解決美國國防預算過大，配合陸海空三軍聯合計畫，發展出3種不同的機型，包括採用傳統跑道起降之 F-35A 型、短場起降/垂直起降之 F-35B 型及航空母艦艦載機之 F-35C 型，三款飛機外型比較如下：

- 1、透過圖 2 可看出皆採單發動機、梯形中單翼、常規水平尾翼、外傾雙垂尾及內置彈艙之氣動佈局，機翼和尾翼之前緣後掠角為 35 度，後緣前掠角為 15 度，垂尾外傾角為 25 度。
- 2、機翼外形基本相同，只是襟翼前、後緣和外翼段之形狀與尺寸不同，B 及 C 型之外翼段可以向上摺疊，C 型因需在航母上起降，需要提高升力及降低進場速度，故翼面積、尾翼及氣動控制面面積較其他 2 型明顯增大。
- 3、C 型為增加翼面積將主翼前緣前移，導致 A、B 型都有之邊條翼，在 C 型上面則取消該項設計。
- 4、B 型於座艙後方機身段設置升力風扇，座艙後方上機背為風扇開啟艙蓋，看起來顯得較為扁平。



圖 2、F-35 三型機上視比較圖

表 1、F-35 戰機性能規格表

	A 型	B 型	C 型
發動機型號	F135-PW-100	F135-PW-600	F135-PW-400
引擎功率 (lb)	40,000	43,000	43,000
起飛重量 (lb)	69,935	59,946	69,935
最大速度 (Kts)	1,058	1,058	1,058
升限 (ft)	60,000	60,000	60,000
翼面積 (ft ²)	460	460	668

藉由本次航展實機觀摩，可觀察到 F-35A 在外型匿蹤方面下了很大功夫，包括菱形機首、座艙罩匿蹤塗層、內置彈艙、光電系統及鋸齒修形等特殊設計，外型設計特點分述如後：

1、菱形機首

機首採菱形設計具明顯稜線，能將正向及側向雷達波散射至四方，有效減低雷達波反射作用，可使飛機正面 RCS 降至最小。



圖 3、F-35A 菱形機首

2、座艙罩匿蹤塗層

座艙罩匿蹤塗層可降低隔框及座艙設備造成的雷達反射，座艙罩表面金黃色鍍層即為特殊吸波塗層。



圖 4、F-35A 座艙罩匿蹤塗層

3、機翼邊條翼

機翼邊條翼（LERX）位於機翼和機身的銜接處，從機翼前緣翼根處延伸一對貼近機身的翼片到機身前端，其功用是在大攻角時提升飛機渦流升力，可提高戰機機動性能，改善飛行品質及失速特性。



圖 5、F-35A 機翼邊條翼

4、DSI 進氣道

採用無附面層隔道超音速進氣道（Diverterless Supersonic Inlet, DSI）設計，透過機身凸起鼓包取代隔板，不僅對發動機扇葉有一定遮擋能力，更具有結構簡單、重量輕、阻力小及隱形效果好特性，本次陳展機進氣口被封閉，未能觀察進氣道內部設計，但由機身處仍可看出凸包的外型及大小位置。



圖 6、F-35A DSI 進氣道及凸包

5、內置彈艙及機砲

外掛武器或裝備會造成局部 RCS 亮點，F-35 於機腹下方沿著兩側進氣道呈現外傾設計內置彈艙，可掛載 4 枚 BVR 飛彈或 2 枚 2,000 磅炸彈，本次陳展內置彈艙全部封閉，無法觀察內部設計；另機砲亦採適型設計，內埋於左側上機身前端，但只有 F-35A 型在左側進氣道上方裝備一門內置式固定機砲，B、C 型不裝備固定機砲，只在需要時於機腹中線掛載機砲莢艙。



圖 7、F-35A 內置彈艙



圖 8、F-35A 內置機砲

6、光電系統

F-35 除裝有光電標定系統 (Electro-Optical Targeting System, EOTS)，同時也是第一個裝備光電分散式孔徑系統 (Electro-Optical Distributed Aperture System, EODAS) 的戰機，觀察 F-35 光電系統裝置位置及功能介紹分述如後：

EOTS 是一套整合紅外線與雷達等光電感測儀的標定系統，整體呈舟形設計，裝載在機首下方，並透過玻璃材質整流罩，除可盡量避免增加飛行阻力外，亦不會影響匿蹤性能，其主要功能為空對空與空對地偵測，同時能接收來自地面等第三方雷射目標資訊，並將影像情報應用於目標損害評估。

EODAS 系統是一套使用紅外線之光電偵測儀，配置 6 個 IR 紅外線感測器，分別內嵌於機頭上前方、左方下腮、右方下腮、機身下前方、上後方、下後方這 6 個位置，僅在蒙皮上開有玻璃窗口，讓感測器取得對外視野，每一個感測器擁有 90 度的視角，可讓飛行員獲得機身周遭 360 度無死角的球狀紅外線探測影像，主要功能為偵測來襲飛彈並加以追蹤，同時找出飛彈的發射位置以及預測飛彈的攻擊目標，迅速選擇反制目標。



圖 9、F-35A 機首及右腮 EODAS 位置

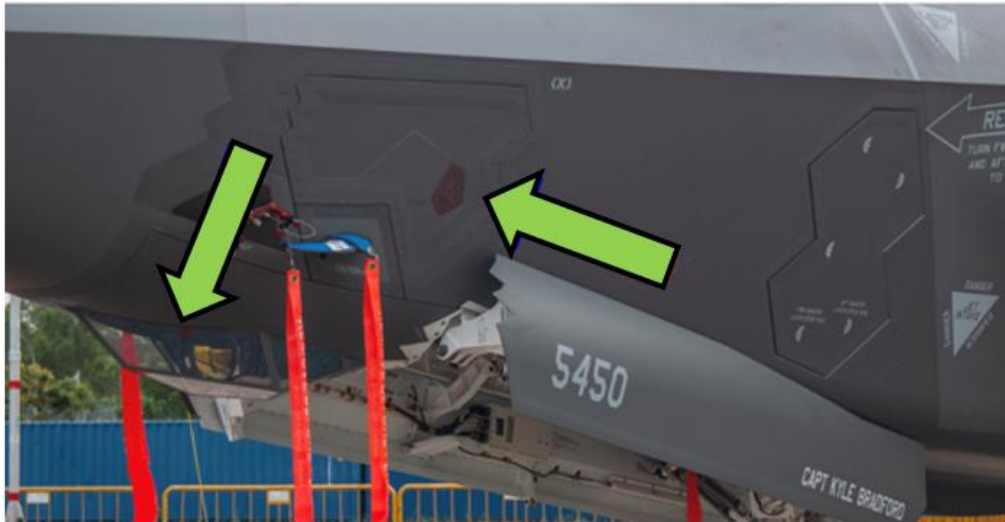


圖 10、F-35A EOTS 及左腮 EODAS 位置



圖 11、F-35A 下腹 EODAS 位置

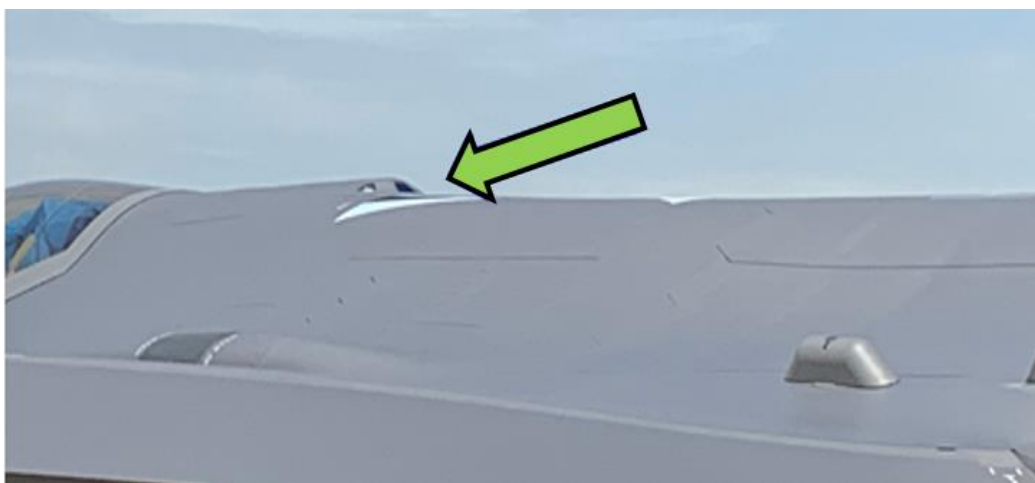


圖 12、F-35A 機背 EODAS 位置

7、V 型雙垂尾

垂直平面結構容易造成雷達波反射，產生最大之 RCS，外傾角度與 RCS 大小無直接關係，並非垂尾傾斜角度越大 RCS 就越小，傾斜角度只能確保雷達波往其他方向進行反射，外傾角度須同時考量機翼、水平尾翼及垂直尾翼切面，並評估對飛機氣動性能造成之影響進行設計修調。



圖 13、F-35A V 型雙垂尾

8、鋸齒狀修形

機身不連續面，如雷達罩與機身接合處、起落架艙門、彈艙艙門、蒙皮接合處及發動機噴嘴處皆使用鋸齒修形，其目的是將反射的雷達波散射到幾個偏離機頭正向的特定角度，不會集中在敵機最常出現的方向上，也可減少發動機正後方雷達波反射能量，使尾隨或者跟蹤敵機、雷達導引飛彈較難於搜索。



圖 14、F-35A 彈艙艙門及蒙皮鋸齒接合處



圖 15、F-35A 起落架艙門及雷達罩與機身鋸齒接合處



圖 16、F-35A 發動機鋸齒狀噴嘴

(二) TAI

土耳其航太工業 (Turkish Aerospace Industries, TAI) 由土耳其政府官方投資，是該國設計、開發和製造航空太空系統的核心單位，獲得美國授權為土耳其空軍生產 F-16 戰機，並於後續參與 F-35 聯合計畫，具備生產戰機、運輸機、教練機及直升機能力，主力產品為 T-129 攻擊直升機、ANKA 中長空無人機系統、HURKUS 初教機和通信/觀測衛星等，目前正在進行 HURJET 新式高教機及 TF-X 下一代戰機的發展計畫。

此次展覽 TAI 於室內展場展示 TF-X 戰機、HURJET 高教機、HURKUS 初教機及 ANKA 與 ANSUNGUR 無人機等模型；另於戶外安排 TF-X 全尺寸模型 (Mock-up) 靜態展示，各型飛機介紹分述如後：

1、TF-X 戰機

TF-X 為土耳其自製第五代空優戰機計畫，初始研發目的是為了取代 F-16 做為 F-35 機隊的護衛機，戰機規格為最大起飛重量 6 萬磅，極速 2 馬赫，概念設計自 2010 年開展，2015 年選定英商 BAE 公司為其合作研發對象，預劃投入經費 86 億美金，採用多國合作模式，執行為期 12 年戰機研發作業，做為 F-35 最大零組件生產國，土耳其被認定是繼美國之後最有可能研發出五代機之合作夥伴國之一。

2019 年因其政府親俄政策，向俄羅斯購買 S-400 型防空武器，因此遭美國實施經濟制裁，並將其由 F-35 生產鏈中排除，造成該國航空產損失高達 14 億美元，為因應前述危機，土耳其政府於 2021 年增資 13 億美元，加速研發自製五代戰機，預計於 2025 年進行原型機首飛。

本次靜態展示之 TF-X 僅為全尺寸模型，可觀察到設計特點分述如後：

(1) 氣動外型

因 TF-X 戰機預劃取代土耳其現役的 F-16 戰機，整體設計定位於具備匿蹤之空優戰機，故 TF-X 整體外形設計與 F-22 相似度極高；TF-X 與 F-22 一樣採雙發動機、小展弦比之梯形中單翼、常規水平尾翼及外傾雙垂尾之氣動佈局，進氣道配置在翼前緣延伸面（邊條翼）下方，主翼及水平尾翼選用相同前緣後掠角和後緣前掠角。



圖 17、TF-X 全尺寸模型

(2) 進氣道

沿襲以 F-22 為設計參考機之概念，採用與 F-22 相同之 CARET 進氣道設計，為增加隱形效果，將進氣口斜切為斜菱形，避免側面產生直立平面。CARET 進氣道是一種利用超音速衝擊波增壓原理，通過分離超音速衝擊波，增加在超音速飛行狀態下進氣道壓力之設計，此種進氣道發展技術較為成熟，在戰機上使用會減少很多風險，不過其缺點也非常明顯，就是結構複雜，重量大；另 DSI 進氣道雖具有結構簡單、重量輕及較佳匿蹤能力，但也有技術門檻高及不可調的限制，因 TF-X 定義為空優戰機，在考量高速飛行的性能下，可推測 CARET 進氣道設計應為較佳選擇。

(3) 機翼邊條翼

雖然 TF-X 外型與 F-22 極高度相似，受限自製發動機性能，為提升升力及在超音速下有穩定飛行狀態，故 TF-X 具有相當明顯機翼邊條翼連結主翼及進氣道，以彌補氣動損失。



圖 18、TF-X 機翼邊條翼

(4) 發動機

TF-X 發動機從原本 2015 年所選擇 EJ200 發動機，再到 2018 年因 F-35 計畫改為使用 GE 公司 F110 發動機，後與美國關係惡化，美國也拒絕向土耳其供應 F110 發動機，而做為飛機心臟之發動機如今都還尚未決定，對於 2025 年要完成首飛仍然困難重重。日前土耳其政府改與英國勞斯萊斯公司合作，共同創立 TAEC 公司執行發動機合作開發，由勞斯萊斯提供類同颱風戰機規格的技術支援，讓 TF-X 能夠順利出廠首飛，惟本次展示之全尺寸模型發動機被封閉，故無法獲取相關發動機資訊，將持續關注其未來發展。

(5) 側彈艙

TF-X 模型機的機身側面，畫有側彈艙的線條，無論是 F-35，還是 FC-31，都沒有設計側彈艙，僅有 F-22、殲-20 及蘇-57 具有側彈艙，因為對於中型匿蹤戰機而言，為了掛載兩枚短程飛彈，在機身兩側擠出空間，實在過於浪費，而且側彈艙的設計相對困難，需考量高速飛行打開艙門會使飛彈往機身上撞，同時得注意尾焰不會影響飛機主體，是相當大的技術挑戰，可持續關注其研發進展。



圖 19、TF-X 側彈艙

2、HURJET 高教機

HURJET 為雙座單發動機超音速高教機，用以取代諾斯洛普的 T-38 高教機，做為高級訓練及輕型戰鬥機使用，規劃於 2023 年第 1 季進行訓練機型之原型機首飛。

HURJET 高教機設計概念承襲 HURKUS 初教機，因預劃部署於兩棲攻擊艦（TCG Anadolu），故設計上會大大降低失速速度，以利降落；另具備空中加油及自動飛行能力，以做為未來可銜接五代機之訓練機種，此外可提升為武裝版 HURJET C 以協助 F-16 執行戰鬥任務。

表 2、HURJET 高教機性能規格表

發動機型號	F404-GE-102
引擎功率 (lb)	17,600
最大速度 (Kts)	926
升限 (ft)	45,000
翼面積 (ft ²)	270



圖 20、HURJET 高教機模型

3、HURKUS 初教機

HURKUS 為典型初級教練機構型，採鋁合金蒙皮之全金屬半硬殼機身，配合懸臂式下單翼和傳統尾翼佈局，動力系統採用普惠公司 PT6A-68 型渦輪螺旋槳發動機，最大功率 1,600 匹馬力，配備兩具馬丁貝克公司 MK-T60N 零高度零速度彈射座椅。

除做為教練機，執行初級飛行訓練及戰鬥機銜接訓練戰鬥機外，兩翼還設有四個掛架可掛載輔助油箱、火箭莢艙及機砲莢艙等對地輕型武器，可做為武裝偵察戰鬥機及近距離空中支援使用。

表 3、HURKUS 初教機性能規格表

發動機型號	PT6A-68T
引擎功率 (shp)	1,600
起飛重量 (lb)	8,267
最大速度 (Kts)	310
升限 (ft)	35,000
翼面積 (ft ²)	176



圖 21、HURKUS 初教機模型

4、ANKA 無人機

ANKA 無人機是一款中長空無人機，外型採傳統偵蒐無人機的設計，動力系統採用乙具 3 葉螺旋槳 PD-170 雙渦輪增壓柴油發動機，可透過 EO/IR 感測器和 SAR 雷達可進行全天候偵察、目標檢測/識別和情報任務，具有自動飛行能力，包括自動起飛和降落，與美國 Q 系列無人機一樣，具有武裝及非武裝兩種不同型號（A 及 B）。

表 4、ANKA 無人機性能規格表

發動機型號	TEI-PD170
引擎功率 (shp)	170
起飛重量 (lb)	3,748
最大速度 (Kts)	117
升限 (ft)	30,000
翼面積 (ft ²)	146



圖 22、ANKA 無人機模型

5、AKSUNGUR 無人機

AKSUNGUR 無人機屬於中長空無人機，開發技術基礎皆沿襲 ANKA，能夠使用 EO/IR、SAR、SIGINT 及各種空對地武器執行晝夜情報、監視、偵察 (ISR) 及執行打擊任務，動力系統採用兩具 3 葉螺旋槳 PD-170 雙渦輪增壓柴油發動機，可執行長航程任務。

表 5、AKSUNGUR 無人機性能規格表

發動機型號	TEI-PD170
引擎功率 (shp)	170
起飛重量 (lb)	7,275
最大速度 (Kts)	139
升限 (ft)	40,000



圖 23、ANSUNGUR 無人機模型

（三）KAI

韓國航太工業（Korea Aerospace Industries, KAI）是韓國唯一的航太製造商，因為韓國對航太工業之戰略期望，遂於 1999 年成立。該公司主要製造國防軍用飛機和民用飛機零部件，產品包括火箭、衛星、直升機、無人機及飛機，多款直升機及飛機都是參與他國合作設計飛機生產，例如：BK-117 及 KF-16；目前積極的建立航空、太空領域自研自製能量，包括 KF-21 戰機、T-50 高教機、KT-1 初教機、RQ-101 無人機、火箭及 KOMPSAT 多用途衛星計畫等。

此次展覽 KAI 展示 KF-21 戰機、FA-50 高教機及 KT-1 初教機等模型，各型飛機介紹分述如後：

1、KF-21 戰機

KF-X 為韓國開發中之自主研發新型戰機計畫，2015 年與印尼協議共同開發，目標是研製一款單座、雙發動機及具有匿蹤設計之多功能戰機，用以取代 F-4 和 F-5 戰機，可和 F-35 戰機進行高低搭配，預劃於 2022 年進行首飛，2032 年生產部署 120 架，印尼則預計採購 50 架。

KF-X 最初提出 4 個概念外型方案，涵蓋了傳統、鴨翼、V 尾、無尾翼及箭型翼等主流戰機的設計佈局，最終為降低研製風險及加快研發進度，選擇類似 F-22 及 F-35 的傳統構型，並將其命名為 KF-21，觀察展示的飛機模型可發現以下外型設計特點：

（1）氣動外型

採用與 F-22 相同的 CARET 進氣道、雙發動機、常規水平尾翼、外傾雙垂尾及垂尾後緣前掠的氣動佈局，座艙及機翼形狀（梯形中單翼）則與 F-35 相似。

(2) 匿蹤設計

機身外型雖具有菱形機首、S 型進氣道、外傾雙垂尾及機翼/尾翼前後緣平行等匿蹤特性，但是沒有內置彈艙設計，其武器配置是由 6 個翼下掛架及 4 個機腹下方半埋式掛點，分別掛載空對空飛彈、空對面炸彈、油箱及流星飛彈，此種設計將會破壞其隱形能力，此外機頭上部 4 根凸出的天線及球狀造型光電系統亦會造成額外雷達反射。

表 6、KF-21 戰機性能規格表

發動機型號	F414-GE-400K
引擎功率 (lb)	13,000*2
起飛重量 (lb)	56,400
最大速度 (Kts)	1,190
升限 (ft)	65,000
翼面積 (ft ²)	501



圖 24、KF-21 戰機模型

2、FA-50 戰機

FA-50 超音速輕型戰鬥機，是以 T-50 教練機為基礎進行研發，為韓國首款自製生產輕型戰鬥機，已出口菲律賓及伊拉克，此外馬來西亞也把 FA-50 列入下一代輕型戰機計畫的選項之一。

預劃於 2022 年展開性能提升計畫，包含加裝 300 加侖適型油箱、增加雷達偵測距離、增加掛載視距外空對空飛彈及電戰系統提升等項目，期能擁有更佳作戰能力。

表 7、FA-50 戰機性能規格表

發動機型號	F404-GE-102
引擎功率 (lb)	17,700
起飛重量 (lb)	27,300
最大速度 (Kts)	815
升限 (ft)	55,000
翼面積 (ft ²)	255



圖 25、FA-50 戰機模型

3、KT-1 初教機

KT-1 為韓國第一架自主研發的飛機，是一款傳統佈局構型之初級教練機，整體設計與美國 T-6 及瑞士 PC-21 相似，動力系統採用普惠公司 PT6A-62 型渦輪螺旋槳發動機，最大功率 950 匹馬力，除做為初級教練機使用之外，兩翼設有 4 個掛架可掛載輔助油箱、火箭莢艙及機砲莢艙等對地輕型武器，可做為輕型攻擊機及前線空中管制機使用，已出口印尼、土耳其及秘魯等國家。

表 8、KT-1 初教機性能規格表

發動機型號	PT6A-62
引擎功率 (shp)	949
起飛重量 (lb)	7,066
最大速度 (Kts)	272
升限 (ft)	35,000
翼面積 (ft ²)	172



圖 26、KT-1 初教機模型

(四) 「中國航空工業集團 (AVIC)」

「中國航空工業集團有限公司 (Aviation Industry Corporation of China, 以下簡稱 AVIC)」是此次中共唯一參展廠商，該公司成立於 2008 年，是一家由中共中央管理及授權投資的特大型企業，下轄 24 家上市子公司，員工逾 40 萬人，集團產業涵蓋武器、各式軍/民用飛機、直升機、機載系統、通用航空裝備、航空研究、飛行試驗、航空供應鏈及軍事貿易等，主力產品包含 J-20 戰鬥機、FC-31 鷓鴣戰鬥機、FC-1 梟龍戰鬥機、轟-20 戰轟機、運-20 鯤鵬運輸機、直-19 武裝直升機、翼龍 (Wing Loong) 無人機、利劍無人機及霹靂系列 (空對空) 飛彈。

本次展覽 AVIC 無實機展示，僅於室內展場展示 JF-17 梟龍戰鬥機、FTC-2000G 神鷹高教機、L-15 獵鷹高教機、K-8 教練機、翼龍 I & II 無人機及 Z-9WE & Z-10ME & Z-19E 武裝直升機等模型，上述飛機皆為該公司較低端之外銷產品，且陳展攤位無任何資料或看板說明，針對展示飛機簡述如後：

1、JF-17 戰機

梟龍戰機 (中共命名為 FC-1，巴基斯坦命名為 JF-17) 是由 AVIC 子公司-成都飛機工業集團與巴基斯坦航空聯合企業 (PAC) 聯合研製的單座、單發動機、多用途輕型戰鬥機，設計特點為採用 DSI 進氣道及配備空中加油系統，可掛載視距外空對空飛彈、短程空對空飛彈、空對地飛彈、反艦飛彈、精準導引飛彈及各式炸彈，執行視距外及遠航程作戰任務；中共空軍並未列裝本型戰機，將之定位為外銷專用，使用國家計有巴基斯坦、奈及利亞及緬甸等 3 國。

表 9、JF-17 Thunder 裝備規格表

生產公司	成都飛機工業
發動機型號	RD-93 (中共製引擎)
引擎功率 (lb)	11,100
起飛重量 (lb)	27,300
最大速度 (Kts)	1,058
升限 (ft)	55,500
翼面積 (ft ²)	263



圖 27、JF-17 Thunder 戰機模型

2、FTC-2000G 戰機

FTC-2000G 是一款多用途輕型戰機，為 FTC-2000 山鷹高教機外銷改良版，兼具有攻擊/戰鬥/教練功能，可以替代 F-7、A-5 等二代輕型作戰飛機的任務，或者取代 Alpha Jet、FT-7 等飛行員的訓練任務。

表 10、FTC-2000G 裝備規格表

生產公司	貴州航空工業
發動機型號	WP-13F（中共製引擎）
引擎功率（lb）	14,991
起飛重量（lb）	24,250
最大速度（Kts）	1,058
升限（ft）	52,500
翼面積（ft ² ）	307



圖 28、FTC-2000G 戰機模型

3、L-15 高教機

L-15 是一款超音速高級教練機，主要用於飛行訓練，在設計階段就採用了一機多型理念，分為高教機和部訓機兩種漸進式構型發展，不同構型皆使用同樣的主要結構及氣動佈局，只要對其軟體或次系統進行構改，就可以因應作戰需求執行近距離空中支援、對地及對海攻擊等任務。

表 11、L-15 裝備規格表

生產公司	洪都航空工業
發動機型號	AI-222K-25（俄羅斯製）
引擎功率（lb）	5,511
起飛重量（lb）	26,235
最大速度（Kts）	918
升限（ft）	52,500
翼面積（ft ² ）	215



圖 29、L-15 高教機模型

4、K-8 教練機

K-8 是一款次音速教練機，用以取代中共空軍老舊的殲教-5，並銜接殲 7 及殲 8 的訓練任務，翼下和機腹下設有 5 個掛架可掛載炸彈和機砲艙執行對地攻擊。

表 12、K-8 裝備規格表

生產公司	洪都航空工業
發動機型號	AI-25TLK（烏克蘭製）
引擎功率（lb）	379
起飛重量（lb）	9,850
最大速度（Kts）	432
升限（ft）	42,650
翼面積（ft ² ）	183



圖 30、K-8 教練機模型

5、翼龍（Wing Loong） I & II 無人機

翼龍是一款中長空無人機，外型採用高展弦比中單翼及 V 型尾翼的傳統氣動佈局，與美國 MQ-9 無人機相似，動力系統採用乙具活塞式發動機，配備 EO/IR 感測器和 SAR 雷達可執行監視、空中偵察及災害評估、氣象作業與環境保護等民用任務；另基礎版於翼下設有 2 個掛架，可以配備多款導彈及炸彈，用以攻擊和摧毀空中或地面目標。

翼龍 II 無人機的外型沿襲基礎型設計，動力系統則以渦輪螺槳發動機取代基礎版的活塞發動機，是中共首款裝配渦輪螺槳發動機的無人機，因為推力性能提升，翼龍 II 採用更大的機體設計及掛載更多的彈藥。

翼龍 II 翼下設有 6 個掛架，標配合成孔徑雷達 (SAR)、雷射導引飛彈和 GPS 導引炸彈，使用複合掛架時則可以掛載 12 枚彈藥，火力相當強大。

表 13、Wing-Loong I & II 裝備規格表

	Wing-Loong I	Wing-Loong II
生產公司	成都飛機工業	成都飛機工業
發動機型號	Rotax 914	渦槳-9A
引擎功率 (shp)	100	700
起飛重量 (lb)	2,535	9,259
最大速度 ((Kts)	151	200
升限 (ft)	24,600	29,520



圖 31、翼龍 I 無人機模型



圖 32、翼龍 II 無人機模型

（五）Raytheon Company

雷神公司是美國的大型國防合約商，專精於雷達、感測器、飛彈和極音速飛彈等武器系統，核心業務為國防和商務電子、商用和特殊用途飛機及工程與建築三個領域，此外還提供飛機維護服務及運用於軍事用途的飛行靶標和飛機訓練系統，目前我國服役中的多項重要武器系統都是產自於該公司。本次航展會場未展示任何裝備，針對該公司產品說明簡述如後：

1、Phantom Strike

Phantom Strike 是 Raytheon 跨技術團隊開發推出的一款新型輕量級、經濟型及結構材料以氮化鎵 (GaN) 為主的新型下一代主動式電子掃描陣列 (Active Electrically Scanned Array, AESA) 雷達。

Phantom Strike 的重量只有 100 多磅，是大多數現代 AESA 雷達重量的三分之一，因其使用創新封裝技術將結構材料、接收/發射機及處理器結合，並採用首創的風冷設計，使成本降低了一半，重量減輕了 80%，同時僅使用了同類雷達系統 65% 的功率，但仍保有卓越的戰場感知優勢所需的強大性能，此款新型雷達具備開放式架構設計允許快速升級，可整合相容至任何平台上，包括輕型攻擊機、旋翼飛機、無人飛行器和固定平台。

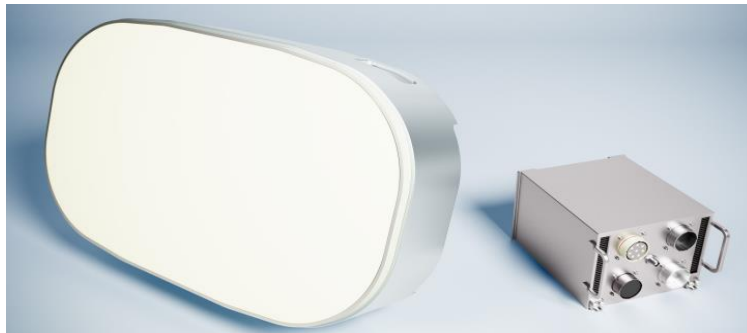


圖 33、Phantom Strike 雷達

2、數位雷達預警接收器：ALR-69A (V)

AN/ALR-69A (V) 是世上第一款全數位式雷達預警接收器 ALR-69A 的升級版，具壓制敵方防空系統、易於跨平台整合、360 度涵蓋範圍、密集訊號環境中高靈敏度探測及目標機位置確認等功能，可提供飛行員高度戰場感知及提高存活率，目前已安裝於美國空軍 C-130H、KC-46A 上，也在 F-16 進行測試中，本款產品特性說明如後：

(1) 模組化及開放式架構

ALR-69A (V) 使用先進寬頻數位接收器技術和開放式架構設計，用以增強傳統 RWR 性能。COTS 組件和數位電路的廣泛使用可提高負擔性及可靠性，同時大幅降低組件老舊風險且降低維護成本。寬頻接收器可重新配置保留未來應用彈性，且隨著轉換器技術精進，用戶僅需更換數位電路板即可提高反應時間和範圍，具靈活性和增長潛力。

(2) 360 度涵蓋範圍

由四個接收器提供 360 度涵蓋範圍，每個接收器皆為數位寬頻接收器，可在密集訊號環境中提供信號選擇性和高靈敏度。

窄頻接收和寬頻接收組合提供高靈敏度和干擾管理所需的選擇性，確保快速覆蓋威脅頻譜和快速反應時間，可在威脅信號及來自僚機、友機與商業行動信號等組成的密集信號環境中準確地識別敵我資訊。

(3) 單機定位

無需任何硬體修改，ALR-69A (V) 可藉其單機定位功能為飛行員提供更多目標資訊，在提升此功能之前，飛行員僅有粗略威脅信號方向告警，提升後可提供飛行員地面威脅精確位置資訊及空中威脅源精確方向，以建立飛行員戰場感知。

3、先進抗干擾電子系統：ACES

雷神公司的先進反制電子系統 (Advanced Countermeasures Electronic System, ACES) 是整合型電子戰 (EW) 組件，具強大態勢感知能力和抗干擾能力，代表現代的數位電子戰技術，為防空飛彈和來自敵方雷達威脅提供安全的電子防護。

ACES 可偵測、識別和辨證高密度訊號環境中的主要威脅，聚集 Raytheon 之 ALQ-187 (V) 2 干擾器、ALR-93 雷達預警接收器和 ALE-47 對抗分配器系統之優勢，可提供 F-16 先進可靠的電子自我保護系統。

(六) BAE Systems

英國航太系統公司是一家英國最大的航空太空及導彈製造企業，同時也是西歐最大的航空製造企業，專精於軍用飛機、民用飛機、導彈、衛星、電子設備、儀表與測試設備等及有關武器系統的研製與生產，幾乎壟斷了全英國軍用飛機、航空器和戰術導彈的研製與生產。

1、APKWS 雷射導引套件

APKWS 是一款設計創新，由 Hydra-70 非導引火箭彈加裝導引套件組成的導引火箭彈，此款導引套件稱為分佈式孔徑半主動雷射光學組件 (DASALS)，其光學系統具 ± 40 度視角，可提供廣泛之區域鎖定，將火箭彈導引至命中目標。

導引套件位於飛彈中部，可相容 2.75 英吋各款火箭彈引擎及彈頭，這種佈局設計對彈頭及引信不會造成任何影響，僅需安裝在火箭引擎和彈頭之間，即可輕鬆在各種戰鬥機、直升機及無人機等各式載台上使用，極具便利性。

APKWS 經歷過實戰驗證，可鎖定 3 公里外的目標，從載台發射時命中率可超過 93%，以準確精準度和最小的附帶傷害命中目標，其兼具低成本和精確打擊的特點，適合對付單兵、輕型裝甲車等低價值目標。

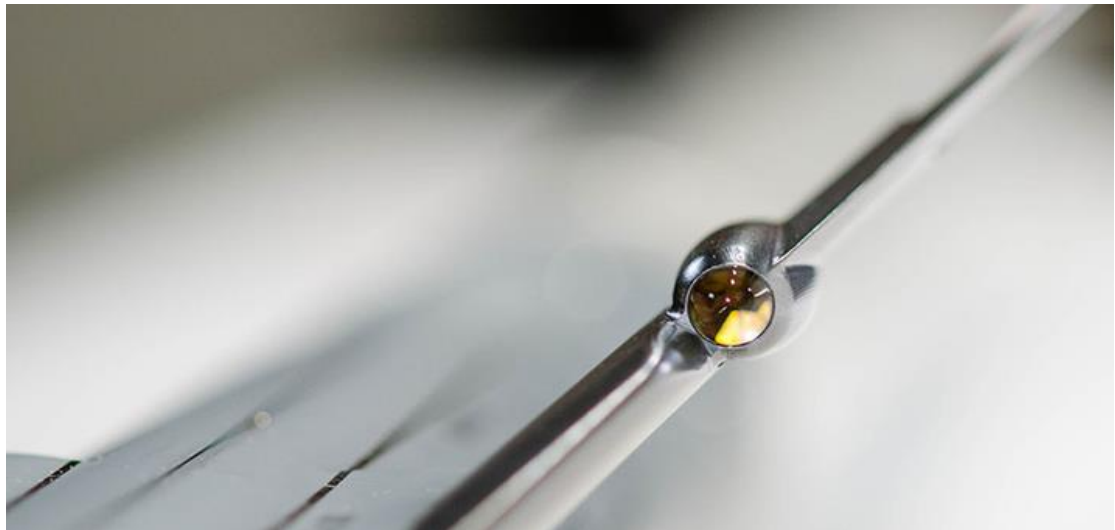


圖 34、DASALS 尋標器光學器件

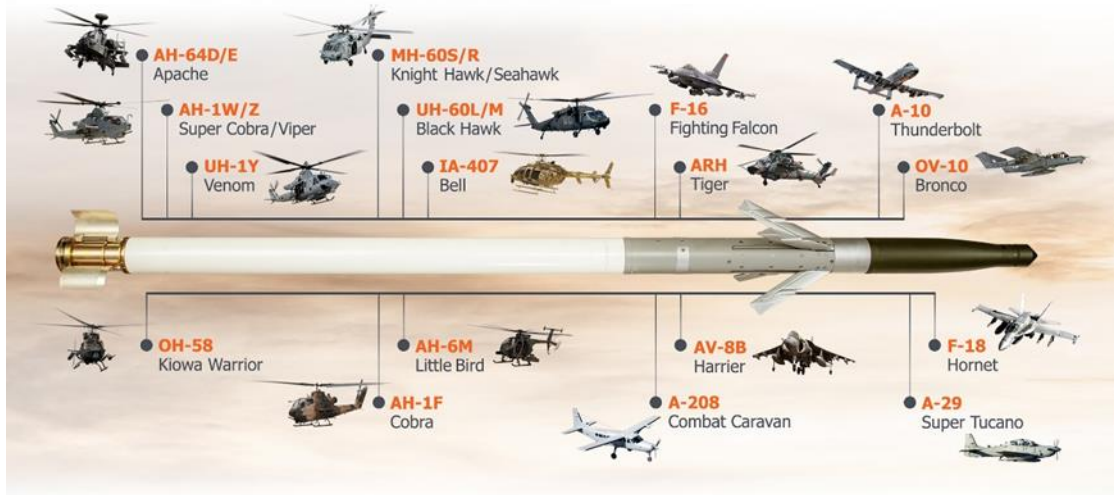


圖 35、APKWS 搭載載具

	Unguided rocket	APKWS [®] guided rocket	Anti-armor munition
Target			
Ranges	<1-6 km	1.5-5+ km (rotary wing) 2.0-12+ km (fixed-wing)	1-8 km
Weight			
Unit Cost			
Precision	 Area suppression, illumination, obscuration, marking	 Precision engagement, soft targets, low collateral damage	 Anti-armor

圖 36、APKWS 打擊能力特點

2、數位 GPS 抗干擾接收器

針對威脅源不斷演進，現有許多干擾 GPS 信號之相關設備，BAE 為此研發新式數位 GPS 抗干擾接收器 (Digital GPS Anti-jam Receivers, DIGAR)。

DIGAR 建立在 GPS 抗干擾武器和最先進的訊號處理技術上，具 16 個波束同時轉向功能，可提供各類型機載平台最佳 GPS 干擾防護能力，產品特點說明如後：

- (1) 使用數位波束成形技術
- (2) 多達 16 個同步波束
- (3) 具備 125+ dB J/S 抗干擾性能
- (4) 具備射頻輸出保護功能
- (5) 支援 Y-Code 和 M-Code 抗干擾
- (6) 支援 STAP/SFAP 波束
- (7) 支援提升 AE-1/GAS-1/ADAP 平台
- (8) 兩種外形尺寸可供選擇：

DIGAR-200 (218 立方英吋，重量<12 磅)

DIGAR-300 (75 立方英吋，重量<5 磅)



圖 37、數位 GPS 抗干擾接收器

(七) Israel Aerospace Industries

以色列航太工業 (Israel Aerospace Industries, IAI) 是以色列主要的航太製造商，專精於飛彈、戰機、無人機、衛星及航電設備等武器系統，也是以色列重要的商用飛機製造商，憑藉與其他國際大廠的合作，逐步發展自身技術，例如與 Rafael 公司共同研發 Python 5 飛彈及與美國共同研發無人機 (Pioneer 及 RQ-5 等)，成為世界數一數二的軍事大廠；另該公司雖然核心業務為航太及高科技電子產品，但也為陸軍及海軍製造軍用裝備；為以色列提供多元的軍用武器裝備。

此次航展 IAI 陳展了飛彈 (Blue Spear 及 Barak LRAD)、無人機 (ThunderB-VTOL) 及海上巡邏機 (ELI-3360 MPA)，多元的陳展裝備，可看出該廠商雄厚的軍事研發技術及能量，陳展裝備介紹分述如後：

1、Blue Spear

Blue Spear (藍矛導彈) 是一款下一代先進地對地導彈，由 IAI 與新加坡最大的航太系統商 ST Engineering 共同合作開發，並由合資公司 Proteus Advanced Systems 負責銷售，於本次航展首次發表，藉以突顯兩家公司在海上和防空方面的競爭力及整體系統的開發能量。

該款導彈屬於經過實戰驗證的加布里埃爾 MK 反艦導彈系列之一，具有高敏捷、高穿透性、聯合反艦及陸地攻擊能力，在次音速下射程為 290 公里，配置先進的雷達導引尋標器和武器導控系統，以提供精確的目標探測和作戰能力，可在晝、夜及全天候條件下運作，具針對移動和固定目標超視距打擊能力，面對日益複雜的反制措施，該飛彈能夠在沿海、遠洋和陸上環境中定位和攻擊目標，並提供海基和陸基發射等選項。

表 14、Blue Spear 裝備規格表

重量 (kg)	760
長度 (m)	5.34
射程 (km)	290
速度 (馬赫)	0.8
導引方式	RF (主動雷達) /LINK (資料鏈)



圖 38、Blue Spear 地對地導彈模型

2、Barak LRAD

Barak LRAD 是一款先進防空飛彈防禦系統（Barak MX）內的防空飛彈，也是經過實戰驗證的 Barak 系列之一，發射方式可採用垂直發射及低空發射，具備主動雷達導引、雙向鏈路、抗電戰干擾及彈頭高殺傷能力，可於全天候條件下，針對高機動性、多個不同威脅源目標進行 360 度攔截。

表 15、Barak LRAD 裝備規格表

重量 (kg)	400
長度 (m)	5.8
直徑 (mm)	227
射程 (km)	70
速度 (馬赫)	3
導引方式	RF/LINK

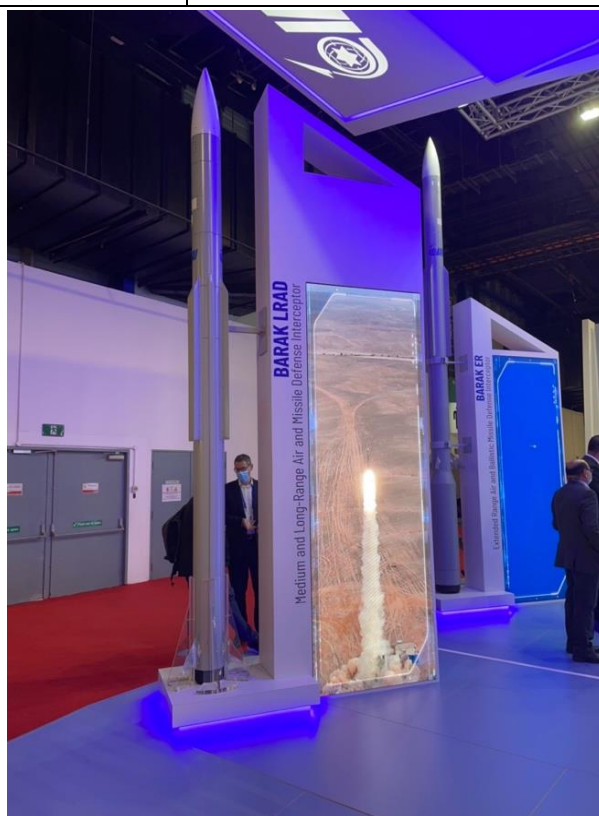


圖 39、Barak LRAD 防空飛彈防禦系統模型

3、Thunder B-VTOL

ThunderB-VTOL 小型垂直起降無人機是一款複合翼型無人機，於正常飛行採固定翼，起降時則採多旋翼，此種設計擁有良好操作靈活性，也兼具固定翼無人機較長的續航時間、惡劣環境下高速運行、大面積覆蓋及滑翔安全著陸與多旋翼無人機狹窄有限區域內起降和精準著陸等優點。

Thunder B-VTOL 是一種創新多功能無人機系統，可用於執行隱蔽、長時偵蒐、晝夜情報、監視、目標獲取和偵察（ISTAR）任務，也可提供快速 GPS 標記、高解析影像及攝影測量戰術製圖等功能，產品特色說明如後：

- （1）可隨時隨地在狹窄區域進行垂直起降，並於惡劣天氣及極端地形執行任務
- （2）長達 12 小時的續航時間，使用數據鏈路和天線的通信範圍可達 150 公里
- （3）配置可用於各種任務的高性能感測器、通信系統及軟體。
- （4）具有低噪音、視覺、熱能和雷達特徵
- （5）具備抗 GPS 及通信能力
- （6）只需兩人小團隊，無需準備區域即可快速部署
- （7）低採購和維護成本



圖 40、Thunder B-VTOL 小型垂直起降無人機

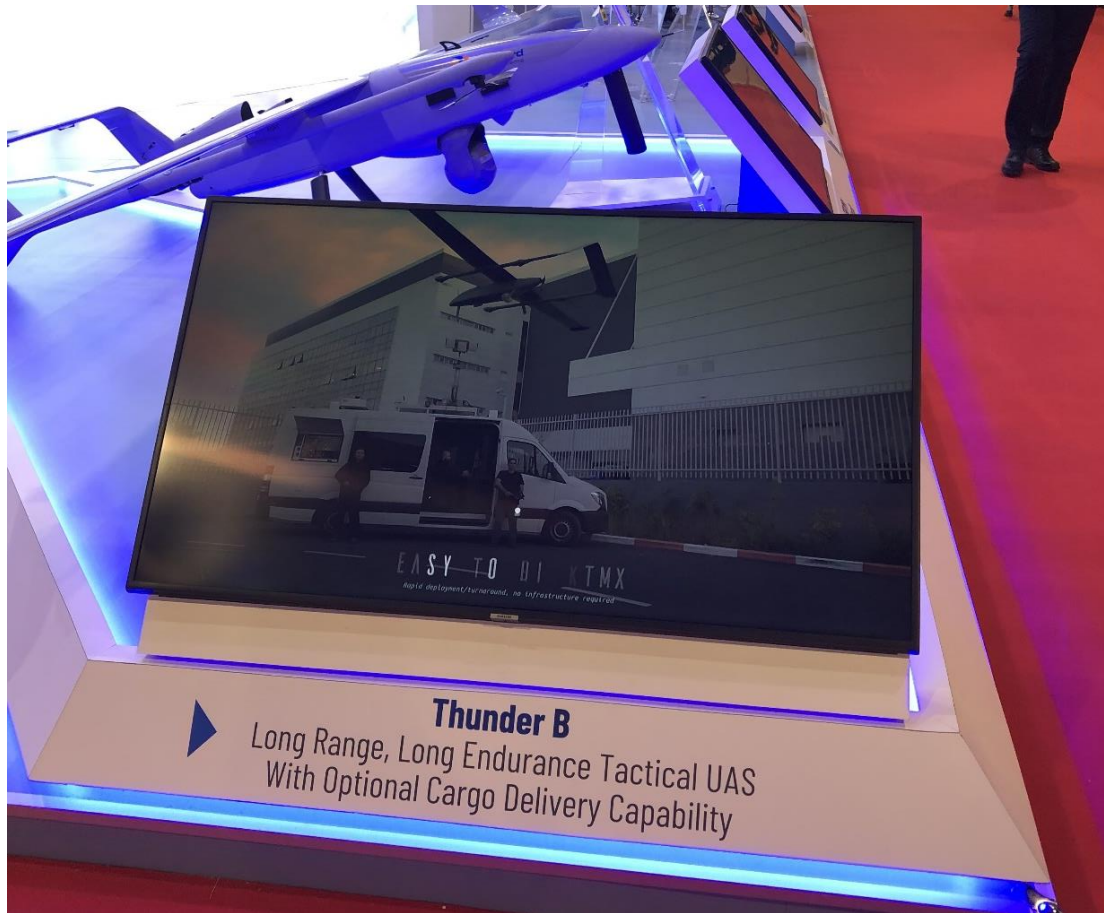


圖 41、Thunder B-VTOL 無人機模型

4、ELI-3360 MPA

ELI-3360 是一款全天候、多任務、遠航程的海上巡邏機，整合經過龐巴迪環球 6500 和 CL650 等高性能商務機驗證的感測器和高性能任務系統，具快速反應及部署、低維護成本與平穩的座艙環境等特性。

ELI-3360 通過高性能任務套件提供優異的操作性能，該任務套件配備先進感測器，可提供海上態勢感知、作戰和火控管理，處理後資訊可輔助飛行員和指揮中心進行決策。



圖 42、ELI-3360 MPA 海上巡邏機模型

(八) MBDA

MBDA 是歐洲的飛彈研發及生產公司，為世界第二大飛彈製造商，於 2001 年由 Airbus、Leonardo 及 BAE 三家公司的飛彈部門合併成立，該公司生產的飛彈種類多達數十項，包含空對空、空對地、地對空、反艦及反坦克飛彈，產品多樣性僅次於 Raytheon 公司，也是全球唯一能夠提供涵蓋陸、海、空三軍使用之飛彈及系統的國防工業公司，主力產品包括流星、ASPIDE、RAPIER、MICA 飛彈等。

MBDA 於會場展出 Meteor 空對空飛彈、Smart Glider、Spear 及 Spear-EW 空對地飛彈、High Energy Laser Effector 雷射武器、CMM-ER、Aster B1 NT 及 VL MICA NG 地對空飛彈、Mistral ATLAS RC/SIMBAD-RC 發射砲台及 EMADS 陸基防空飛彈系統等多樣飛彈及系統模型，此外特地介紹該公司本次陳展的飛彈納入 F-18 戰機及英國 F-35B 戰機掛載配置的展示模型，各項產品介紹分述如後：



圖 43、F-18 飛彈掛載模型



圖 44、F-35B 飛彈掛載模型

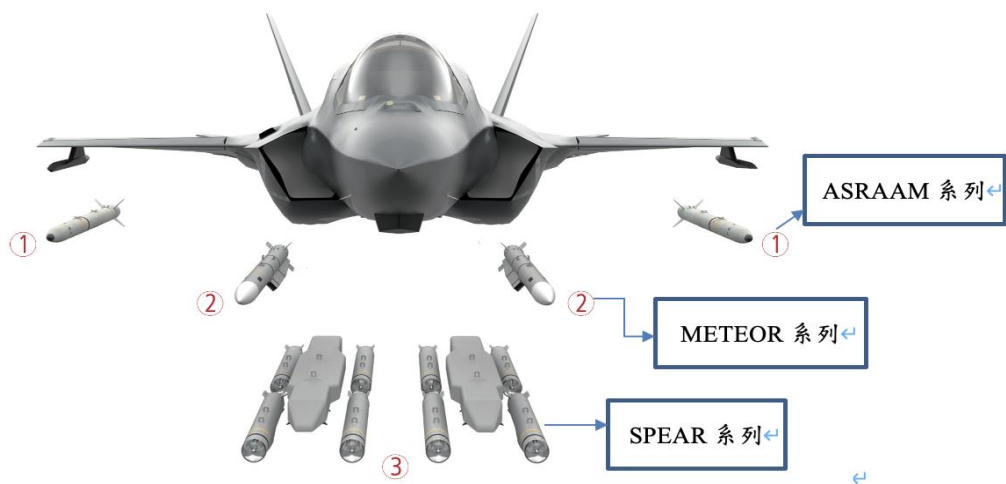


圖 45、F-35B 掛載示意圖

1、Meteor

Meteor（流星飛彈）為一款視距外中程空對空飛彈，由英國、德國、義大利、西班牙、法國和瑞典 6 國共同合資研發，其設計特點包含衝壓引擎、雙向數據鏈路及主動雷達導引。衝壓引擎可大幅增加射程及飛行速度，使其最大飛行速度達 4 馬赫，有效射程達 150 公里以上，雙向數據鏈路可於飛彈發射後，向載機、預警機、衛星回傳狀態資訊，亦可在中途變更攻擊目標，搭配主動雷達導引，使其具有攻擊高機動目標能力，能夠在各種氣候和電戰環境下作戰，目前英國 F-35 戰機、瑞典獅鷲戰機及歐洲多國颱風戰機與颯風戰機均使用該款飛彈，韓國也預劃運用於未來開發的 KFX 戰機。

表 16、Meteor 空對空飛彈裝備規格表

重量 (kg)	190
長度 (m)	3.65
直徑 (mm)	178
射程 (km)	150
速度 (馬赫)	4
導引方式	RF



圖 46、Meteor 空對空飛彈模型

2、Smart Glider

Smart Glider 是一款空對地戰術飛彈，具有輕型及重型兩種款式，配備兩個折疊式滑翔翼，可產生高升阻比，尾部包含四個帶有十字形的致動器組件，以提供俯仰和飛行控制，操作員可以在飛行過程中使用數據鏈路修改 Smart Glider 的攻擊目標。該武器設計用於從颶風及颱風戰鬥機發射，以執行對地攻擊任務。

表 17、Smart Glider 飛彈裝備規格表

重量 (kg)	輕型：120/重型：1,300
長度 (m)	輕型：2/重型：4
直徑 (mm)	180
射程 (km)	100 以上
導引方式	IR/RF/LINK



圖 47、Smart Glider 空對地戰術飛彈模型

3、Spear&Spear-EW

Spear 是一款空對地飛彈，具有高辨識率毫米波雷達，可在全天候、電戰干擾環境與目標偽裝情況下，精準攻擊移動目標，同時可確保飛機與敵方防空系統之間保持安全距離，與傳統滑翔式飛彈相比，Spear 飛彈由渦輪噴氣發動機提供動力，射程超過兩倍，操作範圍也更加靈活。



圖 48、SPEAR 空對地飛彈模型

而 Spear-EW 是與義大利 Leonardo 公司合作開發的電戰版 Spear，可充當備用干擾機，以大幅提高戰機的生存能力並壓制敵人的防空系統，而其核心就是 Leonardo 公司先進的 DRFM 技術，並能透過 GPS 進行導控，英國規劃掛載於未來購買的 F-35B 戰機。

表 18、Spear 系列裝備規格表

重量 (kg)	小於 100
長度 (m)	小於 2
直徑 (mm)	178
導引方式	IR/RF/Link



圖 49、Spear-EW 電戰武器模型

4、CAMM-ER

CAMM-ER 是一款高速且機動性強的地對空飛彈，設計特性與 ASRAAM 空對空導彈相似，配備更先進的電子設備和主動雷達的導引技術，可同時追蹤多個目標，並可進行垂直發射；另該飛彈採模組化及開放性架構設計，大幅降低開發及後勤維護成本，使用國家為英國、巴西、加拿大及義大利。

表 19、CAMM-ER 飛彈裝備規格表

重量 (kg)	160
長度 (m)	4.2
直徑 (mm)	190
射程 (km)	45
速度 (馬赫)	4
導引方式	IR/RF/Link



圖 50、CAMM-ER 地對空飛彈模型

5、Aster B1 NT

Aster 系列包括用於短中程的 Aster 15 和用於中遠程的 Aster 30 兩款飛彈，皆為垂直發射地對空飛彈，而 Aster B1 NT 為 Aster 30 遠程飛彈的改裝版，其尋標器更改為 Ka 波段（取代目前的 Ku 波段），將反彈道能力從 600 km 擴展至 1,500 km，使用國家為英國、法國及義大利。

表 20、Aster B1 NT 飛彈裝備規格表

重量 (kg)	450
長度 (m)	4.9
直徑 (mm)	180
射程 (km)	1,500
速度 (馬赫)	4.5
導引方式	RF



圖 51、Aster B1 NT 地對空飛彈模型

6、VL MICA NG

VL MICA NG 是第二代針對隱形目標設計的陸基及艦載地對空飛彈，此次改款繼承了 MICA 飛彈外型及尺寸，IR 尋標器使用更高靈敏度之矩陣感測器，RF 尋標器使用 AESA 雷達，並將電子零件體積縮小讓飛彈能夠搭載新型脈衝火箭引擎，除增加射程，也可改善機動性能和遠距離攔截目標能力，使用國家為埃及海軍。

表 21、VL MICA NG 飛彈裝備規格表

重量 (kg)	112
長度 (m)	3.1
直徑 (mm)	160
射程 (km)	40 以上
速度 (馬赫)	3 以上
導引方式	IR/RF/Link



圖 52、VL MICA NG 地對空飛彈模型

7、High Energy Laser Effector

High Energy Laser Effector 為德國政府與 MBDA 合作開發的雷射武器，能夠以光速擊中目標，並具有極高的精度和較小的附帶傷害，使防空武器提升至全新的領域。2008 年起，MBDA Deutschland 進行一系列雷射武器開發測試，以應對包含小型無人機在內，各式快速及高度機動目標的威脅，其目標偵獲、交戰和破壞範圍約為 2 公里。

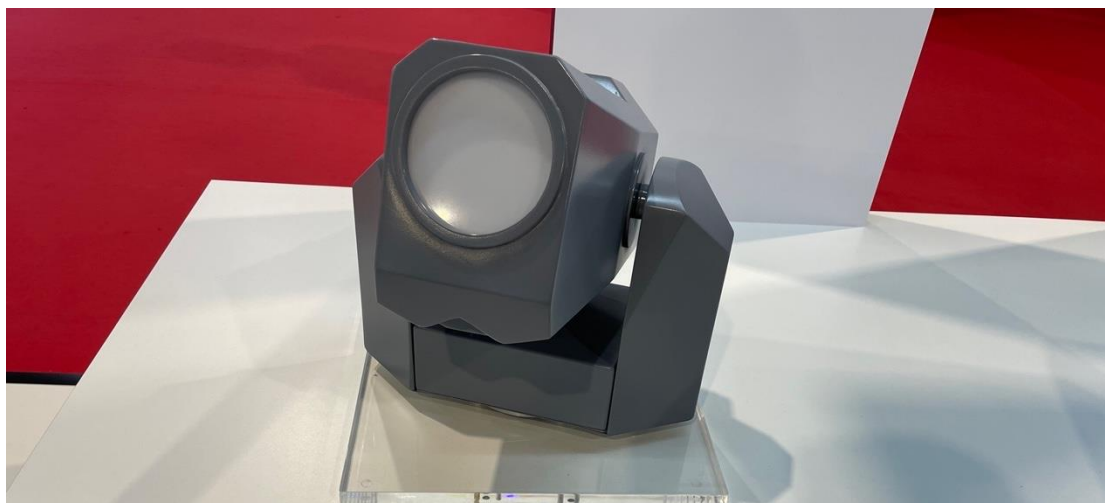


圖 53、High Energy Laser Effector 模型



圖 54、MBDA Deutschland 雷射武器運用示意圖

8、EMADS

EMADS 為陸基防空飛彈系統，是一種可快速部署的區域防空系統，採用垂直發射技術，主要搭載武器為 CAMM 系列飛彈，具備 360 度無死角防空能力，並利用干擾器屏蔽，減少遭紅外線偵測機率，可快速部署和移動；該系統每個發射器可掛載 8 枚飛彈，亦可因應任務需求額外擴展發射器，容納更多導彈，同時可以透過雙向安全數據鏈路獲得資訊，進行目標更新，並提供飛彈目標移動資訊。



圖 55、EMADS 陸基防空飛彈系統模型

9、Mistral ATLAS RC & SIMBAD-RC

Mistral ATLAS RC 是一款短程發射砲台，兼容所有的 Mistral 飛彈，可掛載兩枚 Mistral 地對空飛彈及一個熱能瞄準器，安裝在裝甲車上進行 360 度全方位射擊，除人員於載台手動操作，亦可選擇利用遠程操控進行射擊與整合至任務控制站進行自主操作射擊等 2 種模式。

Mistral SIMBAD-RC 規格及功能與 ATLAS RC 相同，皆為短程發射砲台，較不同的是該款砲台是安裝在船艦上，射擊角度為 ± 160 度，高度調整為-30 至 55 度。

表 22、Mistral 發射台裝備規格表

重量 (kg)	500
長度 (m)	1.86
射程範圍 (km)	0.5-7.5



Mistral ATLAS RC

發射台模型



Mistral SIMBAD-RC

發射台模型

圖 56、Mistral ATLAS-RC/SIMBAD-RC 發射台模型

(九) Diehl Defence

Diehl Defense 是德國 Diehl Stiftung 公司的子公司，該公司擁有五家子公司，橫跨國防工業、金屬鍛造、家電及電子組件製造等多種產業，其中 Diehl Defense 為其最大的子公司，Diehl Defense 專精於飛彈、防空系統及電戰裝備等武器裝備，1960 年成為美國響尾蛇（AIM-9B）飛彈的德國製造商，憑藉該款飛彈的製造基礎發展公司的飛彈製造技術，並開發屬於自家的飛彈 IRIS-T，成為德國的主要飛彈製造商。

此次展覽 Diehl Defence 陳展了 IRIS-T 系列的飛彈系統，包括新型的 IRIS-T SLM 防空飛彈系統，並針對其可使用的發射車及指管偵蒐裝備進行陳展，陳展裝備介紹分述如後：

1、IRIS-T

IRIS-T 是一款短程紅外線空對空飛彈，研發目的是用以取代 AIM-9 響尾蛇導彈，目前 IRIS-T 可與響尾蛇導彈完全相容，使得 IRIS-T 飛彈能夠在先進戰鬥機上使用，已成功整合於 F-16、西班牙空軍及瑞典空軍的 F/A-18 和 JAS 39 Gripen、德國空軍的 Tornado 與歐洲颱風戰鬥機。

IRIS-T 飛彈採用尾翼控制設計，飛彈的主要部分包括尋標器、彈頭、火箭引擎和帶有尾翼和噴氣葉片的控制段，以固體推進劑引擎推進。具備發射前鎖定（LOBL）和發射後鎖定（LOAL）功能，推力向量控制模組使發射後鎖定功能允許接戰背後目標，備炸引信和高爆碎片彈頭，則具備對來襲飛彈的反制能力，可攔截鎖定 25 公里內飛行目標。

IRIS-T 紅外線尋標器和彈頭系統採智慧圖像處理，具高目標追蹤能力及高解析成像，因其廣泛視角可提供 360 度防禦能力，並可透過機載雷達或頭盔式瞄準器分配目標。

表 23、IRIS-T 飛彈裝備規格表

重量 (kg)	89
長度 (m)	2.94
直徑 (mm)	127
射程 (km)	25
速度 (馬赫)	3
導引方式	IR



圖 57、IRIS-T 空對空飛彈模型

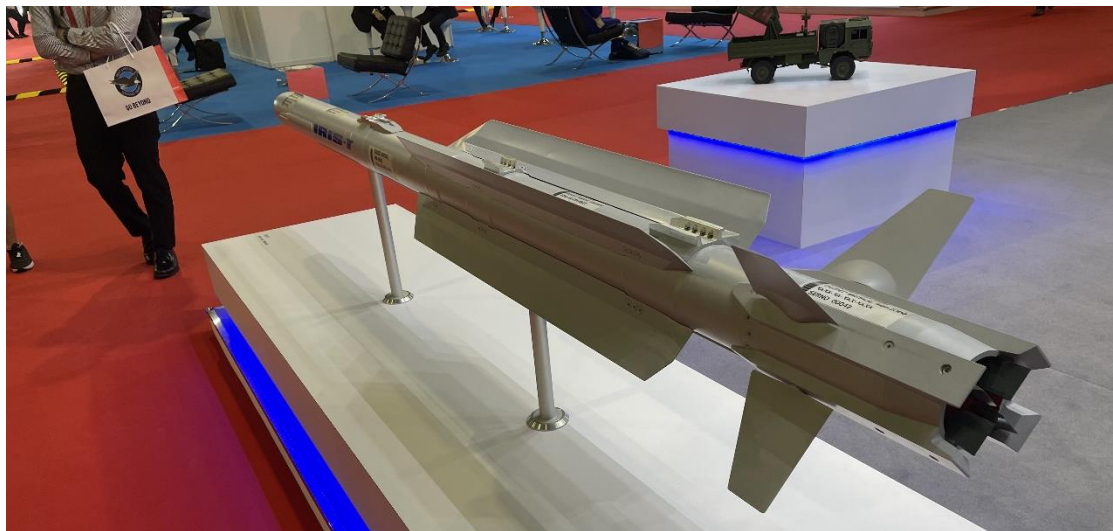


圖 58、IRIS-T 固體推進劑發動機和推力向量控制系統

2、IRIS-T SLM

IRIS-T SLM 是一款中程防空飛彈系統，由攔截飛彈、發射車、火控雷達車及指管車組成，具備全天候、同時攔截多個威脅目標的能力，並可依據需要組裝額外發射設備，具備下列兩項特點：

(1) 開放式結構：

採用模組化設計和開放式系統結構，可使用聯網功能與現有或未來友軍防空系統相結合，亦可做為獨立中程防空系統，對重要目標進行防護，或做為陸軍野戰防空系統。

(2) 高機動性

因各分系統重量輕，體積小，並且各分系統完全獨立，所有組件皆可符合在標準化規範，使得容易透過各種車輛、船、鐵路或飛機運輸；此外還可使用 C-130 和 A400M 進行空中運輸，具有強大機動能力和高靈活性。

IRIS-T SLM 各組成系統說明如後：

(1) 攔截飛彈

IRIS-T SLM 飛彈為 IRIS-T 空對空飛彈改良型，具備向量噴嘴大型火箭引擎、數據鏈系統與新型彈鼻整流罩，並以 8 聯裝彈箱型式安裝在發射車上。

與 IRIS-T 相比，IRIS-T SLM 飛彈配備了全球定位系統 (GPS) / 慣性導航系統 (INS) 技術，用於主動導引；推力控制系統配賦先進火箭引擎，引擎直徑從 12.5m 增加到 15m，此外還增加可提高射程的氣動頭罩和數據鏈，該飛彈採用預置破片火推段，射程達到 40km，最大作戰高度為 20km。

射頻 (RF) 數據鏈路用於在飛行期間將外部雷達之目標數據傳輸至飛彈，飛彈發射後透過 GPS 和數據鏈路進行導引，於飛行期間時可將目標資訊隨時更新，引導飛彈至紅外線尋標器可攔截捕獲目標範圍，採用此導引方式對於主動和被動對抗具有較強的抗干擾性。

（2）發射車

IRIS-T SLM 發射車採用熱垂直發射系統，飛彈儲存在鋼化玻璃纖維罐中用於運輸和發射，發射車最多可攜帶 8 枚飛彈，發射系統在進入發射位置展開後，可於 10 分鐘內發射，由於具備快速射擊能力，可同時對抗多個目標。發射系統充電過程約需 15 分鐘。

（3）火控雷達車

多功能火控雷達車由德國研發，配備澳大利亞 CEA 技術公司 CEA-FAR 系列主動相位陣列雷達，可以提供 360 度覆蓋範圍，同時提供空域監測和目標數據傳輸，可有效偵測高速機動戰機、彈道飛彈、巡弋飛彈與無人機等來襲目標。

（4）指管車

指管車為戰術指揮管制中心，配備丹麥特爾馬公司產製之 BMD-Flex 指揮、控制、通信系統以及瑞士萊茵金屬空中防禦公司製造的 Oerlikon Skymaster 戰鬥管理系統，可透由無線電或光纜連接到其他系統。



圖 59、IRIS-T SLM 中程防空飛彈示意圖



圖 60、IRIS-T 及 IRIS-T SLM 模型



圖 61、IRIS-T SLM 發射車（左）與指管車（右）模型



圖 62、IRIS-T SLM 多功能火控雷達車模型

3、HPEM SkyWolf

本次 Diehl 公司於航展展出武器模型中，有一新式武器名為 HPEM SkyWolf 系統，所謂 HPEM (High-Power Electro Magnetics)，即為高能電磁脈衝武器，是頻率在 100MHz-300MHz、峰值功率在 100MW 以上之強電磁輻射，透過高增益天線定向輻射高功率微波，使微波能量聚集窄波束內，形成功率高、能量集中且具方向性的強微波射束以照射目標，本型武器其特點為可保護軍事關鍵基礎設施及任務免遭受無人機之威脅。



圖 63、HPEM SkyWolf 高能電磁脈衝武器模型

(十) Rafael Advanced Defense System

Rafael 是以色列為研發國防工業發展而出的公司，最初由三個實驗室部門整合而成，具備開發陸、海、空和太空應用等國防軍事產業，底下擁有許多子公司，橫跨領域相當廣泛，本次航展的 Aeronautics group 公司即為其無人機開發子公司之一。Rafael 專精於無人機、飛彈、電戰裝備及偵蒐系統，主要以指揮、控制、通信及計算電腦 (C4I) 及情監偵 (ISR) 整合能力為發展方向。本次展覽以電戰裝備 (Reccelite 及 Spice 250) 與無人機系統 (FireFly) 進行陳展，裝備介紹分述如後：

1、Reccelite

Reccelite 為一款光電偵照莢艙，是世界上最先進的偵照系統之一，該莢艙優點包括提供極寬廣視野及多種掃描模式，可使用數據鏈傳輸圖像以減少圖像佔用線路傳輸時間，可在高高度使用，也可於不同光譜、遠程或垂直攝影中收集高解析度圖像。

Reccelite 莢艙系統組成主要為電荷耦合器 CCD 電視攝像系統和平面陣列前視紅外瞄準感測器，所拍攝之圖像可顯示於飛行員頭盔。主要探測區域為中紅外波段，能容易地配置到各種使用 Litening 莢艙之飛機上，隨時監視及掌握於管制區或靠近管制區周圍移動和靜止的目標。

Rafael 首次將合成孔徑雷達 (SAR) 整合至光學莢艙，用以解決於雲層飛行時目標識別困難的問題，經過 SAR 優化的莢艙可提供全天候、晝夜、全地形、遠程能力，提供高解析完整情報圖片，減少飛行員工作負荷，且可支援 JDAM、LGB 和 INS/GPS 導引飛彈以提高任務成功率。

莢艙配備雷射指示器和用於聯合任務的雷射標定，為減少感測器到射擊延遲時間，Reccelite 系統地面站使用自動目標識別系統處理接收數據，一旦獲取地面目標，操作者對目標進行辨識後，其座標和圖形就能夠立即上傳至戰區執行任務的攻擊機，以供其完成對目標的攻擊任務。

表 24、Reccelite 裝備規格表

關注區域	滾轉 360° / 伏仰 -150 至 +45°
長度 (m)	2.2
直徑 (m)	0.406
重量 (lb)	440



圖 64、Reccelite 偵察莢艙模型

2、Spice 250

Spice 250 是一款光學 GPS 導引組件，用於將非導引炸彈轉換為精準導引武器，較傳統多數光學導引武器（例如 GBU-15）先進，結合衛星導引優勢和光電影像，顯著增強防區外射程，增加作戰半徑，使飛行員獲得操作機動性、提高飛行安全性和任務成功率。

Spice 系列彈藥都配備自動目標獲取（ATA）功能，可克服固定目標接戰中 GPS 干擾、導航和目標定位錯誤，在接近目標時，透過武器尋標器即時接收的光電影像與存儲在武器計算機內存中的任務參考數據進行比對執行攻擊。



圖 65、Spice 250 導引組件模型

3、FireFly 戰術武器系統

FireFly 是一款供裝甲部隊及單兵作戰使用的小型遙控無人機，直覺式的操作介面使得無須訓練即可使用，具備輕巧性、堅固性、低視覺和噪音可偵測性。

機體主要由 2 具轉子馬達、2 套機體模組及 1 個鏡頭組成，轉子馬達為 Firefly 提供升力，螺旋槳葉片可收折，機動速度為 60km/時，俯衝速度為 70km/時。

機體模組基本配置為 1 組電池加 1 套武器系統，單塊電池供電時間為 15 分鐘，武器系統配備了一個重 350 克的全向破片彈頭，可對視線之外的隱蔽敵人或建築造成致命的爆炸效果；另彈頭部分可以電池取代，以增加戰術偵察和監視行動時間持久性。

鏡頭部分則為無須冷卻的攝影鏡頭以及紅外線鏡頭，具有獨特的動態目標追蹤功能。

Firefly 的操作方式可分為藉由設置無人機航點進行控制及影像即時操控兩種，可對偵查到掩體後方的敵軍以及超視距外的目標進行攻擊及追蹤，具備城鎮戰作戰功能、偵查、自動返回功能。



圖 66、FireFly 戰術武器系統模型

(十一) L3Harris Technologies

L3Harris 為美國十大國防工業系統供應商，該公司區分為三個業務部門，分別針對綜合任務系統、空間和機載系統及通信系統進行研發，綜合任務系統部門專精情報、監視和偵察（ISR）和信號情報系統、國防航空系統，包括武器系統和無人機；空間與機載系統部門專精於衛星導航、天氣設備、防空系統及太空相關感測器；通信系統部門專精於戰術通信、寬頻通信、夜視和公共安全等設備，三大部門橫跨美國國防工業許多領域，更是 Lockheed Martin 前 4 名的系統供應商，為 F-35 戰機提供許多零件，介紹分述如後：

1、次系統供應能量

L3Harris 是 Lockheed Martin 前 4 名的系統供應商，為 F-35 戰機提供了超過 200 萬個零件，包括駕駛艙通信、數據處理、航空電子設備、彈藥掛架及電子戰技術，先進的航電系統可提供卓越的態勢感知能力，更簡潔的派龍架可保持飛機的低可視度，而先進的數據鏈路協議確保數據保持加密和安全。

該公司研發基地位於佛羅里達州棕櫚灣及佛羅里達州馬拉巴爾，具開放系統處理器、航電設備、光譜優勢、數據/任務處理、微處理線路裝置及區域網的專業平台，可供應航電系統、基礎設備、機載通訊及數據鏈路、電戰系統、彈藥掛架、網路安全、EO/IR 感測器、座艙顯示系統及天線等 8 大類全功能次系統。

CONTRIBUTIONS

- Top 4 supplier to Lockheed Martin Aero
- Top 5 supplier on platform
- SAS/Mission Avionics Sector content per aircraft:
 - 7 integrated racks
 - 1,585 components supporting 76 modules
 - 58 network interface units
 - 21 power supplies
 - 6 advanced antenna arrays (AAA)
 - 3 antenna interface units (AIU)
 - 4 to 8 weapon release systems
 - 7 various antennas
 - 1 panoramic cockpit display - display unit (PCD-DU) (TR2) and 1 panoramic cockpit display - electronic unit (PCD-EU) (TR2 and TR3)

Program of Record

Foreign Military Sales

Module Components

Fiber Optic Network Interface Units

Fast Steering Mirror

Antenna Suite

SW Digital Map

Distributed Aperture System (DAS) - IR Sensor

TR2 and TR3 Panoramic Cockpit Display Unit (PCD-EU) and TR2 Display Unit (PCD-DU)

Electronics Unit (PCD-EU) and TR2 Display Unit (PCD-DU)

Integrated Core Processor (TR3) and ICP Rack (TR2)

Multifunction Advanced Data Link (MADL)

Antenna Interface Unit (AIU)

Power Supplies

Array Antenna Assembly (AAA)

Communications Navigation & Information (CNI) Racks

Radar Racks

EW Racks

KOV-32 DS Module

Aircraft Memory System (AMS)

Pneumatic Suspension and Release Equipment (LALU) (BRU)

CSV-02 Ground Data Receptacle (Ground equipment)

SRVIVR® Cockpit Voice Recorder (CVR)

KOV-34 Combat Training System Data Encryption Unit

CSF-34 P4 Combat Training System Data Encryption Unit (Ground equipment)

MIL-STD-1760 FRCS Field Replaceable Umbilical Cables

圖 67、L3Harris 供應 F-35 戰機之系統

Avionics & Infrastructure

- multi function MLS processing
- MOSA Digital Backbone
- Encrypted Data Transfer Systems

Cybersecurity

- MOSA security with MLS (SureSPAN™)
- Data at rest Security (Datacrypt™ & SureCORE™)

Displays & Maps

- Large Area Display (LAD)
- FliteScene® Digital Map
- Display Electronic Unit

Communications

- Multi-Channel Airborne Networking Comms
- Data Links UHF-SATCOM, Link-16, SINCGARS, SATCOM

Electronic Warfare

- Viper Shield EW System

Safety Avionics

- Electronic Standby Instrument Systems
- Encrypted Cockpit Voice and Flight Data Recorders
- Tactical Airborne Navigation (TACAN)
- Military Airborne Surveillance System (MASS)

Suspension & Release

- Pneumatic Bomb Racks
- Missile Ejectors
- Multiple Carriage Systems

EO/IR Sensors

- EO/IR Solutions

Antennas

- multiband VHF/UHF/L-Band antenna
- GPS CRPA Antennas (N201)
- LO antennas
- Digital apertures

圖 68、L3Harr 全功能次系統能量

2、AN/ALQ-254 (V) 1

AN/ALQ-254 (V) 1 是一款由 L3Harris、Lockheed Martin 及美國空軍合作開發的先進電戰系統，此款電戰系統將在飛機周圍提供完整虛擬電子防護罩，使飛行員能夠在複雜戰場環境中安全無虞的執行任務。

與上一代電子戰系統相比，關鍵組件更少，不僅使外形尺寸更小、重量更輕，而且平均故障間隔時間 (MTBF) 更長，生命週期成本更低；模組化設計支援工廠更換件 (LRU)，該設計還具有前瞻性，可用於未來提升的可能性，其 COTS 技術和韌體架構將簡化未來的升級，讓客戶能夠以經濟實惠的方式利用新的能力和技術進行系統升級。

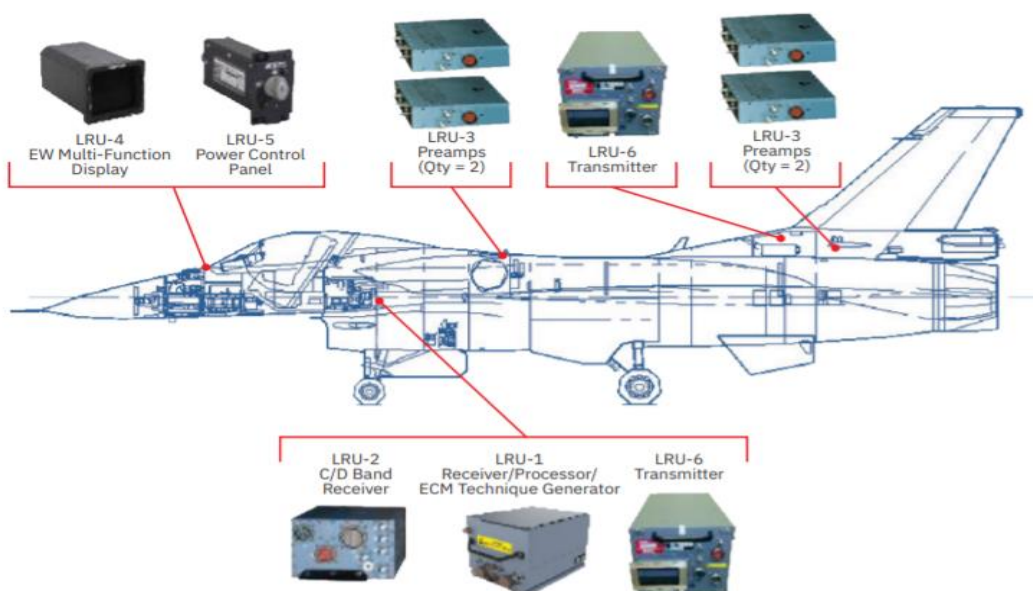


圖 69、ALQ-254 電戰系統架構圖

3、WESCAM MX 系統 EO/IR

WESCAM MX 為一系列機載光電和紅外線（EO/IR）成像系統，可安裝於各類機載平台，該款系統配置多光譜感測器，具有完全主動 4 軸之穩定功能，可提供多個波段的成像，確保在晝夜間及全天候條件下成像能力，可提供即時、全動態的態勢感知，用以執行低空、戰術監視及空中隱蔽任務。



圖 70、WESCAM MX 系統感測器模型

4、LCR-2020

LCR-2020 為一款監視雷達，可固定安裝及快速部署在各類車輛上，其最大化的部署性可用以執行沿海、陸地和防空監視任務。

LCR-2020 具雙波束天線、跳頻及電子對抗能力，可遠距搜索和追蹤範圍廣泛的機載和地面威脅目標，並提供主動和被動干擾威脅的環境保護；全面的態勢感知，能適應包括嚴重的海地雜波、大雨、濃霧等惡劣環境，其模組化和開放式架構設計也可與其他雷達系統整合配置。

表 25、LCR-2020 裝備規格表

操作頻段	C 波段，北約 G 波段
更新率 (S)	10
儀表範圍 (km)	150
最高距離 (km)	3
仰角範圍 (度)	0-25



圖 71、LCR-2020 雷達系統模型

（十二）EOS

Electro Optic Systems（以下簡稱 EOS）是一家業務領域為國防、太空和通信市場運營的澳洲公司，專精於雷射、電子、光電等核心技術應用及遙控武器系統與輔助產品開發生產，EOS 於攤位展示了一系列的遠程操作武器，其中以一套可掛載高能雷射武器的 Titanis 反無人機防禦系統較值得關注。

Titanis 是一款整合式且具擴充性的反無人機防禦系統，配置直接火力交戰系統（7.62mm 機槍至 30mm 火炮）、電戰系統（無線電頻率干擾）、整合式感測器套件（脈衝都普勒雷達、TV/IR 相機、雷射測距儀和射頻偵測系統）及可選配的定向雷射殺傷系統，前述系統皆可與 EOS 獨家開發的指揮、控制及火控系統整合，模組化設計可使系統安裝在各種車輛及平台上，具有高度的通用性和配置靈活性。



圖 72、Titanis 反無人機防禦系統平台模型

Titanis 運作模式為雷達偵測目標後，使用高精度紅外線及光學攝影機追蹤，而後使用無線電頻率干擾。如干擾無效，則切換到火力系統摧毀無人機，經驗證此款系統能偵測所有類型的無人機，包括固定機翼和不超過 600 公斤的四軸飛行器，可於 10km 的範圍內，8 秒完成目標識別，每 6 秒攻擊一架威脅目標，具備防禦及摧毀蜂群無人機能力。

Titanis 的定向雷射殺傷能系統為一款 35kW 高能雷射武器，此款裝備由 EOS 開發和製造，可取代火炮安裝於系統平台，也跟獨立安裝於平台周圍，增加攻擊火力及手段，裝備由光束導向器和光學跟瞄系統組成，具有高目標殺傷力，射程可達 4 公里，預計於 2023 年可將發射功率提升為 55kW。

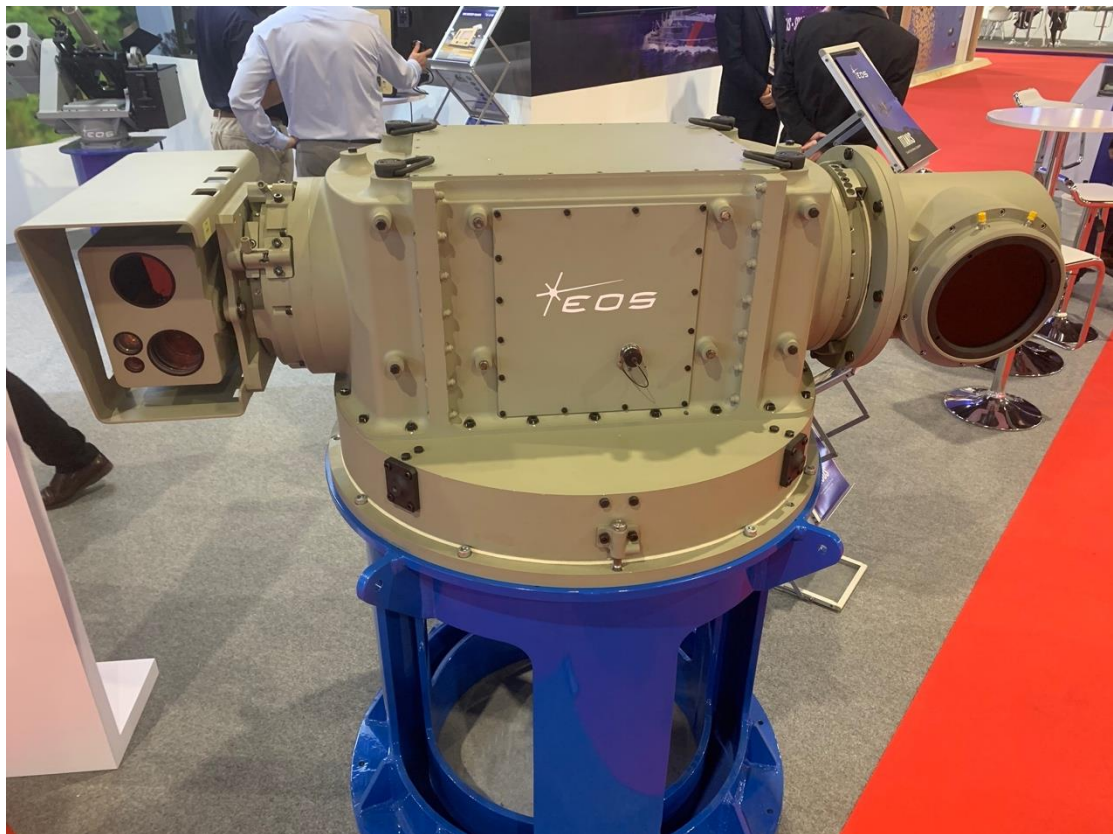


圖 73、Titanis 高能雷射武器模型

(十三) Elbit Systems

Elbit Systems 是一家總部設在以色列的國際電子防務公司，主要開發和供應用於國防國土安全和商業航空應用的陸海空通訊、導航、情監偵系統相關電子裝備、先進光電系統、無人機系統及火砲系統等，分述如後：

1、JHMCS II

Elbit 聯合頭盔瞄準系統 (Joint Helmet Mounted Cueing System, JHMCS)，目前已獲全球 20 餘個國家使用，JHMCS 具高離軸武器接戰能力，使飛行員能準確運用頭盔瞄準具和機載武器對抗敵機和地面目標，無需轉動飛機或將目標放在抬頭顯示器 (HUD) 中進行鎖定。

JHMCS II 由頭盔、日間模組、夜視模組、機載介面組件 (Aircraft Interface Unit, ACIU) 及感測組件 (Tracker Reference Unit, TRU) 所組成。

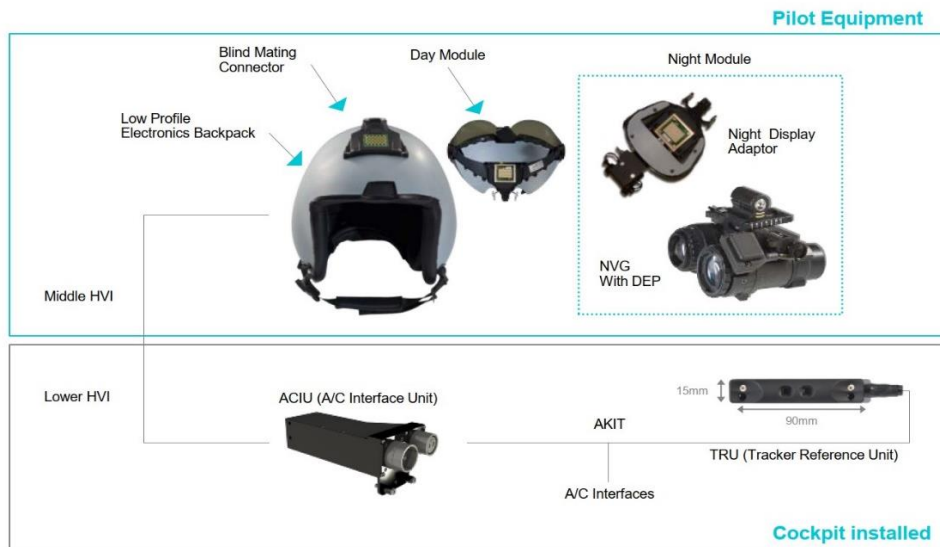


圖 74、JHMCS II 系統組成

日間模組為單眼顯示，可為飛行員延伸視距外包絡線，高解析度（1280x1024 圖像解析度）護目鏡可同時以高解析彩色圖形方式投影目標資訊和飛機性能等關鍵參數及符號。

夜間模組則將標準夜視鏡（NVG F4949/ANVIS-9）與獨特的顯示器結合，提供覆蓋在夜間圖像上的全彩符號和影像；兩種模組適用標準 HGU-55/P 頭盔，含氧氣面罩頭部總重量小於 4.6 磅。

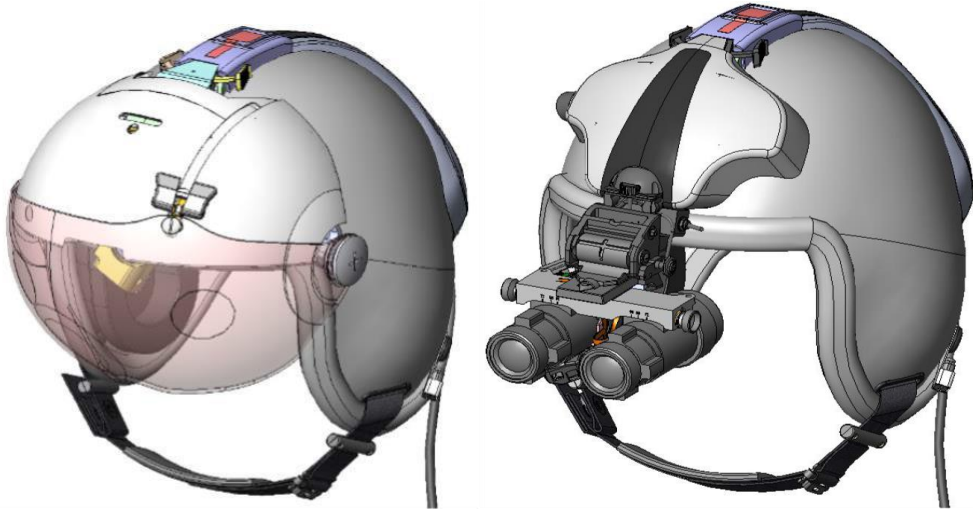


圖 75、JHMCS II (1) 日間模組 (2) 夜間模組

ACIU 提供頭盔所需電源，與戰機任務電腦或是顯示處理器介接；TRU 設置 4 組攝像鏡頭，可提供座艙光學追蹤定位，提升日/夜模組感測性能，具有易於安裝、使用及節省成本的優點。

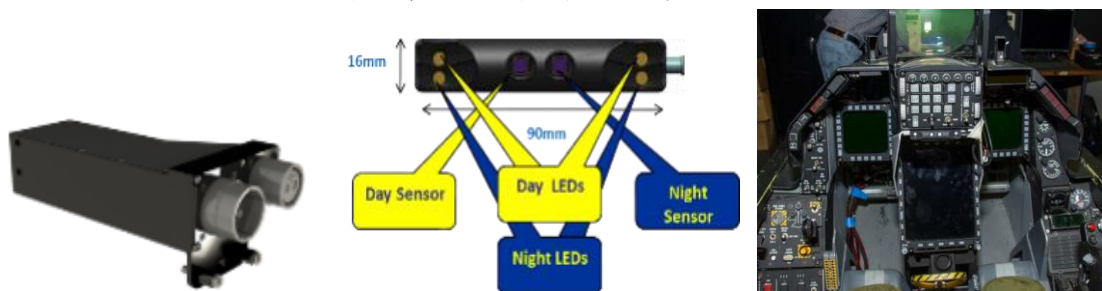


圖 76、JHMCS II 介面連接及感測元件

2、X-Sight

X-Sight 為直升機用頭盔瞄準具，特色是將主動感測器數據與戰術飛行任務數據結合在一起，創建直觀 3D 合成視野符號系統（Synthetic Vision Symbolology, SVS）疊加，特有的光變色技術可根據光線照射改變護目鏡透光率，提供「透明駕駛艙」功能，使飛行員能夠超越駕駛艙邊界，顯示沒有視覺障礙的 360 度視野，以減少飛行員的工作量，增進飛行姿態感知能力，提高任務成功率和安全性，適用於直升機飛行員的寬廣視野，該款頭盔瞄準具亦可與夜視鏡整合使用。



圖 77、X-Sight 頭盔瞄準具

3、e-LAD

Elbit Systems 的 e-LAD 是一款具備導航功能的全景多功能數位儀表，可以將飛行資訊和任務數據進行整合，具有即時回饋與紅外線多重觸碰感測功能，並且擁有良好的散熱性，不需額外加裝散熱裝備，且符合人體工學，不影響座艙視野及逃生空間。

e-LAD 目前在全球上相當普及，強大的相容性可以在戰機、直升機、運輸機及模擬訓練系統使用，可兼容通用的圖形及影像處理。



圖 78、e-LAD 顯示器

(十四) General Atomics

通用原子為美商公司，業務領域為無人機、導彈防禦、衛星及電池能源，專精於先進的地面遙導技術、通訊及自動化情報系統開發，主力產品為灰鷹(Gray Eagle)、MQ-9A(Reaper)及MQ-9B(Sky Guardian/ Sea Guardian)系列無人機，以下將針對本次陳展及研討項目進行介紹。

1、MQ-9B

MQ-9B 是 General Atomics 最著名的偵查無人機系列，是以中高長滯空偵察型掠食者 RQ-1 無人機為基礎，加上武裝需求進行研發，相同系列還有 MQ-9A。

MQ-9B 系列皆採用 Honeywell TPE331-10GD 渦槳發動機，具有 950 軸馬力，尾翼形狀由原有的倒 V 字造型改為大 Y 字型，可執行情報、監視和偵察 (ISR)、空中支援、戰鬥搜索及救援，中繼站及精確打擊任務。

MQ-9B 分為 Sky Guardian 及 Sea Guardian 兩種型態，Sea Guardian 是 Sky Guardian 的改良版，整體性能與 Sky Guardian 一樣，差別在於 Sea Guardian 可搭載的電戰系統較多，為利於進行海上任務，可搭載特殊雷達套件、自動識別系統 (AIS) 和獨立反潛戰 (ASW) 任務套件，用以執行海上偵蒐，還可以攜帶專用的海上水面搜索雷達和設備，使其能夠調諧到航海自動識別系統，提供船舶使用該系統來廣播其名稱、類型、來源等詳細資訊。

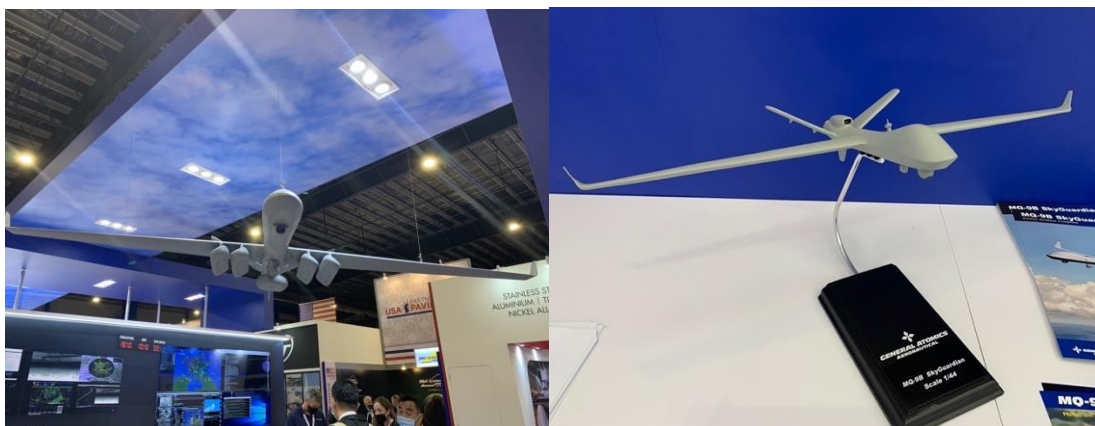


圖 79、MQ-9B 無人機模型

2、多任務控制系統

多任務控制系統 (Multi-Mission Control, MMC) 是透過自動化方式，利用簡易的介面顯示，使操作員能夠同時控制多架飛機及執行情報、監視和偵察 (ISR) 等任務。由圖 80 可見，MMC 能同時管制 6 架飛機，當飛機執行 ISR 或打擊任務時，MMC 可允許控制權快速切換至地面控制站，使機組人員可以控制飛機執行任務，並提供包含自動航線規劃、系統警告、操作注意提醒及監控飛機系統等功能，同時具有設置禁航區的功能，無人機執行航線規劃時會避開該區域，另行規劃合適航行路線。

圖 81 可見 MMC 能顯示提供每架無人機 100 哩範圍內疊加整合的飛機資訊，此外還具備開放式任務系統 (OMS)，可融入不同型式的無人機進行整合操控。

值得一提的是，其系統的操作方式，可透過 XBOX 遊戲手把進行操控，目的為利用遊戲的操作體驗，達到輕易理解且容易控制的方式，使操作者便於使用，且裝備極易取得，可維持高妥善率。



圖 80、多機管控及航線規劃示意圖



圖 81、多任務控制系統示意圖



圖 82、MMC XBOX 操作控制手把

3、Metis

Metis 為 ISR 任務和資料共享軟體，透過 Metis 生成的 ISR 任務通過機器對機器直接傳輸到 MMC，提供雲端任務分配和情報共享系統，指揮者可以在幾秒鐘內修改或取消任務需求，使 MMC 機組人員能夠立即適應新任務出現的要求，大大減少決策時間線以提高任務效率；使用社交媒體模式的交互技術，可同時連接執行相同任務友軍，讓所有 Metis 用戶都可以輕鬆掌握 ISR 任務和飛機位置，達到多域 ISR 部署及資訊共享，加上可簡化和自動化收集管理流程，可執行大量 ISR 任務，並且收到自動情報通知，讓操控者能夠更有效的執行任務目標。



圖 83、Metis 系統產品簡介

4、XC2

遠征指揮與控制系統（eXpeditionary Command & Control, XC2）是利用 GA 的可認證地面控制站系統（CGCS）移植到筆記型電腦上的便攜型系統，使部署在前線的機組人員和飛行員能夠無需地面控制站（GCS）即可用來發射、控制及回收無人機。

XC2 透過提高軟體的可移植性來達成向 GCS 的控制權移交，從而達成在全球範圍內執行情報、監視和偵察（ISR）任務，使無人機能夠去任何地方並控制任何東西，運用小空間及少人力快速地完成部署。



圖 84、XC2 系統產品簡介

(十五) Aeronautics group

Aeronautics group 是以色列公司，成立於 1997 年，並於 2019 年被 Rafael 公司收購，本次航展也與 Rafael 公司一起陳展，公司主要研發產品為軍事用途的偵蒐無人機、地面控制站（GCS）及情報、監視和偵察（ISR）系統，成熟的技術已讓公司產品已成功銷往多達 15 個國家及 20 多個軍事客戶。

本次 Aeronautics group 公司無人機僅以 Orbiter 4 無人機模型進行展示，值得一提的是該公司所採用 EO/IR 感測器的 CONTROP 公司也併同展覽，其供 Aeronautics group 公司的三款 EO/IR 感測器也將於下方進行介紹：

1、Orbiter 4 型偵蒐無人機

Orbiter 系列其最早開始研發的產品為低成本的微型無人機（Orbiter 1k），該型無人機於西元 2000 年成為擁有世界最小的航電系統的稱號，並隨著系統的開發成熟，逐漸往小型無人機進行研製（Orbiter 2、3），並以 Orbiter 3 的成熟設計技術，提升整體功性能，開發 Orbiter 4。

表 26、Orbiter 1、2、3、4 無人機性能比較表

	Orbiter 1	Orbiter 2	Orbiter 3	Orbiter 4
翼展 (m)	2.9	3	4.4	5.4
升限 (ft)	8,000	-	-	18,000
最大速度 (kts)	70	70	70	70
續航力 (hr)	2.5	4	7	24
掛載重 (kg)	1.5	1.5	5.5	12
資料傳輸距離 (km)	100	100	150	150

Orbiter 4 型偵蒐無人機相比前一代的 Orbiter 3 翼展增加至 5.4 公尺，雖起飛重量提高至 50 公斤，卻大大提升了續航力可達 24 小時，起飛方式為彈射起飛，且具有匿蹤外型及靜音飛行特性，配載自動辨別系統，可提供指揮、管制、通信、資訊及情報（C4I）的能力；具有符合北約 STANAG 4609 開放性任務架構，可隨意更換前頭的感測器，可搭載海上巡邏雷達（MPR）、光探測和衛星通信、蜂群攔截感測器、合成孔徑雷達（SAR）及先進光電系統，並安裝三軸穩定器以提供更穩定的畫面。此外不具有起落架，需開啟機腹內降落傘進行降落，降落時將會自動翻轉，並開啟機背內的緩衝墊。

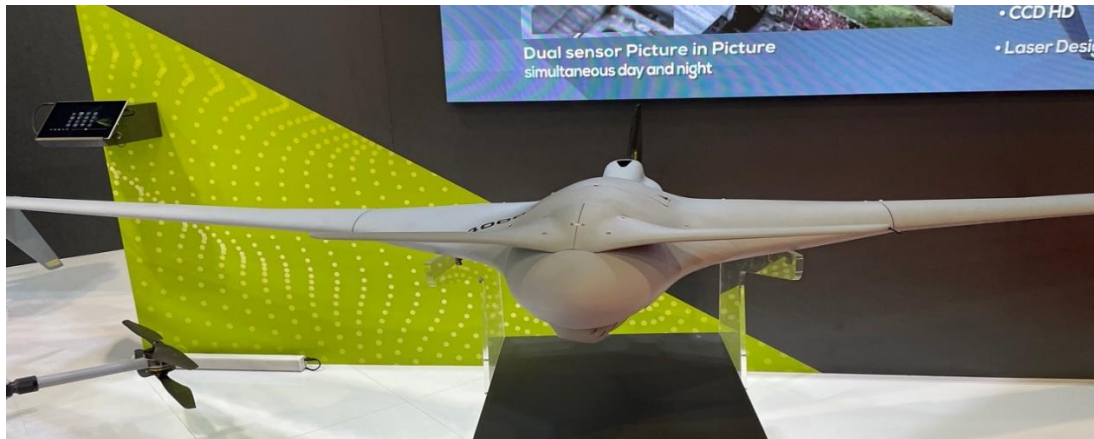


圖 85、Orbiter 4 無人機模型



圖 86、Orbiter 4 開啟降落傘(1)開啟緩衝墊(2)示意圖

另觀察 Orbiter 4 型偵蒐無人機外型設計，其設計與大部分偵查無人機並不相似，設計相異點有兩點，第一點為其具有相當特別的前小翼設計，主要功用為配平以保持整機靜態穩定，同時增加機頭升力，可提供機頭不易往下掉之功能；第二點則是主機翼翼尖小翼之設計，大部分飛機之翼尖小翼設計均為向上構型，惟本型機之設計則為向下構型，設計翼尖小翼之目的最主要是因翼尖附近會形成翼尖渦流，致使翼尖附近區域上下表面壓差降低，從而導致此一區域產生之升力降低。而為削弱此種繞流現象對升力的影響，大部分飛機翼尖均會設計翼尖小翼（又稱為「翼尖整流片」），用以阻礙上下表面空氣繞流，降低因翼尖渦流造成之升力誘導阻力，提高升阻比，達到增加升力的目的。而大部分飛機之翼尖小翼均設計成向上構型，其主要因素向下構型的小翼較容易於降落時，遭受到地面撞擊或造成地面車輛損壞，但因本型無人機之降落係將機身上下翻轉，採降落傘方式降落，因此其翼尖小翼即改採向下構型，此為與其他無人機設計相異之處。

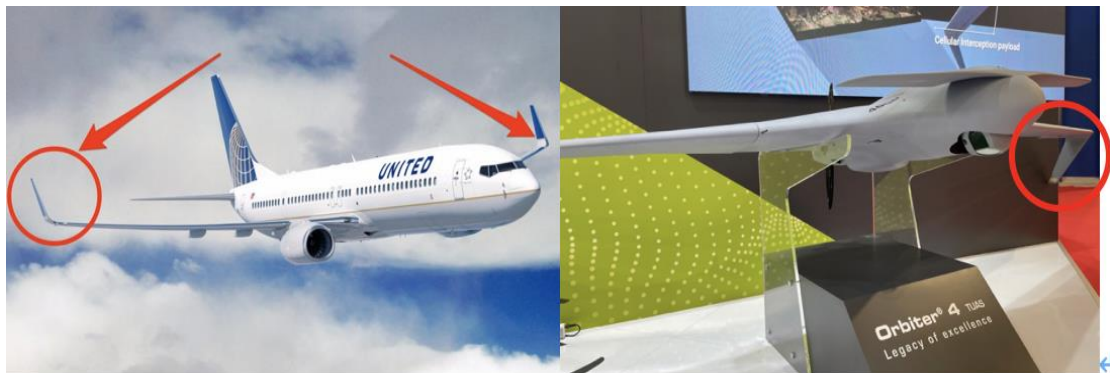


圖 87、Orbiter 4 向下尖小翼示意圖

2、STAMP 系列 EO/IR

CONTROP 公司為無人機所生產的三款 EO/IR 感測器，是 Aeronautics group 公司無人機的特色之一，能夠使用在直升機及定/旋翼無人機上，其特色為低成本、輕重量，並具備三軸穩定性，且具有不同光學元件，可支持可見光及紅外線。

(1) STAMP 系列陳展的為 MUTLI-STAMP，可用於日夜監控應用。重量僅重 750 克，是重要的以色列 MOD 小型無人機感測器。可用於微型無人機、浮空器、小型有人駕駛飛機及直升機等。STAMP 系列微型感測器包括單感測器系列（D-STAMP、U-STAMP）和 M-STAMP 多感測器系列。對於微型 SUAV，最先進的 MICRO-STAMP 攝像機有效載荷僅重 270 克。

(2) T-STAMP 系列陳展的是 T-STAMP-XD 及 XR，重量僅重 2.8 公斤，其與 STAMP 系列最大的不同在於具有三軸小型陀螺穩定器，適用於小型無人機和小型飛機。具有三個感測器—帶連續變焦鏡頭的紅外冷卻或非冷卻攝像頭、CCD 電視攝像頭和可選的雷射測距儀。為小型無人機提供大型無人機有效載荷的圖像質量。

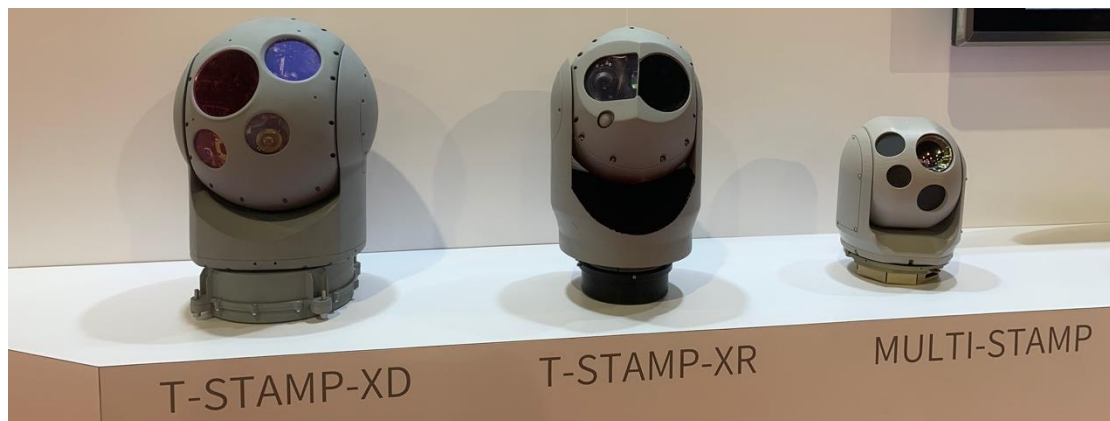


圖 88、STAMP 系列感測器模型

(十六) AIR BUS

空中巴士公司，為歐洲一家民航飛機製造公司，於 1970 年由德國、法國、西班牙與英國共同創立，總部設於法國土魯斯，也是歐洲最大的軍火供應製造商空中巴士集團（Airbus Group）旗下企業。

本次展覽空中巴士展出產品係以多架民航機模型為主，惟其中展出一架 AirBus ZEROe 概念設計機引起我方注意。本架概念設計機為 AirBus 公司因應環保概念，為減少碳排放所設計之次世代客機，除下圖具未來感之外型設計外，還有兩種傳統外型（渦輪風扇與渦輪螺旋槳）之設計，會有不同外型設計之原因，最主要是因為此三型概念設計機其核心構想均為氫動力，透過新設計之燃氣渦輪發動機，由液態氫與氧氣燃燒燃燒所提供動力；另氫燃料電池可產生補充燃氣輪機之電力，從而形成高效混合電力推進系統。



圖 89、AirBus ZEROe 概念機模型



圖 90、AirBus 次世代客機傳統外型設計圖

除氫動力技術外，新型外型設計亦是中心注意要點，AirBus ZEROe 係採混合翼體設計，而非採圓錐柱狀，混合翼體 (Blended wing body, BWB)，是固定翼飛機獨特機翼和飛機主體結構間可平滑地結合在一起，無清晰分界線。此項飛機設計除可大幅提升機體內部載油量及負載，亦可降低空氣阻力，提升飛行效率，目前波音公司所設計之無人加油機即採本項外型設計。

(十七) IHawk

IHawk Global 為新加坡廠商，專注於開發與製造民用無人機，該公司結合人工智慧及先進電池技術，並以海上物流、檢查和操作及消防型旋翼無人機為研製方向。

IHawk 目前開發的旋翼無人機構型只有一款，因其獨特的外型於展場上獲得眾人的詢問與關注，該款無人機配置 8 個內置同軸電力推進系統，採用後掠和混合機翼降低空氣阻力，可於飛行期間可收放起落架，針對不同的設備配置可分為物流、檢查及消防等不同機型。



圖 91、IHAWK 無人機

雖然該公司無生產軍用無人機，但其獨特的設計及多功能應用，可做為未來無人機概念設計及機場載物與消防運用構想考量。

表 27、IHAWK 無人機功能表

物流	具有海上防撞系統
	可提供 300 至 500 公斤的載重
檢查/ 操作	具有機器視覺與人工智能識別物體
	可執行自動化物品檢測，並向操作員提出建議
消防	可識別火災強度，並擊碎玻璃執行阻燃粉末噴灑
	可提供 300 公斤載重，將消防設備運至高層建築

(十八) Hope technick

Hope technick 是新加坡公司，業務領域為航太、國防、安全及運輸物流的能量研發，專注於自主機器的設計，以達到減少人力的需求，使得從指甲大小的自主機器再到工廠的協助自主機器，皆可提高整體工作效益。

本次 Hope technick 公司於航展上展示全向彈藥裝載車 (OWL)，該款裝載車是一款飛彈掛載電動車，旨在以最少的人力執行飛彈掛載，以電力進行驅動以減少噪音，可達 8 小時的操作時間，並可使用電池進行快速更換，載台能夠承受 1.3 噸的重量，具有簡單易操控的控制台方便單人操作員進行控制，並且能夠將飛彈調整至所需的角進行裝載，其掛載台上能夠依高度及方向不同進行調整，最高可達 2 公尺的高度，但圓形轉盤設計僅能以人力進行轉動；另其車輪設計是一大特色，透過斜向的車輪設計，可達到縮小轉彎半徑的能力，以彌補載台無法左右移動的能力。



圖 92、Hope technick 全向彈藥裝載車



圖 93、彈藥裝載車控制台



圖 94、彈藥裝載車轉盤



圖 95、彈藥裝載車斜向車輪設計

另該公司還有跟 HelloHolo 公司合作開發模擬訓練系統，提供 VR 虛擬實境進行訓練人員，現場可透過戴上 VR 眼鏡，藉由模擬方式顯示彈載車資訊進行操控模擬，同時也能利用屏幕轉換，了解操作者看到的操作情況。以此種訓練方式，可減少實際操作的危險，也能提高訓練效益。

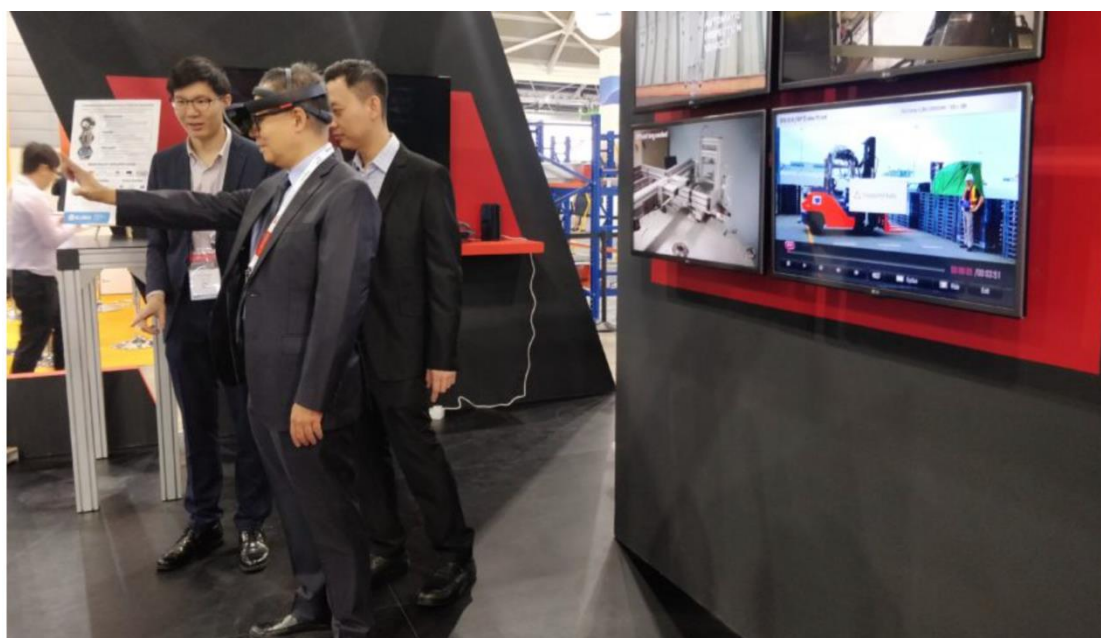


圖 96、VR 虛擬實境操作示意圖

(十九) Martin-Baker

馬丁貝克公司成立於 1934 年，是一家專精生產飛機彈射座椅的知名英國廠商，也是設計和製造彈射座椅的先驅及全球領導者，該公司可提供彈射座椅從研發、製造、後勤維保、座椅安裝評估至測試合格認證等完整服務，此外也生產防撞座椅提供直升機及定翼機使用。

Martin-Baker 迄今生產逾 80,000 張座椅，已成功拯救 7,600 餘位飛行員，全球現役戰機中擁有超過 17,000 張彈射座椅，例如美國 F-35 戰機使用 MK-16、MK-18，德國及英國 Eurofighter 戰機使用 MK-16A，法國 Rafale 戰機使用 MK-16F 等，適用於 84 個不同國家的 54 種不同類型的飛機。

此次展覽 Martin-Baker 公司展示了 MK-18 型座椅產品說明簡述如後：MK-18 型座椅為 Martin-Baker 公司最新型座椅，研發目的是為了競爭美軍新一代逃生系統 (Next Generation Escape System, NGES) 計畫，因飛行頭盔功能日益精進，彈射時頭部所承受力量亦大幅增加，為減少彈射過程對於飛行員所產生之傷害，美空軍希望 NGES 設計能減少飛行員頸椎、脊椎與腿部傷害。依照計畫需求此款座椅承襲 MK-16 型設計概念，加裝頸部防護氣囊及腿部防護束帶，採模組化設計，免拆除座艙罩以減少人力工時耗費，並可與現役 F-16 戰機滑軌通用，且符合美軍軍規 MIL-HDBK-516C 規範。



圖 97、MK-18 彈射座椅組成說明

MK-18 最大彈射限制為高度 55,000 呎、速度 600 節，最小彈射限制為地面零高度零速度，飛行員體重限制為 103 磅至 245 磅（約等同 46 至 111 公斤），適用美軍 case1 至 95th 人等範圍，降落傘型號為 IGQ Type 8000，其下降率可低於每秒 23 呎，作動種類為彈射以及火箭發射器兩段式彈射。

MK-18 的保護機制主要分為頭部支撐網、頭靠、頸部防護氣囊、手部防護束帶、腳部防護束帶及整合式安全束帶等，彈射階段及各部件作動時機說明如後：

座椅彈射第一階段為彈射瞬間，運作的保護機制有頭靠、頸部防護氣囊、手部及腳部防護束帶。在彈射的瞬間，頭靠會向下壓，用以固定飛行員的頭部，避免頭部上下劇烈晃動。



圖 98、MK-18 型座椅頭部保護裝置

頭靠左右兩側各配置一組防護氣囊，於頭靠下壓時會有氣囊彈出，用以固定頭部及支撐頸部，避免頭部左右晃動且緩解頭盔重量造成的脊椎傷害。



圖 99、MK-18 型座椅頭部防護氣囊

手部防護束帶是以飛行服上以及座椅安全扣上的約束帶，連接所構成的限制機制，作動方式為將雙手向內向下拘束於膝蓋處，藉由限制飛行員的雙手，確保在彈射同時，雙手不會碰撞到座艙內設備，手部約束帶會在彈出座艙罩後自行鬆脫，避免影響行動。

腳部防護束帶則是由安裝在座艙內的約束帶，彈射時會將雙腳向座椅方向拉，固定於座椅上，確保雙腳不會碰撞到座艙內設備，因為約束帶是設置於座艙內，因此飛行員上下飛機時，可減少穿戴約束帶的動作。



圖 100、MK-18 型座椅腳部防護束帶

座椅彈射第二階段為脫離座艙，運作的保護機制有頭部支撐網及安全束帶。頭部支撐網為一塊纖維布料，平時收攏於頭靠後方，當人椅分離降落傘打開時，該支撐網即會於頭部後方攤開，用以保護頭部，阻擋頭部不會過度後仰，也可使背部挺直提供脊椎足夠支撐力。



圖 101、MK-18 型座椅頭部支撐網

安全帶為五點軀幹式整合束帶，可兼容 PCU-15/P、PCU-16/P 以及 PCU-5 MK-18 型座椅 6/P 等三種型號，安全帶扣具有單手開啟及入水自動解扣系統 (Martin-baker Water Activated Release System, MWARS)，當 MWARS 偵測到安全帶扣處於電導度 $>0.2\text{S/m}$ 的環境中 (一般飲用水為 $0.005\text{-}0.05\text{S/m}$ ，海水為 5S/m)，即會自動於 2.5 秒後將安全帶扣脫鎖，可大幅提升落水後存活率。

(二十) Collins

柯林斯航空系統公司是雷神公司的子公司，為世界上最大的航太及軍用產品供應商之一，專精於航太結構材料製造、彈射座椅、動力與控制系統、航電及電戰系統等領域，介紹分述如後：

1、ACES 5 彈射座椅

ACES 5 座椅為 ACES 2 的升級版，研發目的也是為了競爭美軍 NGES 計畫，由於 ACES 2 的設計概念是採用滑輪傳動，高速彈射過程如遭遇瞬間磨擦、高溫及晃動等情況，將導致座椅機件或滑軌變形、結構受損、彈射偏航或滾動等情況，為了改善前一代座椅的缺失並滿足 NGES 計畫需求，ACES 5 除了主要驅動元件與 ACES 2 通用，結構採用堅固的鋁製機械加工製程，增加頭部、頸部、手臂和腿部保護機制，並改火箭發射器作動。

ACES 5 最大彈射限制為高度 55,000 呎、速度 600 節，最小彈射限制為地面零高度零速度，飛行員體重限制為 103 磅至 245 磅（約等同 46 至 111 公斤），降落傘型號為 GR7000 型，其下降率可低於每秒 24 呎，作動種類為彈射及火箭發射器兩段式彈射。

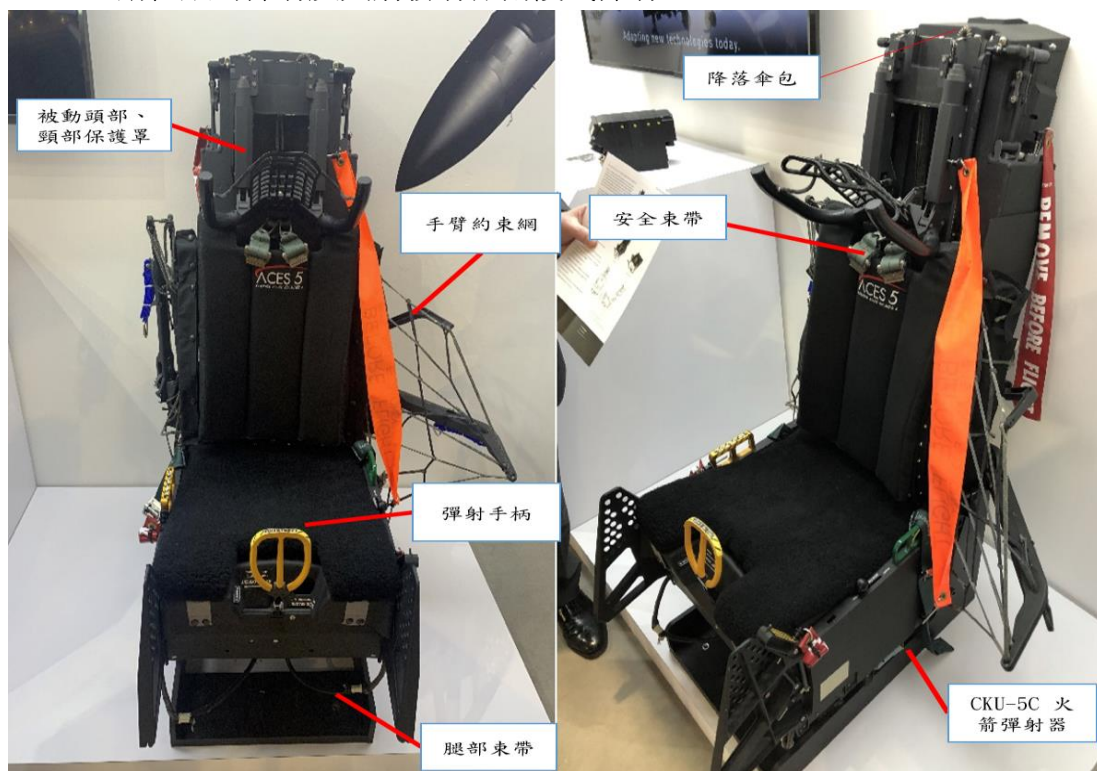


圖 102、ACES 5 彈射座椅組成說明

ACES-5 的頭部和頸部保護機制是採用一種簡單、堅固的機械裝置被動防護系統，其外形像棒球手套，於彈射時牢固地將頭部向前傾斜，可於彈射時避免飛行員頭部撞向椅背，兩側的固定桿可約束頸部不會隨高速氣流擺動，於彈射時可有效保護飛行員頭、頸部避免受到傷害，相較於複雜、高維護的安全氣囊式系統，維修應相對便利。



圖 103、ACES 5 型座椅頭部和頸部保護裝置

手部保護機制是使用於座椅兩側肩膀至臀部間裝設乙組網狀罩，平時收攏於座椅兩側，彈射時網罩會自動張開，避免手部大幅擺動造成損傷。

腳部防護機制則是使用安裝在座椅下方的約束帶，彈射時會將雙腳固定於座椅上，確保雙腳不會碰撞到座艙內設備或因大幅擺動造成損傷。

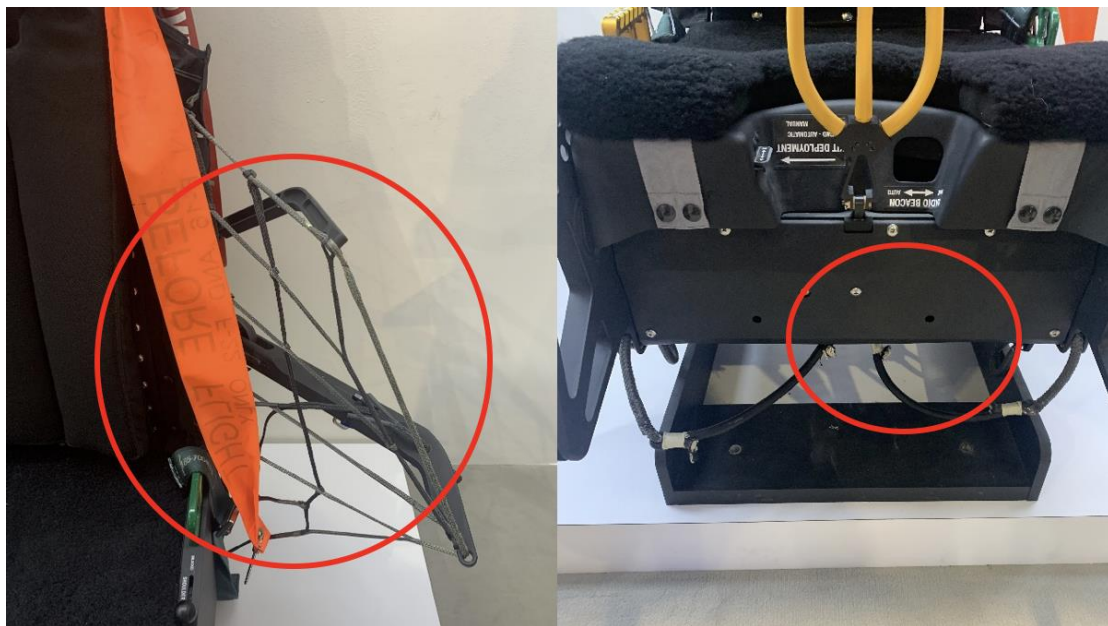


圖 104、ACES 5 型座椅手臂和腿部保護裝置

2、MS-110 偵照莢艙

MS-110 偵照莢艙為 Collins 公司 DB-110 莢艙衍生型，MS-110 可無縫接軌至現有之 DB-110 系統 CONOPS 和架構中，採用通用地面支援設備與資訊站，亦可掛載於美製與歐製戰機及安裝在有人與無人偵察機上。



圖 105、MS-110 偵照莢艙模型

MS-110 偵照莢艙感測器採用多光譜技術，可提供多個可見光及紅外光波段成像，涵蓋地面所有頻段，並改進遠距離涵蓋範圍及成像品質（NIIRS）；另可透過高速即時數據鏈路能力傳輸多光譜影像且藉由圖像開發軟體可快速使用 MS-110 圖像等特殊功能，加上運用雙波段 DB-110 感測器可轉換為多光譜類型的套件，顯著提高智能追蹤能力且改善圖像能見度及解析度。



圖 106、MS-110 偵照莢艙感測器模型

透過數據鏈路可於傳輸距離內將影像資料傳輸至地面資訊站，如在傳輸距離外，系統會自動將影像資訊先儲存在機載固態硬碟內，待戰機飛至傳輸距離內再行傳輸，提供資訊至固定基地或是機動車載系統上接收，上述資料傳輸特性，將可提高載機情報蒐集能力，有效提升情監偵系統監控能力及長程武器的實質效益，符合現代化戰場作戰需求。

表 28、MS-110 感測器裝備規格表

感測器型態	線性掃描 TDI 感光元件；6 個頻段
成像模式	點、寬區域、持續成像
關注區域	滾轉±90° / 伏仰±20° (max)
功率 (W)	340
長度 (m)	1.3843 (伏仰±20°)
直徑 (m)	0.665 (伏仰±20°)
感測器頭部重量 (lbs)	346

（二十一）創未來

創未來科技（Tron Future）是本次航展臺灣唯一參展的公司，專精於超薄輕量化的相控陣列系統技術，業務領域為航太、能源及國防產業。主力產品高階 AESA 雷達、可攜式雷達、高速相控陣列衛星通信系統、合成孔徑雷達系統，目前已拿到我國太空中心訂單，將提供該中心 2 至 3 年發射衛星之通訊、雷達模組，此外也協助機場與離岸風電廠進行無人機與鳥類的監測。

創未來展出一款名為 T.Radar Pro 的疊翼雷達，該款雷達具有重量輕、體積小、可折疊及易部署等優點，內建自我檢測系統、全數位式 AESA 天線、數位自適應波束形成和多波束掃描、數位雷達信號處理器及氮化鎵放大器，此外還具有微都普勒功能，可識別多軸旋翼無人機和鳥類，並可在城市環境中偵測到低速度、低高度的無人機目標，雷達偵測性能如下：

1、掃描範圍 120 度水平方角：

- （1）偵蒐距離為 5.4 公里時，可識別無人機 RCS 最小值為 $0.03m^2$
- （2）偵蒐距離為 4.1 公里時，可識別無人機 RCS 最小值為 $0.01m^2$ 。

2、掃描範圍為 90 度水平方角：

- （1）偵蒐距離為 5.6 公里時，可識別無人機 RCS 最小值為 $0.03m^2$ ，
- （2）偵蒐距離為 4.3 公里時，可識別無人機 RCS 最小值為 $0.01m^2$ 。

操作模式是使用平板遠程控制，平板採用簡單易用的直覺式操作設計，讓操作者快速簡易上手，並且可同時支援 5 到 10 人操作。軟體部分則具備圖像識別系統、空中交通管理系統、無人機交通管理系統及開放式架構，未來若要升級該雷達裝置，只需透過安裝新軟體即可進行升級。

表 29、T.RADAR PRO 裝備規格表

裝備規格	
雷達頻率	S-Band , 2.9~3.1GHz
頻寬 (MHz)	50
最大耗電功率 (W)	200
方位角偵測範圍	120°
訊號追蹤誤差	0.8°
仰角偵測範圍	120°
追蹤更新率 (Hz)	1
最小距離解析度 (m)	<6
最短偵測距離 (m)	100
重量 (kg)	15
長 x 寬 x 高 (cm)	29 x 25.7 x 57
可偵測目標最大速度 (m/s)	>100
速度解析度 (m/s)	1



圖 107、創未來 T.Radar Pro 疊翼雷達

(二十二) CMC

CMC Electronics 是加拿大航太電子設備製造商，專精於飛機座艙航電系統整合、設備開發及升級，主力產品為 Cockpit 4000 整合式航電系統，主要客戶有美國 T-6B/C、AT-6 初教機、韓國 KT-1C/T 初教機及英國 Hawk Mk51、Mk66 高教機。

會場展示多功能智慧顯示器、GPS、任務管理系統及中央處理器等 4 項主力產品，經與業務經理 Yves Ambiehl 會談中，對方簡介陳展的裝備，摘要說明如下：

- 1、MFD-3068 是 CMC 最新一代的顯示器，也是業界第一個開放式架構顯示平台，具有卓越的光學質量和大量介面接口，符合 ARINC-653 匯流排標準。
- 2、CMA-5024 是軍民通用的 GPS，符合 IFR 民用認證全球導航衛星系統（GNSS）的要求，可提供極其準確的導航性能。
- 3、PU-3000 是 CMC 第四代中央處理器，具備高性能的多核處理能力、最佳化圖形處理性能。
- 4、CMA-9000 是一款適合於定翼和旋翼飛機的數位座艙飛行管理系統，符合 ARINC-739 MCDU 標準，適合做為導航、無線電、飛行任務管理及整合等系統顯示與控制使用。



(1) 多功能顯示器



(2) GPS

圖 108、CMC 多功能顯示器與 GPS



(1) 中央處理器



(2) 飛行管理系統

圖 109、CMC 中央處理器與飛行管理系統

(二十三) GENESYS Aerosystems

Genesys 是一家美國航電系統的供應商，為 MOOG 旗下的子公司，專精於先進航電飛行儀表設備設計製造及自動駕駛系統開發，主要客戶有巴西 EMB-312 初教機的飛行儀表、美國海軍訓練直升機 TH-73 及土耳其 CN-235 運輸機的整合式航電系統與 Airbus C-212 軍用運輸機的數位自動駕駛系統。

Genesys 於本次航展無陳展攤位，透由馬丁貝克公司新加坡代理主動推介該公司的主力產品—整合型顯示器，產品特點說明如後：

該款整合型顯示器有 6x8 吋及 5x4 吋兩種規格，整合了顯示器 (Display)、飛行管理系統 (FMS)、飛行管理計算機 (FMC)、音頻及無線電控制顯示單元 (ARCDU)、對地接近預警系統 (TAWS)、大氣數據計算機 (ADC)、姿態航向參考系統 (AHRS) 及無線電/音訊管理 (Radio/Audio) 的功能，將原本 43.7 磅的航電設備濃縮為乙具 11.5 磅的整合型顯示儀表，任務參數可以使用前置控制面板 (UFCP) 輸入。



圖 110、Genesys 整合型顯示器涵蓋功能

廠家說明產品具有下列優點：

- 1、除了前述航電設備，亦內建 GPS、姿態/航向參考系統 (ADAHRS) 及天氣雷達模組 (WRM)，由 FMS 整合及管理各項飛航資訊。
- 2、具備 3D 的 Highway in the sky 模式，以地面預警系統為基礎，輔以飛航管理計算，可以規劃出一條指示安全的飛行路線 (如圖 111 綠框顯示)，迫降時亦可計算搜尋最近的機場。
- 3、內建飛行記錄功能，可以記錄最後 5 批飛行資訊。
- 4、軟體為開放式架構，可自定義顯示頁面、系統、符號樣式及圖像顏色等。



圖 111、Highway-in-the-sky 示意圖

(二十四) Pratt & Whitney

普惠公司是美國一家著名的發動機製造商，也是雷神集團公司旗下的一員，與 GE (奇異) 和 Rolls-Royce (勞斯萊斯) 並稱為全球三大航空發動機製造商，其產品廣泛使用於軍/民航機，此外也生產工業、發電及鐵路用的燃氣渦輪發動機及火箭引擎，主力產品為 F119 發動機 (F-22)、F135 發動機 (F-35)、F100-PW-229 發動機 (F-15、F-16) 及 F117 發動機 (波音 C-17)，產品說明分述如後：

1、F135 發動機

F135 系列是世界上最先進的戰機發動機，F-35 三種機型的動力系統皆選用此款發動機，其中 F135-PW-600 (如圖 112) 別稱 F135 STOVL，為 F-35B 戰機搭載的發動機，只需一鍵就能在旋停及正常飛行間做轉換，推進系統中的升力風扇則為 Rolls-Royce 公司的產品。該款發動機全長 369 英吋，主引擎最大直徑 46 英吋，升力風扇最大直徑 53 英吋，重量 3,750 磅，軍用推力 27,000 磅，後燃推力 41,000 磅。

圖 112 為 F135-PW-600 發動機動力輸出運作原理，從展示圖可發現該款發動機向下輸出動力可概分為三大部分，分別為位於機身前端座艙後方之升力風扇，機翼下方之滾動噴嘴及尾管之 3 軸向量噴嘴，各部件運作模式如下說明：

- (1) 透過使用升力風扇可將從上部吸入之空氣向下排出產生向下推力藉以舉升戰機。
- (2) 機翼上之滾轉噴嘴，當戰機於空中懸停或垂直起降時，會排出從主引擎導流出之壓縮氣流，因此可控制左右傾斜方向姿態。
- (3) 主引擎 3 軸向量噴嘴於空中懸停或垂直起降時，噴嘴會向下偏轉 95 度，透過向下噴氣產生垂直升力。

F-35B 型戰機即運用上述技術達到空中懸停與垂直起降之能力，因此
此在無彈射器、滑跳甲板與捕捉繩之兩棲攻擊艦亦可進行起降。

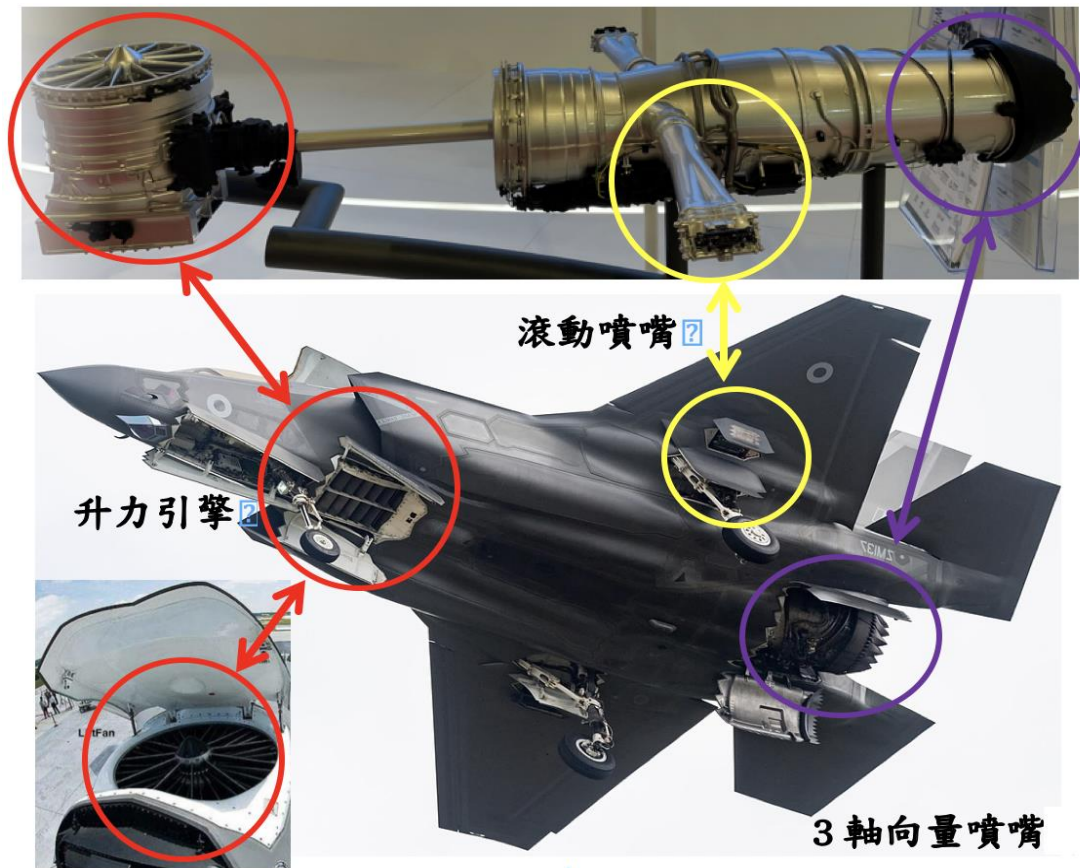


圖 112、F135-PW-600 發動機模型及運作模式

2、F100-PW-229 發動機

F100-PW-229 為軍機使用的發動機，現役 F-15 及 F-16 選用此款型號做為動力系統，全長 191 英吋，最大直徑 46.5 英吋，內徑 34.8 英吋，重量 3,826 磅，軍用推力 17,000 磅，後燃推力 29,000 磅。

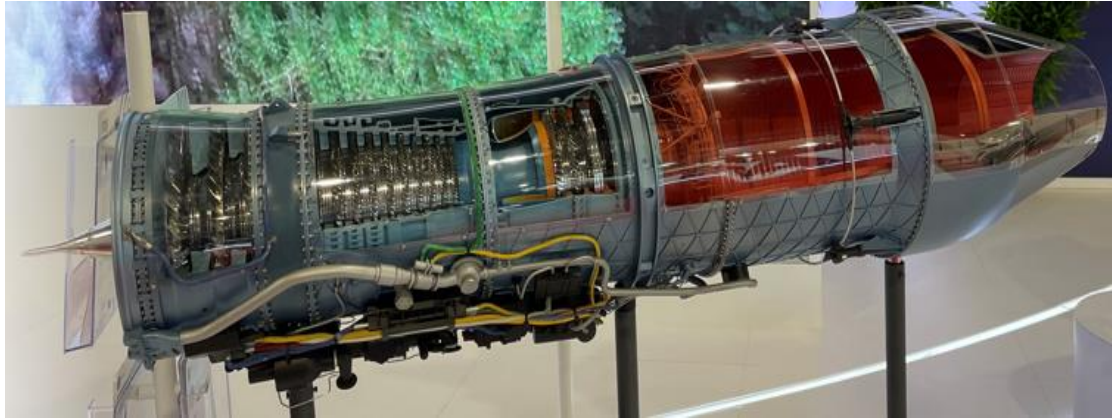


圖 113、F100-PW-229 發動機模型

3、GTF 發動機

GTF (Geared Turbofan) 為商用客機使用的齒輪傳動渦輪風扇發動機，該系列發動機有多款型號，產生推力範圍介於 14,000 磅至 34,000 磅，具備高燃油效率、高耐用性、低噪音和高推力的優勢，空客 A220、A320neo 及 Embraer E-Jet E2 等多款客機皆選用此款發動機。

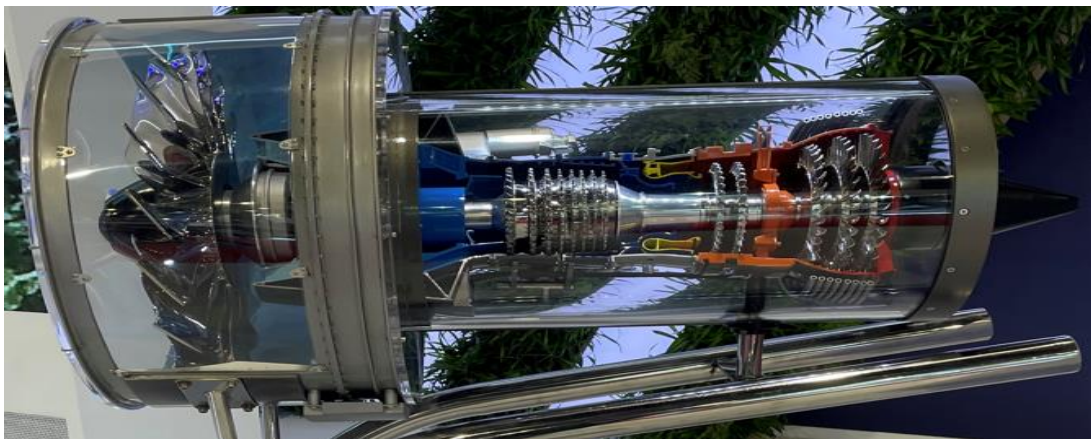


圖 114、GTF 發動機模型

4、PW-100 發動機

PW-100 為三軸雙轉子的渦輪螺旋槳發動機，該系列發動機軸馬力介於 1,800-5,000 匹之間，燃油消耗量與同尺寸的噴射發動機相比，減少了約 25%-40%，二氧化碳排放量也少了約 50%。

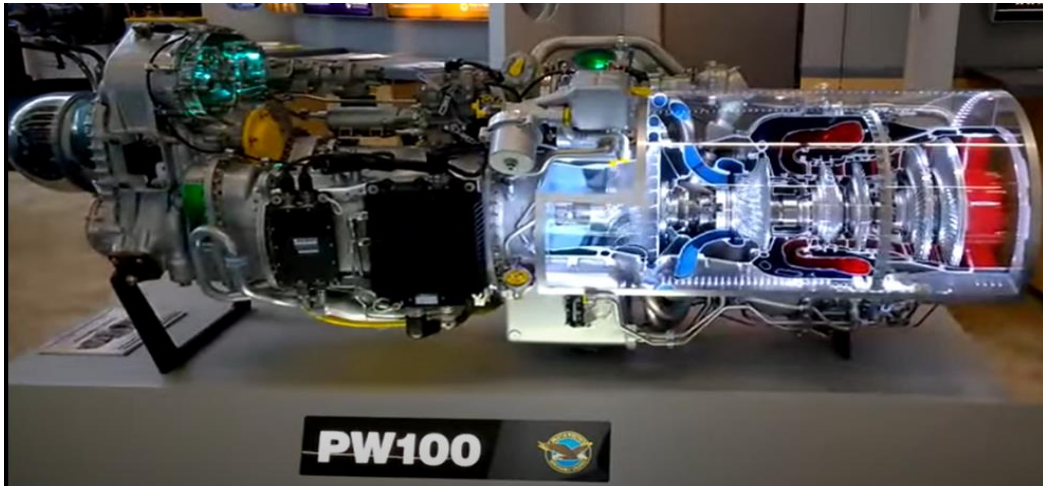


圖 115、PW100 發動機模型

5、APS5000 輔助動力系統

APS5000 是一款單軸、變速燃氣渦輪發動機的輔助動力系統 (Auxiliary power unit, APU)，專為波音 787 設計，可產生 45KVA 的電力，最高可在 43,000 英尺高度運轉，是同級中最安靜、排放量最低的產品。



圖 116、APS5000 輔助動力系統

（二十五）EATON

Eaton 是一家專精於電器管理，液壓系統和機械動力的美國公司，也是航空航太業主要的燃油系統，液壓系統和電力系統供應商，我國勇鷹高教機使用的驅油噴射泵即為該公司的產品。

本次航展 Eaton 展示一系列的泵浦、閥門、電力系統組件及燃油系統組件，以下針對特色產品摘重說明：

- 1、數位燃油密度偵測計、數位油量信號調節器、數位燃油測量套筒及地面維修數位燃油偵測控制面板是該公司的尖端產品，該產品跟以往的燃油偵測方式差別在於，一般燃油檢測是使用壓力方式來偵測油量，而該產品使用的是數位偵測器檢測，除了可偵測油量外，還可偵測燃油品質。
- 2、衝壓空氣閥門（RAM air valve）及驅油噴射泵是使用 3D 列印技術製造成形。

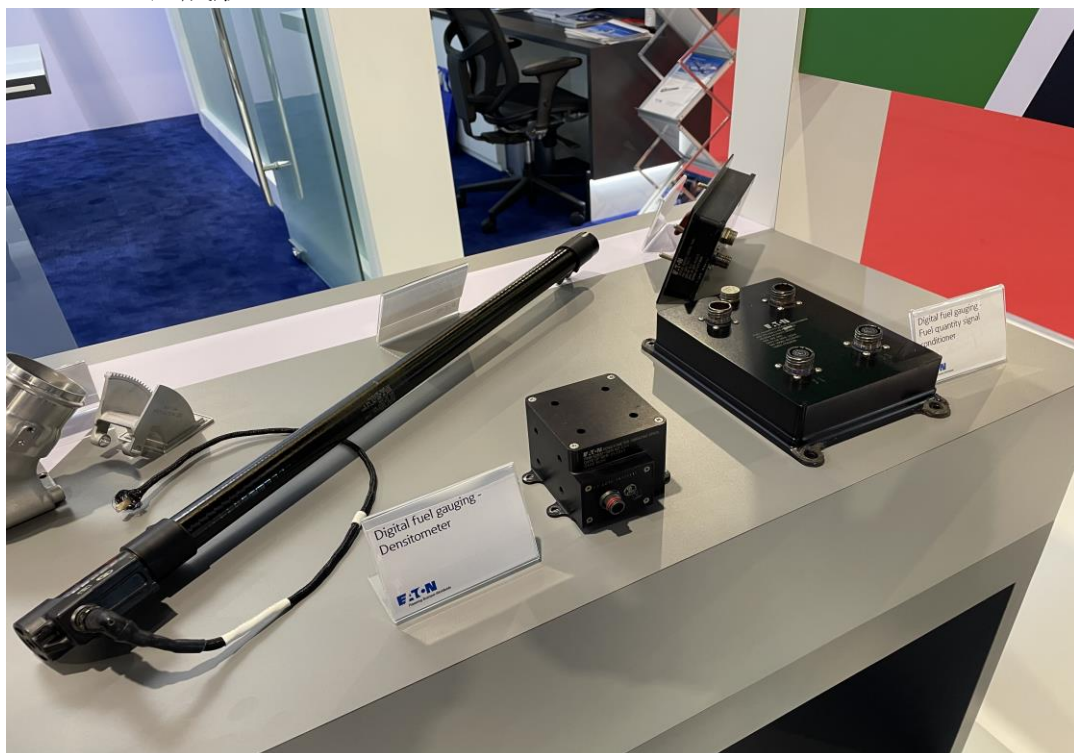
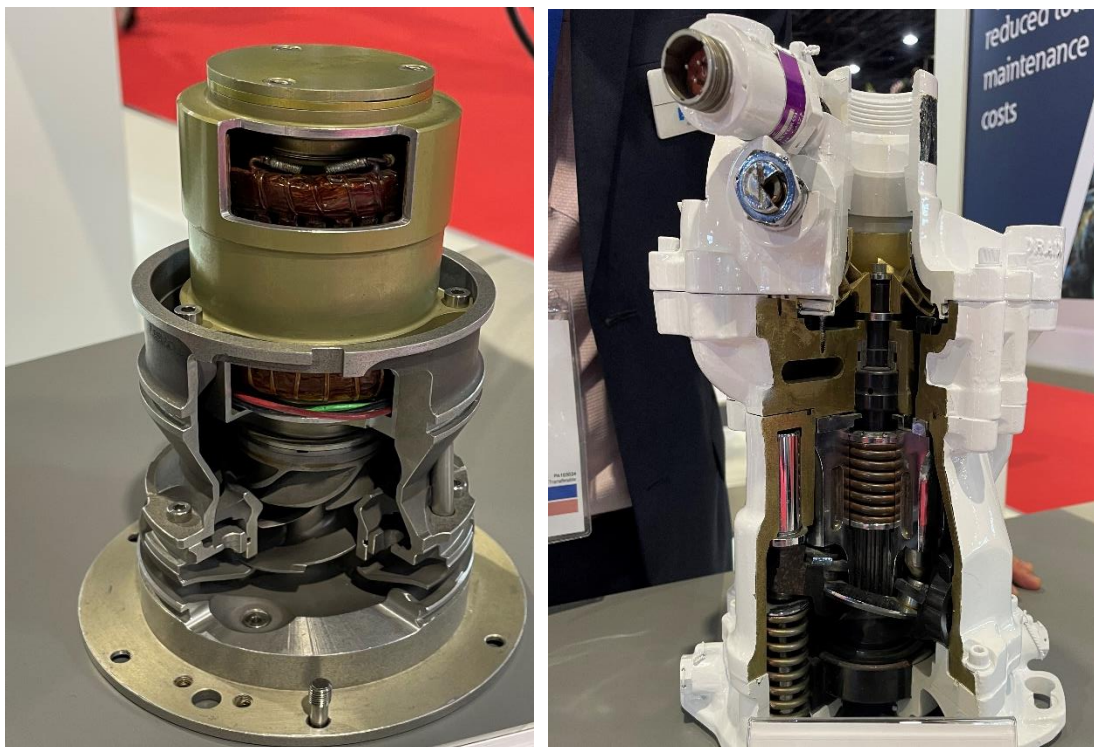


圖 117、Eaton 數位燃油測量系統



圖 118、Eaton 衝壓空氣閥門及驅油噴射泵



A330 燃油增壓幫浦

A320 燃油增壓幫浦

圖 119、Eaton 增壓幫浦系列

(二十六) HENSOLDT

HENSOLDT 是一家德國廠商，專精於感測系統技術，主要產品領域為雷達、光電、電戰和航空電子設備，該公司憑藉廣泛的產品項目，應用範圍涵蓋了空中、海上、地面、邊界防衛和關鍵基礎設施防護。

本次航展 HENSOLDT 展示雷達預警器、高級寬頻數據鏈路、任務電腦、多功能天線以及空用網路連接系統，產品說明分述如後：

1、雷達預警器（RWR）

可對特定的無線電訊號持續監聽，當具有威脅的信號出現時，雷達警告接收機會警告使用者，並且顯示相關的資料，該款 RWR 具備下列功能：

- (1) 可快速區分及分類威脅參數
- (2) 數位接收機。
- (3) 參數紀錄蒐整能力。
- (4) 電子支援措施（ESM）。
- (5) 四種可擴充模組系統：RWR-S（2-18 GHz）、RWR-M（2-40 GHz）、RWR-L（2-40GHz）及球形覆蓋範圍（0.5-40 GHz）。



圖 120、HENSOLDT 雷達預警接收機

2、寬頻數據鏈路 (Wideband Data Link)

用於地面站、無人機、戰機導彈、直升機以及船艦之間的即時資訊傳遞，該鏈路系統具有以下特點：

- (1) 具備 C 頻段 (4-8 GHz) 及 Ku 頻段 (12-18 GHz)。
- (2) 長達 400 公里的雙向鏈結。
- (3) 高達 44Mbit/s 的傳輸速率。
- (4) 功率消耗小於 150 瓦。
- (5) 地面載台具備自動中繼與網路管理。
- (6) 具備多頻道 (大於 180 個頻道) 運作。



圖 121、HENSOLDT 高級寬頻數據鏈路

3、任務電腦

執行飛行任務、感測器、顯示器及資料儲存系統處理，內建對地接近預警系統 (TAWS) 及飛行管理系統 (FMS)。

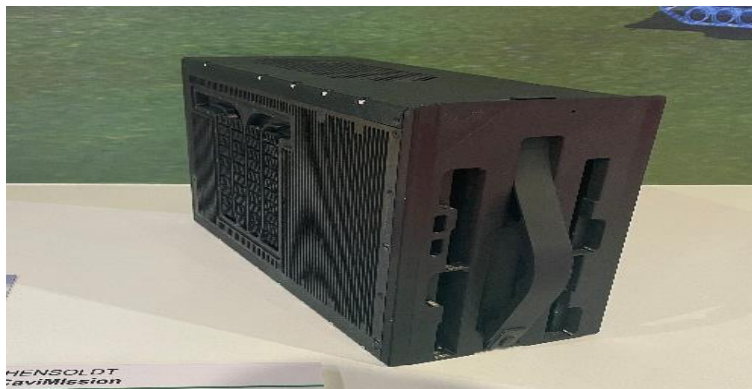


圖 122、HENSOLDT 任務電腦

4、多功能天線 (Multipurpose Antenna)

天線具備有發送器、FLARM 防撞系統接收器、ADS-B 收發器及 GPS 等系統，可將信號損失降到最低，收發範圍超過 10 公里。



圖 123、HENSOLDT 多功能天線

5、空用網路連接系統

該系統主要目的為保護網路安全，憑藉自身的加密軟體，使用 4G 網路在地面站以及戰機間進行資料交換，最多可同時進行 4 組資料交換，使資料交換系統具有高度安全性，而資料交換形式可以是影片及音訊，並且該系統也可以作為遙控無人機的接點或是網路閘道器，該系統具有以下特點：

- (1) 具備高端防火牆。
- (2) 價格便宜。
- (3) 低耗能、重量輕、體積小。
- (4) 開放式平台，可使用第三方軟體。



圖 124、HENSOLDT 空用網路連接系統

（二十七）SAFRAN

SAFRAN 是法國的一家航空發動機、航空設備及防務設備製造商，集團業務遍及全球，擁有 76,800 員工，2021 年營業額高達 153 億歐元，該公司主要業務為民用、軍用飛機、直升機與太空飛行使用的推進系統、航空導航及光電設備、指紋辨識及電子身份認證之生物保全系統等，知名產品包括 CFM56 系列發動機、亞利安 5 號火箭引擎、Sperwer 雀鷹式無人機及 HAMMER 空對地導彈。

本次航展 SAFRAN 展示 Euroflir 410 EO/IR 感測器、HAMMER 空對地導彈、XMA 小型遠程數據收集器、STIM 300 慣性測量元件、SkyNaute 導航系統、Arrano 1A 引擎以及碳纖維煞車，產品說明分述如後：

1、Euroflir 410 EO/IR 感測器

可使用 TV（電視）、NIR（近紅外線）、SWIR（短波紅外線）及 MWIR（中波紅外線）等 4 種頻譜運作，具備寬廣視角、超遠距離、移動地圖、自動偵測及自動辨識功能，可全天候及全時段進行偵蒐。



圖 125、Euroflir 410 EO/IR 感測器模型

2、HAMMER 空對地導彈

是一款全天候空對地導彈，特色為採用模組化設計，導彈可分為前方尋標器，中間炸藥段及後方引擎段，尋標可使用 INS/GPS/IR/雷射等 4 種導引模式，炸藥段有 125、250、500 及 1000 公斤級炸彈，引擎段則採用固態燃料推進，可依據作戰需求選擇各段彈體套件，具備抗干擾能力佳、遠程攻擊、射後不理、A 射 B 導以及多目標同時打擊能力，也可在低空及崎嶇地形條件下發射，使用國家為法國及埃及颶風直升機戰機。

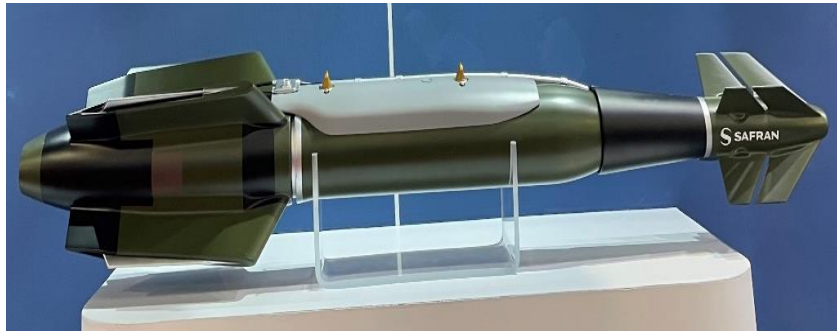


圖 126、HAMMER 空對地導彈模型

3、XMA 數據蒐集器

是一款小巧堅固可用於任何飛機的小型遠程數據蒐集器，適合在惡劣環境以及狹小空間下進行數據蒐集，並且可於遠端執行監控，該蒐集器還具備數據記錄、數據處理、GPS 接收和數據傳輸等功能。



圖 127、XMA 小型遠程數據收集器

4、STIM 377H 慣性測量元件

是一款小型、戰術級、重量輕、高性能的輔助慣性測量單元 (IMU)，該單元內具備 3 個高精度微機電系統陀螺儀、3 個高穩定度加速度計以及 3 個傾斜儀。



圖 128、STIM 300 慣性測量元件

5、SkyNaute 導航系統

是一種慣性/GNSS 混合導航系統，具備高性價比、模組化、適用於各種民用、軍用飛機以及高精確度的特點，可滿足飛機、直升機以及無人機對於安全性和可靠度的需求。



圖 129、SyNaute 導航系統

6、Arrano 1A 引擎

是一款 1,100 至 1,300 匹軸馬力的新一代直升機引擎，該引擎與現役直升機引擎相比，燃料消耗率降低 15%、維保時間減少 40%且零件更換拆解方便。



圖 130、Arrano 1A 引擎模型

7、碳纖維煞車

是一款專為波音 777X 研發的新產品，該具煞車具有高可靠度、重量輕以及低維保成本的特點，最早預計於 2023 年投入市場，該產品特色說明如後：

- (1) 遵循且符合最新環境規範。
- (2) 可提供波音 777-300ER/-200LR 兩種機型使用最大限度提升零件共通性。
- (3) 組成部件減少，不只降低備料庫存，也增加維修及保養簡易程度。
- (4) 重量大幅度降低，可減少燃油消耗。



圖 131、碳纖維煞車模型

(二十八) ST engineering

ST engineering 為地主國廠商也是本次航展最大的參展商，是新加坡一家業務涵蓋航空、地面系統、海洋、智慧城市及數位科技領域的綜合工程集團，也是亞洲最大的國防和工程集團之一，於全球 24 個國家設有 100 多家子公司和聯合公司，擁有 8,000 多名經認證工程師和行政管理的相關專家，除憑藉其在智慧城市領域的豐富經驗，持續以智能交通、智能安全和智能環境解決方案協助多國城市轉型，也透過收購、投資及戰略合作夥伴模式，多元化發展為知名的商用和軍用飛機維修商，並從 1975 年開始為新加坡空軍提供戰機維修服務。

該公司的戰機維修能量涵蓋了廠級維修、結構翻修及發動機維修，可維修包括 F-5、F-16、A-4 戰鬥機，C-130、Fokker 50、KC135 運輸機及 H120、超級美洲豹、奇努克直升機等各式軍用飛機，目前也是 C-130 運輸機授權服務中心。發動機部分則具備通用電氣（GE） F110，普惠（P&W） F100，漢威（Honeywell） T55 和勞斯萊斯（Rolls-Royce） T56/501 等各款發動機維修能量。

除戰機維修，該公司國防產業亦跨足陸地及海上領域，地面防禦系統包含步/機槍、火炮等各式輕武器及裝甲車、步兵戰鬥車、全地形履帶車、防衛車等各式戰鬥車。軍事艦艇包含無畏級海巡艦、獨立級近海任務艦、超級快速巡邏艇及無人艇，其中以 M16S1 突擊步槍、SAR-21 突擊步槍、無畏級海巡艦及超級快速巡邏艇為主力外銷產品。

本次航展 ST engineering 展示 DrN-35 運輸無人機、ExtremV 水路兩用多用途車、Terrex2 步兵戰車、Spider 新一代輕型攻擊車及混合實境模擬訓練系統，產品說明分述如後：

1、DrN-35 運輸無人機

該款無人機屬於多用途無人機，平常除了運送包裹外，還可以進行基礎設施檢查、區域安全巡查和區域地圖繪製以及監視。

表 30、DrN-35 運輸無人機性能規格表

DrN-35 無人機規格	
最大起飛重量 (kg)	35
長×寬×高 (m)	2.53×2.53×0.6
續航力 (min)	≤40
操作距離 (km)	8-10
操作高度 (ft)	1,000
載重能力 (kg)	7-10
運輸貨物型式	包裹盒



圖 132、DrN-35 運輸無人機

2、ExtremV 水路兩用多用途車

該款車輛的特色為水陸兩用，除於陸地執行任務外，還能執行水深達一公尺的任務，後方車架可以依照用途替換不同種類車廂，共有：無人機系統、通訊系統、土壤覆蓋機、消防救災系統、救護車、木頭切削機、汙水處理機和發電機等 8 種功能。

表 31、ExtremV 水路兩用多用途車性能規格表

ExtremV 規格	
長×寬×高 (m)	8.7×2.3×2.5
最高速度 (km/h)	50
水中速度 (km/h)	4
爬坡度	50%
引擎功率 (kW)	223
轉彎半徑 (m)	8
車輛淨重 (kg)	10,000
車輛載重 (kg)	5,000
車輛總重 (kg)	15,000
可跨越障礙物高度 (m)	0.6
可跨越渠溝寬度 (m)	2



圖 133、ExtremV 水路兩用多用途車

3、Terrex2 步兵戰車

Terrex2 是一款先進的油電混合型 8 輪式步兵戰車，具有卓越的保護性、高機動性和先進科技。車內配置爆炸緩衝座椅且裝甲具有卓越的保護性，可以保護人員免於地雷和炸彈攻擊，其高機動性和輪胎中央充氣系統，可以讓戰車在海浪下進行步兵運送和海中行駛能力，此外具備了整合式網路及全方位攝影機系統，可以操控戰場上的無人機及無人車輛，還可看到戰車外部 360 度環景實況，擁有強大的戰場感知能力。

表 32、Terrex2 步兵戰車性能規格表

Terrex2 規格	
長×寬×高 (m)	8.5× 3.6 ×2.8
最高速度 (km/h)	90
爬坡度	60%
傾斜角度	30%
車輛載重 (kg)	9,000
車輛總重 (kg)	30,000
可跨越障礙物高度 (m)	0.7
可跨越渠溝寬度 (m)	2
涉水深度 (m)	1.8



圖 134、Terrex2 步兵戰車

4、Spider 新一代輕型攻擊車

Spider 是一 4x4 全驅動車，安裝 138 匹馬力的渦輪增壓柴油引擎和最先進的懸吊架，具有防翻滾保護結構標準框架以及出色的越野機動性，使其能夠攀爬 60%的坡度，應付崎嶇的地形，並可使用 C-130 和 CH-47D Chinook 進行運送。車輛乘載人員可達 6 員，載重可達 1,000kg，此外該車輛可搭載多種武器系統，例如：重機槍、自動榴彈發射器以及 ATMG 發射器。



圖 135、Spider 新一代輕型攻擊車

5、混合實境模擬訓練系統

本次體驗的模擬系統為一款支援戰鬥機操作和任務演練的混合實境模擬器，使用最新人眼分辨率頭戴裝置，具備全時段、全天氣條件和多地點訓練設定，用以彌補現實訓練時的侷限性，該模擬器也可以設置在全視覺模擬圓頂建築內，使模擬訓練更逼真。



圖 136、ST engineering 混合實境操作體驗

(二十九) Bell Helicopter Textron

Bell Helicopter Textron 為知名的美國直升機製造商，也是世界主要直升機和傾斜旋翼機製造商之一，著名軍用產品包括 UH-1 系列、AH-1 系列及 OH-58D 直升機與 V-22 魚鷹式傾斜旋翼機（與波音合作），著名民用產品包括 2xx 系列，4xx 系列，我國陸軍現役的 AH-1W 超級眼鏡蛇攻擊直升機、OH-58D 奇歐瓦偵察直升機和 TH-67A 教練直升機皆屬 Bell 公司的產品。

Bell 公司陳展 BELL429 商用直升機實機，也是本屆航展室內展場唯一一架全尺寸實機；另展示 Bell-360 攻擊直升機模型，產品說明分述如後：

1、BELL429

BELL429 開發目的是因應醫療業使用需求，並以 BELL427 做為發展基礎，但因 BELL427 的客艙空間太小，無法容納醫療擔架，才有了 BELL429 構型。

BELL429 的特色是具有容積高達 5.78 立方公尺的超大客艙，可容納任何醫療設備，配備多功能顯示器、具備雙數位 3 軸自動駕駛以及整合式飛行紀錄器，並具有卓越的懸停能力（最大懸停高度 11,290ft）。



圖 137、BELL429 商用直升機

2、Bell-360 (Invictus)

Bell-360 (Invictus)「勇氣式」攻擊直升機是貝爾公司為美國陸軍未來攻擊偵察機 (FARA) 競爭原型計畫所設計之新型直升機，本計畫目的是為發展彌補 OH-58D 偵搜直升機退役後填補戰力之機種，並在 2020 年選定塞考斯基公司 (Sikorsky) 的「突擊者式」(Raider) 及貝爾公司的「Bell-360 型」，做為計畫下一階段的競標機種。

Bell-360 型直升機令人感興趣之設計處有兩點，第一點是其匿蹤外型設計，「Bell-360 型」其機體外形設計特別採流線型設計，盡量減少外部突出部分，並搭配伸縮式起落架，於起飛後將起落架收於機腹內；另其飛彈發射架翼採內置彈艙設計，種種外形設計均希望藉以減少雷達截面積反射，以達匿蹤效果。第二點設計則是其在中機身延伸出之機翼設計，這個設計在之前直升機上面是未曾看過的，此機翼稱為共升 (lift-sharing) 機翼，共升機翼將可減少向前飛行中之旋翼升力需求，再輔以輔助動力裝置，將可實現高速機動性。



圖 138、Bell-360 Invictus 攻擊直升機模型

(三十) AeroSafe

AeroSafe 為新加坡廠家，主要業務為提供航太軍、民用求生裝備和搜救裝備，此外也代理各式頭盔、呼吸系統、背包等個人裝備及配件。

AeroSafe 此次展覽展示 ALPHA EAGLE 頭盔、HGU-56/P 頭盔、PM HALO/HAHO 頭盔、Scorpion 頭盔顯示器、EDU-7/P 墨鏡、氧氣面罩、飛行服、降落傘背帶、求生戰術背心及頭盔防護面罩等裝備，其中尤以 Scorpion 頭盔顯示器 (Helmet Mounted Display, HMD) 非常值得關注。

Scorpion HMD 是一款單眼式的頭盔顯示器，由混合光學慣性追蹤器、HVI 電纜&QD 接頭及顯示器等三個部件組成，產品安裝簡易，只須於座艙內安裝一台介面控制裝置 (Interface Control Unit, ICU)，透由前述電纜及接頭連接 HMD 即可使用，廠家簡要介紹產品特點說明如後：

- 1、ICU 為開放式軟體，因此使用者可以自行定義，依照需求進行程式編碼。
- 2、可與 Ethernet 及 MIL-STD-1553B 匯流排對接，最多可以支援 128GB 的資料轉換。
- 3、顯示符號形式可修改，也可定義符號呈現時機、位置及放大縮小。
- 4、顯示器為全彩符號顯示，具備高解析度、低延遲及快速、精準識別的能力，且經過美軍實戰認證。
- 5、低耗能、體積小巧且重量輕，可減輕操作負荷。

目前該款 HMD 已配備於美國空軍 F-16、A-10、及 AC-130W 等戰機使用，且裝備可以兼容:HGU-55/P、HGU-56/P、MBU-20/P、MBU-12/P、AN/AVS-9 和 JSAM 等系列飛行頭盔。



圖 139、AeroSafe 飛行個裝

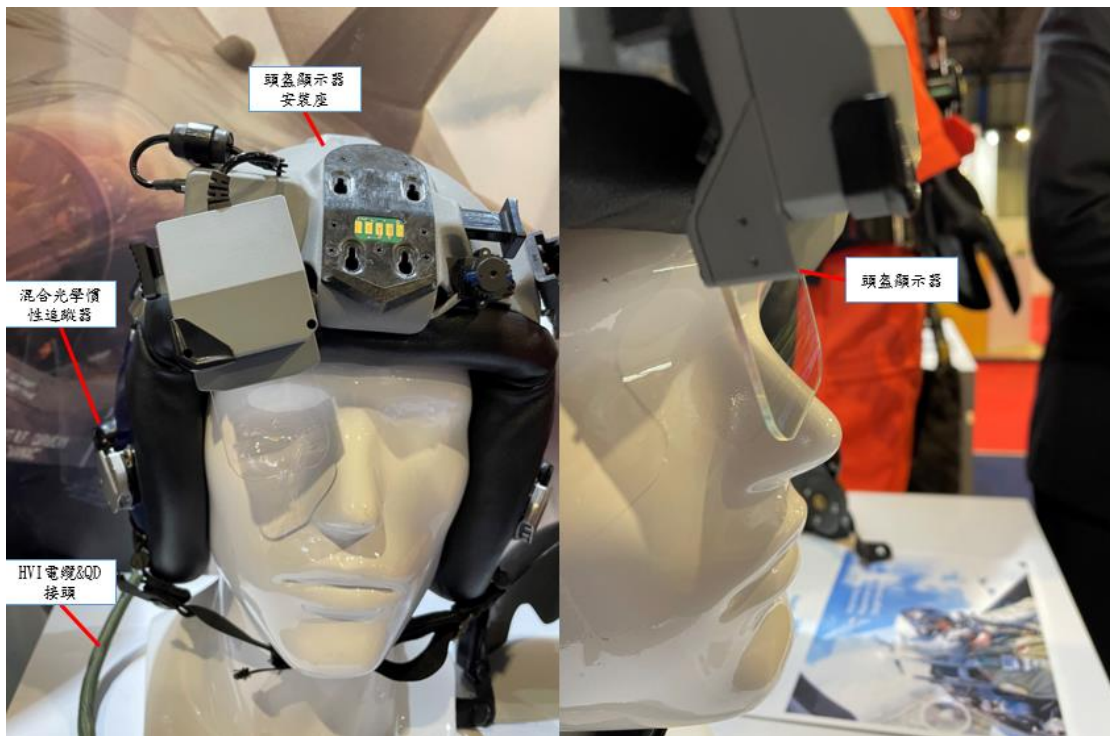


圖 140、scorpion 頭盔顯示器組成說明

二、室外飛機靜態展示

(一) F-35A

F-35 為美國洛克希德馬丁公司(Lockheed Martin)研發及生產的第五代單座單發動機多用途戰機，主要用於前線支援、目標轟炸、防空攔截等任務，本次於會場展示為美國空軍使用的 F-35A 戰機。

表 33、F-35A 性能規格表

使用國家	美國、英國、義大利、以色列
生產公司	洛克希德 馬丁
翼展(m)	10.7
機身長(m)	15.4
高度(m)	4.33
發動機種類	F135-PW-100*1
引擎推力(lb)	28,000
最高速度(Mach)	1.6
最大升限高度(ft)	60,000
最大起飛重量(lb)	70,000



圖 141、F-35A 戰機正面外觀



圖 142、F-35A 戰機側面外觀



圖 143、F-35A 戰機背面外觀

(二) TF-X

TF-X (Turkish Fighter) 為土耳其航太工業刻正研發的單座雙發動機第五代空優戰鬥機計畫，本次於會場展示為全尺寸模型及可掛載的武器與筴艙。

表 34、TF-X 性能規格表

使用國家	土耳其
生產公司	土耳其航太工業
翼展(m)	14
機身長(m)	21
高度(m)	6
發動機種類	F110-GE-129
引擎推力(lb)	2×29,000
最高速度(Mach)	1.8
最大升限高度(ft)	55,000
最大起飛重量(lb)	60,000
掛載種類	SOM 巡弋飛彈 KGK-83 空對地炸彈 KGK-82 空對地炸彈 GOKTUG 空對空導彈 SOM-J 空對地導彈 HGK-82 導引炸彈 Aselsan 微型炸彈 MK 82 炸彈 MK 84 炸彈 AIM120 空對空飛彈



圖 144、TF-X 戰機正面外觀及掛載武器展示



圖 145、TF-X 戰機斜面外觀



圖 146、TF-X 戰機側面外觀



圖 147、TF-X 戰機背面外觀

(三) F-16D

F-16D 為美國洛克希德馬丁公司(Lockheed Martin)研發及生產的單發動機多用途戰機，可執行多重任務戰術及地面支援任務，本次於會場展示為新加坡空軍使用的 F-16D Block52 戰機。

表 35、F-16D Block52 性能規格表

使用國家	美國、以色列、埃及、韓國、希臘、波蘭、新加坡
生產公司	洛克希德 馬丁
翼展 (m)	9.96
機身長 (m)	15.06
高度 (m)	4.9
發動機種類	F100-PW-220E
引擎推力 (lb)	23,770
最高速度 (Mach)	2.0
最大升限高度 (ft)	50,000
最大起飛重量 (lb)	42,300
武器掛載種類	M61A1 20mm 機砲 AIM-9X 空對空飛彈 AIM-120 空對空飛彈 AGM65 小牛空對地飛彈 GBU-10 雷射導引炸彈 高爆炸彈 AN/AAQ-13 導航莢艙 AN/AAQ-14 標定莢艙 機背 450gal 適形油箱 機翼 370gal 副油箱 機腹 150gal 副油箱



圖 148、F-16D 戰機正面外觀



圖 149、F-16D 戰機背面外觀



圖 150、F-16D 戰機斜面外觀



圖 151、F-16D 戰機座艙前機身特寫



圖 152、F-16D 戰機進氣道及電戰掛載



圖 153、F-16D 戰機機翼武器掛載及機背適型油箱

(四) F-15SG

F-15SG 為美國波音公司 (Boeing) 開發生產的雙發動機雙座、雙用途戰鬥機，可以全天候執行空優作戰任務與深入阻絕任務，本次於會場展示為來自新加坡巴耶利峇空軍基地的 142 中隊所屬 F-15SG 戰機。

表 36、F-15SG 性能規格表

使用國家	美國、日本、以色列
生產公司	波音
翼展(m)	13.03
機身長(m)	19.44
高度(m)	5.68
發動機種類	F110-GE-132
引擎推力(lb)	32,500
最高速度(Mach)	2.5
最大升限高度(ft)	60,000
最大起飛重量(lb)	81,000
武器掛載種類	M61A1 20mm 機砲 AIM-9X 空對空飛彈 AIM-120C7 空對空飛彈 GBU-54 聯合直接攻擊彈藥(JDAM) GBU-12 雷射導引炸彈 雷射導引炸彈 高爆炸彈 副油箱 AN/AAQ-33InperATP 瞄準莢艙 AN/AAQ-13 導航莢艙



圖 154、F-15SG 戰機正面外觀



圖 155、F-15SG 戰機斜面外觀



圖 156、F-15SG 戰機背面外觀



圖 157、F-15SG 戰機側身掛載



圖 158、F-15SG 戰機右側電戰掛載



圖 159、F-15SG 戰機左側電戰掛載

(五) Tejas

光輝戰鬥機（印地語：तेजस，拉丁字母轉寫：Tejas）是印度斯坦航空有限公司(Hindustan Aeronautics Limited)開發的輕型多用途戰機，採用單具 F404 渦輪扇發動機，本次於會場展示為印度空軍 LCA-MK.1 型戰機。

表 37、Tejas 性能規格表

使用國家	印度
生產公司	斯坦航空
翼展(m)	8.2
機身長(m)	13.2
高度(m)	4.4
發動機種類	F404-GE- IN20*1
引擎推力(lb)	11,000
最高速度(Mach)	1.6
最大飛行高度(ft)	50,000
最大起飛重量(lb)	31,400



圖 160、Tejas 戰機正面外觀



圖 161、Tejas 戰機側面外觀



圖 162、Tejas 戰機背面外觀



圖 163、Tejas 戰機斜面外觀

(六) AH-64D 攻擊直升機

AH-64 阿帕契直升機是由美國波音公司為美軍所設計製造的一款主力武裝直升機，可與友軍分享即時情資，提供地面部隊最新的敵我動態，掌握戰場全局，並可藏匿於掩蔽物等後方進行偵測與攻擊，本次於會場展示為新加坡空軍第 120「紅隼」中隊，掛載 AGM-114 地獄火飛彈及 2.75 吋火箭莢艙。

表 38、AH-64D 性能規格表

使用國家	以色列、中華民國、 埃及、新加坡
生產公司	波音
旋翼長(m)	14.63
全機長（含主旋翼）(m)	17.73
高度(m)	3.87
發動機種類	T700-GE-701D
單具引擎功率(kw)	1,490
最高速度(knots)	158
最大升限高度(ft)	21,000
最大起飛重量(lb)	23,000
武器掛載種類	M230 30mm 機關炮 九頭蛇 70 航空火箭彈 AGM-114 地獄火飛彈



圖 164、AH-64D 攻擊直升機斜面外觀



圖 165、AH-64D 攻擊直升機側面外觀



圖 166、AH-64D 攻擊直升機背面外觀



圖 167、AH-64D 攻擊直升機短翼武器掛載

(七) H225M

為空中巴士（Airbus）以歐直 AS532 美洲獅直升機基礎上研發的雙引擎運輸軍用直升機，執行部隊運輸、傷員撤離和戰鬥搜救等任務，本次於會場展示為新加坡空軍搜救直升機。

表 39、H225M 性能規格表

使用國家	法國、墨西哥、新加坡
生產公司	空中巴士
旋翼長(m)	16.20
全機長（含主旋翼）(m)	19.50
高度(m)	4.6
發動機種類	Safran Helicopter Makila 2A1
單具引擎功率(kw)	178
最高速度(knots)	175
最大升限高度(ft)	6,350
最大起飛重量(lb)	24,692



圖 168、H225M 直升機正面外觀



圖 169、H225M 直升機斜面外觀



圖 170、H225M 直升機側面外觀

(八) BELL 505

Bell 505 Jet Ranger X 為美國貝爾直升機公司(Bell Textron)研發五座多用途直升機，採單具引擎燃氣渦輪發動機，旨在成為最安全易用、同時依然保持合理價格的同級直升機。

表 40、BELL 505 性能規格表

使用國家	牙買加、日本、越南
生產公司	Bell Textron
旋翼長(m)	11.28
全機長(含主旋翼)(m)	12.93
高度(m)	3.25
發動機種類	Safran Arrius 2R tuboshaft
單具引擎功率(kw)	377
最高速度(knots)	125
最大升限高度(ft)	18,610
最大起飛重量(lb)	4,475



圖 171、BELL505 直升機正面外觀



圖 172、BELL505 直升機側面外觀

(九) KC-46

KC-46A（飛馬加油機）是一款由波音公司為美國空軍開發製造的空中加油機，可以用於醫療後送、貨物運輸或是人員運輸，本次於會場展示為美國西摩·強森空軍基地（Seymour Johnson AFB），隸屬美空軍第 916 空中加油聯隊。

表 41、C-46 性能規格表

使用國家	美國、日本、以色列
生產公司	波音
翼展(m)	48.1
機身長(m)	50.5
高度(m)	15.9
發動機種類	PW4062 turbofan
引擎推力(lb)	62,000
最高速度(Mach)	0.75
最大升限高度(ft)	40,100
最大起飛重量(lb)	415,000



圖 173、KC-46A 加油機斜面外觀



圖 174、KC-46A 加油機加油管位置



圖 175、KC-46A 加油機尾端

(十) A330-MRJT

A330 MRJT 為空中巴士 A330-200 系列飛機研製之世界上最大的空中加油機，除可執行空中加油外，亦可擔任裝載貨物及運輸人員之任務，本次於會場展示為新加坡空軍購入之機型。

表 42、A330-MRJT 性能規格表

使用國家	法國、荷蘭、挪威
生產公司	空中巴士
翼展(m)	60.3
機身長(m)	58.8
高度(m)	17.4
發動機種類	Rolls-Royce Trent 722B
引擎推力(lb)	72,000
最高速度(Mach)	0.72
最大升限高度(ft)	42,700
最大起飛重量(lb)	514,000



圖 176、A330-MRTT 加油機側面外觀



圖 177、A330-MRTT 加油機空中加油對接監控鏡頭

(十一) A400M

空中巴士 A400M (英語: Airbus A400M) 為一款四具渦輪螺旋槳發動機飛機，由空中巴士所設計，用以滿足歐洲國家對軍用運輸機的需求，兼顧戰略與戰術運輸機的性能與成本，可接受空中加油，亦可為其它飛機實施空中加油，本次於會場展示為德國空軍 A400M-180 運輸機。

表 43、A400M 性能規格表

使用國家	德國、法國、西班牙
生產公司	空中巴士
翼展(m)	42.4
機身長(m)	45.1
高度(m)	14.7
發動機種類	Europrop TP400-D6 turboprop
引擎推力(lb)	8,200
最高速度(Mach)	0.72
最大升限高度(ft)	40,000
最大起飛重量(lb)	310,852



圖 178、A400M 運輸機正面外觀



圖 179、A400M 運輸機斜面外觀



圖 180、A400M 運輸機側面外觀



圖 181、A400M 運輸機背面外觀

(十二) P-8

P-8 是美國波音公司所設計生產之海上巡邏機，使用兩具渦輪風扇發動機，主要用途為海上巡邏、偵查和反潛作戰，本次於會場展示為美國海軍 P-8 反潛機。

表 44、P-8 性能規格表

使用國家	美國、英國、 澳洲、挪威
生產公司	波音
翼展(m)	37.64
機身長(m)	39.47
高度(m)	12.83
發動機種類	CFM56-7B turbofan
引擎推力(lb)	27,000
最高速度(Mach)	0.74
最大升限高度(ft)	40,997
最大起飛重量(lb)	189,200



圖 182、P-8 反潛機側面外觀



圖 183、P-8 反潛機派龍架

(十三) E-190-E2

E190-E2 是由巴西航空工業公司（EMBRAER）開發之三種不同之窄體區域性客機，裝載兩具普惠 PW1900G 渦輪風扇發動機，本次於會場展示為巴西航空之客機。

表 45、E-190-E2 性能規格表

使用國家	愛爾蘭、中共、美國、瑞士
生產公司	巴西航空工業
翼展(m)	33.72
機身長(m)	36.24
高度(m)	10.95
發動機種類	PW1900G
引擎推力(lb)	22,000
最高速度(Mach)	0.82
最大升限高度(ft)	41,000
最大起飛重量(lb)	124,340



圖 184、E-190-E2 客機側面外觀

柒、新加坡航太技術與工程會議內容摘要

本次赴新加坡參展成員，因重點於蒐整航太新式科技與技術，故僅摘重簡述部分場次內容如次：

一、超越地平線的創新

(Innovate Beyond The Horizon)

此場演講是由新加坡國防部高級政務部長王志豪先生針對主題「超越地平線的創新」進行專題講演，內容敘述在遭遇新冠肺炎帶來如海嘯般之衝擊後，航空業如何在未來獲得恢復與突破性發展，王政務部長特別提出未來會遇到 3 個挑戰，演講內容摘述如後：

(一) 第 1 項挑戰，提升對未來影響之復原力：

2020 年全球均遭遇到新冠肺炎的影響，特別是航空業，更是受到大幅衝擊，各國為限制新冠肺炎傳播途徑，紛紛祭出鎖國令，因此航空旅行減少，也因為這樣，連帶對飛機零附件和保養、維修及翻修服務需求減少，影響了航空公司與航空供應鏈之收入來源，並加劇耗損航空公司之資本。但受到疫情趨緩，航空業顯示出復甦跡象，因世界各國目前均在調整防疫政策，改採與病毒共存方式，並逐漸開放國境。而隨著航空業現金流和全球供應鏈逐漸恢復，各大企業必須考慮如何能夠提高營運效率和推動降低成本，並增加新式技術採用，以因應未來未知之不確定因素。

(二) 第 2 項挑戰，對氣候變遷做出努力：

應對氣候變遷是一項需要全球各國共同努力之志業，而對於航空業來說，意義更加重大，因航空業產生二氧化碳排放量占全球二氧化碳排放量 2% 左右。因此，有急迫環境壓力加速航空業內之無碳化。而從根本解決本項問題即要從飛機設計著手，如現今現代渦輪噴射式飛機遠比 1960 年代推出第一架噴射式飛機燃油效率高出 80% 以上，這即最佳範例。由於噴射引擎、輕質材料和飛機設計方面進步，燃油效率提升是有可能的。因此，對新式技術的創新和投資是可以推動減碳環境之營造。

(三) 第 3 項挑戰，增加無人機和無人航空駕駛系統之運用：

新式航空技術正在應用於改變人類工作生活和使用空間之方式。如無人機正被運用於在偏遠和人員難以到達的地方進行搜查，並可運用於貨物運送；另可做為空中計程車概念運用之電動垂直起降系統也相繼被開發出來，藉以改善城市擁擠之交通，相關技術將使城市空域得到更有效之運用。

二、電動垂直起降飛行載具做為城市空中交通之主力軍

(EVOTL As An Urban Air Mobility Workhouse)

(一) 本場次演講在說明城市空中交通為未來之航空形式，在擁擠的地面交通外，運用城市上方空域創造出不同之交通方式。此項變革式機載技術之出現，無論是載人亦或是載物，都可為城市交通做出突破式改變，亦代表是航太產業下一個轉折點。而這類新型交通方式，即代表需發展新型載具，目前各國均有在發展此類型新型載具，其外型大部分均以四軸或多軸螺旋槳為其升力來源，且考量未來減能減碳趨勢，均以電力供應其動力，下方裝設載人或物品之空間，此型設計可讓載具如直升機垂直起降，且載具大小可在城市中自由活動。

(二) 本項新式科技雖說明是以改善城市交通為主，但從戰場運用思維重新思考本項技術運用，若需要短時間搭載人員或補給品至特定戰場位置，本項科技將減低地面障礙物對運輸產生之影響，進而達到運輸之目的，後續可納為前瞻科技研究。



圖 185、無人計程車概念設計圖

三、使用自衛式雷射武器提高戰鬥機生存能力

(Enhancing Combat Survivability of Fighter Aircraft Using Self-Protect High Energy Laser Demonstrator (SHIELD))

- (一) 本場次之論文研究最主要是透過蒙地卡羅模擬法評估第四代戰機 F-16 與第五代戰機 F-35 是否可裝載自衛式雷射武器 (SHIELD) 莢艙以增強其戰場生存能力，其模擬想定是以兩架戰機分別對抗地對空飛彈之攔截之作戰場景，再分析有無搭載 SHIELD 莢艙對戰場生存能力之影響及其成本效益。模擬結果顯示，與未配置 SHIELD 莢艙之對照組比較，配置 SHIELD 莢艙之兩型戰機其戰場生存能力均優於未配置之戰機；另配置 SHIELD 莢艙之 F-16 戰機其戰場生存能力優於配置 SHIELD 莢艙之 F-35 戰機。
- (二) 透過上述模擬結果可知，SHIELD 莢艙證明可增加第四代與第五代戰機戰場生存能力；另其對第四代戰機之助益優於第五代戰機，其中差

別是因第五代戰機已具匿蹤能力，可對地對空飛彈偵蒐距離產生影響，因此 SHIELD 莢艙對其戰場生存能力雖有助益，但其助益不似 F-16 戰機。

(三) 從本篇研究可知道雷射武器或高能武器系統是未來戰場趨勢，透過高能武器可將敵方進襲飛彈感測器燒毀，進而提高載機戰場生存能力，後續可將其納入下一代戰機之設計考量。



圖 186、F-16 戰機配置 SHIELD 莢艙示意圖



圖 187、F-16 與 F-35 有無配置 SHIELD 莢艙之存活率

四、維持，一種戰鬥能力

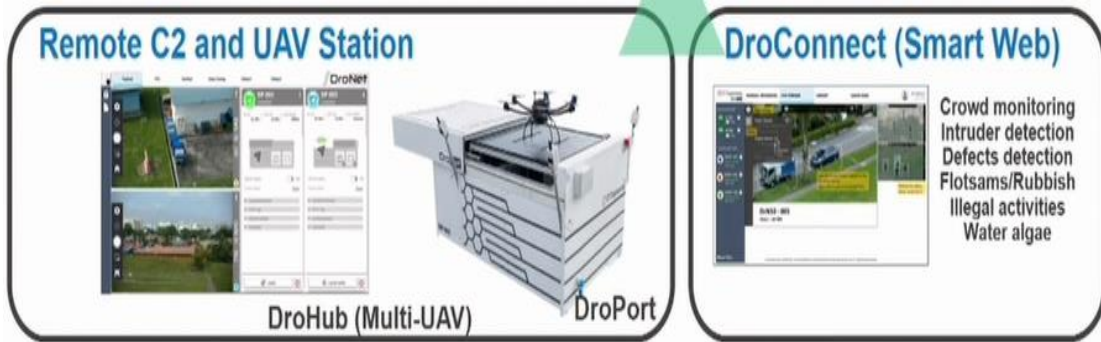
(Sustainment, A Combat Capability)

- (一) 本場演講是由洛克希德馬丁公司維持業務發展部副總裁所發表，其內容是在說明 LM 公司如何在 F-35 戰機之後勤維修上、運用機器學習、人工智能與機器人流程自動化等方式，在戰機出現故障前進行預測識別，藉以準確預估備件存貨量，並進一步開發維修能力，相關數據顯示降低 F-35 戰機維修工時，將可大幅提高其作戰能力，進而影響戰場局勢。
- (二) 各項武器後勤維持成本之預測一直是軍種亟欲探討之項目，透過各種機器學習、人工智能與機器人流程自動化等方式預知武器維修時間，將可減少後勤成本支出，並將維修時間縮短，此種精進方式值得效法。

五、透過超視距擴展無人機操作潛力

(Expanding The Full Potential of Drone Operation Through Beyond Visual Line of Sight (BVLOS))

- (一) 本場次之研究在於探討無人機如何運用關鍵技術開發超視距操控，藉以提升無人機運作範圍，且不需要操作員隨時監控，進而減少人力運用及提高無人機效益。本研究特別用偏遠島嶼監測及水庫監測兩個案例進行解說，藉以說明超視距無人機之作用原理及運用方式。
- (二) 目前市售四軸或多軸無人機之操控均有其距離限制，若超過其範圍，無人機將強制返回預定降落點降落，若需要大範圍搜索，則需要人員在操控台操控無人機與監控視訊畫面，而本研究即在透過開發超視距技術以操控無人機飛行與監控，此系統從無人機儲存，充電、操控與監控，均可以透過程式控制。



Airbase Security Trial

- Drones were equipped with EO/IR payload and machine learning algorithm used to detect targets such as humans and vehicles
- Performance of system was reviewed using different target classes in both day and night conditions



圖 188、無人機監視系統運用示意圖

六、以多架攝影機辨識多目標軌跡

(Multi-Camera Multi-Target Tracking System With Trajectory-Based Aerial Target Matching Re-Identification)

(一)本場次之論文研究主要在說明如何使用來自不同視角之監視器同時追蹤且定位多個移動之空中目標（如無人機），其理論是使用卡爾曼濾波器預測運動，並使用軌跡特徵變量分析追蹤目標軌跡，透過電腦即時運算識別不同目標，並予以關聯，除探討相關技術外，本研究以實際實驗確認相關技術之可行性。

(二)目前用影像系統僅能對單一目標進行偵測，且無法對目標進行定位，若能透過使用多個攝影機進行光學三角測量，並對目標定位，將可使地面人員更快知悉無人機位置，進而訂定應對策略，這對機場防衛有其助益。

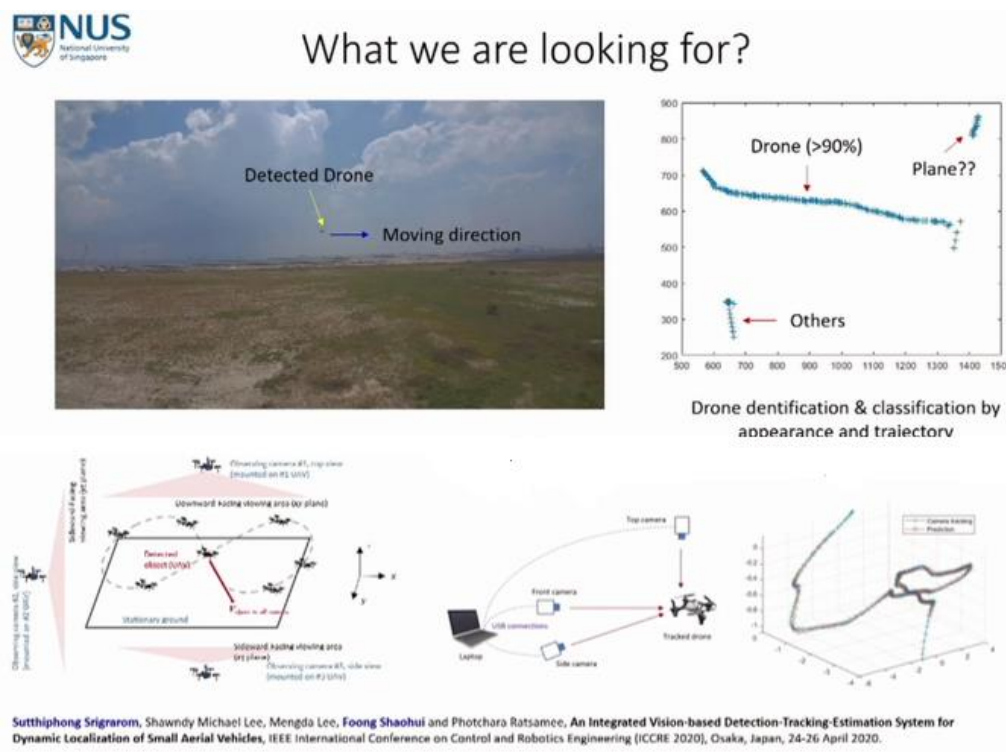


圖 189、以多攝影機追蹤多目標示意圖

七、飛機引擎之新式後勤

(Aircraft Engine And Maintenance of The Future)

- (一) 本場次之研究在於說明勞斯萊斯公司正在開展之一項新研究項目「Project SAESL 4.0」，本項計畫主要在擴展發動機維修廠之設施，也是未來維修廠之原型，內容包括先進技術組件維修之開發及透過自動化與數據化顯著提高勞動生產力與維修件周轉率。
- (二) 因該計畫所開發之系統是運用機器視覺系統結合機械人手臂對發動機執行快速更換與組裝相關組件，透過預先設計之程序，將可在無人環境下進行維修作業，故本項研究雖是在說明發動機維修廠之未來規劃，惟相關技術概念可運用於戰機之各分系統之維修，可大幅減少維修人力與工時。

八、使用積層製造技術革新飛機零件供應鏈

(Revolutionizing Aircraft Spare Parts Supply Chain Using Additive Manufacturing)

- (一) 本場次之研究在於說明積層製造技術對製造飛機零件所產生之影響，所謂積層製造也就是 3D 列印技術，在電腦控制下層疊原材料，將材料堆疊出零件之形狀，其優點在於可按設計圖快速產製零件，減少交貨時間，且零件重量亦可減輕，本研究即在分享如何在航空製造業實現積層製造之好處，並確保飛機可安全飛行。
- (二) 目前 3D 金屬列印最主要問題在於其結構強度是否符合飛行載具需求，因飛行載具之零組件最主要需要高強度結構以維護飛行安全，但 3D 金屬列印是將金屬粉末透過黏著劑一層一層堆疊起來，因此其剛性是否可達規範需求，需要透過檢測機制檢驗，故目前尚無法大規模運用到航空製造上，其實用性尚需時間去證實。

九、軍事航空減碳之技術路徑

(Roadmap for de-carbonisation in military aviation)

- (一)本研究在於說明未來之軍事航空要如何透過不同技術以達到逐步節能減碳之目的，並繪製出相關技術路徑圖解說，其實現方式是先以從小型飛行載具逐漸朝大型載具進行，而技術則是由全電力、混合電力，最後達到氫動力，藉以達到碳零排放之最終目的。
- (二)現今電動汽車與電動機車市占率正節節升高，代表以電力為動力之交通工具正成為運輸界之主流，而航空界亦無法忽視此項趨勢，而本篇研究即在說明為達到節能減碳目的，航空界應如何從小型電力航空載具，慢慢提升為以氫動力為主之大型載具，而這亦可給我們新的啟示，掌握此波世界趨勢，順應節能減碳潮流，提早思考如何將綠能動力運用在未來飛行載具，藉以達到前瞻新式科技目的。

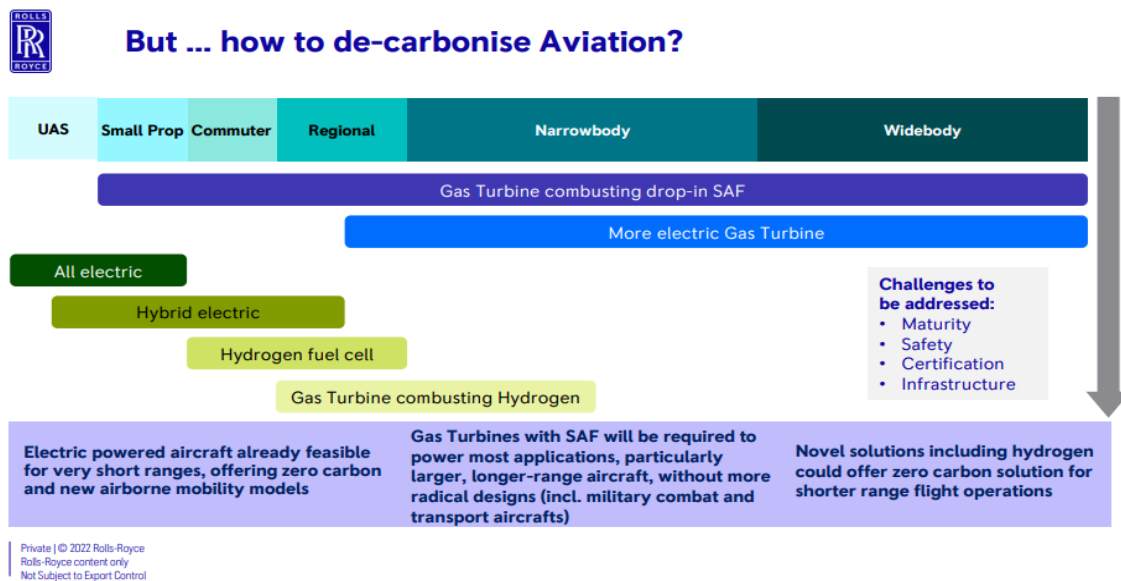


圖 190、航空業減碳之技術路徑圖

十、以電力做為走向綠色航空業之解答

(Toward greener aviation, More electronic solution)

(一) 本研究之在於說明為達到減碳之目的，未來航空業務必要走到以電力為主之航空器做為載具，在研究中，提出數種不同型態之電力航空器，有傳統翼型，也有突破現有飛機形狀之飛機，其共同點就是均以電力作為動力來源。

(二) 以現今航空科技而言，要實現電力做為航空器之動力來源，現階段仍有許多困難等待突破，其中電池即是一大關鍵，因目前電池電量尚無法提供電動飛機所需要的功率重量推動比；另如何快速充電提升飛機的周轉時間也是挑戰，像目前特斯拉電動車，沒電之後到充電樁充電，如以最大電流出充電亦須 1 小時充電，不似以汽油當作燃料，可隨時加油後，隨即啟動執行下一趟任務，這都是電動飛機需要克服之問題。

TsAGI is a driver of innovative concepts of more electric aircraft

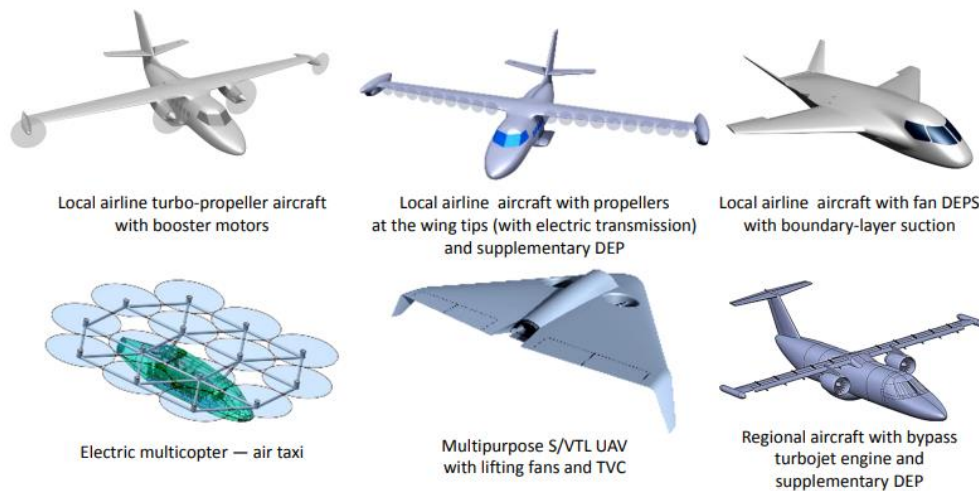


圖 191、以電力為動力之飛行載具示意圖

捌、心得與建議

為提升本中心設計研發能量，司令部各級長官特允許中心成員赴新加坡參加航展，藉考察國際航太商情，汲取各項武器設計研發新知及概念，並與航空業世界級廠商有交流與研討之機會，相關經驗實屬寶貴，這些經驗都將具體轉化為中心人員研發設計之養分，本次航展參加心得與建議摘陳如後：

一、蒐整武器新知，擴展人員視野

本次中心出訪新加坡航展，最主要目的在蒐整現今世界各國航空武器科技新知，新加坡航展是世界重要航展之一，今年雖受新冠肺炎疫情影響，參展廠商不若之前，但各國武器大廠亦是相當重視本次航展，將相關資源投入，希藉由航展推銷自家產品，故從航展可蒐整到各武器大廠最新發展之成熟新式武器。針對各國目前在發展之新式武器，雖可從網路蒐整到部分資訊，惟部分就僅止於網路資訊，難辨真偽，但若透過參訪航展，即可真實蒐整到各國新式武器之發展現況，獲得第一手資訊，而非網路上空中樓閣資料，而透過蒐整新式武器資訊之過程，使本中心研發人員知悉目前世界各國現正發展之武器，舉例說明，歐洲的飛彈研發及生產公司 MBDA 已將雷射武器商品化，並實際運用於無人機防衛，而是項科技正是中心之前從網路上蒐整之科技新知，目前可確定已有廠商將其付之實現，且實際運用於戰場上，此項發現可提醒本軍應儘早將此項新式科技放入科技發展路徑中，以避免落後國外太多，而這正亦是本次出訪目的，藉由蒐整武器新知，將本中心人員視野擴展到世界各國，而非井蛙窺天、閉門造車，進而發展出不符時宜之武器。本次參訪航展之經驗將轉化成中心研發人員之能量，深化前瞻新式武器之能力。

二、汲取設計概念，納入設計考量

每次航展除武器大廠有展出新式武器及航空次系統組件外，各國重要飛機設計廠亦會利用機會展出各國目前正在設計製造之初教機、高教機、無人機、戰鬥機及發展中之第五代戰機，因此參訪航展亦是蒐整各國新式飛行器設計概念之最佳處所，而本次航展因受疫情影響，參展廠商較少，但還是有洛克希德馬丁公司之 F-35A 戰機、土耳其航太公司 (TAI) 之 TF-X 戰機、韓國航太工業 (KAI) 即將試飛之 KF-21 戰機及部分廠家所展出之無人機可供

本中心納入設計考量。針對下一代戰機之發展，世界各國因國情不同及科技能力限制，各自有不同發展策略，以鄰近國家為例，本次亦有參展之韓國航太工業目前正在發展之 KF-21 戰機，其設計初期提出多個概念外型方案，涵蓋傳統、鴨翼、V 尾、無尾翼及箭型翼等各主流戰機設計佈局，而最終因為降低研製風險及加快研發進度，選擇類似 F-22 及 F-35 的傳統構型，並將武器掛載於機腹與機翼下，此項策略雖會破壞其隱形外型，但可使其下一代戰機設計製造，不會因某項技術目前無法達到，而肇致整架戰機設計停滯不前，相關概念設計想法與策略可供本軍思考。

三、建立溝通管道，避免單一商源

本次航展參與之廠商將近 590 家，其中包含發動機設計製造、飛控系統、空電系統、通訊系統、電力系統及起落架等次系統，涵蓋各類型航空器所需次系統與零組件，而透過參與航展即是與這些廠商產生第一步接觸之最佳時機。以往本軍設計飛機時，針對飛機內部次系統僅考量到其功性能，而未考量到其商源多元性，造成部分次系統僅有單一商源，若單一商源之次系統廠家因某些特定因素無法如期交貨，將導致設計之飛機無法如期出廠，嚴重影響專案期程；另增加商源，亦可增加產品選擇性，透過多方瞭解各家廠商航空器先進關鍵系統組件之細部規格，選擇符合本軍功性能之組件，而非僅聽一家之言，而喪失選擇其他家廠商更加優秀產品之機會。而為達到以上目的，若於平時欲尋找適合之商源，就需要直接至現地訪廠，其時程相當漫長且支用預算較多，但若可運用航展時間進行初步訪商作為，將可大幅縮短期程與減少預算支用，有效達成訪商目的，增加各系統組件可選擇商源，後續本軍可要求飛機設計與製造商需針對次系統進行完整且詳實的選用評估，藉以選用符合本軍各項需求之系統件，此亦為參加航展之重要目的。

四、預設參訪重點，做好事前聯繫

世界各國所辦航展，均有同一特點，即是展區大且參展廠商數量眾多，舉 2016 年新加坡航展為例，當年有來自 48 個國家或地區共計 1,040 家廠商參展，並有約 4 萬 8,000 人出席，今年雖減少至 590 家廠家參展，惟其數量亦相當可觀，因此若未於參訪前先期規劃及準備參觀資訊，就僅能以走馬看花方式，而無法達到蒐整資料之目的。而本次中心於出訪航展前即先針對新

式戰機、防空武器、雷達及偵蒐系統、推進系統、航電系統、座艙系統、無人機及安全與逃生設備等 8 大類列為重點考察項目，並於展場中針對上述類別有系統地蒐整相關資訊，避免無效工時。後續參加各國航展均應做好事前規劃，以達到於有限時間內，有系統及有效率地蒐整相關資訊之目的。

附表

空軍司令部航發中心 111 年赴「新加坡航展考察」人員編組名冊			
單 位	級 職	姓 名	任 務
航空科技 研究發展 中心	上 科 校 長	吳啟郁	一、→擔任領隊執行各項工作推展。 二、→代表考察團拜會廠商高層人士。 三、→指導產、官、研交流政策與考察範疇。
航空科技 研究發展 中心	中 研 校 官	孫志豪	一、→擔任副領隊，協助考察團各項工作協調安排。 二、→會議全程保密督導官，確維全案執行順遂。 三、→審查出國報告並督導呈報事宜。
司 令 部 計 畫 處	中 計 校 參 官	王仲明	一、→負責協助考察團各項工作協調安排。 二、→軍武發展、先進技術與防衛概念考察。 三、→計畫處督導人員，督導全案執行事宜。
航空科技 研究發展 中心	中 研 尉 官	唐子傑	一、→擔任研發小組成員，負責戰鬥機、武器、無人機等相關議題整備及資料蒐集。 二、→與各家廠商研討赴本軍商情簡介之可行性及連絡窗口。 三、→出國報告撰擬事宜。
航空科技 研究發展 中心	少 研 尉 官	廖翊歲	一、→擔任研發小組成員，負責航電、機體、座艙等相關議題整備及資料蒐集。 二、→各家廠商陳展裝備書面資料蒐整。 三、→出國報告撰擬事宜。
航空科技 研究發展 中心	士 官 飛 機 長 士	姚虹羽	一、→擔任專案小組成員。 二、→管制全案規劃、協調與執行，並落實人員及各項進度管制作為。 三、→配合參訪行程辦理相關作業。 四、→出國計畫及成校報告呈核。 五、→辦理各項經費支用及結報事宜。

空軍司令部航發中心 111 年「新加坡航展」駐新加坡人員編組名冊			
單 位	級 職	姓 名	任 務
駐 軍 協 組	新 中 副 組 長	鍾永泰	一、→辦理「新加坡航展」國外整備事宜。 二、→航展期間協助行程協調與資料蒐集。