

OH-58D 直升機航電常發性故障趨勢及應變作法

筆者/士官長辜啟明

提要

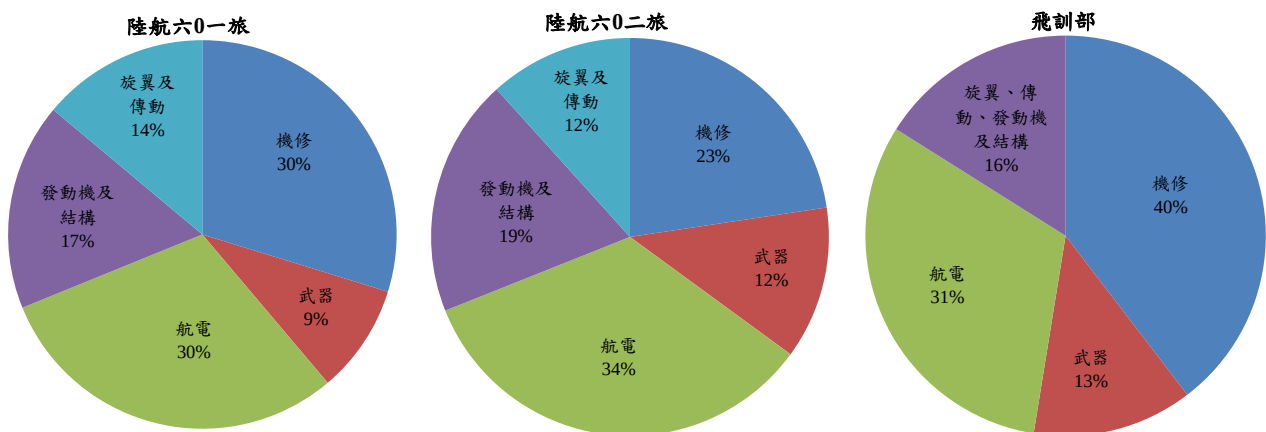
- 一、 台灣 OH-58D 直升機始於 1991 年飛鷹專案，向美方購買 63 架 AH-1W 攻擊直升機及 39 架 OH-58D 戰搜直升機。分別部署於北、中、南 3 個航空旅，成為遂行國土防衛作戰關鍵戰力。
- 二、 台灣 OH-58D 直升機自美軍構型提升及除役產生的消失性商源，使故障待料狀況日漸嚴重。加上台灣氣候潮濕、多重的演訓任務及 0716 專案使故障機率大幅增加。
- 三、 本研究觀察台灣近五年 OH-58D 直升機故障狀況，發覺歷年航電系統故障狀況總是位居一、二。因此本研究著重於航電系統，探討如何降低其故障率、保護現有料件等相關應變作法。

關鍵字：OH-58D、消失性商源、航電常發性故障。

壹、前言

OH-58D 直升機為美國貝爾直升機公司生產的輕型單發動機直升機，此機種為台灣武裝部隊中的偵查主力之一，擔任次要攻擊任務、摧毀敵高價值之目標、支援戰場阻絕、支援特種作戰、摧毀海上及坐灘線之有利目標等。OH-58D 直升機設計重點為高機動性和優異的偵蒐能力，其靈活的飛行特性使其能夠迅速穿梭於河道等複雜的地形中。航電配有配有 5 套無線電(台灣構型 4 套)、4 套直升機求生裝備(雷達預警 2 套、雷射預警 1 套及紅外線干擾 1 套)及 2 套導航系統，使其能夠在各種環境條件下進行偵蒐任務。台灣的 OH-58D 直升機始於 1991 年的飛鷹專案，向美方購買 42 架 AH-1W 眼鏡蛇攻擊直升機與 26 架 OH-58D 戰搜直升機，以利編成兩組攻擊直升機大隊。1993 年陸續將直升機運接至台灣，1997 年完成運交，並再次增購 21 架 AH-1W 與 13 架 OH-58D 編成第三組攻擊直升機大隊。1999 年台灣漢翔公司完成第一架 OH-58D 直升機組裝，至 2002 年增購的 13 架直升機全數完成運交。OH-58D 直升機在台已服役多年，歷經美軍構型提升及除役後的消失性商源、新型直升機換裝後的多重演訓任務、0716 重大飛安事件後的專案細部檢查後(於下一章節詳細說明)，使直升機系統狀態已大不如前。尤其是直升機上的電子元件，這些元件會隨時間慢慢喪失其功能，台灣又屬海島型氣候更加劇此情勢，致使直升機航電系統故障佔比總是位居一、二(如圖 1、表 1)。因消失性商源等因素，供料不足問題已慢慢浮現，故本研究著重 OH-58D 直升機航電系統，利用航空補保資訊系統數據分析¹，探討航電常發性故障，提供相關應變作法，期能下降航電系統故障率、增加庫儲料件可靠度，使 OH-58D 直升機在正式除役前，仍能維持機隊正常運作。

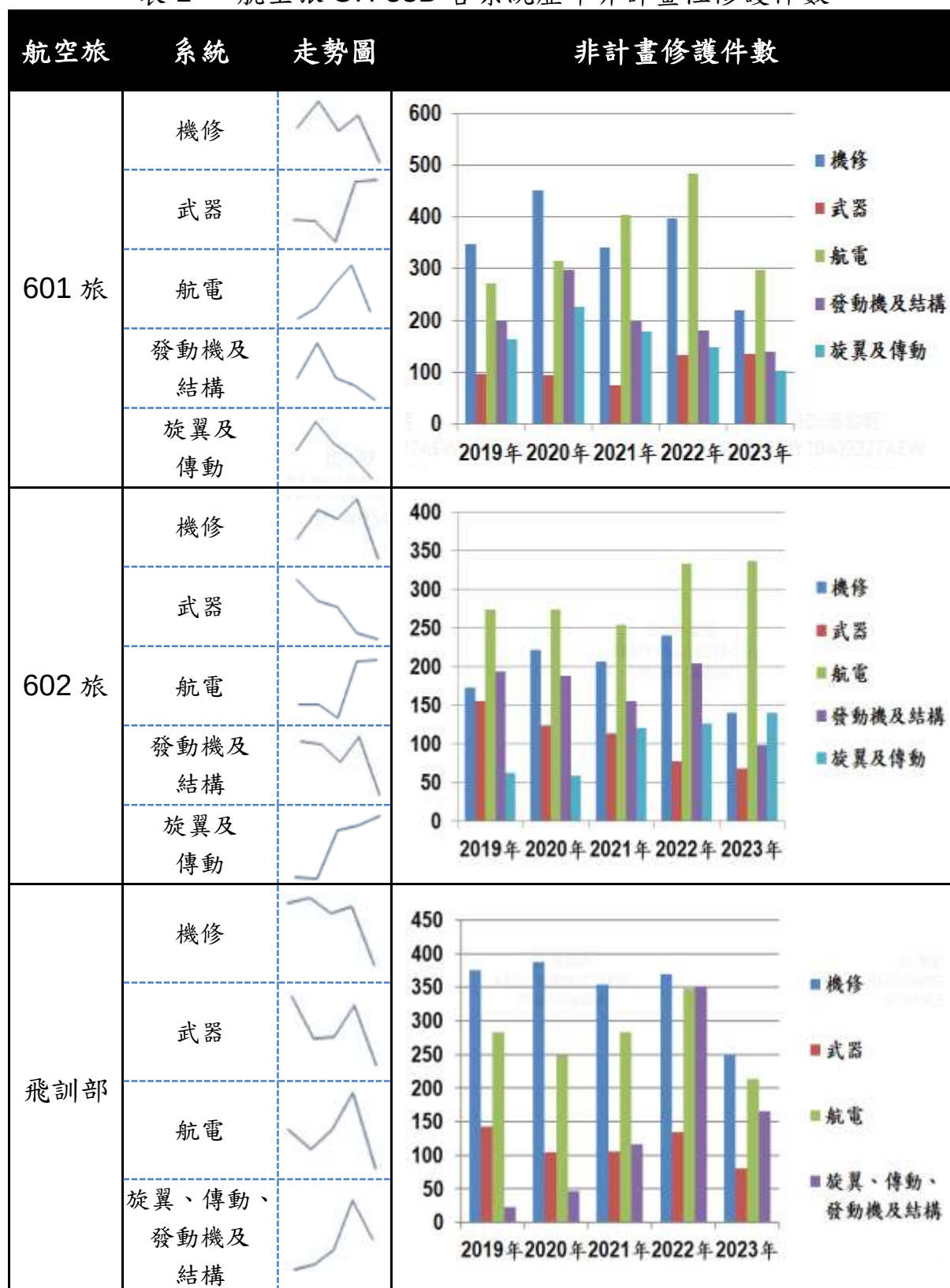
圖 1、航空旅 2019~2023 非計畫性修護 OH-58D 各系統佔比



資料來源:作者整理航空補保資訊系統繪製

¹ 航空補保資訊系統: https://lims.caf.mil.tw/ALMS2020_Ora/Login.aspx，檢索日期 2024.02.06

表 1 、航空旅 OH-58D 各系統歷年非計畫性修護件數



資料來源:作者整理航空補保資訊系統繪製

貳、OH-58D 當今現況及挑戰

我國 OH-58D 直升機已服役近 30 年，當今現況已大不如前，近年已陸續出現直升機生命週期中極少發生之故障狀況，例如：發動機主燃油管阻塞、傳動箱區域部分鉚釘鬆動及 MIL-STD-1553 匯流排²通道斷路等，這些狀況大部分屬於技術書刊無刊載或超出本軍維保能量之重大檢修，此類故障經修復後短時間內極少再次發生。另外，技術書刊所刊載之故障態樣，一部分發生故障頻率有上升趨勢，以航儀電系統為例：直升機燈光系統相關故障、無線電相關故障、發電機失效等狀況，其主要原因為台灣 OH-58D 直升機正面臨四大挑戰(如圖 2)。

圖 2、OH-58D 直升機面臨的挑戰



資料來源:作者繪製

² 維基百科:<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/MIL-STD-1553>，檢索日期 2024.02.06

一、消失性商源

台灣 OH-58D 消失性商源可分為兩個階段，第一階段為構型未提升所產生之消失性商源。我國自 1993 年 OH-58D 接裝後，僅實施 APR-39 雷達預警系統提升，使用構型為 OH-58D(I)，與美軍構型 OH-58D(R)有著部分裝備之差異(如表 2)，這些裝備即為 OH-58D 第一階段之消失性商源。

表 2、我國與美國 OH-58D 之差異

國別	台灣	美國
構型	OH-58D(I)	OH-58D(R)
引擎型號	T703-AD-700A	250-C30R/3 FADEC
導航裝備	姿態航向參考系統 (AHRS)	嵌入式全球定位導航系統 (EGI)
通信裝備	AN/ARC-186	AN/ARC-201
指管裝備	空中目標傳輸系統(ATHS)	改良式數據模組(IDM)
MCPU	主控制處理器單元(MCPU)	改良式 MCPU
掛載武器	地獄火飛彈 2.75 海神火箭 50 機槍	地獄火飛彈 2.75 海神火箭 白朗寧 XM296 重機槍 空對空刺針飛彈

資料來源：廖偉智，〈陸航直升機偵搜情資整合之研究〉《航空兵暨特種作戰部隊半年刊》，第 66 期

以航電系統為例，第一階段消失性商源以 AHRS 問題最為嚴重。AHRS 屬於慣性導航系統，雖然精準度較 EGI 差，但 AHRS 僅需使用裝載於直升機上的慣性陀螺等輔助裝置，不須依賴外部電波訊號即可導航，與 EGI 嵌入式導航系統需接收外部 GPS 訊號，裝置及使用技術原理有極大的差異，導致消失性商源。次之為通信裝備，OH-58D 使用的無線電為舊世代調頻/調幅無線電機，其效能不及新世代的無線電機，再加上消失性商源的問題，無線電收發機的效能會隨時間慢慢衰降，內部電子元件卻已無新品可換。在現今發達的廣播電台，大氣中充滿著複雜的射頻信號，當直升機飛經複雜的射頻環境，這些舊式的無線電機易受到雜訊的干擾，此時無線電常發生吵雜或聲音小之狀況。第二階段為美軍正式將 O 型機除役，2014 年 3 月美國國防部決定將國內 368 架 O 型機全數汰除，並取消原本規劃中的 OH-58F 升級計畫。於 2016 上半年舉辦最後一次飛行後，美國本土所有的 O 型機除役完畢，導致部分零附件商源消失。因應消失性商源問題，我國於 2017 年以卜瓦松公式(適合於描述單位時間內隨機事件發生次數的機率分布)³核算需求，編列預算購足至 2027 年料件存量。惟採購的料件大部分為美軍剩餘的用料存量，可能存在著壽限將屆及可靠度較差等問題。

³ 維基百科:<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8D%9C%E7%93%A6%E6%9D%BE%E5%88%86%E5%B8%83>，檢索日期 2024.02.06

二、多重的演訓任務

陸航部隊近年新型直升機接機換裝，舊型直升機規劃除役。新型直升機接機後，有多重的演訓任務及作戰想定，驗證其在戰場空間的聯合作戰能力。惟新型直升機各項技術指標尚未成熟，仍須輔以技術較成熟的舊型直升機保持一定的陸航戰力。故舊型直升機在新型直升機技術完全成熟前，配合新型直升機被賦予繁重的演習任務。多重的演訓任務對 OH-58D 產生的影響有二，其一為參與演訓的直升機，期間飛行時數會迅速累積，將加速直升機階段檢查、定期檢查/更換項目及的零附件耗用。另一為演訓任務前，會依據該型直升機檢修經驗備齊演習所需的零附件，運至演習場地以求任務順遂，惟零附件在運送過程中，需承擔可能造成損傷之風險。

三、重大飛安事件之影響

我陸航部隊於 2020 年 7 月 16 日，一架 OH-58D 直升機於新竹空軍基地發生一級飛安事件。為防止重大事件再次發生，我國 OH-58D 全面停飛，全機隊進入為期一年專案細部檢查。檢查方式採高標準零容忍的態度，以求將潛在的危安因子全數排除。我們可從前段表 1 觀察出，在 2020 年 7 月 16 日至 2021 年機隊停飛期間，與往年相比仍有數量相近的非計畫性修護。這代表著在這期間直升機有大量的缺失及故障狀況被檢查出。為改正缺失以及修復故障，勢必消耗相對應的檢修用料。此不可預期的意外狀況，將使 OH-58D 直升機採購十年份的零附件存量提前耗盡。再者為便於詳細檢查，會將直升機上的裝備、儀器拆除。大量且繁複的施工、檢查程序，勢必會造成直升機某種程度上不可避免的傷害，尤其是分布在直升機各處電氣連接線路。這也就是在近年的數據上，2022 年航儀電故障狀況達最高峰的成因。

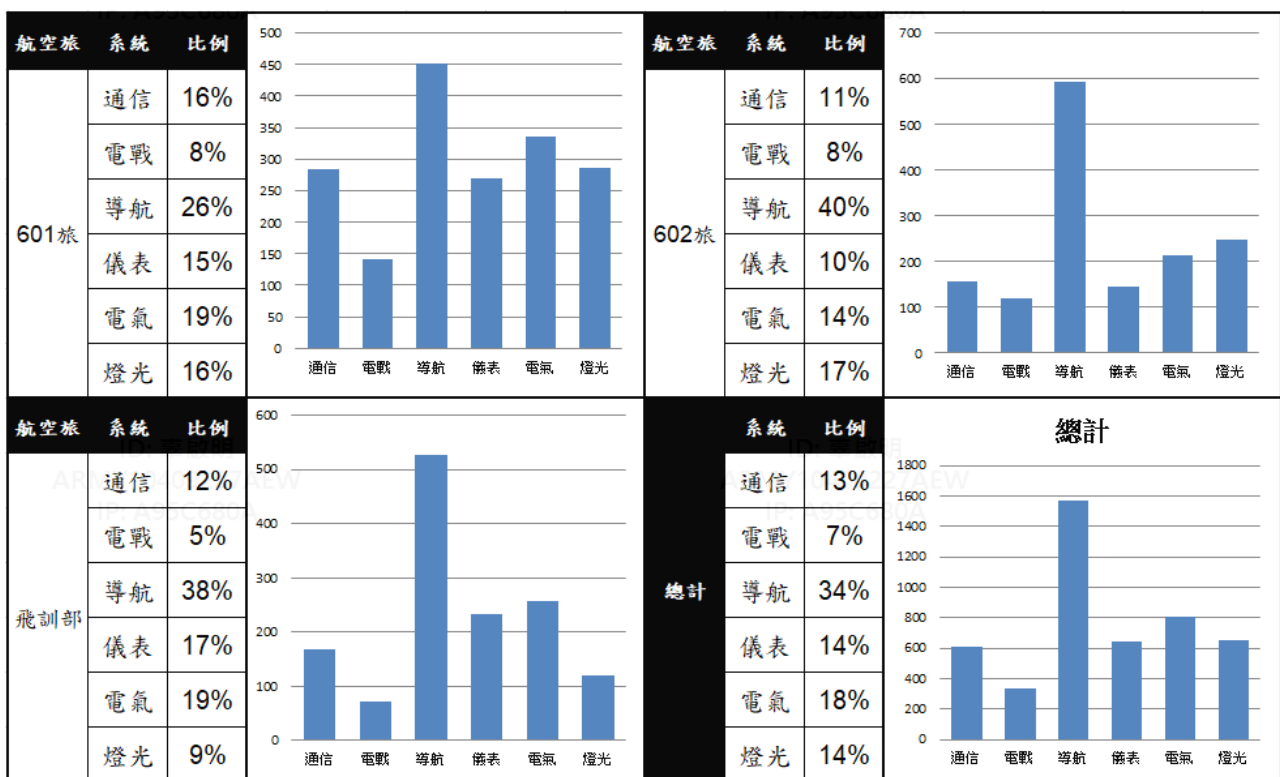
四、功能逐漸喪失的電子電路

直升機航儀電裝備大多由電子電路組成，諸如各系統控制盒、無線電收發機、濾波器等。電子電路會隨時間、環境潮濕而喪失其功能，雖然這些控制盒、無線電收發機皆有備足十年份的存量，惟控制盒內部的電路卡、電子元件這些小的分件未備有存量。意味著這些裝備不論是已裝機或存放於庫房的，皆可能面臨功能衰降或喪失的問題。

參、航電系統故障狀況分析

陸航部隊近五年 OH-58D 航電系統非計畫性修護共計 4620 件(如圖 3)，各系統佔比皆低於百分之二十，僅導航系統高達三分之一，其原因為 AHRS 因消失性商源缺料，導致產生大量裝備拆移 (於後續章節詳加說明)，足可見已大大影響機隊運作。因此，為防止類似問題逐漸惡化，本研究致力於 O 型直升機航電常發性故障，觀察航空補保資訊系統統計數據，對照零附件五級存管查詢系統料件存量⁴，研擬相關應變作法。因航電裝備品項甚多，無法一一詳加探討，故本研究將 OH-58D 直升機航電系統區分為通信、電戰、導航、燈光、儀表及電氣六大系統，以各系統經常被用於檢修用料(如圖 4、5、6、7、8 及 9)，檢視航空補保資訊系統 2019~2023 年數據資料來探討其故障態樣。

圖 3、各航空旅 OH-58D 航電系統非計畫性修護統計資料(2019~2023 年)



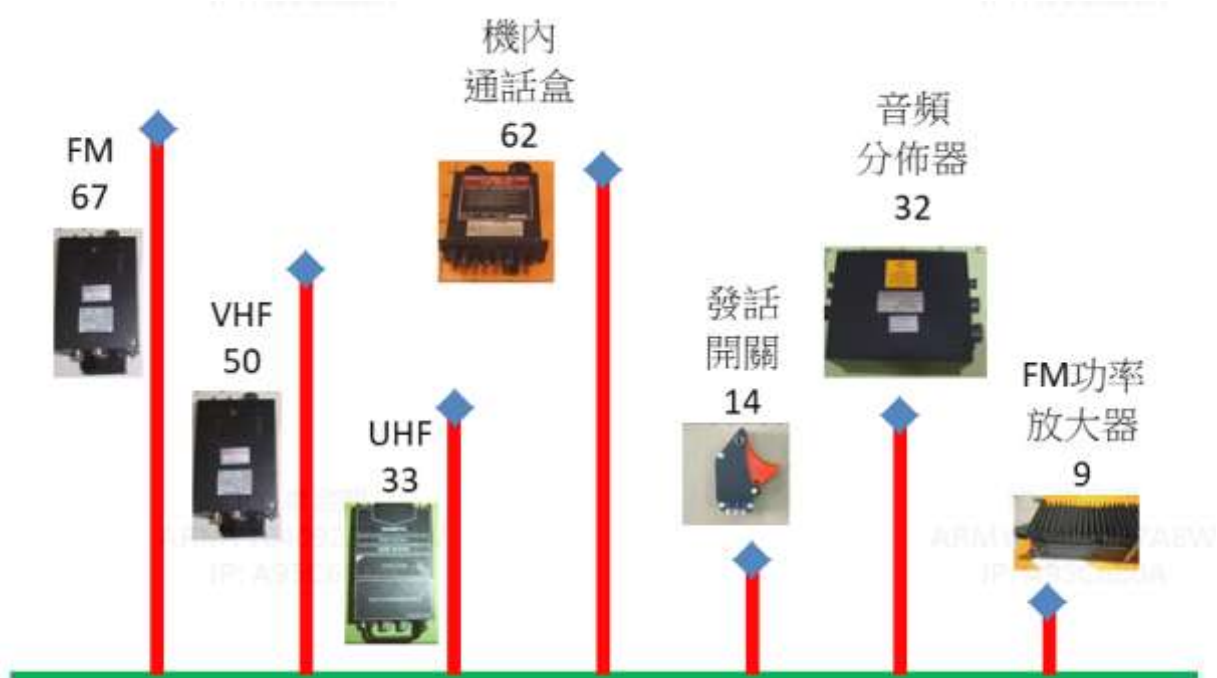
資料來源:作者整理航空補保資訊系統繪製

⁴零附件五級存管查詢系統， <https://massora.alc.army.mil.tw/MA/SSORA/FsnDataQry>，檢索日期 2024.02.06

一、通信系統常發性故障態樣分析

通信系統常見檢修用料包含各無線電收發機、機內通話盒、無線電發話開關、音頻分佈器及 FM 功率放大器。經查閱航空補保資訊系統，近年有拆移記錄的裝備有各無線電收發機、機內通話盒及音頻分佈器，上述除了機內通話盒外，其餘現今仍有供需失衡的問題。另故障態樣部分，因機內通話盒有許多複合式的功能，如各無線電、導航及電戰系統音量調整、無線電選定、機內通話功能設定等，故障件數及態樣為最多。其次為各無線電相關故障，O 型機使用的無線電皆為舊世代型式，較易受到雜訊干擾而吵雜，尤其 FM 無線電使用頻率與民間廣播電台相近，故吵雜問題最為嚴重，其他無線電故障態樣皆與收發機內部電子元件功能衰降/喪失有關。其餘通信系統故障態樣(如表 3)。

圖 4、通信系統裝備故障件數(2019~2023 年)



資料來源：作者整理航空補保資訊系統繪製

表 3、通信系統故障態樣(2019~2023 年)

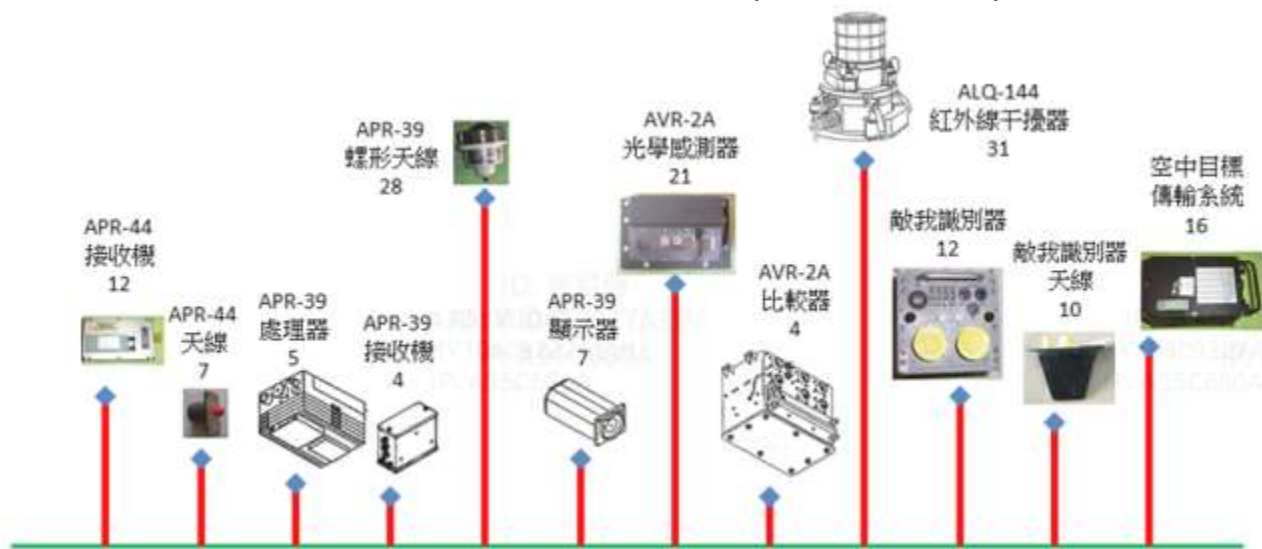
故障組件	故障態樣	次數	總數	損壞原因
FM 收發機	無線電失效	18	67	收發機功能喪失或 效能衰降
	無線電吵雜	27		
	無線電聲音小	22		
	拆移(非故障)	7		料件供不應求
VHF 收發機	無線電失效	13	50	收發機功能喪失或 效能衰降
	無線電吵雜	13		
	無線電聲音小	24		
	拆移(非故障)	7		料件供不應求
UHF 收發機	無線電失效	12	33	收發機功能喪失或 效能衰降
	無線電吵雜	18		
	無線電聲音小	3		
	拆移(非故障)	5		料件供不應求
機內 通話盒	單一駕駛無線電聲音小	18	62	機內通話盒效能衰降或 調音旋鈕電阻氧化阻值上升
	機內通話盒無作用	16		機內通話盒損壞
	各旋鈕無法調整音量	4		調音旋鈕損壞
	HOT MIC 開關護弓脫落 或斷裂	4		護弓脫落/斷裂
	面板燈不亮	14		面板燈損壞
	機內通話吵雜	6		機內通話盒效能衰降
	拆移(非故障)	13		料件供不應求
發話開關	發話開關損壞	14	14	第一道開關持續接通 HOT MIC
				第二道開關無法對外發話
				開關卡滯
音頻 分佈器	音頻分佈器失效	32	32	音頻分佈器功能喪失
	拆移(非故障)	34		料件供不應求
FM 功率大器	FM 功率放大器失效	9	9	FM 功率大器功能喪失

資料來源：作者整理航空補保資訊系統數據製作

二、電戰系統常發性故障態樣分析

電戰系統相較於其他系統故障件數為最低，因其主要以感測元件捕捉威脅訊號，經處理器分析訊號後將威脅顯示，動作較為單純。其次，電戰系統在一般飛行時也相對其他系統較少被開啟使用，因此故障也相對的少。電戰系統件數較多的問題為外在因素造成的裝備損傷，這些損傷大多不影響其系統功能，如 ALQ-144 搭地線斷裂、APR-39 螺形天線表面漆龜裂等，其次為接收機、處理器等效能衰退導致失效(如表 4)。

圖 5、電戰系統裝備故障件數(2019~2023 年)



資料來源：作者整理航空補保資訊系統繪製

表 4、電戰系統故障態樣(2019~2023 年)

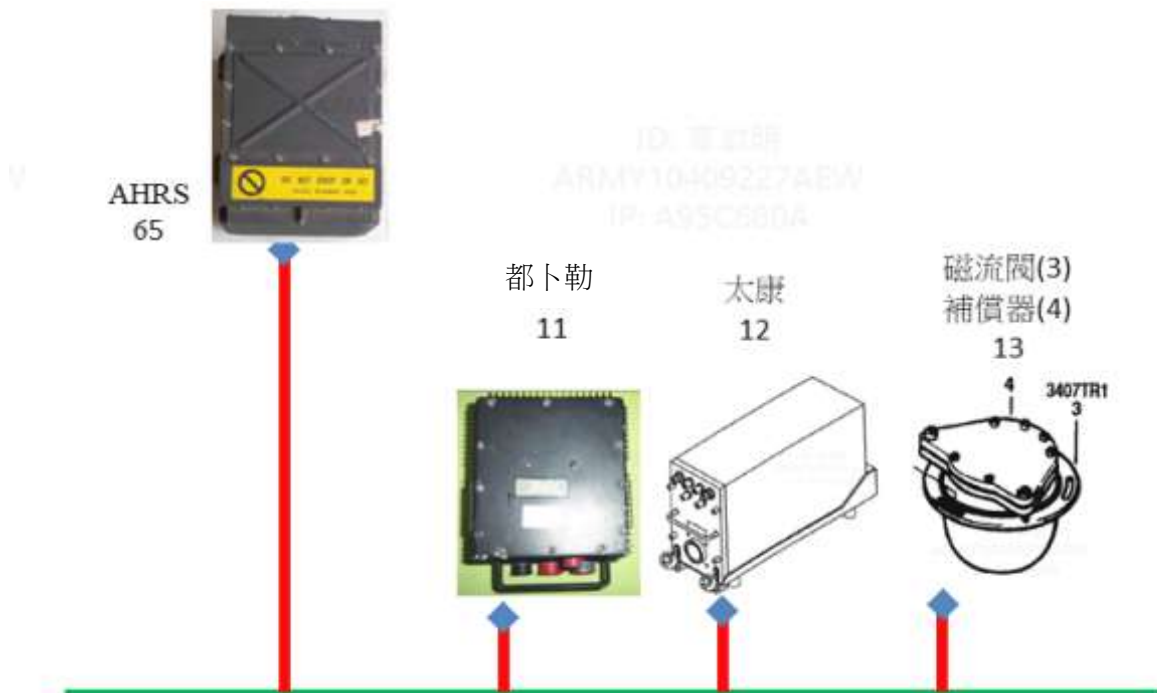
故障組件	故障態樣	次數	總數	損壞原因
APR-44 雷達偵測接收機	APR-44 接收機失效	12	12	接收機功能喪失
				電氣接頭腳位內縮或斷裂
APR-44 天線	天線外殼脫漆	1	7	天線位於直升機整流罩上方 長期日曬或外物擊傷
	天線外殼裂、脫落	6		
APR-39 雷達警告處理器	APR-39 處理器失效	5	5	使用者資料模組卡槽內 腳位彎曲或斷裂
				處理器功能喪失
APR-39 雷達警告接收機	APR-39 接收機失效	4	4	接收機功能喪失
APR-39 螺形天線	天線表面漆龜裂脫落	26	28	長期日曬
	系統自測時顯示失效	2		天線損壞或接線接觸不良
APR-39 顯示器	顯示器無顯示	5	7	內部陰極射線管損壞
	調光旋鈕脫落	2		旋鈕損壞
AVR-2A 雷射預警 光學感測器	鏡面損傷、破裂	3	21	外物擊傷
	系統自測時顯示失效	18		天線損壞或接線接觸不良
AVR-2A 雷射預警 比較器	比較器失效	4	4	比較器功能喪失
ALQ-144 紅外線干擾器	故障指示器 反白指示故障	4	31	內部分件效能不足
	外鏡面總成破裂	2		外物擊傷
	搭地線斷裂	25		長期發動機排氣高溫 導致纜線脆化斷裂
敵我識別器	敵我識別器失效	12	12	敵我識別器功能喪失
敵我識別器天線	系統自測時天線失效	10	10	天線轉接座接觸不良或 雨水滲入
空中目標傳輸系統 主機	系統失效	16	16	主機功能喪失

資料來源：作者整理航空補保資訊系統數據製作

三、導航系統常發性故障態樣分析

O 型直升機的兩套導航系統，一為太康導航，另一為都卜勒、電羅盤及 AHRS 組成的慣性導航。從近年的統計資料可發現，導航系統真正的故障件數與其他系統相近，但拆移件數卻佔航電系統非計畫修護比例高達四分之一，足以見得 AHRS 消失性商源所帶來的嚴重後遺。AHRS 目前僅 OH-58D 構型正在使用，且有複合式的導航功能以及屬於高技術層面之裝備，自從美軍 O 型直升機構型提升後，AHRS 已無新品可供更換。現存的 AHRS 內部電子電路元件效能陸續衰退，使得欠缺量不斷上升，導致 AHRS 拆移的情況越來越嚴重。導航系統其次的問題為電羅盤誤差過大，常發生在每年因地磁變化而重新校正電羅盤時，這類故障大多為磁流閥或補償器相關問題所致，磁流閥異常使誤差角度過大無法校正，抑或是補償器對磁流閥修正的可調範圍過小等。其餘導航故障態樣(如表 5)。

圖 6、導航系統裝備故障件數(2019~2023 年)



資料來源：作者整理航空補保資訊系統繪製

表 5、導航系統故障態樣(2019~2023 年)

故障組件	故障態樣	次數	總數	損壞原因
AHRS 姿態航向參考系統	AHRS 失效	60	65	功能衰降或喪失
	AHRS 無法結合	4		慣性導航累積誤差過大
	精度下降	1		
	拆移(非故障)	1070		料件供不應求
都卜勒主機	垂直升降速率異常	2	11	功能衰降或喪失
	都普勒失效	9		
	拆移(非故障)	44		料件供不應求
太康主機	太康失效	8	12	功能衰降或喪失
	缺少迴路電阻	4		缺件
	拆移(非故障)	1		料件供不應求
電羅盤磁流閥	電羅盤誤差過大	13	13	磁流閥內部液體不足或 陀螺損壞
電羅盤補償器				補償器磁磁方位可調範圍 過小

資料來源：作者整理航空補保資訊系統數據製作

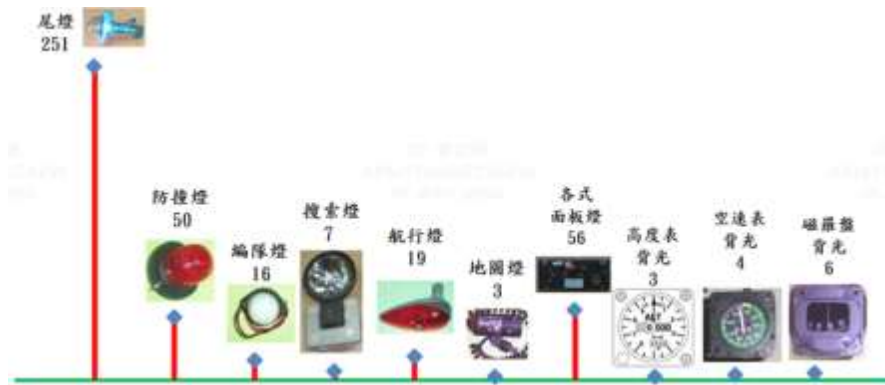
四、燈光系統常發性故障態樣分析

○ 型直升機燈光系統的相關故障以尾燈的問題最為嚴重，因其燈蕊非常脆弱，經常於開關開啟時瞬間的衝高電壓導致燈蕊熔斷，或者因直升機運轉的震動導致燈蕊從金屬導線接合處脫落。燈光系統其次的問題為直升機外部燈光大部分都有水氣滲入及燈罩破裂等問題，絕大多數為防水膠墊受到日曬而脆化，使密封效果不佳以及失去彈性，又因防水膠墊為固定螺桿、燈框及玻璃燈罩三者間的緩衝物，當膠墊失去彈性且固定螺桿過度旋緊，造成玻璃燈罩被固定螺桿或燈框壓裂。最後為座艙內備用儀表及各操作面板背光燈不亮之問題，背光燈電源經亮度調整鈕電阻、滅火阻抗器(可調式限流電阻)消耗部分電壓，剩餘的電源電壓供應至所有並聯在一起的儀表/面板背光燈。依據技術手冊規範，將儀表亮度調整鈕轉至最亮，從儀表滅火阻抗器測得電壓值，並調整阻抗器使電壓達到 68.5 伏特；⁵將面板亮度調整鈕轉至最亮，從面板滅火阻抗器測得電壓值，並調整阻抗器使電壓達到 54.1 伏特。⁶當任一儀表/面板背光損壞時，其剩下良好的背光並聯電阻會上升，分到的電壓也會上升。若短時間內未按上述程序調整滅火阻抗器消耗電壓，將導致本來良好的背光燈長期承受高於規範之電壓而跟著損壞。其餘燈光系統故障態樣(如表 6)。

⁵ TM1-1520-248-23-4 技術手冊(美陸軍，西元 2000 年 2 月)，頁 9-273

⁶ 同註 5

圖 7、燈光系統裝備故障件數(2019~2023 年)



資料來源：作者整理航空補保資訊系統繪製

表 6、燈光系統故障態樣(2019~2023 年)

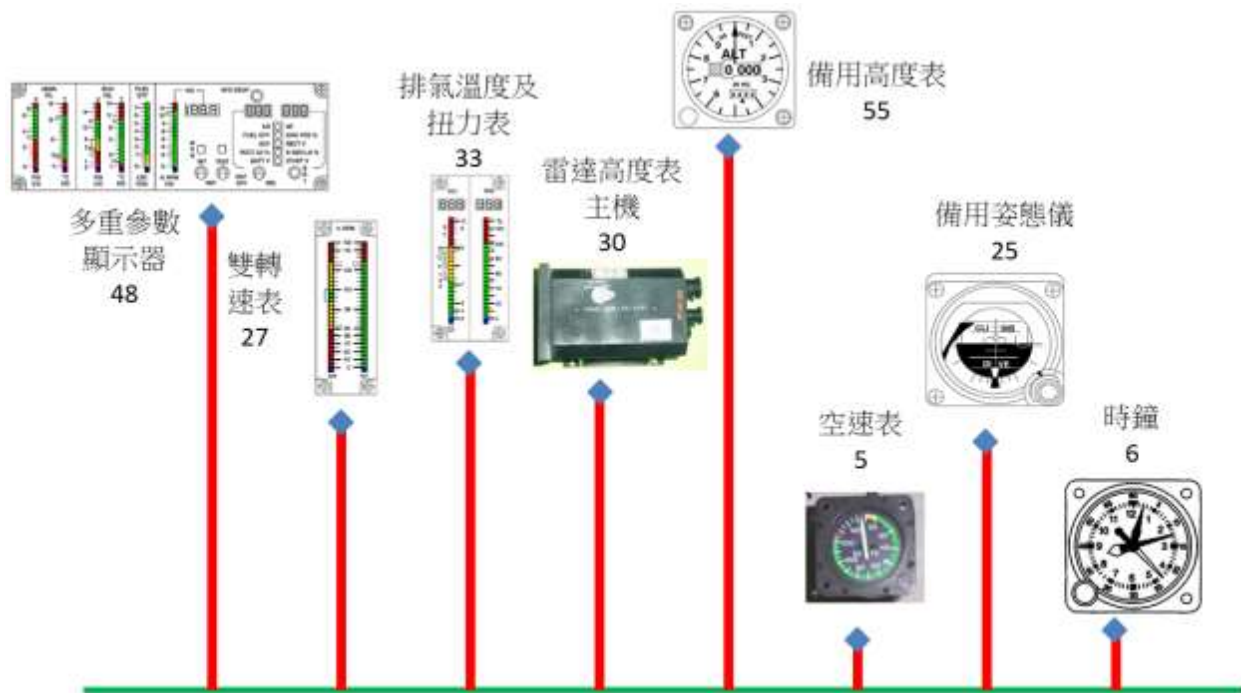
故障組件	故障態樣	次數	總數	損壞原因
尾燈	尾燈不亮	244	251	燈蕊熔斷或脫落
	尾燈燈罩破裂	7		外物擊傷或防水墊圈硬化導致螺桿旋緊時缺乏緩衝
防撞燈	防撞燈不亮	37	50	燈蕊熔斷
	防撞燈燈罩破裂	6		外物擊傷或防水墊圈硬化導致螺桿旋緊時缺乏緩衝
	防撞燈罩脫落	1		玻璃燈罩上的螺桿孔破裂失效
	燈罩內有水氣	3		防水墊圈變質失去效用
	閃爍頻率異常	3		防撞燈閃爍器效能衰降
編隊燈	編隊燈不亮	2	16	內部紅外線 LED 損壞
	編隊燈燈罩裂	3		外物擊傷
	編隊燈有水氣	11		封口膠及防水墊密封效果不足
搜索燈	夜視搜索燈不亮	1	7	夜視燈損壞
	白光搜索燈不亮	5		白熾燈損壞
	搜索燈無法向前伸出	1		內部馬達損壞
	拆移(非故障)	1	1	料件供不應求
航行燈	航行燈不亮	8	19	燈蕊熔斷
	航行燈有水氣	7		螺桿防水墊圈密封效果不足
	航行燈燈罩破裂	4		固定螺桿過度旋緊
地圖燈	地圖燈不亮	3	3	燈蕊熔斷
各式操作面板背光	面板燈不亮 (面板種類眾多，不分開表列)	56	56	面板燈損壞
各式備用儀表背光	備用空速表背光不亮	3	13	儀表內部背光燈損壞
	備用高度表背光不亮	4		
	備用磁羅盤背光不亮	6		

資料來源：作者整理航空補保資訊系統數據製作

五、儀表系統故障態樣分析

○ 型直升機儀表大部分已數位化，類比式的儀表僅剩少數。數位化儀表以垂直刻度的 LED 燈格取代傳統指針式的類比儀表，將直升機各項參數分別顯示於多重參數顯示器、雙轉速表、發動機排氣溫度及主承桿扭力表。因此，儀表系統常見的故障為這些總計上百個 LED 燈格相關的故障，任一燈格損壞產生的斷格皆會影響飛行員的判讀。另外，近年也開始出現黏貼於燈格上的透明聚光片脫落或破損，導致在晝間時垂直刻度上的燈格光發散使之不易判讀。儀表系統其次的故障態樣為數據異常及誤差過大之問題，這類問題的肇因多數為感測元件或其感測方式出現問題，而發生直升機真實的數值超限僅佔少數。以直升機的動力渦輪轉速為例，其原理係以一轉速拾取器(或稱交流發電子)電磁感應發動機齒槽深淺變化，拾取器內部線圈進而產生一交流電信號至 MCPU，經信號分析後得知動力渦輪轉速，將轉速顯示於雙轉速表上。依據技術手冊規範，拾取器線圈最大歐姆值應為 2090Ω ，⁷ 否則其產生的交流電不佳將導致動力渦輪轉速指示異常。此外，儀表誤差過大以備用高度表及雷達高度表最常發生，儀表誤差過大及其他儀表故障態樣(如表 7)。

圖 8、儀表系統裝備故障件數(2019~2023 年)



資料來源：作者整理航空補保資訊系統繪製

⁷ TM55-2840-256-23 技術手冊(美陸軍，西元 1986 年 6 月)，頁 8-42

表 7、儀表系統故障態樣(2019~2023 年)

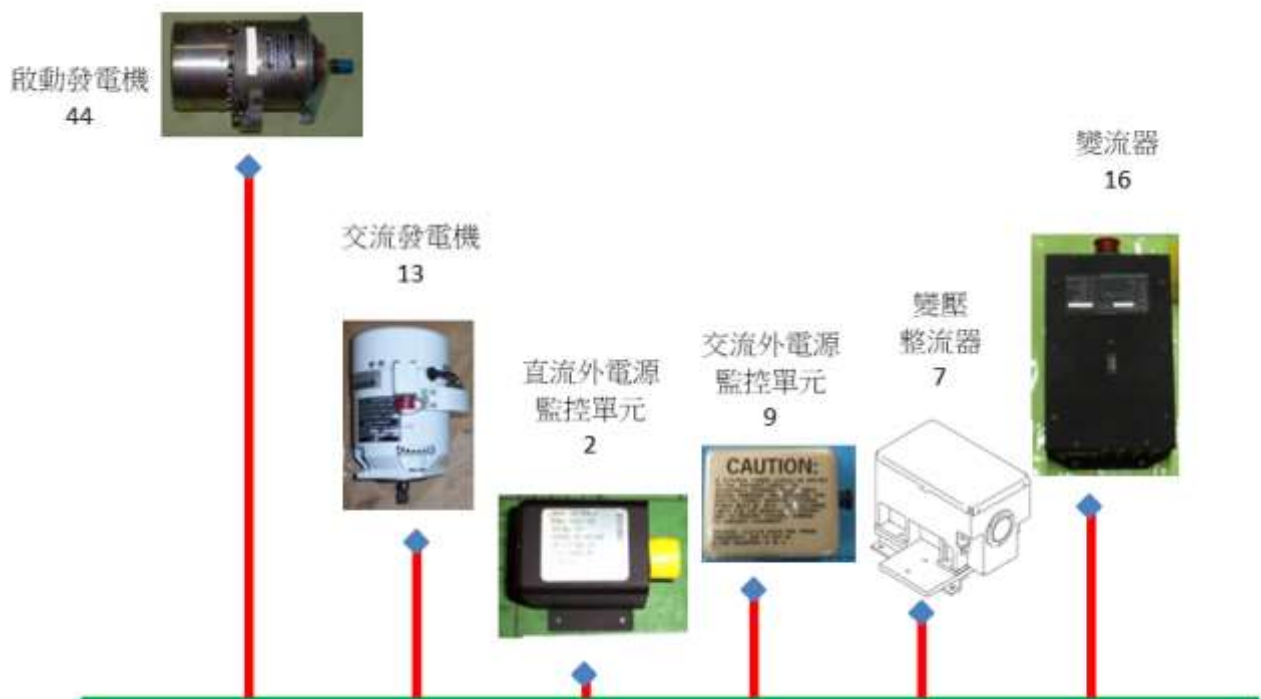
故障組件	故障態樣	次數	總數	損壞原因
多重參數顯示器	垂直刻度燈格 斷格不亮	38	48	內部 LED 燈損壞
	垂直刻度燈格聚光片 破損或脫落	6		聚光片破損導致燈格光發散 於晝間不易判讀
	直升機參數異常	4		感測元件或控制單元效能衰降
	拆移(非故障)	5		料件供不應求
雙轉速表	垂直刻度燈格 斷格不亮	19	27	內部 LED 燈損壞
	垂直刻度燈格聚光片 破損或脫落	4		聚光片破損導致燈格光發散 於晝間不易判讀
	轉速異常	4		感測元件或控制單元效能衰降
	拆移(非故障)	1		料件供不應求
發動機排氣溫度 及主承桿扭力表	垂直刻度燈格 斷格不亮	20	33	內部 LED 燈損壞
	垂直刻度燈格聚光片 破損或脫落	7		聚光片破損導致燈格光發散 於晝間不易判讀
	溫度/扭力異常	6		感測元件或控制單元效能衰降
	拆移(非故障)	2		料件供不應求
雷達高度表主機	雷達高度誤差過大	30	30	機腹天線不潔或主機效能衰降
	拆移(非故障)	2		料件供不應求
備用高度表	氣壓式高度誤差過大	55	55	靜壓管路、儀表本體漏氣 或儀表本身效能衰降
	拆移(非故障)	3		料件供不應求
備用空速表	空速表誤差過大	5	5	動壓管路、儀表本體漏氣 或儀表本身效能衰降
	拆移(非故障)	5		料件供不應求
備用姿態儀	OFF 旗幟無法彈出	9	25	機械故障
	姿態儀有水氣	9		儀表密封效果不佳
	姿態儀作用不良	7		內部陀螺故障使球體姿態部正確
	拆移(非故障)	20		料件供不應求
時鐘	時鐘損壞	6	6	機械故障
	拆移(非故障)	1		料件供不應求

資料來源：作者整理航空補保資訊系統數據製作

六、電氣系統故障態樣分析

直升機電氣系統大致可區分直流電源、交流電源、外部電源及電源轉換等部分。為保護直升機系統，輸入直升機之電源皆經過所屬的電源監控單元信號分析，再由監控單元控制繼電器開關閉合後，將電源輸入至直升機系統。若電源不符合額定，則監控單元不會讓繼電器開關閉合，出現電源失效之故障。O型直升機電氣系統以啟動發電機失效佔多數，其原因分別為啟動發電機發電不符額定、電壓調節器(監控單元)效能衰降、發電機內碳刷過度磨耗、壓緊碳刷的簧片簧力不足、分流器氧化及 2K1 繼電器無法激磁閉合等。電氣系統其次的故障為變流器失效，故障原因絕大多數為變流器本身轉換出來的交流電未達額定，極少數為 3CB1 遠端遙控斷電器開關無法閉合之問題(近五年未曾出現)。其餘電氣系統故障態樣(如表 8)。

圖 9、電氣系統裝備故障件數(2019~2023 年)



資料來源：作者整理航空補保資訊系統繪製

表 8、電氣系統故障態樣(2019~2023 年)

故障組件	故障態樣	次數	總數	損壞原因
啟動發電機	發電機失效	44	44	發電機效能不足
				碳刷磨耗超限
				碳刷簧片簧力不足
				電壓調節器效能衰退
				分流器銅片氧化
				繼電器無法激磁閉合
	拆移(非故障)	6	料件供不應求	
交流發電機	發電機失效	13	13	發電機效能不足
				發電機控制單元效能衰退
				繼電器無法激磁閉合
直流外電源 監控單元	直流外電源無法供應	2	2	監控單元效能衰退
				繼電器無法激磁閉合
交流外電源 監控單元	交流外電源無法供應	9	9	監控單元效能衰退
				繼電器無法激磁閉合
變壓整流器 (交流轉直流)	散熱風散腐蝕	6	7	腐蝕
	變壓整流器損壞	1		變壓整流器效能不足
	拆移(非故障)	1	料件供不應求	
變流器 (直流轉交流)	變流器失效	16	16	變流器效能不足
	拆移(非故障)	2	料件供不應求	

資料來源：作者整理航空補保資訊系統數據製作

肆、本研究建議之應變作法

本研究檢視航電系統常發性的故障態樣，發覺已供需失衡的料件，計有通信系統的音頻分佈器、FM 及 VHF 無線電收發機；電戰系統的 APR-39 顯示器；儀表系統的多重參數顯示器、雙轉速表、備用姿態儀、發動機排氣溫度及主承桿扭力表；料件可靠度不佳部分計有燈光系的尾燈燈泡。針對上述品項以及 O 型機當今面臨的挑戰，提供以下應變作法與相關建議。

一、拆零拼修

針對待修品件數較高、技術層面較低的品項，例如多重參數顯示器、雙轉速表等，由本軍航勤廠以拆零方式將垂直刻度儀表內燈條拼修更換。待修品件數較高、技術層面高的品項，例如：控制盒、處理器及無線電收發機等，一樣由航勤場以拼修、試研修方式累積經驗，根據故障態樣及更換控制盒內相對應的電路卡後，極有可能修妥。

二、料件變格

依據陸軍裝備品保作業手冊：「科技進步且代用品較標準品性能較優或相似，且價格低廉、容易獲得」，⁸可採用變格方式將標準品更換。例如：垂直刻度儀表黏貼於燈格上的聚光片、可靠度不佳的尾燈燈泡、小型的電子零件等。其相關作業規定及標準委員會召開，可參考陸軍裝備品保作業手冊及陸軍航空裝備保修手冊。

三、減少 O 型直升機演習備料品項

因消失性商源問題，O 型直升機剩餘妥善的料件極其珍貴。部分高敏感的航電裝備，易在長途運送過程中有損壞之風險，例如：內部裝有陀螺的備用姿態儀、電羅盤磁流閥等。因此，在直升機參加各項演習前，應將直升機的航電裝備檢整至最佳狀態，減少在演習時發生故障的機率，並參考近年故障態樣適切的檢討調整演習備料品項。

四、建議新增的檢查項目

(一) 建議於第 8 及 11 次階段檢查，新增儀表/面板燈滅火阻抗器電阻值調整檢查，以免機內燈光長期承受高於額定之電壓而損壞。

(二) 建議於第 8 及 11 次階段檢查，新增啟動發電機負極分流器清潔檢查，以小毛刷及電子清潔劑清潔，以降低啟動發電機失效之機率。

(三) 建議於每次階段檢查時，清潔位於 FM 無線電收發機上方尾唧筒塑膠軟墊內累積之液壓油，以防液壓油滲入收發機造成毀損。

(四) 建議於每次階段檢查時，以輕晃方式檢查外部燈光之燈罩，並檢視其防水膠墊是否變質、龜裂，適時予以更換以降低燈罩破裂機率，以免發生燈罩飛脫或水氣滲入。

五、建議落實以下作為，可增加料件使用壽命

(一) 垂直刻度儀表及 APR-39 顯示器亮度以適量為主，避免長期置於最亮檔位，以免內部燈格 LED、陰極射線管損壞。

(二) 備用姿態儀於直升機斷電前，務必將固定球體的拉桿置於鎖定檔位，避免內部陀螺儀損壞。

(三) 設立設備完善的除濕庫房，於直升機封存或階段檢查時機，將航電裝備存放於庫房。

⁸ 陸軍裝備品保作業手冊(陸軍司令部，西元 2022 年 4 月)，頁 4-26

伍、結論

鑒於我國 OH-58D 直升機消失性商源，使部分裝備已長時間無全新品可供更換。尤其航電裝備內的電子電路會隨時間功能喪失其功能，若無妥善的應變作法，不久的將來會面臨類似 AHRS 嚴重缺料的問題。AHRS 已委由亞航公司研發 AHRS(T)，惟慣性導航在飛行一段時間後，其誤差累積比舊式 AHRS 快，仍有航線誤差過大之問題尚需克服，期許未來 AHRS(T)研發成功後，能緩解 AHRS 缺料的問題。其餘已出現供需失衡徵候的料件，積極作為:應向美方取得授權，尋求國內廠家研發規格相近之裝備，並完成適航認證以求擴展商源。消極作為:透過故障態樣分析，研擬相關維保作為以求降低系統故障率、減少料件耗用及延長使用壽命。航電系統就如破窗效應，一旦有窗戶破了，若無適時的妥善處理，故障的系統長時間影響其他正常的裝備，極可能導致更多的裝備陸續損壞。故本研究針對消失性商源，以及 2019~2023 年的航電系統故障態樣分析，提出相關的應變作法及建議，期許我國 OH-58D 直升機至正式除役前，能有效維持機隊正常運作。

參考文獻

1. 航空補保資訊系統，https://lims.caf.mil.tw/ALMS2020_Ora/Login.aspx
2. 維基百科，<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/MIL-STD-1553>
3. 廖偉智，陸航直升機偵搜情資整合之研究，航空兵暨特種作戰部隊半年刊第 66 期
4. 維基百科，<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8D%9C%E7%93%A6%E6%9D%BE%E5%88%86%E5%B8%83>
5. 零附件五級存管查詢系統，<https://massora.alc.army.mil.tw/MA/SSORA/FsnDataQry>
6. TM1-1520-248-23-4 技術手冊(美陸軍，西元 2000 年 2 月)
7. TM55-2840-256-23 技術手冊(美陸軍，西元 1986 年 6 月)
8. 陸軍裝備品保作業手冊(陸軍司令部，西元 2022 年 4 月)
9. TM1-1520-248-T-1 技術手冊(美陸軍，西元 2000 年 2 月)
10. TM11-1520-248-23-1 技術手冊(美陸軍，西元 2000 年 2 月)
11. TM1-1520-248-23P 技術手冊(美陸軍，西元 2000 年 3 月)
12. TM11-1520-248-23P 技術手冊(美陸軍，西元 2000 年 7 月)
13. 陸軍航空裝備保修手冊(陸軍司令部，西元 2021 年 3 月)

筆者簡介



姓名：辜啟明

級職：士官長教官

學歷：後勤訓練中心士官長正規班 108 年班、龍華科技大學電機工程研究所碩士班

經歷：航空電子儀表所保修士、航空電子儀表所領班、現任飛訓部航保組教官

電子信箱： 軍網：gu215110@webmail.mil.tw

民網：d95431240@gmail.com