

## B-AAA01408 遙控無人機重大運輸事故調查報告

調查報告編號： TTSB-AOR-22-05-001

發布日期： 中華民國 111 年 5 月 20 日

事故發生日期與時間： 中華民國 110 年 3 月 9 日 0910 時

事故地點： 新北市淡水河口

活動場地與活動區域： 本次事故無人機起降活動場地為新北市淡水區假日飛行場，活動區域為淡水沙崙至台北港間 400 呎以下空域。

### 遙控無人機

所有人： 海洋委員會海巡署北部分署

註冊號碼： B-AAA01408

檢驗合格證號碼： CAA-UAVTIC-10900014

發證日期/有效日期： 民國 109 年 3 月 31 日/112 年 3 月 30 日

製造廠名稱： 田屋科技股份有限公司

類別/機型/機身序號： 無人直昇機/AXH-E230RS/B1-1005-19014

製造日期： 民國 108 年 4 月 17 日

馬達型號/馬達序號： C9037/19HM100002

毀損情況： 全毀

### 人員

操作人所屬專業機關（構）： 海洋委員會海巡署北部分署

操作證號碼： F126XXXXXX

操作證類別/載具屬別/機型： 遙控無人機專業操作證/無人直昇機/IIC G1

發證日期/有效日期： 民國 109 年 3 月 31 日/111 年 3 月 30 日

機載人數： 不適用

傷亡情況： 無

### 天氣：

中央氣象局淡水氣象站(位於事故地點東南方約 3 哩)當日 0900 時天氣觀測為：風向 360 度，風速 1.9 公尺/秒，最大陣風 4.2 公尺/秒；溫度 20℃，露點 17℃；降水量 0 毫米。

依據該機飛勤前檢查紀錄，風速為 2.3 公尺/秒、天氣晴、溫度 18℃。

事故說明：

## 1. 事故經過

民國 110 年 3 月 9 日 0910 時，海洋委員會海巡署北部分署第一無人機區隊（以下簡稱第一區隊）一架機型 AXH-E230RS 遙控無人直昇機，註冊號碼 B-AAA01408，於新北市淡水河口作業時墜海損毀，無人傷亡。

本次飛航係第一區隊執行漁船翻覆案落水人員搜尋任務，該機預畫航線為淡水河口至沙崙間，0851 時起飛沿近岸開始偵搜作業，0909:54 時完成預畫航線，進入 GPS 模式<sup>1</sup>，此時地面導控站（ground control station, GCS）顯示該機姿態開始偏轉且無法保持高度，0910:00 時操作人啟動自動返航（return to launch, RTL）模式，但 GCS 儀表顯示該機姿態持續偏轉同時高度快速下降，0910:05 時該機資料傳輸中止，影像回傳中斷。

GCS 收到最後之資料及影像畫面如圖 1 所示，駕駛模式為 RTL 模式、速度 7 公尺/秒、高度 4 公尺、俯角 9.8 度以及右坡度 108 度，資料傳輸顯示無信號（0%），無人機墜落於離岸約 800 多公尺海面，距起降點約 1 公里。

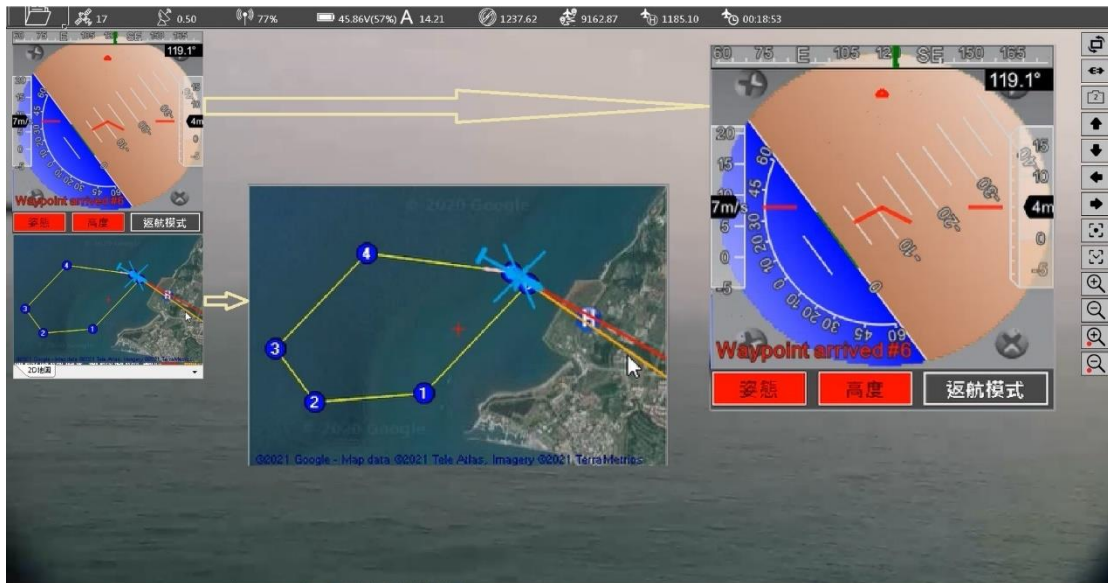


圖 1 地面導控站顯示該機最後回傳資料

## 2. 基本資料

### 2.1 操作人

<sup>1</sup> 此模式為半自動引導模式，無人機自動停懸於當下 GPS (global positioning system) 位置，又稱 Loiter 模式。

海巡署無人機區隊於岸際之無人機任務，出勤人數以 1 組 4 員為原則，分為小組長、觀測手、操控手及警戒手，其中操控手為無人機操作人。該次作業之 4 位人員皆持有民航局核發之遙控無人機專業操作證，其中操控手年齡 36 歲，總飛行時數為 76 小時 30 分鐘，事故機型總飛行時間 55 小時 24 分鐘。進行雲台操作及監控之觀測手為 27 歲，總飛行時數為 197 小時 1 分鐘，事故機型總飛行時間 54 小時 51 分鐘。

## 2.2 遙控無人機

事故無人機為田屋科技股份有限公司（以下簡稱田屋）設計、製造之無人直昇機，機身長 1.885 公尺、主旋翼直徑 2.315 公尺，最大起飛重量 30 公斤，外型如圖 2 所示。該機至本事故前總飛行時數為 121 小時 52 分鐘、總落地次數 246 次。



圖 2 事故機當日起飛前照片

## 2.3 活動區域

本次任務係於內政部空中勤務總隊（以下簡稱空勤總隊）直昇機返回松山機場加油的空檔期間，進行漁船落水人員協尋作業。事故當日無人機起降區域及預畫作業範圍為淡水沙崙至台北港間 400 呎以下空域，其中該架次飛行任務起降場及預畫作業範圍如圖 3 所示，屬民航局及地方縣市政府公告 400 呎以下可進行無人機飛行之區域，未與淡水第二漁港範圍等限制區域重疊。

海巡署北部分署並依「民用航空法」第 99 條之 16 及「遙控無人機管理規則」第 34 條第 1 項取得民航局同意，可由具備專業操作證資格人員執行日/夜間、目視範圍外無人機飛航作業。

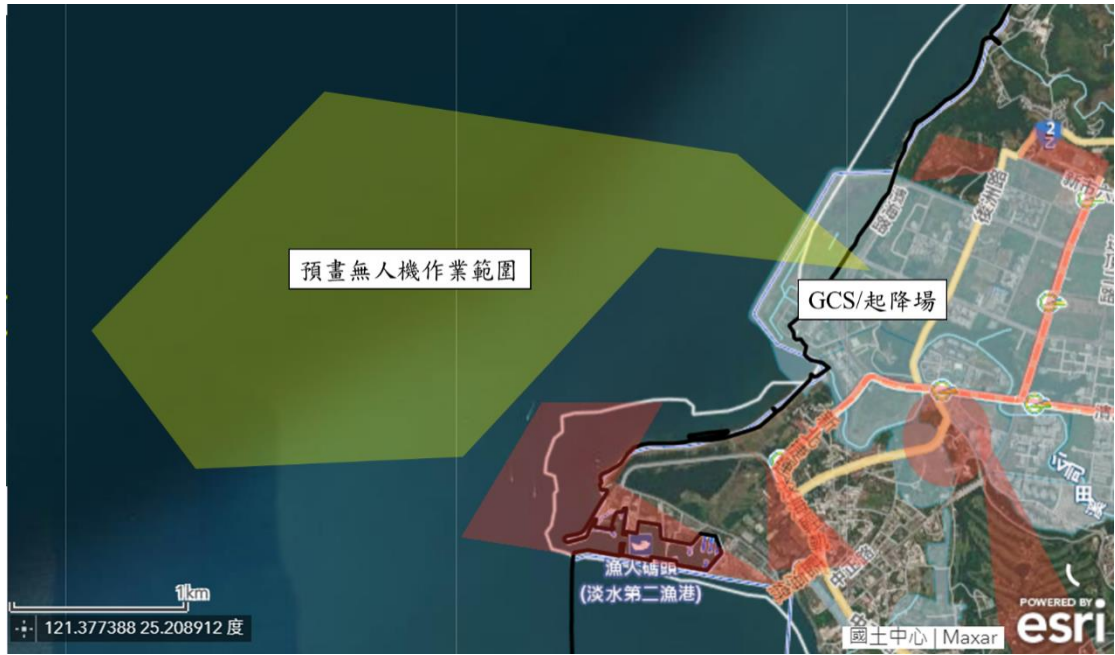


圖 3 事故機預畫作業範圍與限制區域（紅色部分）相關位置圖

### 3. 調查相關資訊收集

#### 3.1 殘骸檢查

由海巡艇運回之事故機殘骸如圖 4 所示，檢視較顯著之損壞情形如下，相關圖示詳分析章節：

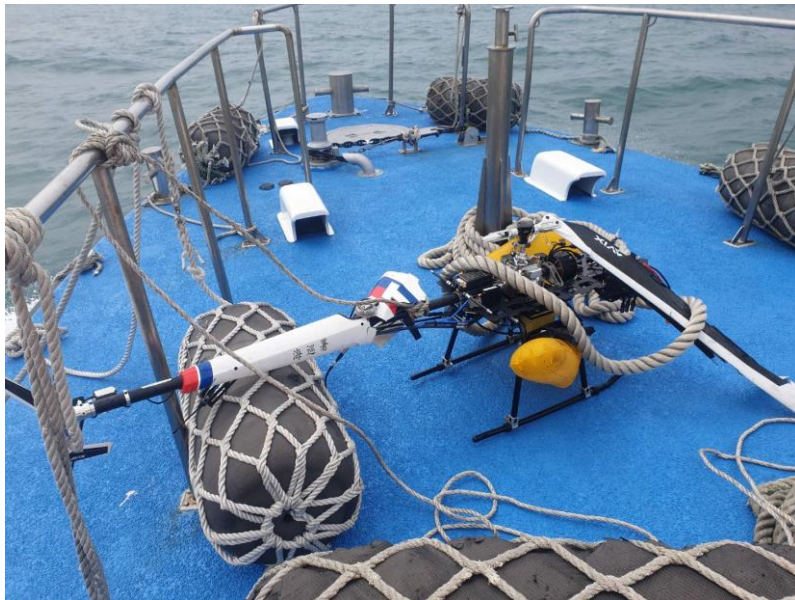


圖 4 事故機殘骸

- 主旋翼葉片 A 嚴重脫層損毀（圖 14）。
- 主旋翼葉片 B 外形完整但複材遭擊傷且脫層（圖 16）。
- 主旋翼轂上方圓盤破損（圖 12）。
- 主旋翼變矩連桿 A 下桿端軸承外環變形，且與球狀軸承脫離（圖 13）。
- 主旋翼變矩連桿 A 下桿端球狀軸承變形位移（圖 13）。
- 主旋翼變矩連桿 B 於上部桿身螺紋處斷裂（圖 17）。
- 整流罩破損（圖 18）。

### 3.2 事故機之主旋翼伺服器配置與檢查

該型機主旋翼三個伺服器為田屋製造，分別安裝於主旋翼齒輪箱之後（servo1）、左（servo2）及右方（servo3）如圖 5 所示，飛行控制電腦（flight control computer, FCC）輸出至伺服器之脈衝寬度調變（pulse-width modulation, PWM）信號波寬在約 1,500  $\mu\text{s}$ （微秒，相當  $10^{-6}$  秒）左右設定為中立點，理論最大值為 2,000  $\mu\text{s}$ ，最小為 1,000  $\mu\text{s}$ ，伺服器輸出軸會隨 PWM 增加作順時針旋轉、或隨 PWM 減少而逆時針旋轉，依事故型機之伺服器安裝位置，servo1 及 servo2 會隨 PWM 增加而下推擺臂，servo3 則為反向會隨 PWM 增加舉升擺臂，三個伺服器共同調整變向盤（swashplate）方向並使主旋翼變矩，以達成控制飛行姿態及高度之目的，其數據範圍及上下定義詳表 1。

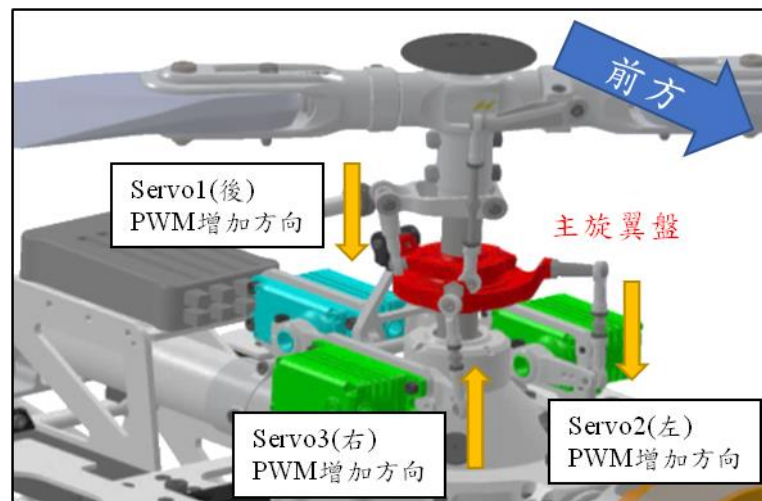


圖 5 該型機主旋翼伺服器配置

表 1 該機主旋翼伺服器動作與飛控 PWM 參數對照

		PWM 信號波寬 (微秒)				
		1,000	1,250	1,500	1,750	2,000
伺服器動作命令	Servo1 後	100%上	50%上	0%	50%下	100%下
	Servo2 左	100%上	50%上	0%	50%下	100%下
	Servo3 右	100%下	50%下	0%	50%上	100%上

依據該型機系統維保作業手冊，伺服器維護為每 150 飛時定期更換，事故機飛行時數共 121 小時 52 分鐘，尚未達汰換週期。本會委託田屋公司進行主旋翼三個伺服器之拆解及檢查，檢查項目包含機構件、齒輪組、電子設備及整體檢查，伺服器分解圖如圖 6 所示。檢查結果發現如下：

- 三個伺服器之電路板皆故障，上電後曾出現非指令作動現象或無動作；
- 左伺服器馬達輸出齒輪與第一級齒輪錯位，第一級齒輪明顯上抬且馬達略為下沉，如圖 7 所示，造成空轉的現象，但齒輪無異常磨損；
- 伺服器組件外觀及其他功能皆正常。

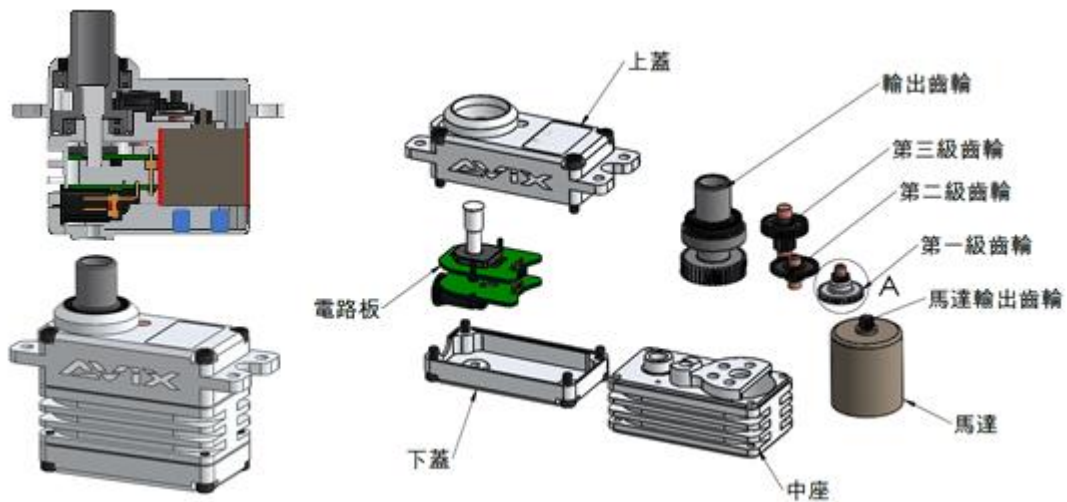


圖 6 伺服器分解圖

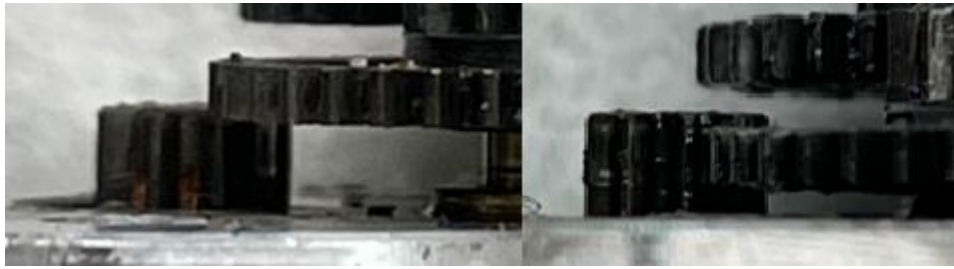


圖 7 左伺服器齒輪（圖左）及右伺服器齒輪（圖右）

### 3.3 飛航資料

該機 FCC 及 GCS 軟體皆具備飛航資料紀錄功能，任務執行中同時側錄 GCS 螢幕顯示畫面，紀錄該機雲台回傳影像及 GCS 顯示資料。保存之飛航資料自當日起飛前地面測試至墜落時地空通訊中斷為止，紀錄包含 GPS 時間、GPS 位置、姿態、三軸加速度、三軸角速度、高度、地速、控制模式、飛控輸出指令<sup>2</sup>、各伺服器 PWM 指令、馬達轉速（revolution per minute, RPM）、電池主電壓及主電流等逾 100 項參數，其中 GCS 紀錄更新頻率為 4 Hz，FCC 紀錄更新頻率為 10 Hz，相關紀錄摘要如下：

- 0830:46 時，GCS 畫面側錄開始記錄。
- 0833:40 時，GCS 開始記錄。
- 0851:06 時，GCS 紀錄顯示該機馬達啟動準備起飛，FCC 開始記錄。
- 0852:38 時，該機進入導航模式，開始爬升至離地 60 公尺預畫高度並沿預畫導航路線飛行，此期間高度均維持於 60 公尺，主旋翼轉速<sup>3</sup>約 1,100 RPM，地速約 11 公尺/秒，並依自動控制規劃於抵達每個航點（waypoint, WP）前減速，懸停後轉向新航點方位，再行加速至巡航速度往新航點前進。
- 0909:21 時，該機接近預畫任務之最後航點（WP5），地速 11 公尺/秒並開始減速，高度 59.9 公尺，姿態為俯角 1.3 度、左坡度 0.8 度，主旋翼轉速 1,092 RPM，飛控輸出指令為滾轉 339（右 6.7%）及俯仰 822（仰 16.4%），主旋翼控制伺服器 PWM 訊號分別為 1,419（Servo1）、1,491（Servo2）及 1,526（Servo3）。

---

<sup>2</sup> 包括滾轉控制 OutputAileron（左右）、俯仰控制 OutputElevator（俯仰）、主旋翼螺距控制 OutputPitch 及尾舵控制 OutputRudder（左右）參數，以 +/-5000 表示 +/-100%之命令極值。

<sup>3</sup> 依據原廠說明，該機主旋翼轉速、馬達轉速與馬達轉速紀錄參數換算為 1:6:60。

- 0909:40 時，該機影像傳輸畫面顯示攝影機雲台開始轉動，轉至可檢視無人機本體之角度，畫面中該機本體外觀正常，無明顯異物或損傷情形，此時地速 6 公尺/秒並持續減速，高度 59.9 公尺，姿態為仰角 1.5 度、左坡度 0.3 度，主旋翼轉速 1,087 RPM，飛控輸出指令為滾轉 909（右 18.2%）及俯仰 971（仰 19.4%），主旋翼控制伺服器 PWM 訊號分別為 1,406（Servo1）、1,474（Servo2）及 1,507（Servo3）。
- 0909:53.2 時，該機姿態開始向左滾轉，位置開始向左側滑，飛控開始發出右滾轉及最大主旋翼螺距修正指令，此時地速 1.9 公尺/秒，高度 60 公尺，姿態為仰角 2.5 度、右坡度 0.3 度，主旋翼轉速 1,091 RPM，飛控輸出指令為滾轉 351（右 7.0%）及俯仰 1,110（仰 22.2%），主旋翼控制伺服器 PWM 訊號分別為 1,392（Servo1）、1,491（Servo2）及 1,525（Servo3）。
- 0909:53.8 時，該機影像傳輸畫面凍結，影像傳輸中斷，此時地速 1.9 公尺/秒，高度 60 公尺，姿態為仰角 2.5 度、右坡度 0.3 度，主旋翼轉速 1,092 RPM，飛控輸出指令為滾轉 347（右 6.9%）及俯仰 1,051（仰 21.0%），主旋翼控制伺服器 PWM 訊號分別為 1,394（Servo1）、1,488（Servo2）及 1,529（Servo3）。
- 0909:54 時，該機進入 GPS 模式，飛控右滾轉修正指令持續增加，然該機持續向左加速側滑，此時該機地速 1.7 公尺/秒，高度 60 公尺，姿態為仰角 2.6 度、右坡度 0.2 度，主旋翼轉速 1,101 RPM，飛控輸出指令為滾轉 552（右 11.0%）及俯仰 1,043（仰 20.9%），主旋翼控制伺服器 PWM 訊號分別為 1,394（Servo1）、1,481（Servo2）及 1,523（Servo3）。
- 0909:55.4 時，該機持續向左側滑，飛控向右滾轉修正指令達到最大值，此時地速 1.4 公尺/秒，高度 59.7 公尺，姿態為俯角 1.2 度、左坡度 2.6 度，主旋翼轉速 1,105 RPM，飛控輸出指令為滾轉 5,000（右 100%）及俯仰-741（俯 14.8%），主旋翼控制伺服器 PWM 訊號分別為 1,418（Servo1）、1,184（Servo2）及 1,534（Servo3）。
- 0909:55.4 時至 0910:00.3 時，飛控維持輸出最大向右滾轉及最大主旋翼螺距修正指令至 3 個伺服器，該機持續向左側滑並降低高度，地速最高達 3.9 公尺/秒並開始遞減、高度最低達 56 公尺並開始回升、主旋翼轉速維持 1,100 RPM 上下、姿態由左坡度最大 13.2 度緩慢擺至右坡度 14.5 度，0909:59 時該機由 GPS 模式進入 RTL 模式約 0.6 秒後回到 GPS 模式。
- 0910:00.4 時，該機達到最大右坡度 18.6 度，停止向左側滑並開始向右側滑，飛控滾轉修正指令開始由向右最大值收回並改為向左修正，此時



地速 0.1 公尺/秒，高度 56.4 公尺，姿態為仰角 2.2 度、右坡度 18.6 度，主旋翼轉速 1,107 RPM，飛控輸出指令為滾轉 3,737（右 74.7%）及俯仰 28（仰 0.6%），主旋翼控制伺服器 PWM 訊號分別為 1,387（Servo1）、1,269（Servo2）及 1,529（Servo3）。

- 0910:01.3 時，該機再次進入 RTL 模式，此時該機向右側滑，地速 1.6 公尺/秒，高度 56.5 公尺，姿態為俯角 6.4 度、左坡度 6.7 度，主旋翼轉速 1,079 RPM，飛控輸出指令為滾轉 1,062（右 21.2%）及俯仰 73（仰 1.5%），主旋翼控制伺服器 PWM 訊號分別為 1,403（Servo1）、1,376（Servo2）及 1,595（Servo3）。
- 0910:00 時至 0910:05 時，該機姿態顯著變化且無法維持高度，飛控維持輸出最大向右滾轉及最大主旋翼螺距修正指令，地速最大達到 8.4 公尺/秒，高度由 57 公尺下降到 0.5 公尺、姿態由左坡度 6.9 度增加到 180 度（頭上腳下），並持續增加至右坡度 108 度（共滾轉 245.1 度），頭上腳下期間主旋翼轉速最大達 1,239 RPM。
- 0910:04.7 時 GCS 紀錄終止。
- 0910:06.6 時 FCC 紀錄終止，此時姿態左坡度 108 度、高度 0.5 公尺、地速 7.7 公尺/秒。

該機紀錄終止前 20 秒之飛航軌跡詳圖 8，飛航資料主要參數變化詳圖 9 及圖 10。

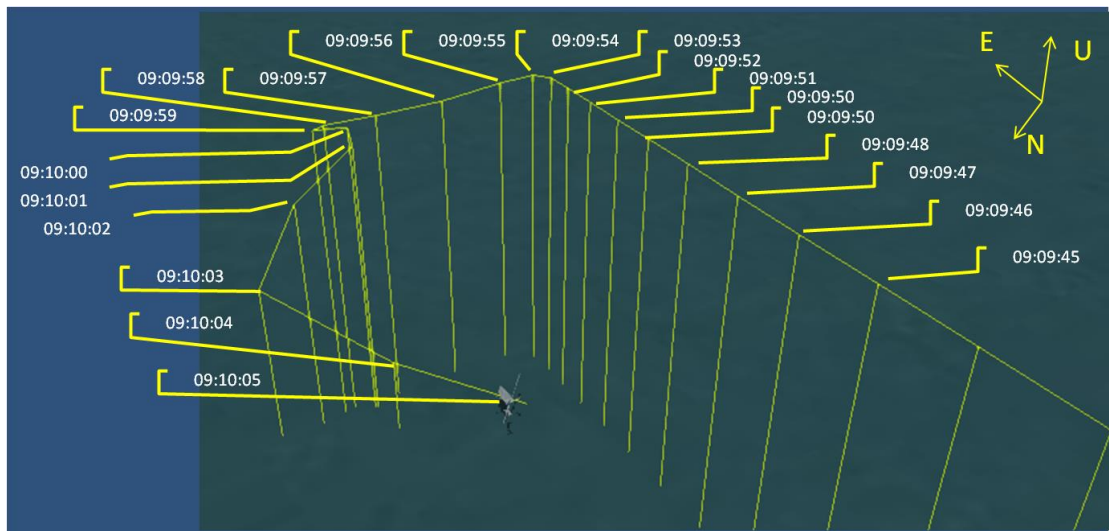


圖 8 該機資料停止紀錄前 20 秒飛航軌跡

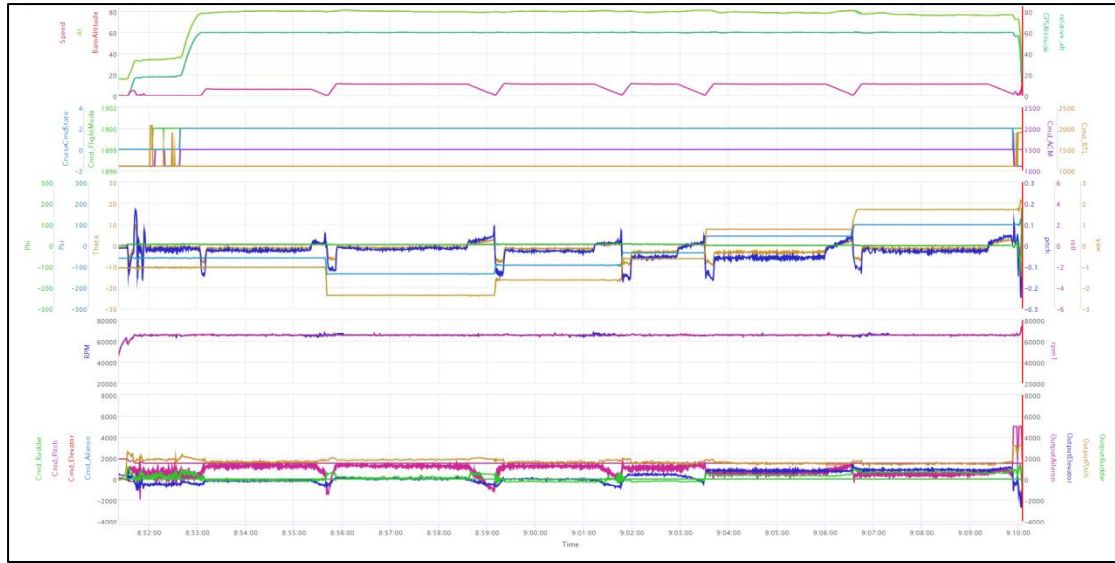


圖 9 該機主要參數變化 (起飛後至事故發生期間)

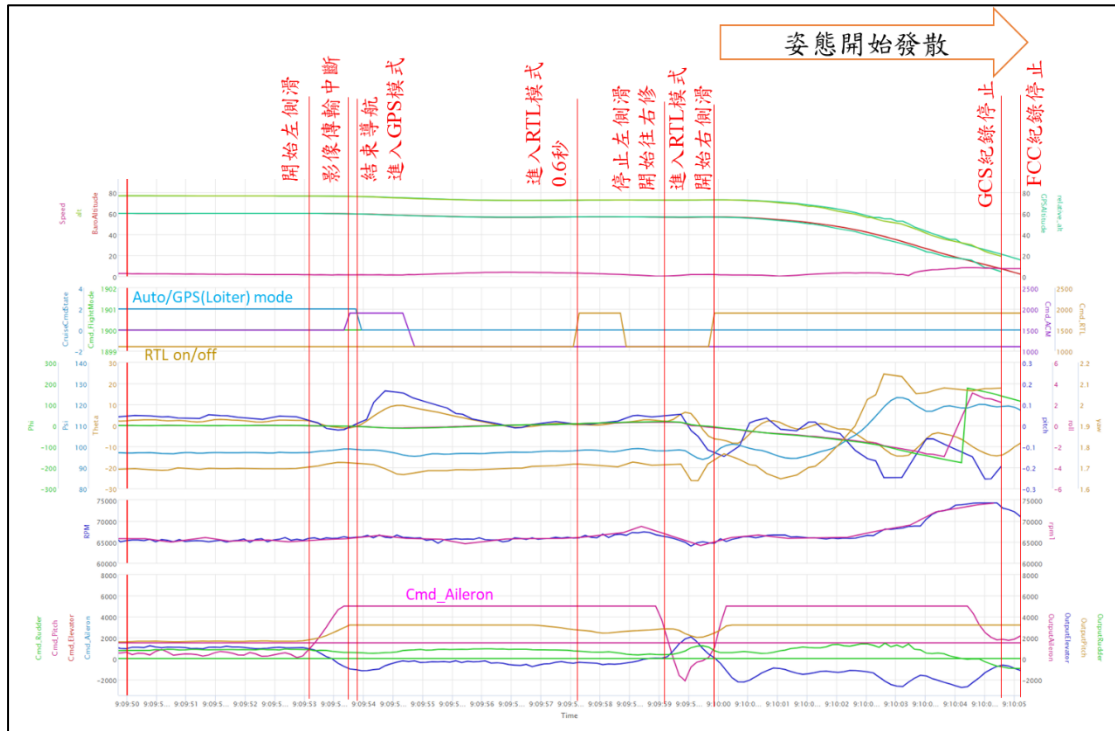


圖 10 該機主要參數變化 (事故發生期間)

### 3.4 小組長、觀測手、操控手及警戒手訪談摘要

受訪者表示事故當日執行沙崙至台北港間漁船翻覆案漁民協尋作業，於空勤總隊空偵機回松山機場加油的空檔，由近岸開始做偵搜，尋找失蹤漁民，規劃航程約 12 至 15 分鐘，實際飛行時間會超過預畫時間。抵達起降場地後之飛行前準備及檢查均正常，當時的天氣狀況為晴天，還可以看到海天交界處，聯絡管制官

後於 0851 時起飛，巡航速度約 11 公尺/秒，在回程途中發現空勤總隊空偵機出現，遂回報管制官，操作無人機返場，當該機離岸約 800 多公尺，距起降點 1 公里左右先關閉導航，原來想手動返航，後來切換到自動返航模式以縮短回航時間，但隨即於地面導控站發現該機側滾 180 度，高度由 60 公尺至最後的畫面顯示 4 公尺大約不到 3 秒。

## 分析：

事故機執行偵搜作業，自導航模式完成預畫航線進入 GPS 模式前，至切換自動返航模式後，持續發生左右擺盪現象，最終向左傾並落海。本事故發生在自動模式，無人為操作介入，因此與操控手之操作無關。該機於落海前之電力輸出及主旋翼轉速皆正常，顯示動力系統及傳動系統無異常。事故之分析包括：FCC 輸出指令、主旋翼組件破壞次序，以及主旋翼伺服器組件等分述如後。

### 1. 飛行控制電腦輸出指令

檢視該機 FCC 及 GCS 紀錄資料，該機起飛後至 0909:53 時之前皆維持正常航線飛行，然 0909:53.2 後左右姿態開始無法維持，期間飛控系統雖將左右滾轉控制修正指令加到最高，對應之主旋翼伺服器 PWM 信號輸出亦對應增加，尤以 Servo2（左伺服器）擺臂應向上推升至高點，然該機姿態並未隨之反應並以左坡度姿態開始朝左側滑，期間或因空氣動力效應逐漸改正為右坡度並降低左側滑速度，至停止左側滑後開始向右測滑時，飛控系統為穩定該機位置改為向左修正指令，該機於 1 秒內依指令迅速向左修正，然在該機姿態回復水平後未停止滾轉而持續向左傾斜，飛控系統向右輸出之修正指令及 PWM 輸出，並未反應在實際姿態上，終致滾轉姿態逾越該機可控制之範圍失控撞地。

依上述過程研判該機之左右滾轉控制遭遇不對稱失效，而無法有效執行向右滾轉指令，此期間該機俯仰及偏航姿態仍維持在飛控可控範圍內。以上顯示 FCC 依據該機姿態，輸出正確的 PWM 指令信號進行修正，但實際上該機未依指令執行動作。

### 2. 主旋翼組件破壞次序

依據 FCC 最後之飛控數據紀錄資料、事故機受損狀況及該型機主旋翼構型之機構運作模式，事故機於該次任務之自動返航模式狀況下，於時間<sup>4</sup>0910:05.68 時，為 FCC 最後記錄之最後一秒（10Hz），此 1 秒內參數所記錄之動態趨勢，GPS 高度自 28.4 公尺遞減至 13.9 公尺、氣壓高度自 13.9 公尺遞減至 0.5 公尺；機身姿態部分，縱軸滾轉角度自 172.5° 逆旋至 108°，橫軸先自 -10.3° 俯轉至 -14.5°

---

<sup>4</sup> 此處使用 FCC 所記錄之 GPS 同步時間。

後，仰轉至 $-8.5^{\circ}$ 後又微幅回至 $-9.2^{\circ}$ ；航向部分自 $119.2^{\circ}$ 朝東南轉自 $120.1^{\circ}$ 後，向東回至 $114.9^{\circ}$ ；馬達輸出換算之主旋翼轉速由 $1,237\text{ RPM}$ 微升至 $1,239\text{ RPM}$ 後降至 $1,164\text{ RPM}$ ；最後主旋翼攻角為最大正螺距。

依前述最後 FCC 所記錄之姿態，及組件受破壞程度，其破壞次序及損壞推估可能情境如下：

1. 主旋翼葉片 A 最先觸及水面，最後記錄姿態之呈現詳圖 11 所示；



圖 11 FCC 最後記錄事故機姿態

2. 主旋翼葉片 A 因突然劇增之水阻外力，使攻角超過機構設計，主旋翼葉片 A 之變矩角柄，被上推直至觸抵主旋翼轂上方圓盤，並造成接觸位置產生一剪力破壞，詳圖 12；

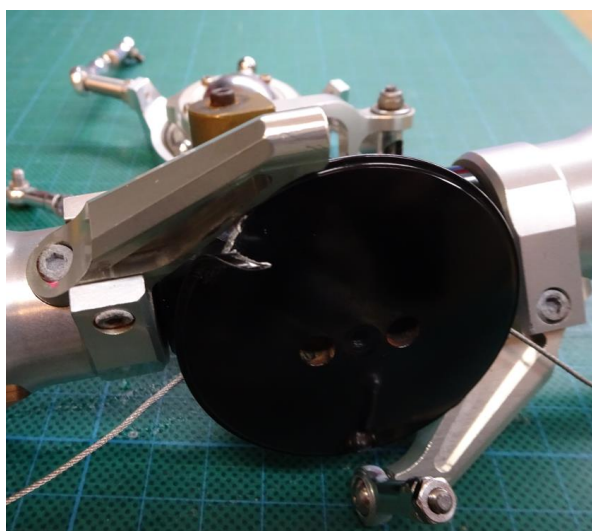


圖 12 變矩角柄抵觸主旋翼轂上方圓盤

3. 主旋翼葉片 A 變矩角柄牽引變矩連桿之上桿端軸承，因受外力之影響，該葉片過度增大攻角，直至超越主旋翼轂上方圓盤位置，造成主旋翼變矩連桿 A 下桿端軸承之內球狀軸承變形位移、外環產生塑性形變，且最後與內球狀軸承脫離，詳圖 13；

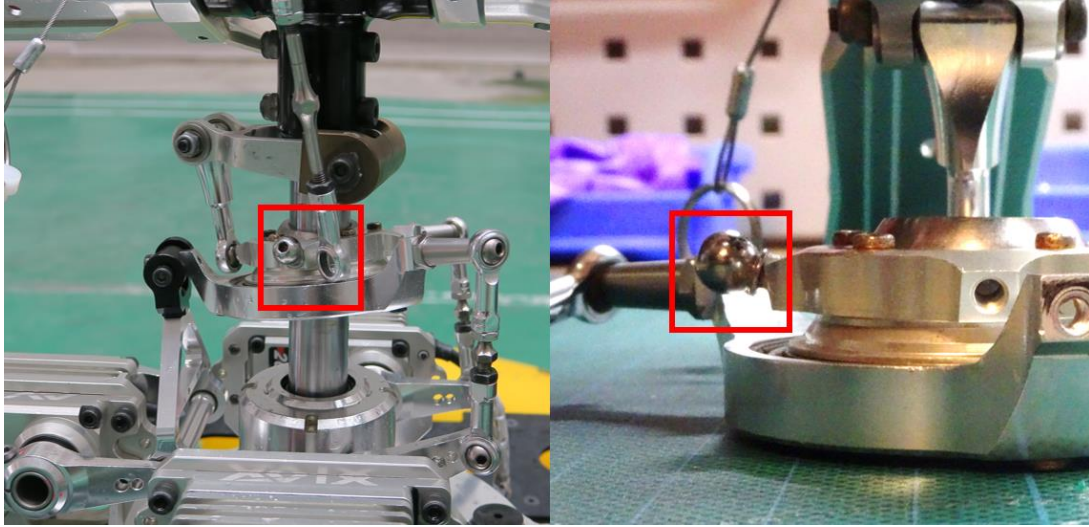


圖 13 下桿端軸承破壞失效

4. 主旋翼葉片 A 高速接觸水面後，水阻造成該葉片嚴重脫層損毀，詳圖 14，且使其塑料快拆插銷斷裂，斷裂之插銷桿身遺失，詳圖 15；



圖 14 主旋翼葉片 A 受損狀況

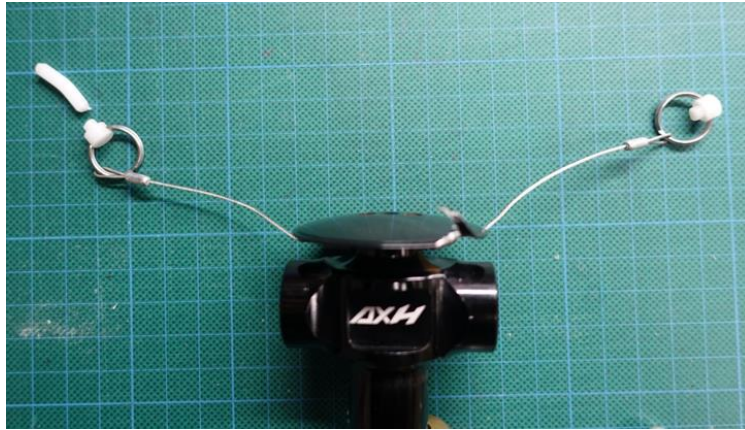


圖 15 快拆插銷受損狀況

5. 根據 FCC 紀錄資料顯示，最後主旋翼轉速為 1,164 RPM，故主旋翼葉片 B 約於 0.026 秒後會到達主旋翼葉片 A 觸水位置；
6. 主旋翼葉片 B 外形完整，但下葉面距葉根底部 11 公分處，發現平行且距迎風面 1 公分位置，有一長 9 公分，連接一 8 公分且垂直於背風面之 L 型工整裂痕，且該葉片幾乎全段背風面分離脫層，可能其入水切入角度與相對水阻方向夾角小，但其整體阻力仍足以使其塑料快拆插銷斷裂，詳圖 16；



圖 16 主旋翼葉片 B 受損狀況

7. 主旋翼 B 快拆插銷斷裂後，此時後掠之主旋翼葉片 B 因劇增水阻，與仍具有輸出轉動慣量的主承桿產生一扭矩，該力最終傳遞至安裝於主旋翼轂變矩角柄 B 及內轉動變向盤間之變矩連桿 B，最終自上部桿身螺紋處強制斷裂，詳圖 17，此連桿失效模式，符合結構分析<sup>5</sup>中所述之橫向受力破壞；

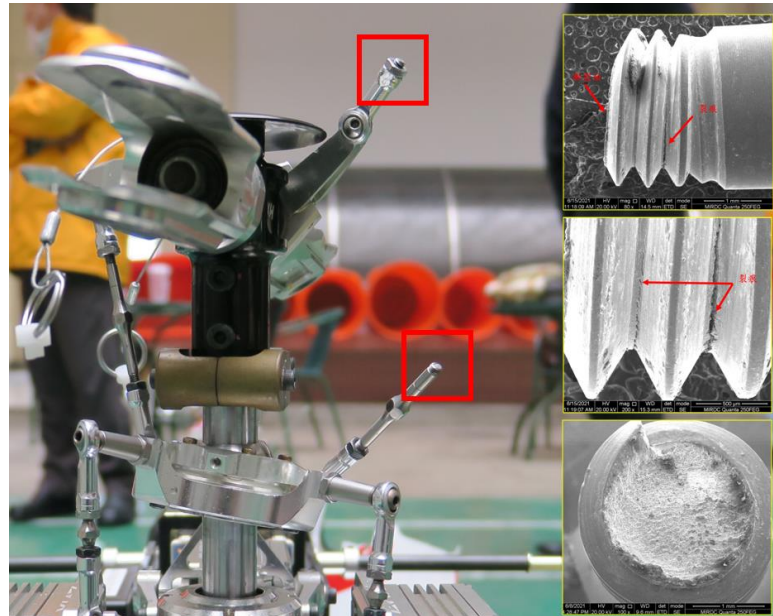


圖 17 變矩連桿 B 上部桿身螺紋處強制斷裂位置

8. 其他破壞：整流罩破損，詳圖 18。

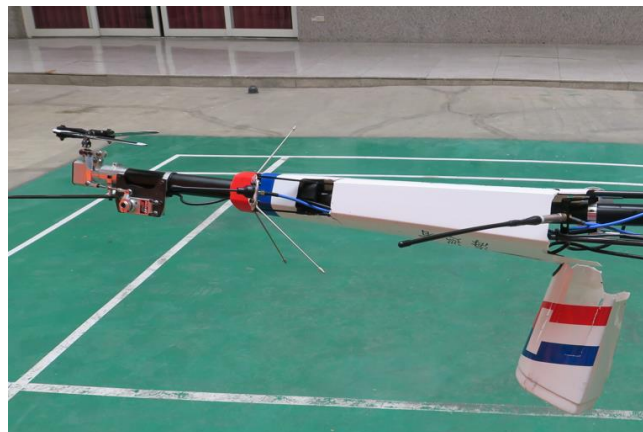


圖 18 整流罩破損

---

<sup>5</sup> 本會委託金屬工業研究發展中心進行主旋翼變矩連桿材料破壞分析。

以上分析顯示主旋翼組件毀損，係該機落海時撞擊海面所造成，兩件主旋翼變矩連桿失效，應非該機失控成因。

### 3. 主旋翼伺服器組件

主旋翼組件破壞次序分析顯示主旋翼組件毀損係該機落海造成，另由 FCC 輸出指令分析，FCC 輸出之 PWM 指令信號正常，該機之左右滾轉控制遭遇不對稱失效，而無法有效執行向右滾轉指令，而此期間該機俯仰及偏航姿態仍維持在 FCC 可控範圍內，顯示主旋翼後伺服器及尾旋翼伺服器功能正常，主旋翼左、右伺服器未能正常驅動變向盤。

主旋翼三個伺服器連結主旋翼變向盤之機構無毀損、馬達運作正常，故左、右伺服器之異常可能原因收斂至齒輪組或電系失效。

依據田屋檢測結果，右伺服器齒輪組無異常，左伺服器第一級齒輪明顯上抬且馬達略為下沉，有造成錯位的空轉現象。惟因伺服器拆解前未進行非破壞檢查確認其內部狀況；又因齒輪室內部齒輪組之機構限制，第一級齒輪得以上移之空間甚小；且各級齒輪齒峰亦無異常磨損，或曾發生不正常嚙合產生之碎屑，由以上 3 點研判左伺服器齒輪組失效之可能性不高。

關於主旋翼左、右伺服器電系，可能失效原因為高頻振動區域引發電系系統異常，其肇因涉及電子元件失效、線路通道阻斷，或導通介面訊號傳輸不良等。由於該機伺服器於事故發生當下，有可能處於通電狀況下落水，非純水環境造成內部電路系統短路的風險大幅提升，且入水後內部電系組件亦遭受海水污染。雖經處理後進行檢測，惟伺服器於重新上電後，曾出現非指令作動現象，故最終仍無法正常進入功能作動程序完成測試，以確認電系失效原因。

該型機之重要組件如 FCC 硬體，於出廠前會增加振動測試，以確保在高振動環境下能正常運作，但伺服器無此檢驗程序，建議田屋檢視伺服器之製造品質控管，以提升伺服器作動之可靠度。另該機之伺服器無馬達轉動信號回饋及儲存紀錄的設計，故未能得知 FCC 輸出之 PWM 指令信號，是否有效傳輸至伺服器馬達，以及伺服器馬達是否依指令正確作動，建議未來產品增加伺服器馬達轉動信號回饋及記錄功能，以監控伺服器之運作狀況。

#### 結論：

1. 本事故發生在自動模式，無人為操作介入，與操控手之操作無關。
2. 該機於落海前之電力輸出及主旋翼轉速皆正常，顯示動力系統及傳動系統無異常。事故機 FCC 依據該機姿態，有輸出正確的指令信號進行修正，且主旋翼組件毀損，係該機落海時撞擊海面所造成。
3. 事故可能原因為該機主旋翼左或右伺服器電系失效，致該機失控墜毀。



**運輸安全改善建議：**

**致田屋科技股份有限公司**

1. 檢視伺服器之製造品質控管，以提升伺服器作動之可靠度。（TTSB-ASR-22-05-001）
2. 評估於未來產品增加伺服器馬達轉動信號回饋及記錄功能，以監控伺服器之運作狀況。（TTSB-ASR-22-05-002）

**致交通部民用航空局**

1. 督導田屋公司檢視伺服器之製造品質控管，以提升伺服器作動之可靠度。（TTSB-ASR-22-05-003）
2. 督導田屋公司評估於未來產品增加伺服器馬達轉動信號回饋及記錄功能，以監控伺服器之運作狀況。（TTSB-ASR-22-05-004）

**已完成或進行之改善措施：**

田屋公司於民國 111 年 3 月 15 日提供有關本案之改善措施如下：

1. 關於伺服器之製造品質控管，已將振動測試納入伺服器出廠前的檢測品項之一，且採 100%全模式進行。
2. 關於增加伺服器馬達轉動信號回饋及記錄功能，目前已投入有回饋訊號伺服器的開發，應用在未來的機型。