



飛航安全調查委員會

航空器飛航事故

調查報告

中華民國 107 年 04 月 23 日

德安航空股份有限公司 DA 7012 班機

Viking Air DHC-6-400 型機

國籍標誌及登記號碼 B-55573

高雄機場 09 跑道落地時偏出跑道

報告編號：ASC-AOR-19-04-001

報告日期：民國 108 年 04 月

本頁空白

依據中華民國飛航事故調查法及國際民航公約第13號附

約，本調查報告僅供改善飛航安全之用。

中華民國飛航事故調查法第5條：

飛安會對於飛航事故之調查，旨在避免類似飛航事故之再發生，不以處分或追究責任為目的。

國際民航公約第13號附約第3章第3.1節規定：

The sole objective of the investigation of an accident or incident shall be the prevention of accidents and incidents. It is not the purpose of this activity to apportion blame or liability.

摘要報告

民國 107 年 4 月 23 日，德安航空股份有限公司（以下簡稱德安航空）定期載客班機 DA 7012，機型 Viking Air DHC-6-400，國籍標誌及登記號碼 B-55573，於 1658 時自七美機場起飛，執行飛往高雄國際機場（以下簡稱高雄機場）之載客任務。機上載有正駕駛員、副駕駛員各 1 人及乘客 15 人，共計 17 人。1722 時該機於高雄國際機場 09 跑道落地，滾行過程中偏出跑道，最後機頭以與落地相反之航向停止於跑道左側草皮上，航空器無遭受實質損害，人員均安。

依據中華民國飛航事故調查法及國際民航公約第 13 號附約相關內容，飛安會為負責本次飛航事故調查之獨立機關。受邀參與本次調查之機關（構）包括：加拿大運輸安全委員會、Viking Air 飛機公司、交通部民用航空局及德安航空股份有限公司。

本事故「調查報告草案」於民國 107 年 12 月完成，依程序於民國 107 年 12 月 25 日經飛安會第 74 次委員會議初審修正後函送相關機關（構）提供意見。經彙整相關意見後，調查報告於民國 108 年 3 月 26 日經飛安會第 77 次委員會議審議通過後，於民國 108 年 4 月 19 日發布調查報告。

本事故調查經綜合事實資料及分析結果，獲得之調查發現共計 17 項，改善建議共計 7 項，如下所述。

壹、調查發現

與可能肇因有關之調查發現

1. 事故機於右側風情況下進場落地，正駕駛員於著陸後意圖修正偏側期間，誤用鼻輪轉向手柄操作鼻輪向左，致該機以約 35 度夾角偏出跑道，航向左轉約 180 度後停止於草地上。

與風險有關之調查發現

1. 本次事故當時，航空業界尚無 DHC-6-400 型機 Level D 等級模擬機，德安航空僅能以實機進行術科訓練與考驗。惟實機訓練無法模擬飛航過程中之各種情境與天氣條件，亦具有較高之風險，不利飛航組員反覆練習，因此較難以有效落實相關術科訓練與考驗。
2. 德安航空相關手冊未律定航機於落地滾行階段發生偏側時，監控駕駛員之標準呼叫方式，飛航組員係依各自習慣呼叫，可能影響彼此間相互提醒與訊息傳達之精確度與有效性。
3. 德安航空相關手冊無「鼻輪轉向」使用之具體時機或速度限制，以致飛航組員間之做法與看法不一，不利機隊標準化操作之建立。
4. 有關落地後是否應使用不對稱推力輔助方向控制，德安航空 DHC-6-400 機隊係於本次事故後始頒布統一政策，於此之前，機隊主管、教師駕駛員、檢定駕駛員及飛航組員間之意見分歧。
5. 本事故正駕駛員於事故當日已累積 8 架次飛航任務並執行所有起降操作、飛航執勤期間超過 10 小時、以及須全程使用手動操作航機等複合式原因，使其事故時可能因當日累積之工作負荷，而處於身體或心理表現能力衰退的狀態，進而削弱其警覺力及安全執行任務的能力。
6. 德安航空之飛航駕駛員排班雖然符合民航法規，惟經疲勞生物數學模式分析顯示東部航線單日 12 架次飛航任務可能存在高度疲勞風險；單日 10 架次飛航任務可能存在中高度疲勞風險；西部航線單日 8 架次飛航任務則可能存在中度疲勞風險。
7. 德安航空 DHC-6-400 機隊事故近 1 年存在飛航組員短缺的情形，尤以正駕駛員短缺情況更為顯著，可能影響飛航組員班表中出現高疲勞風險之排班型態。

8. 德安航空所採購之 DHC-6-400 型機駕駛艙缺乏有效空調設施情況下，易使駕駛員處於悶熱之駕駛艙環境，可能造成飛航組員不適、心情浮躁與疲勞。
9. 德安航空未能充分整合其航務自我督察作業於安全管理手冊中，航務自我督察內容係分散於航務手冊與安全管理手冊中，不利自我督察作業之推動與檢視。
10. 德安航空安全管理手冊中之航務自我督察計畫係將飛航組員平時飛行考驗作為自我督察方式之一，惟飛行考驗乃飛航組員為維持其飛行資格之必要作業，屬於飛航組員訓練管理業務，非屬自我督察作業。

其他調查發現

1. 事故航班飛航組員持有民航局頒發之有效航空人員檢定證與體檢證，飛航資格符合民航局與德安航空要求。無證據顯示於事故中，有足以影響飛航組員操作表現之藥物與酒精因素。
2. 正駕駛員約於事故前 1 個月完成正駕駛員升等暨 DHC-6-400 機種轉換訓練與考驗，事故當時累計 DHC-6-400 型機飛行時數為 204 小時 8 分，訓練紀錄中無與「落地後方向控制」或「鼻輪轉向使用」等與本案有關之異常發現。
3. 事故當時高雄機場之風向為右側風，風速約介於 10 至 19 浬/時，天氣狀況符合該型機進場落地相關限制。
4. 事故機落地前，鼻輪應係位於置中位置，排除落地滾行期間因鼻輪轉向系統故障而發生偏側之可能性。
5. 事故航班於高雄機場落地滾行期間，鼻輪轉向系統及航機液壓系統功能均無異常。

6. 事故機於落地過程中左右發動機輸出扭力之差異及事故後試車結果，左側發動機氣體產生器慢車轉速低於手冊標準 1%，應不影響航空器的正常操控，亦非造成航向大幅改變之因素。

貳、改善建議

致德安航空股份有限公司

1. 完備 DHC-6-400 機隊飛航相關手冊內容，例如訂定落地滾行階段航機發生偏側時之標準呼叫方式、鼻輪轉向使用具體時機或速度限制…等，藉以建立標準化操作程序與方法，並要求全體組員進行複訓並共同遵守，以提升 DHC-6-400 機隊操作之安全性。
(ASC-ASR-19-04-001)
2. 儘速完成 DHC-6-400 型機 Level D 等級模擬機之訓練規劃，以強化所屬飛航組員之側風落地操作訓練與考驗。(ASC-ASR-19-04-002)
3. 檢視並改善 DHC-6-400 機隊飛航組員短缺之狀況與駕駛艙環境，並應識別飛航組員高疲勞風險派遣類型，據以訂定排班規則或強化疲勞管理機制以降低疲勞危害。(ASC-ASR-19-04-003)
4. 參考民航通告 F120-59A「Air Carrier Internal Evaluation Programs」，重新檢視、強化與整合各作業單位之自我督察計畫。(ASC-ASR-19-04-004)

致交通部民用航空局

1. 督導德安航空完備 DHC-6-400 機隊飛航相關手冊內容，建立標準化操作程序與方法，並要求全體組員進行複訓並共同遵守，以提升該 DHC-6-400 隊操作之安全性。(ASC-ASR-19-04-005)

2. 督導德安航空公司儘速完成 DHC-6-400 型機 Level D 等級模擬機之訓練規劃，以強化所屬飛航組員之側風落地操作訓練與考驗。
(ASC-ASR-19-04-006)
3. 督導並協助德安航空評估飛航組員駕駛艙空調環境、每日起降次數與飛時、飛航組員人力管理及自我督察作業。(ASC-ASR-19-04-007)

本頁空白

目錄

目錄	i
表目錄	iv
圖目錄	v
英文縮寫對照簡表.....	i
第 1 章 事實資料	2
1.1 飛航經過.....	2
1.2 人員傷害.....	3
1.3 航空器損害.....	3
1.4 其他損害情況.....	3
1.5 人員資料.....	4
1.5.1 駕駛員經歷	4
1.5.1.1 正駕駛員	5
1.5.1.2 副駕駛員	6
1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動	6
1.5.2.1 正駕駛員	7
1.5.2.2 副駕駛員	8
1.6 航空器資料.....	8
1.6.1 航空器與發動機基本資料	8
1.6.2 維修資訊	10
1.6.3 載重與平衡	10
1.6.4 發動機操控系統	11
1.6.5 液壓系統概述	14
1.7 天氣資料.....	15
1.7.1 天氣概述	15
1.7.2 地面天氣觀測	17
1.8 助、導航設施.....	18
1.9 通信	18
1.10 場站資料.....	18

1.11	飛航紀錄器.....	18
1.11.1	座艙語音紀錄器.....	18
1.11.2	飛航資料紀錄器.....	19
1.11.3	跑道監控錄影與其他目擊影像.....	26
1.12	航空器殘骸與撞擊資料.....	32
1.12.1	航空器撞擊資料.....	32
1.12.2	現場量測資料.....	34
1.13	醫療與病理.....	37
1.14	火災.....	37
1.15	生還因素.....	37
1.16	測試與研究.....	37
1.16.1	發動機動力測試.....	37
1.16.2	事故機 FDR 風速紀錄測試.....	39
1.16.3	鼻輪轉向操作及 CVR 音頻分析.....	40
1.16.4	疲勞生物數學模式分析.....	43
1.17	組織與管理.....	46
1.17.1	德安航空航務處.....	46
1.17.2	德安航空 DHC-6-400 機隊.....	47
1.17.3	技術研討會.....	48
1.17.4	安全通告.....	49
1.17.5	自我督察作業.....	50
1.18	其他資料.....	53
1.18.1	飛航操作相關手冊內容.....	53
1.18.1.1	DHC-6-400 型機飛機操作手冊.....	53
1.18.1.2	DHC-6-400 型機飛行員操作手冊及飛航手冊.....	56
1.18.1.3	德安航空航務手冊.....	58
1.18.2	訪談摘要.....	59
1.18.2.1	正駕駛員.....	59
1.18.2.2	副駕駛員.....	64
1.18.2.3	德安航空航務處長.....	67

1.18.2.4	德安航空 DHC-6-400 機隊總機師	68
1.18.2.5	德安航空 DHC-6-400 機隊檢定駕駛員	71
1.18.2.6	德安航空 DHC-6-400 機隊教師駕駛員	72
第 2 章	分析	74
2.1	概述	74
2.2	維修分析	74
2.2.1	鼻輪轉向系統之操作	74
2.2.2	發動機慢車轉速低於標準值之影響	75
2.3	飛航操作	76
2.3.1	天氣狀況	76
2.3.2	落地前鼻輪狀況	76
2.3.3	落地操作	77
2.3.4	駕駛艙環境	78
2.3.5	工作負荷	79
2.4	組織與管理	79
2.4.1	德安飛航組員訓練	80
2.4.2	德安手冊內容	80
2.4.3	DHC-6 機隊排班與人力	81
2.5	自我督察	84
第 3 章	結論	85
3.1	與可能肇因有關之調查發現	86
3.2	與風險有關之調查發現	86
3.3	其他調查發現	87
第 4 章	改善建議	89
4.1	改善建議	89
附錄 1	德安航空 DHC-6-400 機隊通告	94

表目錄

表 1.5-1 飛航組員基本資料表	4
表 1.6-1 航空器基本資料表	8
表 1.6-2 發動機基本資料表	9
表 1.6-3 載重及平衡相關資料表	10
表 1.11-1 DA-7012 事件序列表	27
表 1.12-1 事故現場量測項目表	37
表 1.16-1 事故機風速資料比較	39
表 1.17-1 DHC-6-400 機隊人數與派遣統計表	48
表 1.18-1 德安航空落地後標準呼叫內容	55

圖目錄

圖 1.1-1 事故機落地滾行軌跡	3
圖 1.6-1 螺旋槳葉片角度變矩範圍示意圖	12
圖 1.6-2 發動機指示面板顯示藍色 Beta 指示	13
圖 1.6-3 操作動力手柄進入反推力模式示意圖	13
圖 1.6-4 液壓系統流路示意圖	14
圖 1.7-1 1400 時亞洲地面天氣分析圖	15
圖 1.7-2 1720 時紅外線衛星雲圖	16
圖 1.7-3 1720 時都卜勒氣象雷達回波圖	16
圖 1.7-4 高雄機場 AWOS 瞬時風向風速	17
圖 1.11-1 事故航班飛航參數繪圖	24
圖 1.11-2 進場期間飛航參數繪圖	24
圖 1.11-3 事故發生期間飛航參數繪圖	25
圖 1.11-4 事故機飛航軌跡	25
圖 1.11-5 事故當時各影像來源所在位置與拍攝角度	28
圖 1.11-6 事故機右輪觸地影像	28
圖 1.11-7 事故機通過 B 滑行道影像	28
圖 1.11-8 事故機脫離行車紀錄器前影像	29
圖 1.11-9 事故機於跑道中心線右側照片	29

圖 1.11-10 事故機於跑道中心線照片	30
圖 1.11-11 事故機於跑道中心線左側照片	30
圖 1.11-12 事故機鼻輪進入草地照片	31
圖 1.11-13 事故機航向與跑道方向垂直照片	31
圖 1.11-14 事故機停止照片	32
圖 1.12-1 事故後上下扭力臂插銷拆除圖示	33
圖 1.12-2 事故後鼻輪轉向手柄位置	34
圖 1.12-3 事故機偏出跑道後現場及胎痕分布圖	35
圖 1.12-4 量測成果、事故機位置與 CVR 抄件套疊圖	36
圖 1.16-1 事故發生期間發動機扭力及發動機氣體產生器轉速變化	38
圖 1.16-2 鼻輪轉向手柄位置示意	40
圖 1.16-3 事故機地面測試音頻分析結果	41
圖 1.17-1 德安航空航務處組織圖	46
圖 1.17-2 航務處自我督察檢查表	51
圖 1.17-3 航務處離島航線風險評估/駕駛艙航路檢查表	52
圖 1.17-4 德安航空航務處安全管理作業項目	53
圖 1.18-1 德安航空 DHC-6-400 型機落地限制	58
圖 1.18-2 德安航空 DHC-6-400 型機東部航線落地限制	59
圖 2.5-1 事故近 1 年 DHC-6-400 機隊飛航駕駛員人數變化圖	83

圖 2.5-2 事故近 1 年 DHC-6-400 機隊正/副駕駛員人數比變化圖.....83

英文縮寫對照簡表

AFM	airplane flight manual	飛航手冊
AOM	aircraft operation manual	飛機操作手冊
AWOS	automated weather observation system	自動氣象觀測系統
CVR	cockpit voice recorder	座艙語音紀錄器
FDR	flight data recorder	飛航資料紀錄器
FAA	Federal Aviation Administration	美國聯邦航空總署
GPWS	ground proximity warning system	近地警告系統
ICAO	International Civil Aviation Organization	國際民航組織
PAPI	precision approach path indicator	精確進場滑降指示燈
PF	pilot flying	操控駕駛員
PM	pilot monitoring	監控駕駛員
POH	pilot operating handbook	飛行員操作手冊
SAFE	system for aircrew fatigue evaluation predictive	飛航組員疲勞評估模組
TSB	Transportation Safety Board of Canada	加拿大運輸安全委員會
V_{APP}	approach speed	進場速度
V_{REF}	landing reference speed	落地參考速度
V_{TGT}	target speed	目標速度

第 1 章 事實資料

1.1 飛航經過

民國 107 年 4 月 23 日，德安航空股份有限公司（以下簡稱德安航空）定期載客班機 DA 7012，機型 Viking Air DHC-6-400，國籍標誌及登記號碼 B-55573，於 1658 時¹自七美機場起飛，執行飛往高雄國際機場（以下簡稱高雄機場）之載客任務。機上載有正駕駛員、副駕駛員各 1 人及乘客 15 人，共計 17 人。正駕駛員坐於駕駛艙左座擔任操控駕駛員（pilot flying, PF），副駕駛員坐於駕駛艙右座擔任監控駕駛員（pilot monitoring, PM）。

該機起飛後保持 4,000 呎巡航高度朝東南方向飛行，到場時飛航組員先依照高雄機場 SIGANG ONE KILO ARR (SN1K) 儀器進場程序飛行，後於 1715 時獲高雄近場管制臺許可執行高雄機場 09 跑道目視進場；高雄機場管制臺於 1719:20 時告知，機場使用 09 跑道，風向 180 度、風速 12 浬/時，許可該機落地。

該機落地使用 20 度襟翼，落地參考速度(landing reference speed, V_{REF})為 75 浬/時，進場速度 (approach speed, V_{APP}) 為 80 浬/時；飛航組員於 1720 時執行最後進場檢查程序 (final checklist)，副駕駛員曾唸出“nose wheel steering”，正駕駛員曾回覆“centered and locked”。副駕駛員約於 1721:46 時，該機下降通過 200 呎高度後，呼叫「右側十七尾風二」，告知正駕駛員儀表顯示之風向/風速資訊。

根據飛航資料及現場量測結果，1722:10 時，該機於高雄機場 09 跑道落地，著陸點距 09 跑道頭約 1,360 呎。該著陸點位於著陸點標線 (aiming point marking) 前，由右主輪先行著陸，隨即右機翼揚起。該機於跑道上遺留之胎痕起始於距離 09 跑道頭 1,675 呎處，位於跑道中心線右側 5 呎。減

¹ 除非特別註記，本報告所列時間皆為臺北時間 (UTC+8 小時)，並以飛航資料紀錄器之時間為基準。不同時間系統之同步方式詳見本報告 1.11.2 節。

速滾行過程通過 B 滑行道時，胎痕開始與跑道中心線呈約 5 度夾角偏向跑道右側，隨後於距離 09 跑道頭約 2,100 呎處轉為左偏，跨越中心線後於距離 09 跑道頭約 2,500 呎處以約 35 度夾角向左偏出跑道邊線，最終停止於距離 09 跑道頭約 2,630 呎，距離跑道邊線約 180 呎之草地上，機頭朝向 276 度方位，與進場落地方向相反。人員未受傷，航機右主輪輪胎與輪轂脫離，事故機落地滾行軌跡如圖 1.1-1 所示。



圖 1.1-1 事故機落地滾行軌跡

1.2 人員傷害

本事故無人員傷亡。

1.3 航空器損害

航空器無實質損害。

1.4 其他損害情況

無其他損害。

1.5 人員資料

1.5.1 駕駛員經歷

飛航組員基本資料如表 1.5-1。

表 1.5-1 飛航組員基本資料表

項 目	正 駕 駛 員	副 駕 駛 員
性 別	男	男
事 故 時 年 齡	56	43
進 入 公 司 日 期	民國 101 年 3 月	民國 105 年 1 月
航 空 人 員 類 別	飛機民航運輸駕駛員	飛機商用駕駛員
檢 定 項 目	DHC-6-400	DHC-6-400, B-777
發 證 日 期	民國 107 年 1 月 17 日	民國 105 年 9 月 12 日
終 止 日 期	民國 111 年 10 月 28 日	民國 110 年 9 月 11 日
體 格 檢 查 種 類	甲類駕駛員	甲類駕駛員
終 止 日 期	民國 107 年 8 月 31 日	民國 107 年 7 月 31 日
總 飛 航 時 間 ²	5,564 小時 3 分	1,365 小時 25 分
事 故 型 機 飛 航 時 間	204 小時 8 分	819 小時 25 分
最 近 12 個 月 飛 航 時 間	300 小時 53 分	517 小時 00 分
最 近 90 日 內 飛 航 時 間	172 小時 11 分	151 小時 13 分
最 近 30 日 內 飛 航 時 間	75 小時 2 分	69 小時 28 分
最 近 7 日 內 飛 航 時 間	18 小時 30 分	29 小時 25 分
事 故 前 24 小 時 飛 航 時 間	6 小時 32 分	6 小時 32 分
派 飛 事 故 首 次 任 務 前 之 休 息 期 間 ³	14 小時 10 分	14 小時 10 分

² 本表所列之飛航時間，均包含事故航班之飛行時間，計算至事故發生當時（1722 時）為止。

³ 休息期間係指符合航空器飛航作業管理規則定義，「組員在地面毫無任何工作責任之時間」。

1.5.1.1 正駕駛員

正駕駛員為中華民國籍，曾為軍事飛行員，於民國 101 年 3 月進入德安航空，同年 5 月通過給證考試取得我國飛機商用駕駛員執照，同年 6 月完成航路考驗，開始擔任 Dornier DO-228 型機副駕駛員。事故當時持有中華民國飛機民航運輸駕駛員檢定證，檢定項目欄內之註記為：「飛機，陸上，多發動機 *Aeroplane, Land, Multi-Engine*，儀器飛航 *Instrument Rating DHC-6-400*，具有於航空器上無線電通信技能及權限 *Privileges for operation of radiotelephone on board an aircraft*」，限制欄內之註記為：「空白 *NIL*」，特定說明事項欄內之註記為：「空白 *NIL*」。

民國 103 年 12 月，因於升等 DO-228 型機正駕駛員訓練過程中發生落地時未放起落架導致航機以機腹著陸之飛航事故，曾短暫離開德安航空，後於民國 104 年 2 月回任 DO-228 型機副駕駛員。

民國 106 年 9 月，正駕駛員通過德安航空升訓口試評鑑，並於同年 10 月取得我國飛機民航運輸駕駛員執照。完成德安航空升訓資格審查後，開始接受（非本機型）副駕駛員升等 DHC-6-400 型機正駕駛員訓練。依序完成學科訓練、飛行術科訓練與考驗後，於民國 107 年 3 月 28 日通過航路考驗之檢定，開始擔任 DHC-6-400 型機正駕駛員，於西部航線飛行⁴。事故前最近一次年度複訓於民國 106 年 6 月 3 日開始，並於同年 8 月 2 日完成年度考驗，檢定結果為：「*passed*」。個人訓練與考驗紀錄經檢視後，無與「落地後方向控制」、「鼻輪轉向使用」或其他與本案有關之異常發現。

正駕駛員體格檢查種類為甲類駕駛員，上次體檢日期為民國 107 年 2 月 12 日，體檢及格證限制欄內之註記為：「視力需戴眼鏡矯正 *Holder shall wear corrective lenses for near vision.*」。事故後於高雄機場航務組執行之酒

⁴ 德安航空航務手冊第 15.6.9 節規定：正駕駛員完訓後於面臨第一次離島東北季風時，應由教師駕駛員陪飛，由檢定駕駛員考驗合格簽註後，始得擔任該航段機長（*pilot-in-command, PIC*）。另第 19.3.6 節規定：完訓之正駕駛員在面臨第一次離島東北季風時，需由教師駕駛員陪飛西線 10~20 航段、東線 20~40 航段後，由檢定駕駛員考驗合格後始可派飛。

精測試結果：酒精值為零。

1.5.1.2 副駕駛員

副駕駛員為中華民國籍，曾任職航空公司機務人員，自行赴美學飛取得商用駕駛員執照（CPL）後，於民國 105 年 1 月進入德安航空。持有中華民國飛機商用駕駛員檢定證，檢定項目欄內之註記為：「飛機，陸上，多發動機 *Aeroplane, Land, Multi-Engine*, 儀器飛航 *Instrument Aeroplane DHC-6-400, B-777* 具有於航空器上無線電通信技能及權限 *Privileges for operation of radiotelephone on board an aircraft*」，限制欄內之註記為：「*DHC-6-400 F/O; B-777 F/O*」，特定說明事項欄內註記為：「*無線電溝通英語專業能力(Y-M-D) English Proficient; ICAO L5 Expiry 2018-05-17*」。

副駕駛員於國內完成學科訓練後，於民國 105 年 7 月赴加拿大 Pacific Sky Aviation Inc 接受 DHC-6-400 型機飛行術科訓練，返國後於同年 9 月開始接受本場訓練與航路訓練，並於同年 12 月 24 日通過航路考驗之檢定，開始擔任該型機副駕駛員。事故前最近一次年度複訓於民國 107 年 1 月 4 日開始，並於同年 3 月 20 日完成年度考驗，檢定結果為：「*PASS*」。個人訓練與考驗紀錄經檢視後，無異常發現。

副駕駛員體格檢查種類為甲類駕駛員，上次體檢日期為民國 107 年 1 月 15 日，體檢及格證限制欄內註記為：「*NONE*」。事故後於高雄機場航務組執行之酒精測試結果：酒精值為零。

1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動

本節係摘錄自駕駛員於事故後填答之「事故前睡眠及活動紀錄」問卷，內容涵蓋「睡眠」、「睡眠品質」、「工作」、「私人活動」及「疲勞自我評估表」...等部分，所列時間皆為臺北時間。

其中「睡眠」係指所有睡眠型態，如：長時間連續之睡眠、小睡（*nap*）、飛機上輪休之睡眠等。填答者須於「疲勞自我評估表」中圈選最能代表事

故時精神狀態之敘述，其選項如下，另可自行描述事故時之疲勞程度。

1.	警覺力處於最佳狀態；完全清醒的；感覺活力充沛
2.	精神狀態雖非最佳，然仍相當良好，對外界刺激能迅速反應
3.	精神狀況不錯，還算正常，足以應付任務
4.	精神狀況稍差，有點感到疲累
5.	有相當程度的疲累感，警覺力有些鬆懈
6.	非常疲累，注意力已不易集中
7.	極度疲累，無法有效率地執行工作，快要睡著

1.5.2.1 正駕駛員

4月20日：參加德安航空飛安促進會後，搭乘1921時之火車由臺東返回高雄，約於2230時返抵公司宿舍，2250時就寢。

4月21日：0600時起床，0700時於高雄機場報到後執行8架次飛航任務，1644時返抵高雄機場，2130時就寢。

4月22日：0800時起床，0950時於高雄機場報到後執行6架次飛航任務，1710時返抵高雄機場，2100時就寢。

4月23日：0600時起床，0720時於高雄機場報到後執行8架次飛航任務。上午執行4架次並返抵高雄機場，因天氣因素，下午原訂1310時起飛之任務延誤至約1400時起飛。當日最後一架次係由七美機場飛往高雄機場，約於1722時落地後偏出跑道，發生本事故。

事故後，正駕駛員圈選最能代表事故當時精神狀態之敘述為：「2. 精神狀態雖非最佳，然仍相當良好，對外界刺激能迅速反應。」；正駕駛員自行描述事故當時之疲勞程度為：「事故時身體狀況未有疲勞現象」。正駕駛員於問卷中表示無睡眠障礙與影響睡眠之病痛，另外，平日除服用維他命B群與護肝保健食品外，未服用其他藥物。

1.5.2.2 副駕駛員

- 4 月 20 日： 1700 時結束當日 8 架次飛航任務後返抵高雄機場，2230 時就寢。
- 4 月 21 日： 0600 時起床，0700 時於高雄機場報到後執行 8 架次飛航任務，1644 時返抵高雄機場，2230 時就寢。
- 4 月 22 日： 0700 時起床，0910 時於高雄機場報到後執行 6 架次飛航任務，1700 時返抵高雄機場，2230 時就寢。
- 4 月 23 日： 0530 時起床，0700 時於高雄機場報到後執行 8 架次飛航任務。上午執行 4 架次並返抵高雄機場，因天氣因素下午原訂 1310 時起飛之任務延誤至約 1400 時起飛。當日最後一架次係七美機場至高雄機場，約於 1722 時落地後偏出跑道，發生本事故。

事故後，副駕駛員圈選最能代表事故當時精神狀態之敘述為：「1. 警覺力處於最佳狀態；完全清醒的；感覺活力充沛」；副駕駛員自行描述事故當時之疲勞程度為：「完全清醒，感覺活力充沛」。副駕駛員於問卷中表示平日無睡眠障礙與影響睡眠之病痛，亦未服用藥物。

1.6 航空器資料

1.6.1 航空器與發動機基本資料

事故機基本資料統計詳表 1.6-1。

表 1.6-1 航空器基本資料表

航空器基本資料表（統計至民國 107 年 4 月 23 日）	
國 籍	中華民國
航空器登記號碼	B-55573
機 型	DHC-6-400
製 造 廠 商	Viking Air Limited

出 廠 序 號	905
生 產 線 序 號	905
出 廠 日 期	民國 103 年 7 月 23 日
接 收 日 期	民國 105 年 7 月 20 日
所 有 人	DHC6-905 Ltd
使 用 人	德安航空公司
國籍登記證書編號	105-1432
適航登記證書編號	106-08-157
適航證書生效日	民國 106 年 8 月 1 日
適航證書有效期限	民國 107 年 7 月 31 日
航空器總使用時數	1381 小時 3 分鐘
航空器總落地次數	2953 次
上次定檢種類	A+B+C3 CHECK
上次定檢日期	民國 107 年 04 月 12 日
上次定檢後使用時數	23 小時 0 分鐘
上次定檢後落地次數	52 次

事故機發動機基本資料統計詳表 1.6-2。

表 1.6-2 發動機基本資料表

發動機基本資料表 (統計至民國 107 年 4 月 23 日)		
製 造 廠 商	Pratt & Whitney Canada	
編 號 / 位 置	No.1/左	No.2/右
型 別	PT6A-34	PT6A-34
序 號	PCE-RB0811	PCE-RB0812
製 造 日 期	民國 103 年 6 月 12 日	民國 103 年 6 月 11 日
最 近 裝 機 日 期	民國 103 年 7 月 23 日	民國 103 年 7 月 23 日
上 次 定 檢 種 類	A+B+C3 CHECK	A+B+C3 CHECK

上次定檢日期	民國 107 年 4 月 12 日	民國 107 年 4 月 12 日
上次維修廠檢修後使用時數	23 小時 0 分鐘	23 小時 0 分鐘
上次維修廠檢修後使用週期數	52	52
總使用時數	1381 小時 3 分鐘	1381 小時 3 分鐘
總使用週期數	2953	2953

1.6.2 維修資訊

檢視該機事故前 3 個月內飛機及發動機維修紀錄，無異常登錄。檢視事故前一年適航簽放紀錄，無最低裝備需求表項目及延遲改正缺點紀錄。適航指令及技術通報執行符合相關規定。事故發生前最近一次定期檢查為 A+B+C3 CHECK，該次檢查項目內容涵蓋飛機操控、鼻輪轉向及動力系統，皆無異常發現。

1.6.3 載重與平衡

事故機載重平衡相關資料如表 1.6-3 所示，該機飛行期間載重與平衡均符合限制。

表 1.6-3 載重及平衡相關資料表

實際零油重量	10,664 磅
起飛油量	1,200 磅
實際起飛總重	11,864 磅
最大起飛總重	12,500 磅
航行耗油量	360 磅
實際落地總重	11,504 磅
最大落地總重	12,300 磅
起飛重心位置	27.14%MAC
落地重心位置	27.47%MAC
MAC: mean aerodynamic chord, 平均空氣動力弦長	

1.6.4 發動機操控系統

依據該型飛機維修手冊，事故機動力控制係藉由操作駕駛艙動力手柄，帶動連桿控制恆速調速器，達到控制發動機動力輸出與螺旋槳葉片變矩之功能。恆速調速器主要包含恆速單元、Beta 動力控制閥和燃油調速器，可提供飛機在地面操作時的 Beta 操作模式及飛行時的恆速模式的動力輸出。

螺旋槳葉片的變矩係藉由操作螺旋槳手柄位置，達成葉片變矩角度控制，反推力由 0° 開始至 -15° 全反推力，推力由 $+11^{\circ}$ 慢車至 $+87^{\circ}$ 順槳，如圖 1.6-1。由發動機減速齒輪箱上的反推力凸輪機構控制 Beta 控制閥，其行程範圍介於螺旋槳葉片角度 -15° 至 $+17^{\circ}$ 之間，螺旋槳葉片藉由恆速調速器調節，調整螺旋槳葉片的變矩角度在 $+20^{\circ}$ 至 $+35^{\circ}$ 之範圍內來維持螺旋槳恆速轉速，其轉速依當時空氣密度、所設定的螺旋槳轉速及作用在螺旋槳葉片上的扭（阻）力情況而定。空中關車時將螺旋槳手柄置於 feather 位置，可使螺旋槳葉順槳減少阻力。

飛機在地面狀況下，操作螺旋槳葉片角度等於或小於 9 度，且動力手柄上的旋鈕尚未被扭轉時，會有螺旋槳低變矩（propeller low pitch）的指示伴隨音響警告出現，發動機指示面板會顯示藍色的 Beta 指示，如圖 1.6-3 所示。

藉由操作動力手柄位置，改變螺旋槳葉片位置，達成正、反推力的需求。動力手柄外圍標有推力指示刻度，有 MAX, IDLE, REVERSE 位置及正反推力的行程範圍指示，如圖 1.6-2 至 3 所示，發動機在藍色 Beta 指示狀況下，駕駛員將動力手柄旋鈕扭轉並向後拉，發動機即進入反推力操作模式。

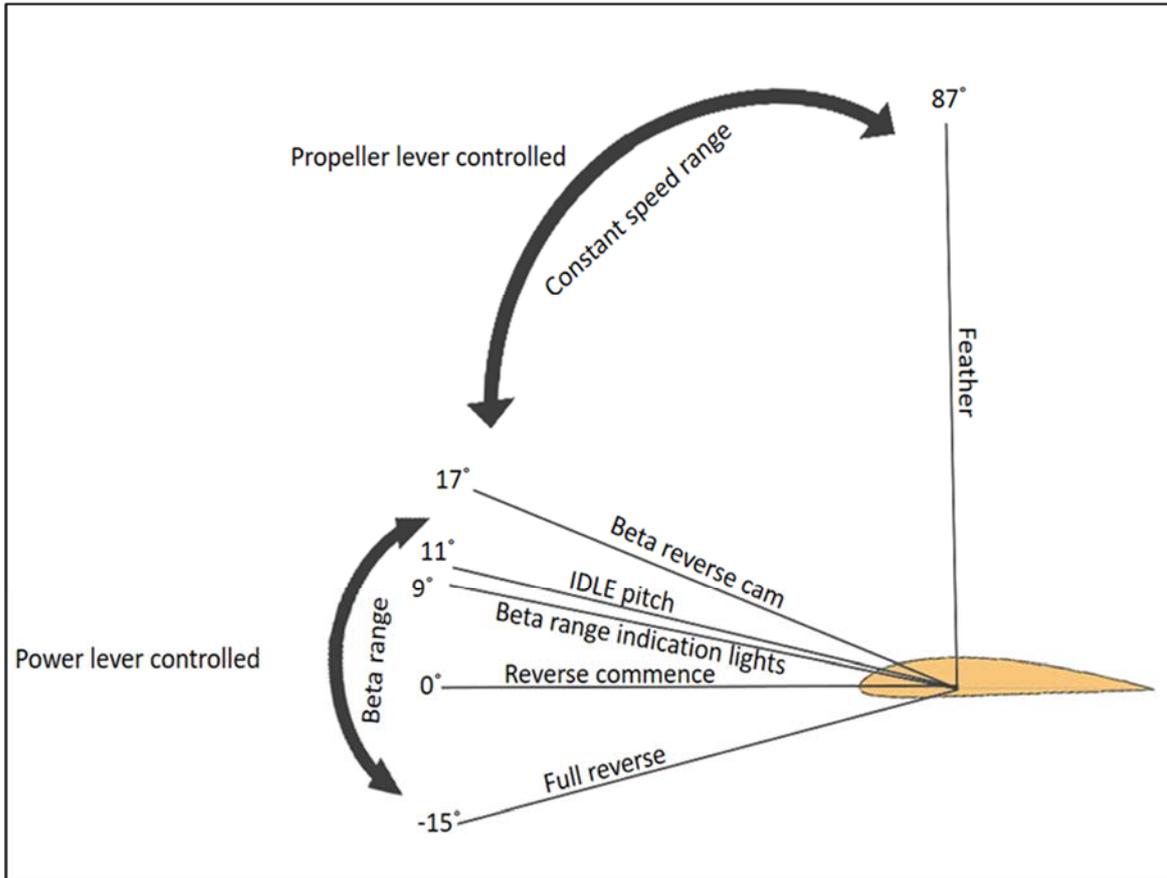


圖 1.6-1 螺旋槳葉片角度變矩範圍示意圖



圖 1.6-2 發動機指示面板顯示藍色 Beta 指示

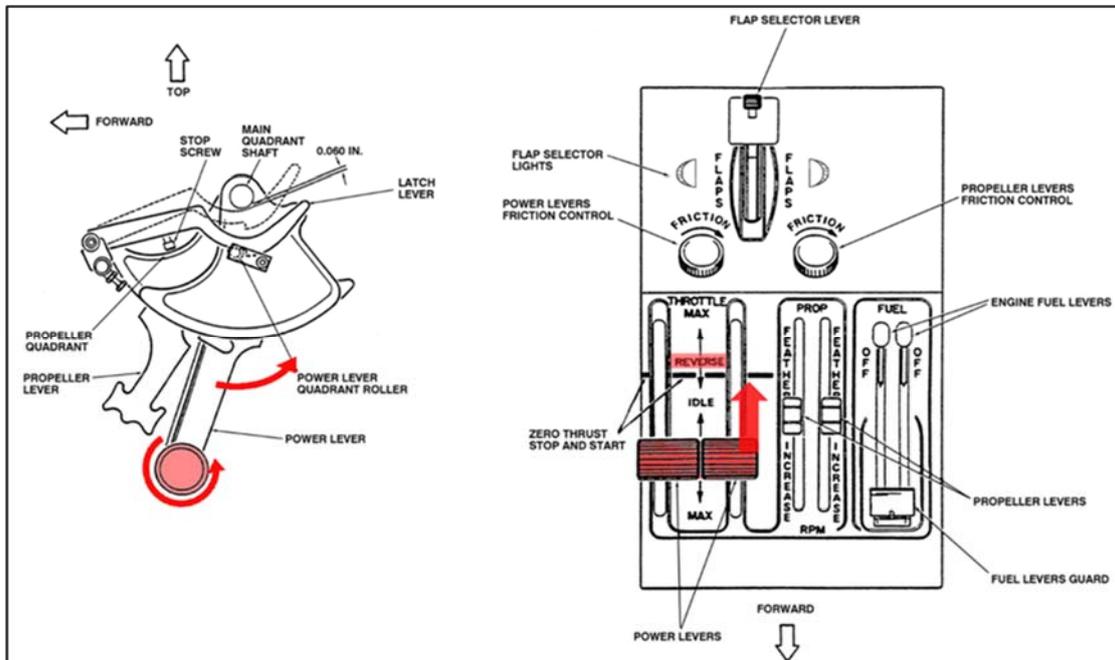


圖 1.6-3 操作動力手柄進入反推力模式示意圖

1.6.5 液壓系統概述

事故機液壓動力模組可提供操作襟翼、主輪煞車以及鼻輪轉向所需之動力，該模組安裝於駕駛艙機身下方托盤上，主要組件包含液壓油槽、兩組阻尼儲壓瓶與壓力指示器，以及用於建立液壓之電動液壓泵。

儲壓瓶所儲存壓力可供航機操作襟翼及鼻輪轉向，亦稱為機體液壓系；屬於機體系統儲壓流路下之煞車儲壓瓶壓力，則僅供給煞車系統使用。機體系統儲壓瓶內所儲存的液壓壓力下降時，不會影響煞車系儲壓瓶內部之液壓壓力，而單獨煞車系液壓降，則會影響機體系統液壓一同下降。當機體系統儲壓瓶壓力低於驅動液壓泵額定壓力值（1,225psi）時，壓力開關便會致動電動液壓泵開始建壓，當壓力高於停止建壓額定值壓力值（1,575±50psi），即自動關閉電動液壓泵，此過程為一個建壓週期，液壓系統之系統功能及液壓油流路詳圖 1.6-4。

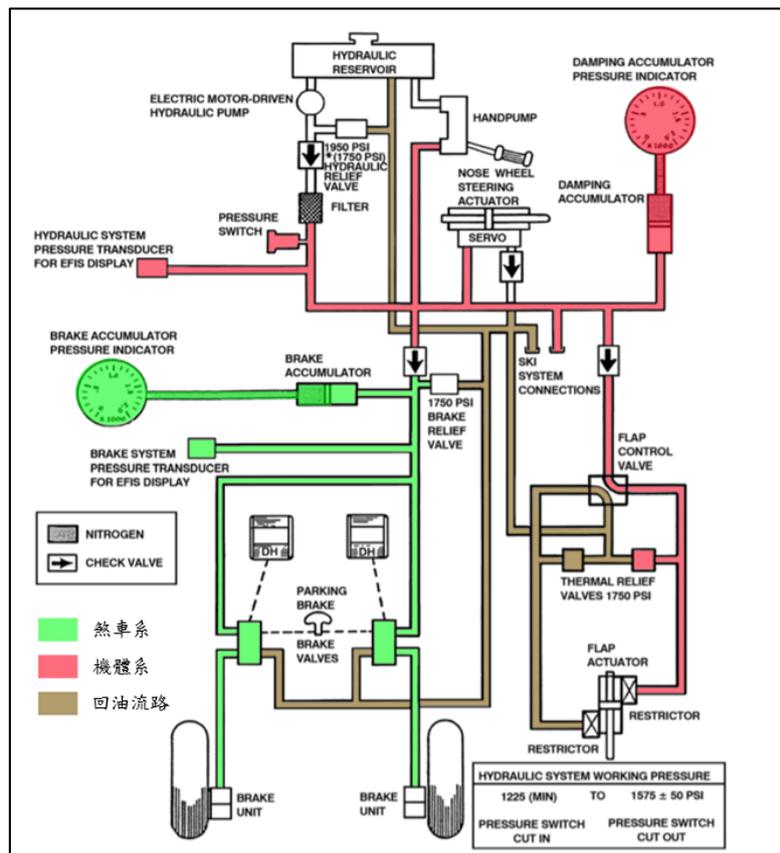


圖 1.6-4 液壓系統流路示意圖

1.7 天氣資料

1.7.1 天氣概述

事故當日 1400 時，亞洲地面天氣分析圖顯示低氣壓 1008 百帕位於東海，向東移動，鋒面由此中心向西南西延伸至廣西（圖 1.7-1），臺灣受鋒面接近影響，地面盛行偏南風。根據 1720 時紅外線衛星雲圖（圖 1.7-2）及都卜勒氣象雷達回波圖（圖 1.7-3），臺灣西南部無對流雲及降雨。

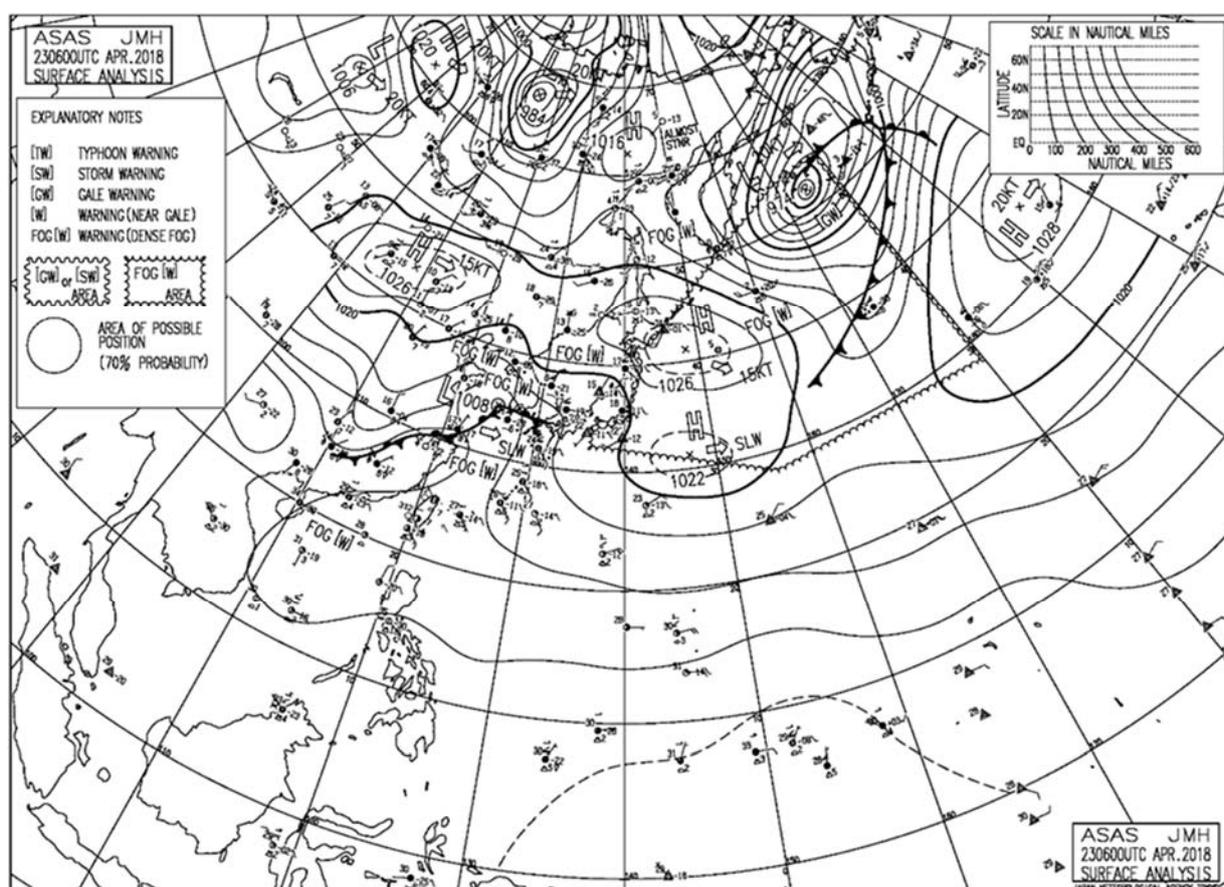


圖 1.7-1 1400 時亞洲地面天氣分析圖

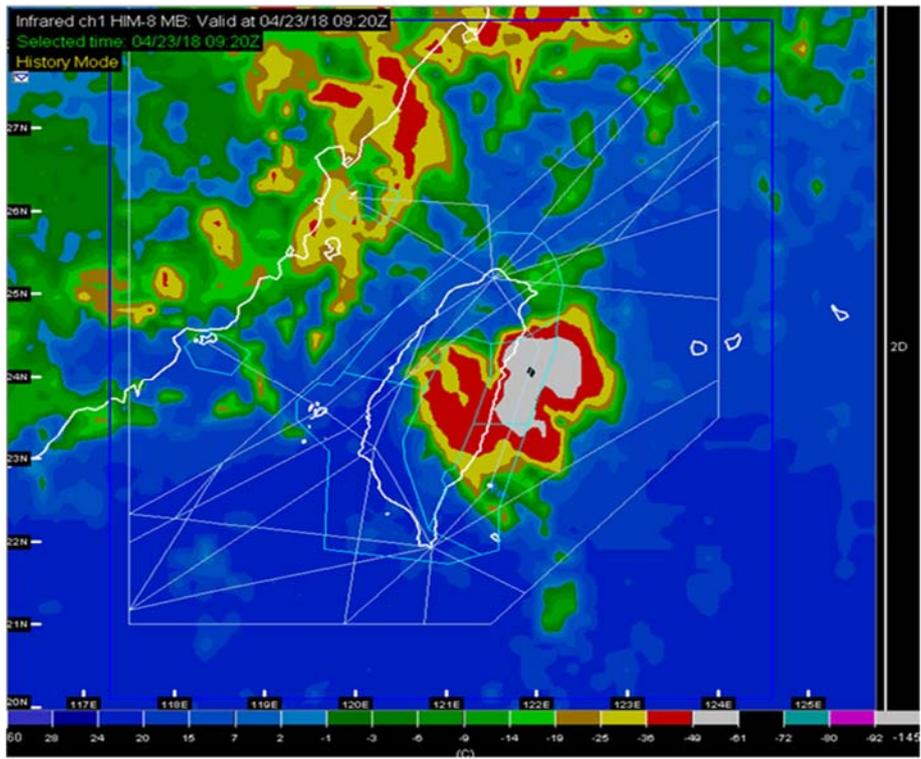


圖 1.7-2 1720 時紅外線衛星雲圖

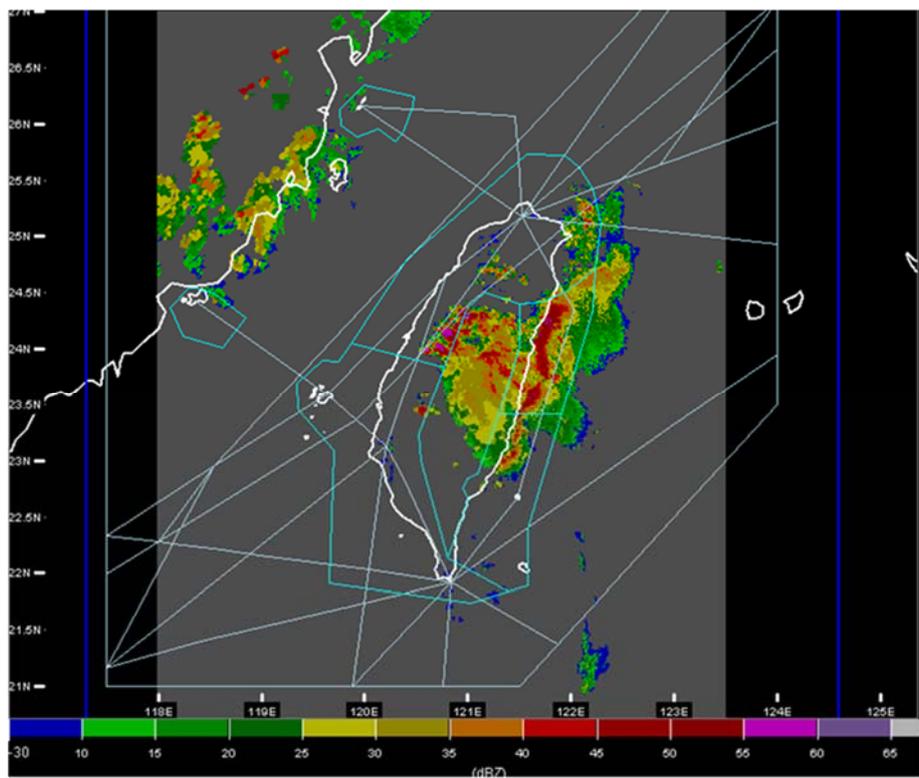


圖 1.7-3 1720 時都卜勒氣象雷達回波圖

1.7.2 地面天氣觀測

事故當日高雄機場地面天氣觀測紀錄如下：

1730 時機場例行天氣報告：風向 180 度，風速 12 浬/時，風向變化範圍 150 度至 230 度；能見度大於 10 公里；稀雲 1,500 呎、裂雲 22,000 呎；溫度 29°C，露點 24°C；高度表撥定值 1008 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—高度表撥定值 29.77 吋汞柱。

高雄機場地面自動氣象觀測系統(automated weather observation system, AWOS)設置於跑道兩端及中段附近。1718 時至 1724 時每秒之瞬時風向風速如圖 1.7-4 所示，自 1721:52 時(該機無線電高度約 100 呎)至 1722:30 時(該機停止)，09 跑道頭風向為 160 至 180 度(右側風)，風速 10 至 19 浬/時；跑道中段風向為 150 至 200 度(右側風)，風速 8 至 17 浬/時。

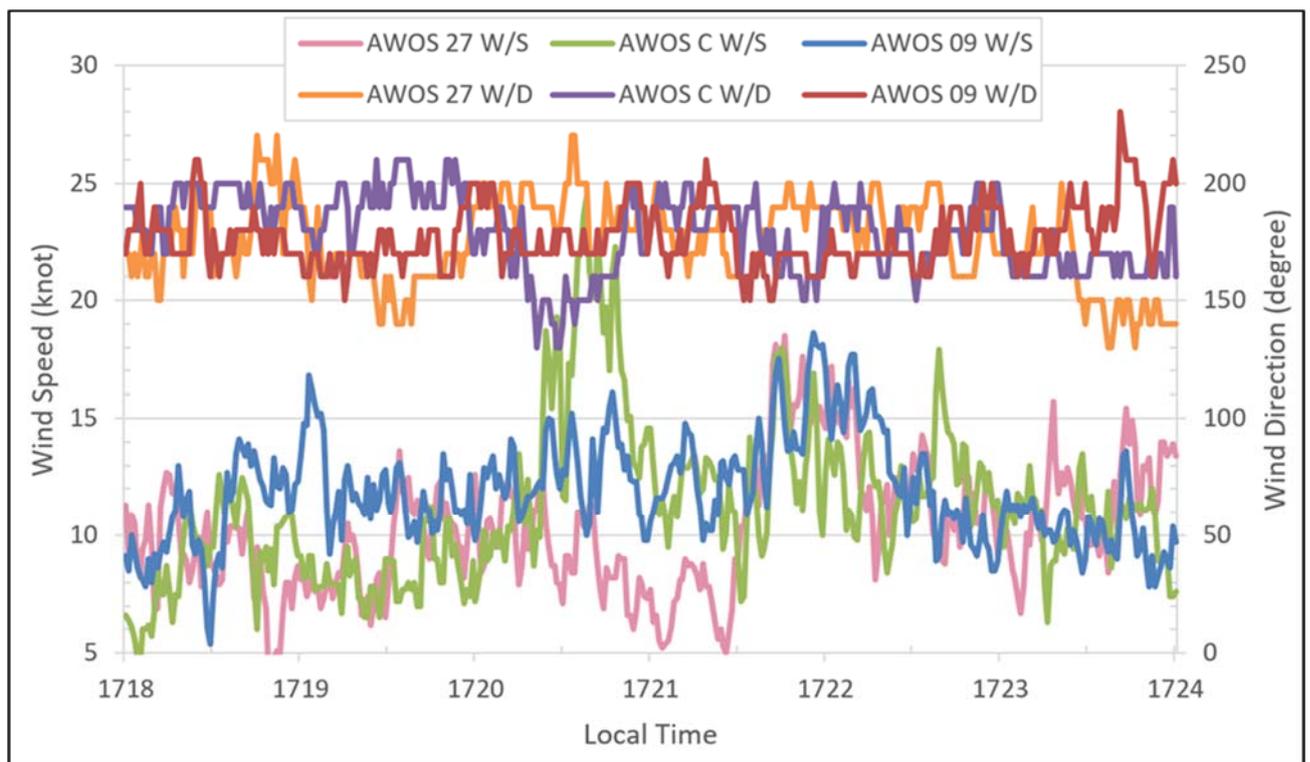


圖 1.7-4 高雄機場 AWOS 瞬時風向風速

1.8 助、導航設施

無相關議題。

1.9 通信

無相關議題。

1.10 場站資料

1.10.1 空側基本資料

高雄機場 ICAO 代碼為 RCKH，機場標高 31 呎，磁差 3°W (2004)，具一實體跑道，包括 09/27 跑道，為水泥混凝土鋪面，跑道長 3,150 公尺、寬 60 公尺；09 跑道緩衝區範圍 60 公尺 x 60 公尺、清除區範圍 60 公尺 x 150 公尺；27 跑道無緩衝區、清除區範圍 60 公尺 x 150 公尺。跑道地帶宣告長 3,330 公尺、寬 252 公尺。

經查，該機場自民國 106 年底開始進行跑道整建工程，於事故發生前正在執行全跑道柔性鋪面⁵加鋪作業，事故當日距 09 跑道頭 0 至 640 公尺附近區域（含事故機降落時觸地範圍）已加鋪為密級配瀝青混凝土⁶道面。

另依據該機場航務組值班紀錄顯示，自 4 月 12 日起至 4 月 23 日事故發生期間，航務組未收到任何駕駛員反應落地操控困難或減速異常之報告事項。

1.11 飛航紀錄器

1.11.1 座艙語音紀錄器

該機裝置固態式座艙語音紀錄器 (solid-state cockpit voice recorder,

⁵ 依據科技部鋪面工程研究領域之簡介，鋪面為用來覆蓋地面的材質，以保護地面避免風沙飛揚、雜草叢生。其種類依性質分成柔性（瀝青）、剛性（混凝土）鋪面與其他鋪面。

⁶ 瀝青混凝土主要係由瀝青與粒料混拌而成，又因使用混和料不同，區分為密級配瀝青混凝土、多孔隙瀝青混凝土、石膠泥瀝青混凝土、澆注式瀝青混凝土。

SSCVR，以下簡稱 CVR)，製造商為 Honeywell 公司，件號及序號分別為 980-6023-002 及 ARCVR- 97896。該 CVR 具備 2 小時記錄能力，其中 3 軌語音資料含 30 分鐘高品質錄音，聲源分別來自正駕駛員麥克風、副駕駛員麥克風、廣播系統麥克風，另 1 軌為 2 小時高品質錄音，聲源來自座艙區域麥克風。CVR 另有 1 軌 2 小時混軌錄音，包含來自正駕駛員麥克風、副駕駛員麥克風及廣播系統麥克風之聲源。

該 CVR 下載情形正常，錄音品質良好。CVR 所記錄之語音資料共 125 分 15.5 秒（1520:43.5 時至 1725:59.0 時），包括該班機起飛、巡航、進場、落地發生事故等過程。

1.11.2 飛航資料紀錄器

該機裝置固態式飛航資料紀錄器（solid-state flight data recorder, SSFDR，以下簡稱 FDR），製造商為 Honeywell 公司，件號及序號分別為 980-4710-003 及 ARFDR-02603，該 FDR 儲存 26 小時 32 分 11 秒原始資料。

根據民航局核定採用之相關飛航標準⁷，該機應裝置 II 型 FDR，必要記錄參數計 15 項⁸。根據民國 105 年 8 月 2 日美國 Honeywell 公司對本紀錄器之適航認證文件，該具紀錄器通過檢查且確認必要記錄參數（原 15 項 + 縱向加速度）。檢測文件⁹並註記該型機「no leading edge flap or slat on DHC-6」及「no ground spoiler or speed brake on DHC-6」，並按美國聯邦航空總署（Federal Aviation Administration，以下簡稱 FAA）8130-3 適航掛簽批准送回線上服務。

事故發生後，本會依據加拿大原廠 Viking Air Ltd.（以下簡稱 Viking）

⁷ 交通部民用航空局核定採用國際飛航標準：民用航空運輸業之飛航紀錄器（The requirements of flight recorders for civil air transport operations）發行日期：2016.03.10 編號：NO.1-1。

⁸ 15 項必要記錄參數包括：時間、壓力高度、指示空速、航向、垂直軸加速度、俯仰姿態、滾轉姿態、無線電傳送紀錄、每具發動機推力、後緣襟翼或駕駛艙控制選擇、前緣襟翼或駕駛艙控制選擇、反向推力器位置、地面擾流板/減速板選擇、外界空氣溫度、自動駕駛/自動推力 AFCS 及作用狀態。

⁹ 按民國 105 年 8 月之檢測報告，該 FDR 及水下定位信標通過檢查，其所附之光碟含下載之原始資料，未含解讀後的工程數據及解讀資料庫。

提供之解讀文件¹⁰進行解讀，該 FDR 共記錄 476 項參數。經本會調查人員比對並向加拿大運輸安全委員會（Transportation Safety Board of Canada，以下簡稱 TSB）授權代表確認，該機 FDR 部分參數與解讀文件定義不同，且未具備與本案有關的橫向操作參數如副翼角度、方向舵角度、鼻輪轉向角度以及左、右主輪煞車壓力等。

本事故之時間同步係根據 CVR 與 FDR 記錄之關鍵事件參數，再比對高雄近場管制塔臺提供之錄音抄件與 CVR 抄件內容。

有關飛航參數變化情形，詳圖 1.11-1 至圖 1.11-3。FDR 經解讀後相關飛航經過摘錄如下：

1. 1645 時，FDR 開始記錄。
2. 1653 時，該機由七美機場起飛，磁航向 203 度。
3. 1719:20 時，無線電高度 1,089 呎、指示空速 139 浬/時、風向 191 度、風速 37.4 浬/時。（比對 CVR 抄件“*TWR : daily seven zero one two runway zero niner wind one eight zero degree one two knot clear to land*”，高雄機場管制臺告知 09 跑道之兩分鐘平均風向 180 度、風速 12 浬/時，比對高雄機場 09 跑道 AWOS 資料，風向 170 度、風速 11.4 浬/時）。
4. 1720:39 時，無線電高度 897 呎、指示空速 81 浬/時、襟翼放下至 20 度、風向 193 度、風速 44.9 浬/時、液壓系統壓力 1,344psi、煞車系統儲壓瓶壓力 1,564psi。
5. 1720:55 時，無線電高度 700 呎、指示空速 85 浬/時、地速 88.8 浬/時、偏流角-15.2 度、風向 193 度、風速 44.5 浬/時。（比對 CVR 抄件“*CAM-2 : 這側風真的 還蠻大的*”，組員表示遭遇較大側風）。
6. 1721:34.6 時（比對 CVR 抄件“*CAM : speed*”，速度警告作動），無線電

¹⁰ ApexCommonFDR_256_Spreadsheet for AMM Frame Layout.XLS, ApexCommonFDR_256_Spreadsheet for AMM Spec Table.XLS。

- 高度 268 呎、指示空速 91 浬/時、地速 91.1 浬/時、偏流角-9.8 度、風向 202 度、風速 38.6 浬/時。
7. 1721:36.7 時 (比對 CVR 抄件“CAM: speed” , 速度警告作動), 無線電高度 265 呎、指示空速 84 浬/時、地速 90.7 浬/時、偏流角-12.1 度、風向 202 度、風速 37.6 浬/時。
 8. 1721:46 時 (比對 CVR 抄件“CAM-2: 右側十七 尾風二” , 組員從儀表板得到電腦計算該機右側風 17 浬/時、尾風 2 浬/時, 比對高雄機場 09 跑道 AWOS 資料, 風向 170 度、風速 14.7 浬/時), 無線電高度 160 呎、指示空速 84 浬/時、地速 91.1 浬/時、磁航向 102 度、偏流角-8.5 度、風向 201 度、風速 37.6 浬/時¹¹。
 9. 1722:00 時 (比對高雄機場 09 跑道 AWOS 資料, 09 跑道風向 170 度、風速 17.1 浬/時), 無線電高度 26 呎、指示空速 77 浬/時、地速 87.8 浬/時、磁航向 105 度、右坡度 0.7 度、偏流角-10.7 度、風向 205 度、風速 33.5 浬/時。
 10. 1722:02 時 (比對 CVR 抄件 1721:59 時至 1722:02 時期間內“CAM: glideslope” 出現 3 次, 下滑道警告作動, 比對高雄機場 09 跑道 AWOS 資料, 09 跑道風向 180 度、風速 14.1 浬/時), 無線電高度 14 呎、指示空速 72 浬/時、地速 86.1 浬/時、磁航向 105 度、右坡度 0.2 度、偏流角-11.6 度、風向 204 度、風速 32.9 浬/時、液壓系統壓力 1,416psi、煞車系統儲壓瓶壓力 1,564psi。
 11. 1722:10 時 (比對 CVR 抄件、跑道監視錄影、航務巡查車行車紀錄器影像及高雄機場 09 跑道 AWOS 資料, 該機右主輪觸地、09 跑道風向 160 度、風速 17.7 浬/時), 無線電高度 0 呎、指示空速 61 浬/時、地速 73.1 浬/時、磁航向 106 度、左坡度 2.2 度、偏流角-10.6 度、風向 208 度、

¹¹ 經查該機 FDR 記錄之風向及風速係來自 FMS 1 電腦, 組員於 ND (navigation display) 所見之風向及風速亦來自 FMS 1 電腦。

風速 32.3 哩/時、最大垂向加速度 1.22g、液壓系統壓力 1,392psi、煞車系統儲壓瓶壓力 1,564psi。主輪觸地後 6 秒內，該機均呈現左坡度 2 度至 3 度，機首航向介於 103 度至 104 度(亦即朝向上方邊 8 度至 9 度)。

12. 1722:13 時至 1722:15 時，此期間左右發動機進入 BETA 模式、發動機輸出扭力為 2.38 至 2.00psi (左) 與 2.50 至 2,13psi (右)、指示空速為 49 至 44 哩/時、地速為 67 至 62 哩/時、磁航向為 103 至 104 度、左坡度 1.6 度至 1.9 度、橫向加速度由 0.16g (向右) 至 0.07g (向右)、液壓系統壓力 1,384psi 至 1,380psi、煞車系統儲壓瓶壓力維持 1,564psi 不變。
13. 1722:15 時至 1722:17 時 (比對跑道監視錄影及地面測量軌跡，該機從跑道中心線右側開始向左偏)，此期間指示空速為 44 至 37 哩/時、地速為 62.3 至 57.4 哩/時、磁航向為 104 至 94 度、坡度由左 1.9 度、左 2.7 度至右 0.5 度、橫向加速度由 0.07g (向右) 至 -0.44g (向左)、液壓系統壓力 1,380psi 至 1,372psi、煞車系統儲壓瓶壓力維持 1,564psi 不變。
14. 1722:19 時 (比對民眾提供相片及地面測量軌跡，該機左偏跨越跑道中心線且鼻輪轉向左側)，地速 55.1 哩/時、坡度變化左 1.9 度→左 2.7 度→右 0.5 度、磁航向 77 度、最大橫向加速度 -0.36g (向左)、液壓系統壓力上升至 1,556psi、煞車系統儲壓瓶壓力維持 1,564psi 不變。
15. 1722:21 時至 1722:25 時，此期間左右發動機進入 BETA 模式、發動機輸出扭力為 4.63 至 2.13psi (左) 與 5.00 至 2,63psi (右)、地速為 51 至 35 哩/時、磁航向為 68 至 12 度、左坡度 0.3 度至 1.7 度、橫向加速度由 -0.25g (向左) 至 -0.68g (向左)、液壓系統壓力 1,528psi 下降至 1,480psi、煞車系統儲壓瓶壓力由 1,564psi (1722:20 時) 下降至 1,480psi (1722:21 時) 並持續下降至 1.448psi。
16. 1722:22 時 (比對跑道監視錄影及民眾提供相片，該機鼻輪偏出跑道進入草地)，地速 49.2 哩/時、磁航向 60 度、左坡度 0.1 度、最大橫向加速度 -0.36g (向左)、液壓系統壓力 1,516psi、煞車系統儲壓瓶壓力 1,440psi。

17. 1722:27 時（比對跑道監視錄影及民眾提供相片，該機持續左轉且右坡度達到最大），地速 19.6 浬/時、磁航向 326 度、右坡度 10 度、最大橫向加速度-0.59g（向左）、液壓系統壓力 1,428psi、煞車系統儲壓瓶壓力 1,540psi。
18. 1722:30 時該機移動停止，磁航向 276 度、液壓系統壓力 1,422psi、煞車系統儲壓瓶壓力 1,492psi。
19. 1726 時，FDR 停止記錄。

該機飛航軌跡以 FDR 記錄之經度及緯度參數為基準，與衛星空照圖套疊結果如圖 1.11-4。

另自 FDR 記錄資料發現，該機液壓系統壓力參數（hydraulic pressure）與襟翼（flap）、主輪煞車儲壓器壓力（brake pressure）及該機於地面上行進時之磁航向（mag. heading）等 4 項參數間有一定之相關性：

1. 液壓系統壓力參數每 2 秒記錄 1 次，其餘 3 項參數每秒記錄 1 次。
2. 於前 3 項參數無任何變化時，液壓系統壓力以約 55±5 秒之間距自 1575±50psi 緩慢降至約 1350psi，於壓力低於 1350psi 時會於下一筆紀錄（間隔 2 秒）回復至 1575±50psi 之壓力範圍。
3. 於前 3 項參數中任一參數變化時，液壓系統壓力會加速下降，並於提早回復至 1575±50psi 之壓力範圍。

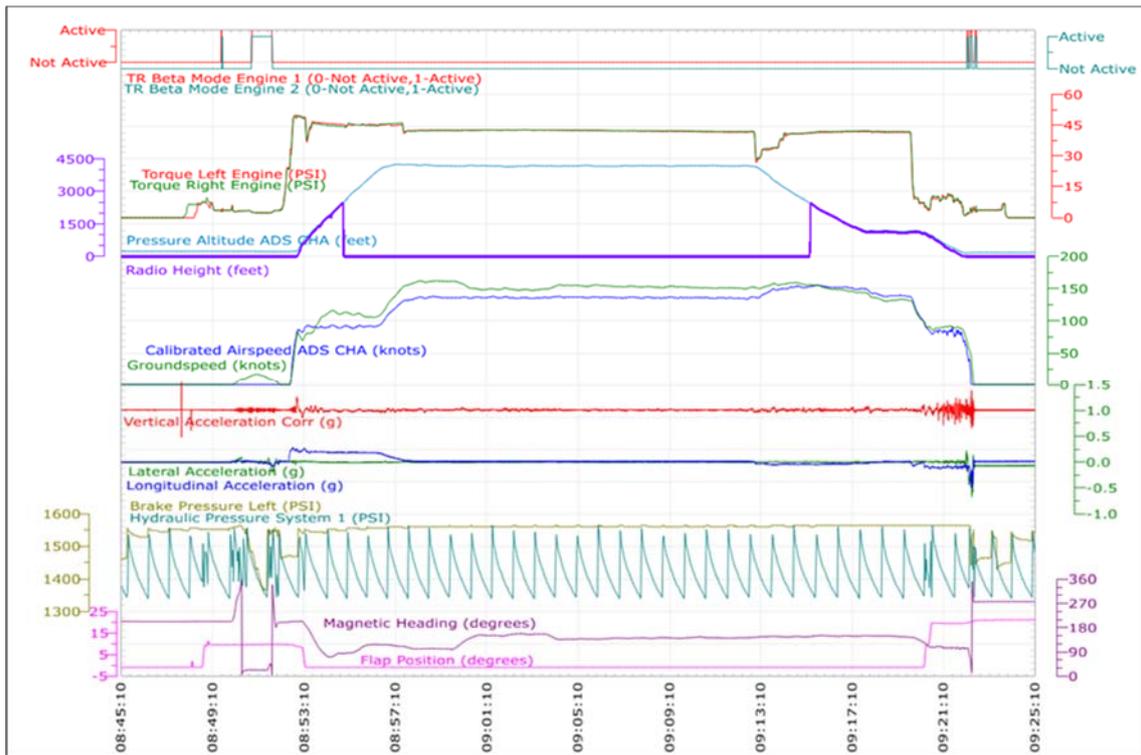


圖 1.11-1 事故航班飛航參數繪圖

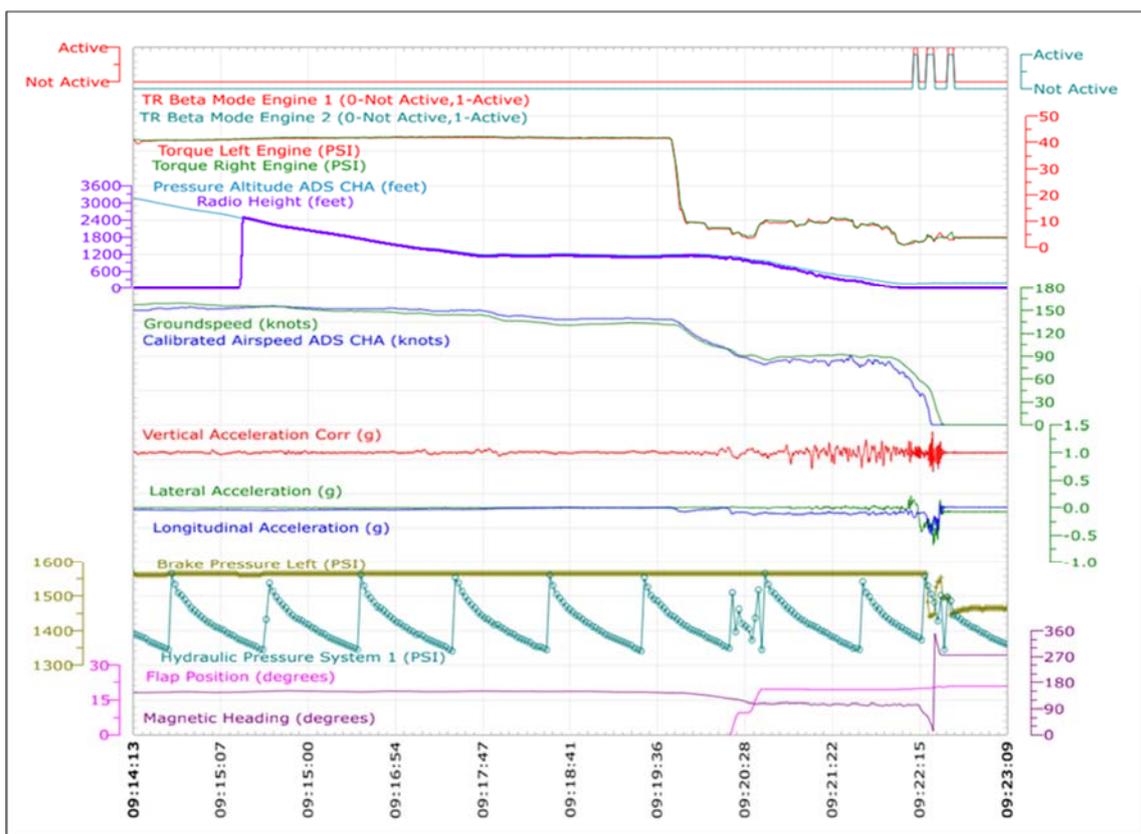


圖 1.11-2 進場期間飛航參數繪圖

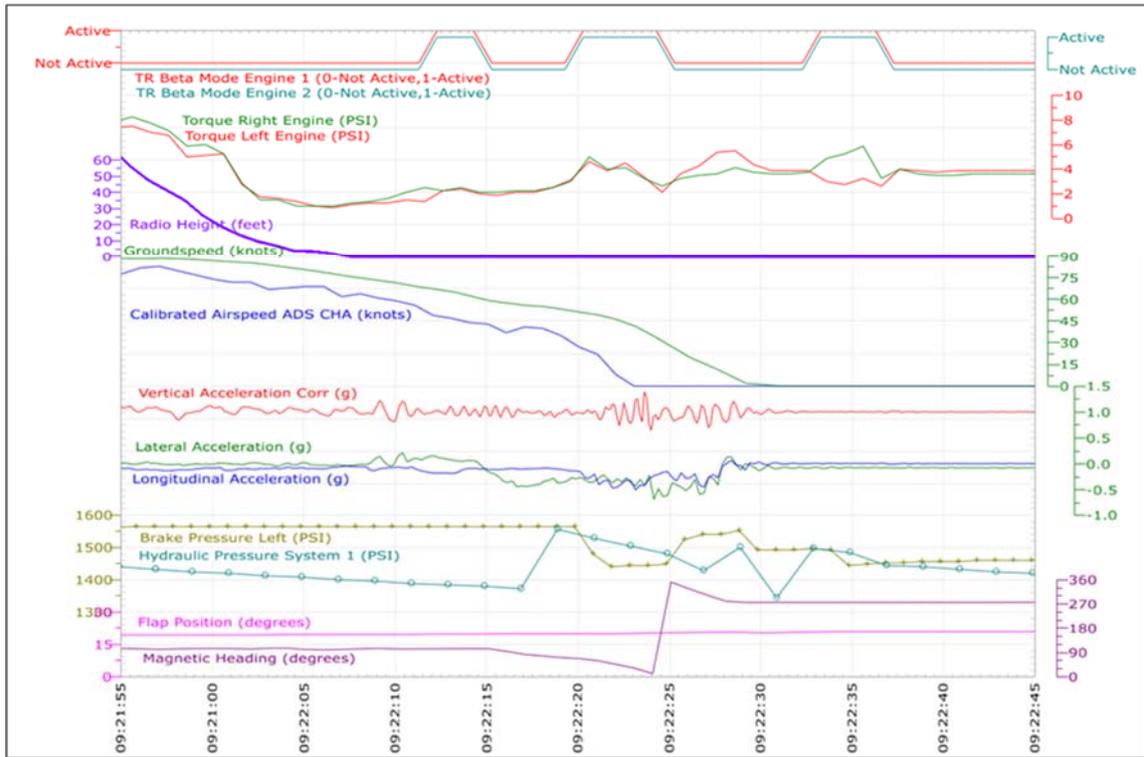


圖 1.11-3 事故發生期間飛航參數繪圖

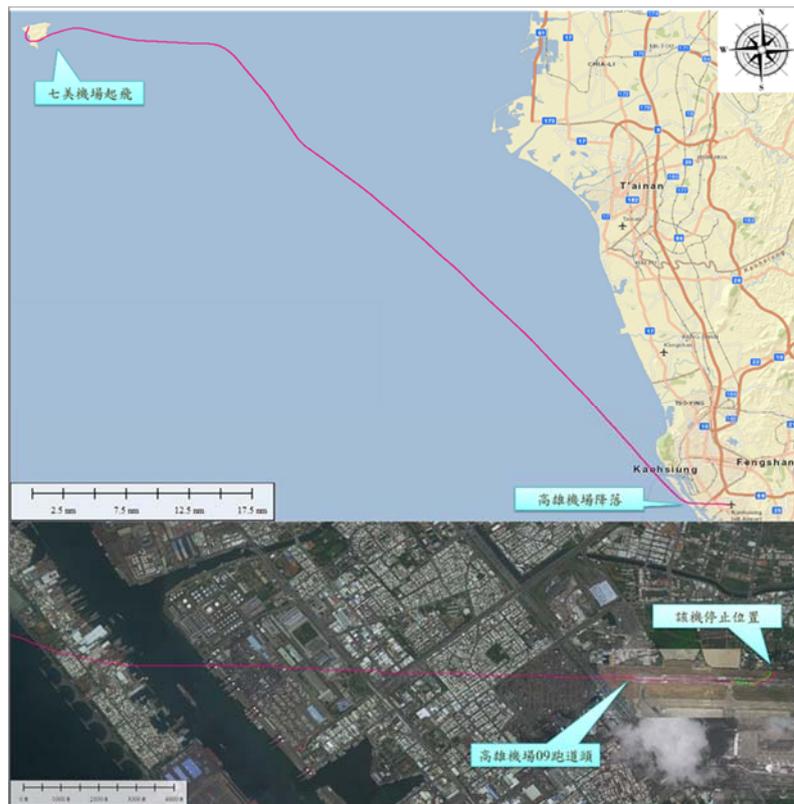


圖 1.11-4 事故機飛航軌跡

1.11.3 跑道監控錄影與其他目擊影像

事故發生期間，於事故現場附近共有 2 筆監控錄影及 2 筆目擊者影像，包括：跑道監控攝影機（高雄機場 9 號跑道北側圍籬立柱編號#34 及#42）、航務巡查車行車紀錄器（位於 B 滑行道），及民眾拍攝影像（位於機場北側圍籬外咖啡廳），其所在位置與概略拍攝角度示意如圖 1.11-5 所示。

本會取得上述影像資料，經過比對監控攝影機、行車紀錄器、民眾相機拍攝影像時間與 FDR 相關參數後完成時間同步，相關資訊整理如下：

1. 1722:10 時，事故機以右坡度姿態右主輪觸地（圖 1.11-6）。
2. 1722:12.5 時，事故機通過 B 滑行道待命之航務巡查車，方向舵向左¹²（圖 1.11-7）。
3. 1722:15.5 時，事故機脫離航務巡查車行車紀錄器視野，方向舵向左（圖 1.11-8）。
4. 1722:16.6 時，事故機位於 09 跑道中心線右側，方向舵向左、升降舵向下並有微幅左坡度（圖 1.11-9）。
5. 1722:18.7 時，事故機位於 09 跑道中心線上並明顯左偏，鼻輪向左、方向舵向右、升降舵向下並有右坡度（圖 1.11-10）。
6. 1722:20.4 時，事故機位於 09 跑道中心線左側並持續左偏，鼻輪向左、方向舵向右、升降舵向下並有右坡度（圖 1.11-11）。
7. 1722:22.1 時，事故機鼻輪偏出道面進入草地，方向舵向右、升降舵向下並有右坡度（圖 1.11-12）。
8. 1722:26.0 時，事故機航向與跑道方向垂直，鼻輪向左並有右坡度（圖 1.11-13）。

¹² 方向舵的使用係根據事故當時環境光源及機身光影變化作為判讀之參考。

9. 1722:30.0 時，事故機航向與跑道方向相反，姿態回復水平並停止移動（圖 1.11-14）。

調查小組根據飛航紀錄器、航管抄件、跑道監控錄影，以及飛航組員訪談紀錄等事實資料，本事故的相關事件發生序列如表 1.11-1。

表 1.11-1 DA-7012 事件序列表

開始時間	停止時間	說明	資料來源
16:45		FDR 開始記錄	FDR
1653		七美機場起飛，磁航向 203 度	FDR
1715		獲高雄近場臺許可執行高雄機場 09 跑道目視進場	ATC
1720:42	1720:44	監控駕駛員呼叫：「final checklist nose wheel centered and locked」	CVR
1721:46	1721:48	該機下降通過 200 呎高度後，PM-「右側十七 尾風二」	CVR / FDR
1722:02		該機通過 09 跑道頭 RA 42 ft	FDR
1722:10	1722:11	該機於高雄機場 09 跑道落地，著陸點約位於中心線上附近，右機翼揚起	FDR/訪談 VIDEO/
1722:12	1722:14	該機發動機進入 BETA 模式 3 秒，航跡開始右偏	FDR/訪談
1722:16	1722:17	該機位於 09 跑道中心線右側，鼻輪置中，方向舵向左	VIDEO
1722:18	1722:21	該機位於 09 跑道中心線左側，並持續左偏，鼻輪向左，方向舵向右	VIDEO
1722:22		該機偏出 09 跑道邊緣，方向舵向右（35 度夾角）	現場測量 / VIDEO
1722:27		該機鼻輪向左並有右坡度，左輪胎脫離輪轂	VIDEO
1722:31		該機停止移動，航向 276 度	現場測量 / VIDEO
1724:40	1724:50	巡邏車與消防車抵達現場	VIDEO
1725:49		FDR 停止記錄	FDR

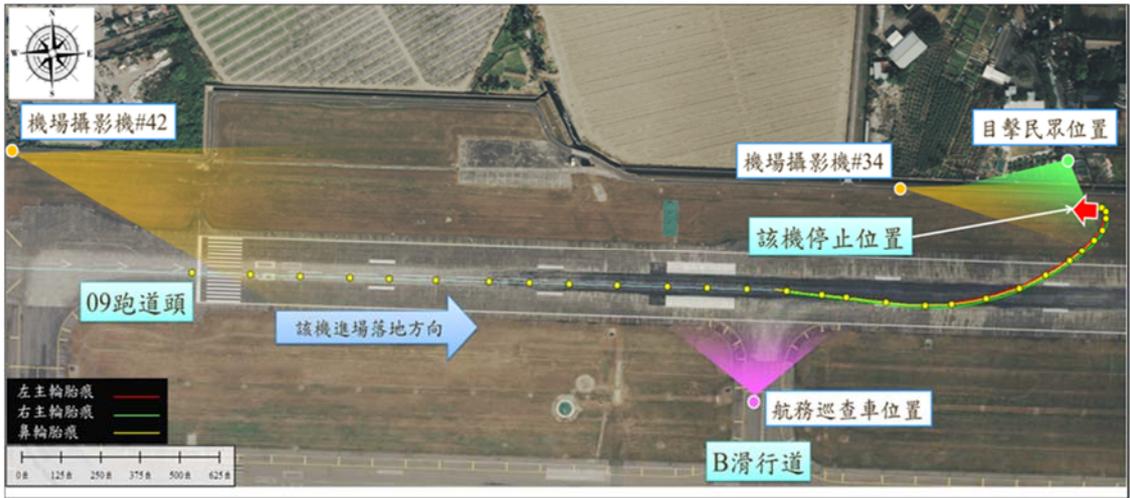


圖 1.11-5 事故當時各影像來源所在位置與拍攝角度

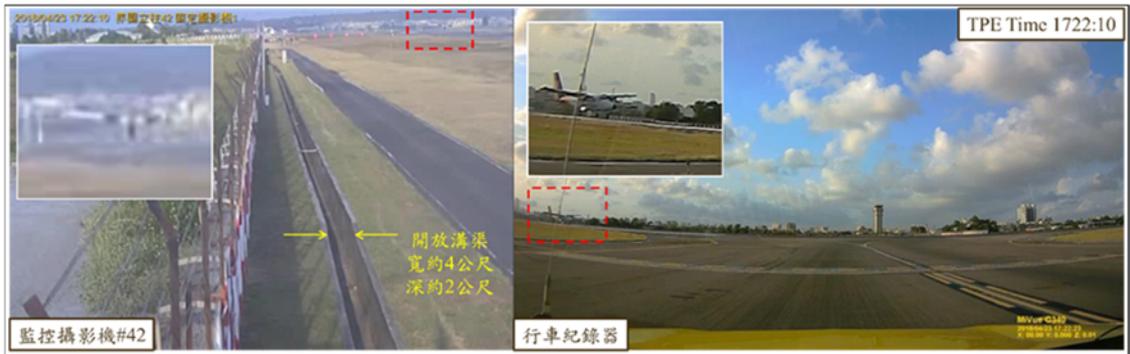


圖 1.11-6 事故機右輪觸地影像



圖 1.11-7 事故機通過 B 滑行道影像



圖 1.11-8 事故機脫離行車紀錄器前影像



圖 1.11-9 事故機於跑道中心線右側照片



圖 1.11-10 事故機於跑道中心線照片



圖 1.11-11 事故機於跑道中心線左側照片



圖 1.11-12 事故機鼻輪進入草地照片



圖 1.11-13 事故機航向與跑道方向垂直照片



圖 1.11-14 事故機停止照片

1.12 航空器殘骸與撞擊資料

1.12.1 航空器撞擊資料

依據 1.11 資料顯示，事故機於偏出跑道後以磁航向 276 度，停止於 09 跑道左側草皮。該機機體無損傷，僅右主輪輪胎與輪轂脫離。

根據 FDR 資料，當時剩餘之機體液壓壓力約為 1,422psi，煞車系統儲壓瓶壓力約為 1,492psi。

根據高雄機場航務組所提供機場周邊閉路電視監控影像，該機約於事故當日 1810 時開始執行右主輪更換，因更換主輪需先拆除煞車單元，且拆除前並須先透過踩踏煞車踏板，洩放煞車系統儲壓系統管路內之壓力，故調查小組於事故後次日抵高雄機場檢視航機及執行測試前，檢視 2 個液壓模組指示器，顯示儲壓瓶內剩餘壓力均約為 750psi。

本會調查小組抵達事故現場後，經檢視駕駛艙及相關儀表，發現發動

機動力手柄均於地面慢車位置；螺旋槳手柄均於地面慢車位置；鼻輪轉向手柄位於左轉位置。

根據監控影像與德安航空第一時間現場機務維修員所提供之照片推估，鼻輪方向朝向機首左側估計超過 45 度（詳圖 1.12-1），鼻輪轉向手柄約位於左轉到底位置（詳圖 1.12-2）。德安航空機務維修人員於移動事故機前，將作動鼻輪轉向之上、下扭力臂連結插銷移除，使不致改變該機最後鼻輪轉向上扭力臂操縱位置；維修人員同時於駕駛艙內駕駛操縱桿上安裝操縱桿固定器，因此事故後調查小組檢視操縱桿位置，即為事故發生當時操縱桿之最後操作狀態。

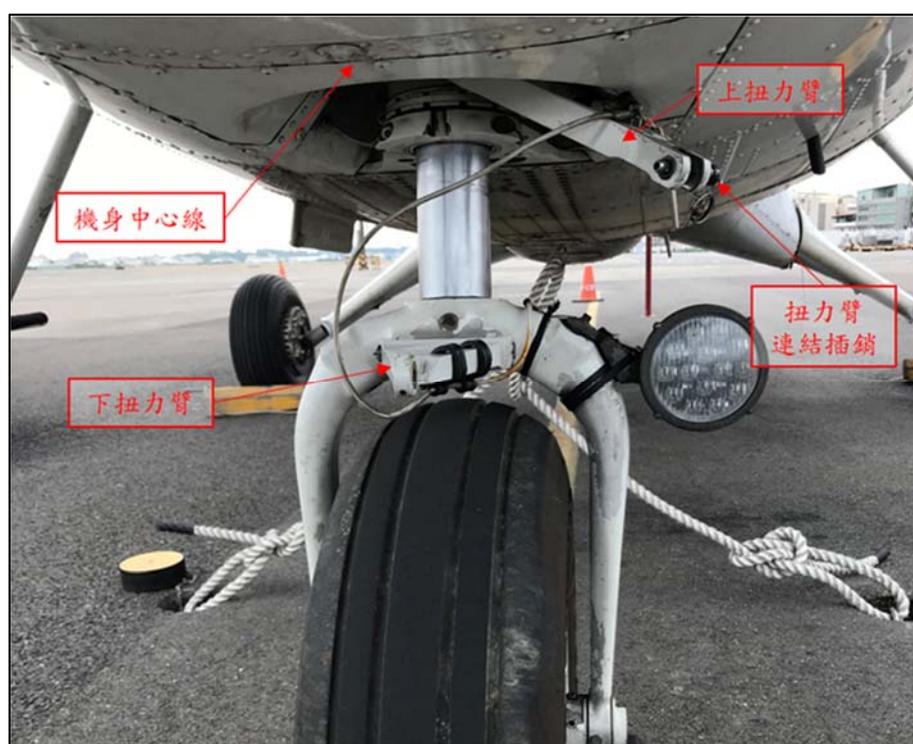


圖 1.12-1 事故後上、下扭力臂插銷拆除圖示

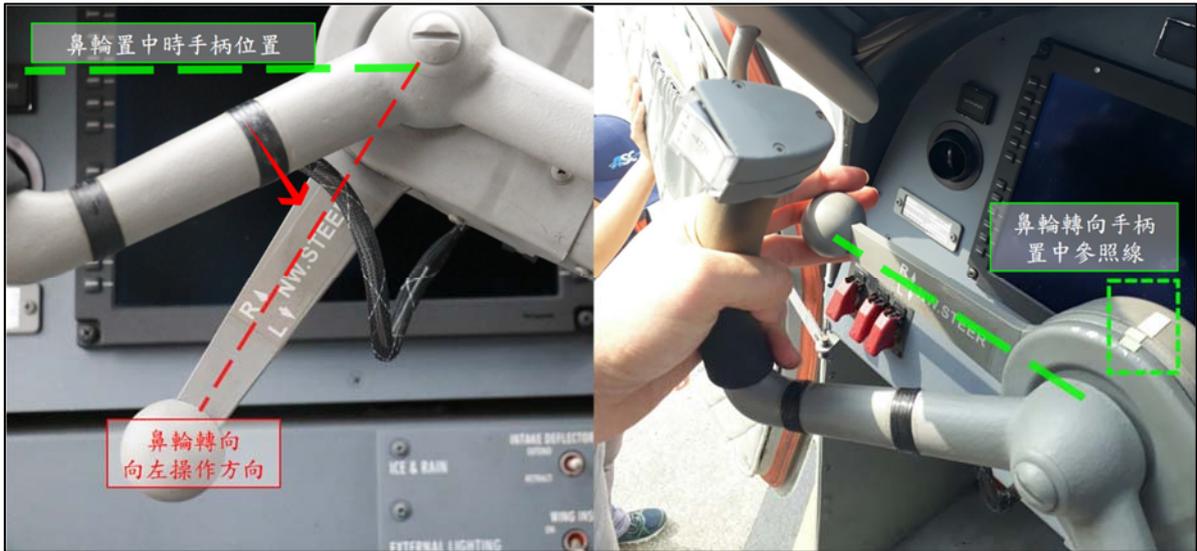


圖 1.12-2 事故後鼻輪轉向手柄位置

調查小組檢查與航機方向控制相關之方向舵、襟翼、左邊主輪及雙邊煞車來令片皆無異常發現。右側主輪因洩氣後於地面滾行，致輪轂邊框接觸地面造成部分輕微擦痕，其餘皆無異常發現。

1.12.2 現場量測資料

事故發生後，高雄機場航務組按「飛航安全調查委員會洽請有關單位協助場站內飛航事故蒐證事項檢查表」，提供本會事故現場照片如圖 1.12-3，後由德安航空機務人員將事故機拖離現場。當日約 2230 時本會調查人員抵達該機場，分別於 2330 時與次日 1300 時進行現場量測。

量測資料包括：該機遺留在跑道之胎痕、事故後停止位置及機場監控錄影機架設點，量測成果與該機位置變化及 CVR 抄件套疊如圖 1.12-4 所示。於過 09 跑道頭約 1,675 呎處開始發現該機胎痕，軌跡起始行進方向右偏，與跑道方向夾角約 5 度，約 2,500 呎處向左偏出 09 跑道邊線，與跑道方向夾角約 35 度；該機停止位置距 09 跑道頭約 2,630 呎，右主輪停止位置離跑道北側排水溝約 13 公尺（約 43 呎）。該機停止座標東經 120 度 20 分 39.14 秒、北緯 22 度 34 分 40.74 秒，磁航向 276 度。



圖 1.12-3 事故機偏出跑道後現場及胎痕分布圖

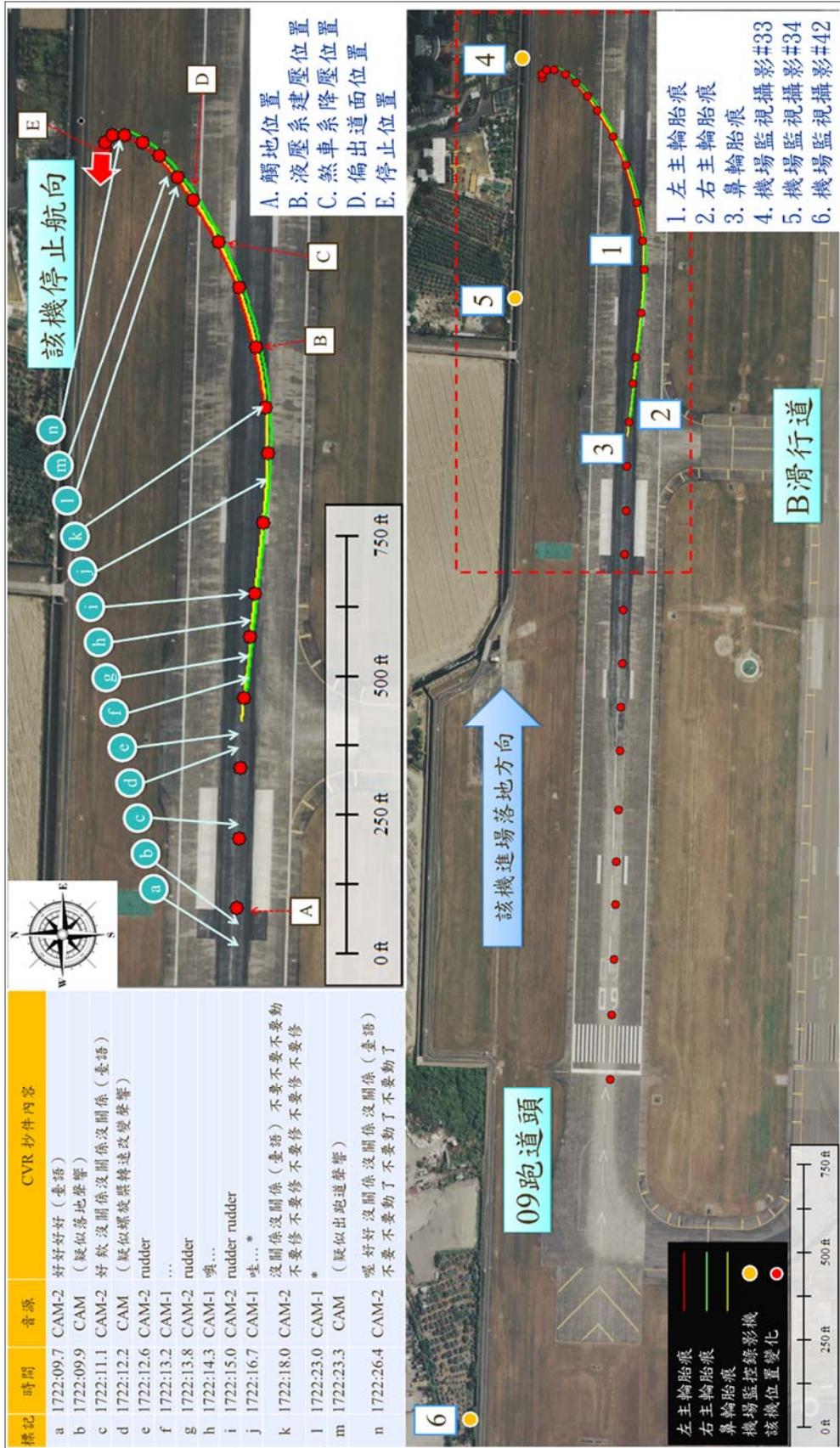


圖 1.12-4 量測成果、事故機位置與 CVR 抄件套疊圖

根據量測結果，該機遺留在跑道之胎痕起始點距 09 跑道頭約 1,675 呎，位於跑道中心線右側約 5 呎，行進方向為真方位 96.5 度，並持續向左偏出跑道後繼續左轉至 276 度，詳表 1.12-1。

表 1.12-1 事故現場量測項目表

項次	量 測 物	距 0 9 跑 道 頭 距 離	長 度
1	左主輪胎痕	2,190 至 2,630 呎	440 呎
2	右主輪胎痕	1,710 至 2,630 呎	920 呎
3	鼻輪胎痕	1,675 至 2,620 呎	945 呎
4	機場監視攝影#33	2,655 呎	
5	機場監視攝影#34	2,040 呎	
6	機場監視攝影#42	-535 呎	

1.13 醫療與病理

無相關議題。

1.14 火災

無相關議題。

1.15 生還因素

無相關議題。

1.16 測試與研究

1.16.1 發動機動力測試

依據 FDR 所記錄之燃油流量與輸出扭力等參數，事故機降落觸地後，機首右偏約 5 秒期間，約有 2 秒時間其右側發動機扭力略高於左側發動機約 1 psi。此期間，左發動機氣體產生器轉速為 51%，右發動機氣體產生器轉速介於 52%至 53%，詳圖 1.16-1 所示，圖中箭頭為主輪著陸時間。按發

動機原廠規範，於慢車狀態其氣體產生器轉速標準值應為 52%至 53%。

本事故發生後，調查小組執行發動機動力測試¹³，結果顯示：1. 兩具發動機相關檢測參數正常，無推力異常狀況。2. 於慢車情況下，左發動機氣體產生器轉速低於標準規範 1%。

事故後調查小組執行發動機動力測試結果顯示，除左發動機氣體產生器慢車轉速為 51%，略低於標準 52%規範 1%外，2 具發動機之最高啟動渦輪溫度、初始槳葉攻角 NP 77%扭力輸出、Beta 燈號、槳葉重置等發動機動力輸出測試參數均正常，無推力異常狀況。

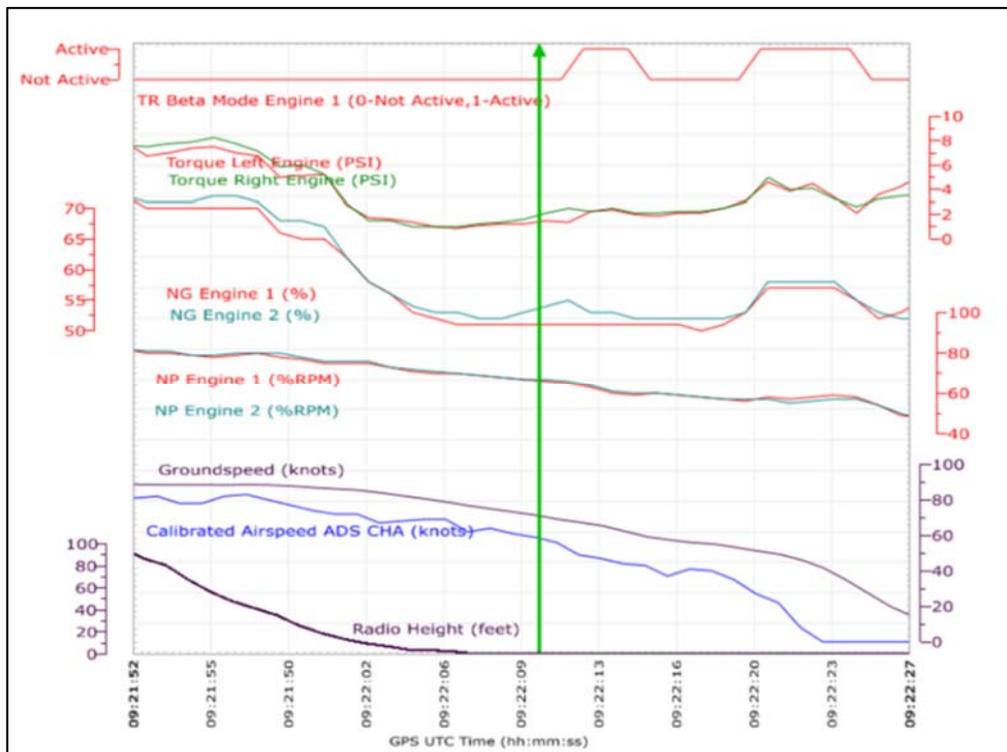


圖 1.16-1 事故發生期間發動機扭力及發動機氣體產生器轉速變化

¹³ 檢測項目包括：發動機之最高啟動渦輪溫度、初始槳葉攻角 NP77%扭力輸出、Beta 燈號、槳葉重置等。

1.16.2 事故機 FDR 風速紀錄測試

調查小組比對事故機 CVR 抄件、FDR 及 AWOS 資料後，發現 FDR 風速參數存在誤差，詳表 1.16-1。本會與 TSB 確認此問題後，107 年 9 月，本會取得 Viking 提供新版的 FDR 解讀資料庫文件，該文件文件中對風速參數「wind speed -1」、「wind speed -2」之說明摘錄如下：

“Wind Speed – 1 FMS 1 Computed Wind Speed

-256 to 255.875 Knots (resolution 0.125 knots)

FDR records 2 times actual

Wind Speed – 2 FMS 2 Computed Wind Speed

-256 to 255.875 Knots (resolution 0.125 knots)

FDR records 2 times actual”

綜上所述，確認 Viking 以加註方式表示 FDR 風速參數的紀錄為真實風速的兩倍，經檢視該 FDR 解讀資料庫文件中除風速參數外，仍有其他參數存在類似的加註或內容錯誤，如導航模式、油門手柄訊號及氣壓高度參數等。

上述 FDR 解讀資料庫的註記方式及錯誤內容，與本事故之可能肇因與風險無關。本會調查小組亦通知德安航空機務本部關注此議題。

表 1.16-1 事故機風速資料比較

時間	CVR	AWOS	FDR
1719:20	12	11.4	37.4
1721:46	17.1	14.3	37.6
1722:00	無紀錄	17.1	33.5
1722:02	無紀錄	14.1	32.9

1.16.3 鼻輪轉向操作及 CVR 音頻分析

因事故機 FDR 無鼻輪轉向角度參數，經查證該型機於操作鼻輪轉向手柄（詳圖 1.16-2）時，在機外可聽到鼻輪轉向致動器作動之聲響，故調查人員透過音頻分析檢視 CVR 錄音，以確認是否有記錄到相關聲響。調查小組於民國 107 年 5 月 23 日請德安航空機務處協助執行鼻輪轉向手柄操作測試，自駕駛艙及機外分別錄製鼻輪轉向致動器作動之聲音檔，目的取得該機鼻輪轉向操作所需施放之力量，以及紀錄器分組依據測試時所錄製之聲音進行音頻分析。



圖 1.16-2 鼻輪轉向手柄位置示意

德安航空機務人員依據維修手冊程序，另搭配以 20,000g 之磅錶，自鼻輪及手柄皆置中位置，操作鼻輪轉向向左，即鼻輪轉向手柄向下壓，手柄初始作動靜磨擦力約為 2,500g；反之，亦從相同置中位置，反向操作鼻輪轉向向右，即鼻輪轉向手柄向上拉動，手柄初始作動靜磨擦力約為 3,000g。

於地面測試該鼻輪轉向時，機務維修人員側錄鼻輪轉向致動器聲響提供本會作為樣本，以音頻特徵分析鼻輪轉向致動器作動之聲紋特徵，可辨識鼻輪轉向致動器作動聲紋特徵頻率約在 180 至 280 Hz 之間，並可辨識液

壓泵作動聲紋特徵頻率約在 700 至 750 Hz 之間，如圖 1.16-3 所示，其中比對 FDR 液壓系統壓力參數 (hydraulic pressure)，可確認液壓泵加壓聲出現時液壓系統壓力值同步上升之特徵。

該機起飛前及事故期間 CVR 音頻分析與 FDR 比對結果如圖 1.16-4 及圖 1.16-5 所示，可確認到約 750 至 790 Hz 左右之液壓泵作動聲並與 FDR 參數特徵吻合；但鼻輪轉向致動器作動聲所在之 180 至 280 Hz 區域被背景雜音覆蓋，無可供辨識之特徵。

經由 CVR 音頻分析並對照該機維修手冊 PSM 1-64-2 /29-00-00 液壓系統，CVR 音頻及地面側錄聲音分析結果如下：

1. 地面測試側錄聲音之液壓泵特徵頻率約 700 至 750 Hz、持續時間約 0.7 至 0.8 秒，且鼻輪轉向致動器特徵頻率約 180 至 280 Hz，持續時間（鼻輪轉向由中立至左/右打滿）約 4 至 5 秒。
2. 事故機 CVR 聲音之液壓泵特徵頻率約 750 至 790 Hz，持續時間約 0.7 至 0.8 秒；
3. 事故機 CVR 聲音之鼻輪轉向致動器特徵頻率則因該頻率區間背景雜音無法辨識。

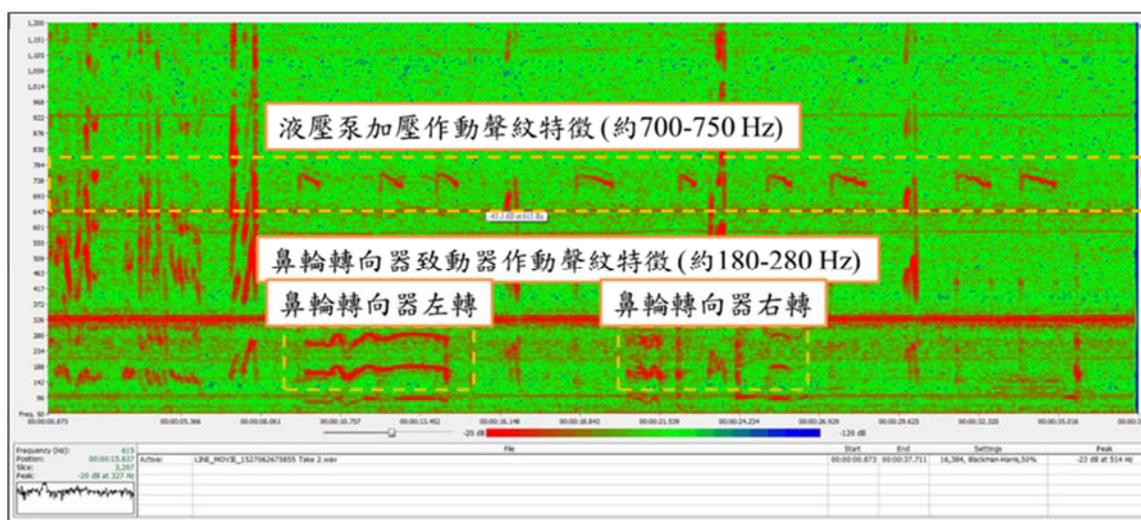


圖 1.16-3 事故機地面測試音頻分析結果

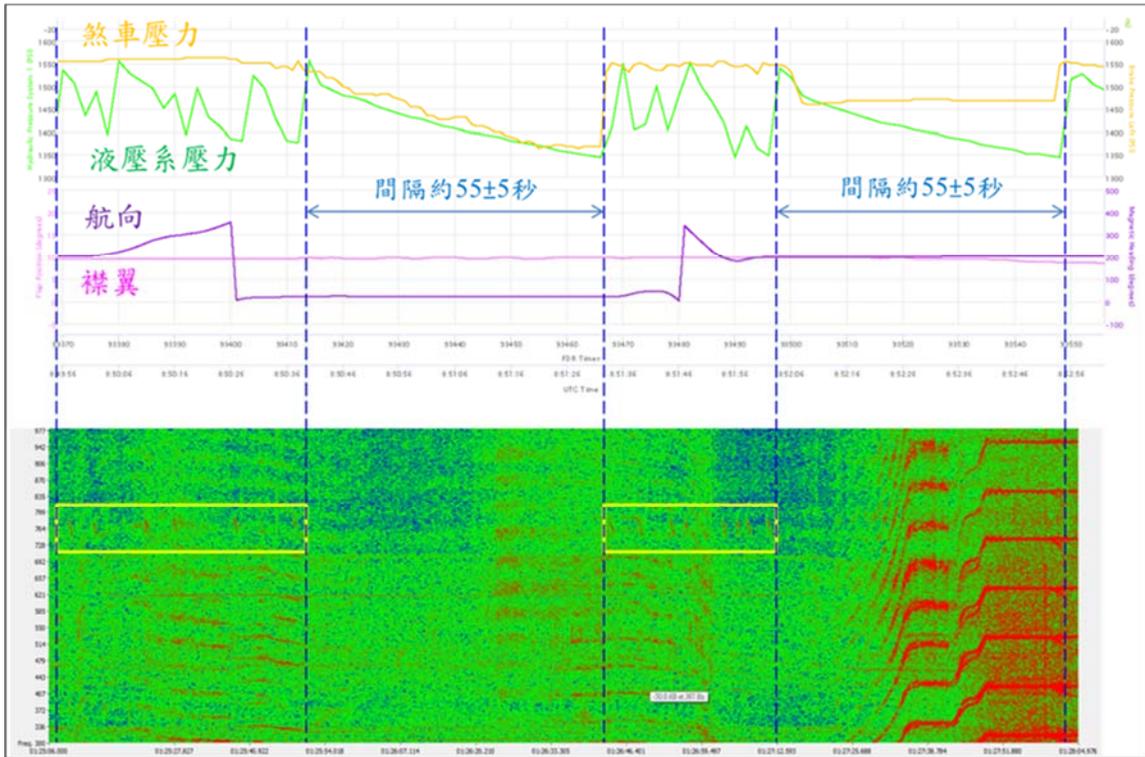


圖 1.16-4 事故機起飛前 CVR 音頻分析結果

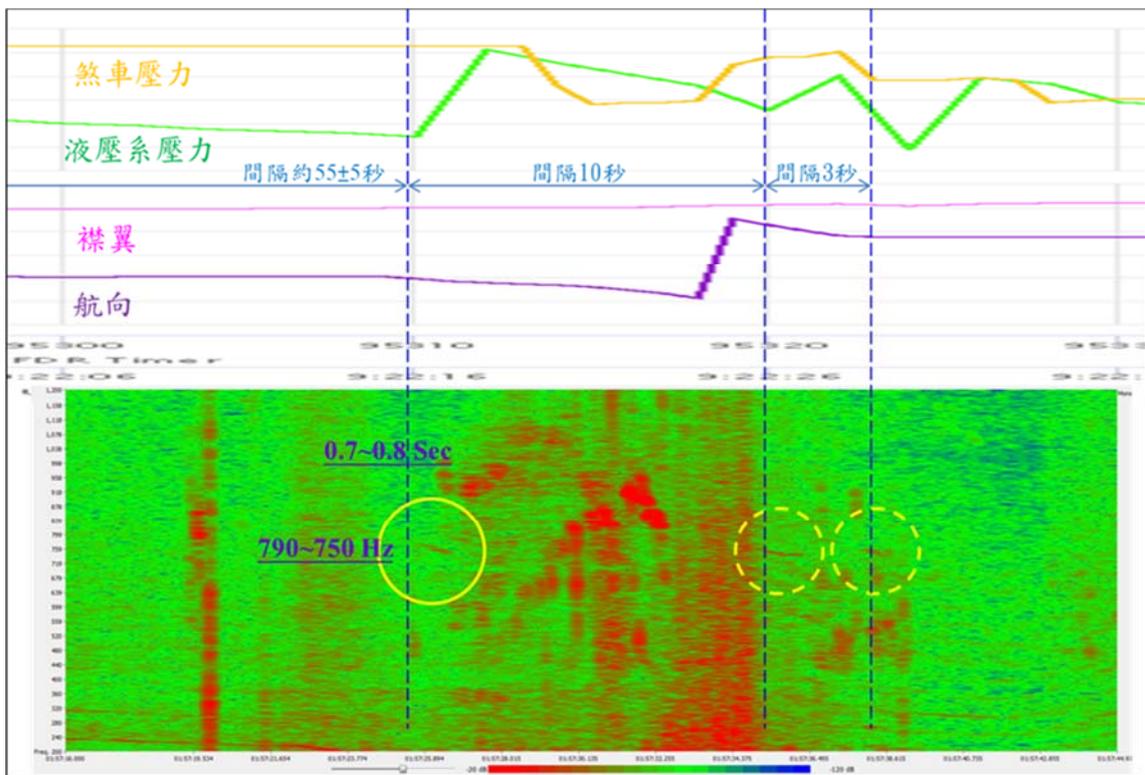


圖 1.16-5 事故機事故期間 CVR 音頻分析結果

1.16.4 疲勞生物數學模式分析

德安航空 DHC-6-400 機隊飛航組員班表係依據航空器飛航作業管理規則，有關民用航空運輸業飛航組員派遣相關規定進行排定。飛航組員派遣規定為疲勞管理必要且基本之方法，為能進一步強化疲勞管理，國際民航組織建議航空公司可考慮導入疲勞生物數學模式 (fatigue biomathematical model)，以於派遣前分析班表存在之疲勞風險並進行管理。疲勞生物數學模式並非強制性之疲勞管理方法，德安航空亦尚未導入。

國際民航組織指出：疲勞生物數學模式乃依科學上對疲勞原因的瞭解，進而發展之電腦分析程式，以預測班表所存在的疲勞風險。本會調查小組使用疲勞生物數學模 - system for aircrew fatigue evaluation predictive fatigue model for pilot (飛航組員疲勞評估預測模組，簡稱 SAFE¹⁴)，針對德安航空 DHC-6-400 機隊符合派遣規定之飛航組員班表，進一步評估可能之疲勞風險程度，分析標的與結果如下：

1.正駕駛員自民國 107 年 4 月 21 日至 23 日之班表分析

民國 107 年 4 月 19 日，正駕駛員結束連續 5 日之休假後，於 4 月 20 日參加德安航空飛安促進會，無飛航任務。4 月 21 日、22 日及 23 日期間執行臺灣西部航線飛航任務，分別執行 8、6 及 8 架次飛行任務。依據正駕駛員 4 月 21 日至 23 日實際之飛航執勤期間，SAFE 分析結果重點如下：

- 4 月 23 日第 8 架次飛行(當日延誤約 30 分鐘)，SAFE 之 Samn-Perelli 指數最高值達 4.73，為分析期間之最高值，疲勞風險程度介於「精神狀況稍差，有點感到疲累」與「有相當程度的疲累感，警覺力有些鬆懈」之間。

¹⁴ SAFE 建議 Samn-Perelli 指數介於 4.7 至 5.0 分間時應實施疲勞管理措施 (fatigue should be managed)；5.0 至 5.3 分間應積極管理疲勞 (fatigue should be actively managed)；5.3 至 6.0 分間建議停止派遣 (flights not recommended)；6.0 分以上應禁止派遣 (flight not permitted)。

2.副駕駛員自民國 107 年 4 月 19 日至 23 日之班表分析

民國 107 年 4 月 18 日，副駕駛員結束連續 4 日之休假後，於 4 月 19 日至 23 日期間執行臺灣西部航線飛航任務，分別執行 6、8、8、6 及 8 架次飛行任務。依據副駕駛員 4 月 19 日至 23 日實際之飛航執勤期間，SAFE 分析結果重點如下：

- 4 月 23 日第 8 架次飛行（當日延誤 30 分鐘），SAFE 之 Samn-Perelli 指數最高值達 4.98，為分析期間之最高值，疲勞風險程度介於「精神狀況稍差，有點感到疲累」與「有相當程度的疲累感，警覺力有些鬆懈」之間。

3.民國 106 年與 107 年德安航空東部航線班表分析

考量德安航空 DHC-6-400 機隊之東部航線單日最多可派遣 12 架次任務，故調查小組檢視該公司事故前 1 年內之東部航線班表，以進一步分析是否存在疲勞風險。

經查事故前 1 年內 DHC-6-400 機隊曾分別於民國 106 年 9 月、10 月及民國 107 年 4 月出現單日 12 架次派遣，故調查小組針對民國 106 年 10 月 19 日至 30 日及民國 107 年 4 月 29 日至 30 日兩期間，使用 SAFE 分析某正駕駛員班表，其結果如圖 1.16-6 與 1.16-7，重點內容如下：

民國 106 年 10 月 19 日至 30 日期間之班表分析結果

- 分析期間 SAFE 之 Samn-Perelli 指數最高值為 5.91，係發生於 10 月 21 日第 12 架次（1740 時至 1750 時間），疲勞風險程度介於「有相當程度的疲累感，警覺力有些鬆懈」與「非常疲累，注意力已不易集中」間；當日派遣於第 10 架次飛行（1540 時起飛）起，Samn-Perelli 指數值即已高於 SAFE 建議停止派遣之門檻值 5.3 分；
- 除休假後第 1 日之派遣外（10 月 19 日之 10 架次派遣），分析期間

所有單日 10 架次 (10 月 30 日) 與 12 架次派遣 (10 月 20、21、28、29 日) SAFE 之 Samn-Perelli 指數最高值皆高於 SAFE 建議停止派遣之門檻值 5.3 分。



圖 1.16-6 民國 106 年 10 月 19 日至 30 日間班表疲勞風險分析

民國 107 年 4 月 29 日至 30 日間班表分析結果

分析期間 Samn-Perelli 指數最高值為 5.63，係發生於 4 月 29 日第 12 架次 (1736 時至 1740 時間)；當日派遣於第 11 架次飛行 (1635 時起飛) 起，Samn-Perelli 指數值即已高於 SAFE 建議停止派遣之門檻值 5.3 分。



圖 1.16-7 民國 107 年 4 月 29 日至 30 日間班表疲勞風險分析

1.17 組織與管理

1.17.1 德安航空航務處

依據德安航空航務手冊，航務處設處長與副處長各 1 名，下轄航務組、DO-228/DHC-6-400 機隊，及督察考核小組與安全落實小組兩任務編組，其組織如圖 1.17-1 所示。

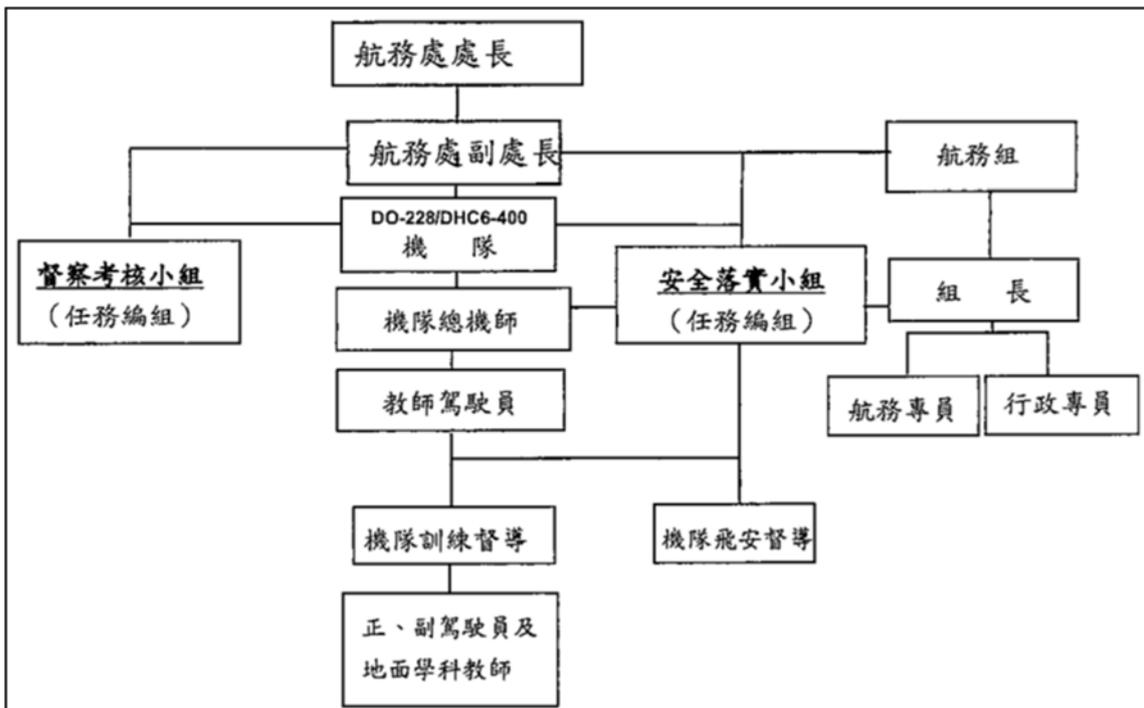


圖 1.17-1 德安航空航務處組織圖

1.17.2 德安航空 DHC-6-400 機隊

民國 105 年 3 月 10 日，德安航空向民航局申請引進 DHC-6-400 型機，以逐步汰換 DO-228 型機；同年 10 月 12 日完成民航局五階段審查，並於同年 10 月 15 日取得航線證書後，開始執行國內離島偏遠航線定期或不定期飛機運輸業務。

由於當時市面上仍無 DHC-6-400 型機 Level D 等級之模擬機，德安航空 DHC-6-400 型機飛航組員係以實機進行術科訓練與考驗，並依民航局要求由原廠手冊之側風限制 25 浬/時，限縮為本島機場與馬公機場之 20 浬/時，其他離島機場則降至 18 浬/時，待相關訓練於 Level D 等級模擬機完成後，始得恢復側風限制。

本次事故後，德安航空已派員赴國外針對 Level D 等級模擬機進行評估；民航局並已要求重新考驗德安航空 DHC-6-400 機隊所有飛航組員側風落地操作，各組員於完成模擬機訓練前之過渡階段執行任務，暫以受考驗當時之側風值作為個人最大側風落地限制。

事故當時，德安航空擁有 4 架 DHC-6-400 型機，並搭配有檢定駕駛員 1 名、教師駕駛員 3 名、正駕駛員 3 名、副駕駛員 7 名、儲備正駕駛員 3 名與儲備副駕駛員 2 名。

德安航空將 DHC-6-400 型機飛行任務區分為西部航線與東部航線，西部航線以高雄機場為基地，往來包括七美、望安或馬公等機場，單日派遣 2 至 8 架次不等。其中單日最高 8 架次派遣部分，以民國 107 年 4 月班表為例，係 0800 時自高雄機場起飛，飛航組員飛行 4 架次後於高雄機場地停用餐，下午再飛行 4 架次後，於 1655 時飛抵高雄機場結束任務。東部航線以臺東機場為基地，往來蘭嶼及綠島機場，單日派遣 4 至 12 架次不等，其中單日最高 12 架次派遣。以民國 107 年 4 月之班表為例，係 0730 時起飛，飛航組員飛行 6 架次後於臺東機場地停用餐，下午再飛行 6 架次後，於 1740 時飛抵臺東機場結束任務。

表 1.17-1 顯示事故前 1 年內，德安航空 DHC-6-400 機隊正/副駕駛員人數、每月平均飛航時間、東/西部航線單日最高派遣架次等資訊。

表 1.17-1 DHC-6-400 機隊人數與派遣統計表

時 間	民 國 1 0 6 年									民 國 1 0 7 年			
	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	
正駕駛員人數	9	9	9	9	9	8	7	7	8	8	8	7	
副駕駛員人數	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	9	
平均飛時	48:46	35:50	46:24	51:40	55:58	39:32	36:13	29:21	31:24	34:15	49:36	60:22	
西部單日最高派遣架次	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
東部單日最高派遣架次	10	10	10	10	12	12	10	10	10	10	10	12	

1.17.3 技術研討會

德安航空航務處係藉由舉辦飛航組員技術研討會（以下簡稱技研會）之時機，研討航務運作相關議題及宣導飛安資訊。

德安航空航務處因應「民國 106 年 4 月 13 日 DA7511 航班於蘭嶼機場落地偏出跑道事故」，分別於民國 106 年 4 月、5 月、7 月及 10 月之技研會中，針對側風落地與落地後偏側修正等議題進行研討，其內容概要綜整如下：

依據民國 106 年 4 月技研會紀錄，總機師於會議結論時指出：

1. DHC-6-400 型機方向舵未連接鼻輪轉向，在側風操作上需使用大量方向舵，落地後仍需修正側風，如有偏側現象，飛航組員應先以方向舵保持方向，同時使用副翼壓向上風邊，並盡速將推力進入 Beta 模式¹⁵，切勿先或太早使用煞車及過量的反推力以免產生側滑現象，

¹⁵ Beta 模式泛指飛機於地面操作的模式或渦輪螺旋槳飛機使用反推力的操作模式，在 Beta 模式狀態時，

造成方向控制不易。

2. 當無法控制而可能偏出跑道，必要時使用鼻輪轉向加反方向副翼保持機身平衡。

另依據民國 106 年 5 月技研會紀錄，多位飛航組員於會議中提及航機高速滾行時，切勿使用鼻輪轉向修正航向，部分飛航組員指出應於速度低於 15 浬/時以下始可使用鼻輪轉向；當其他方向修正方式皆無效時，應使用鼻輪轉向修正，但使用量應細微或謹慎，以避免偏出跑道或致使鼻輪受損。

民國 106 年 7 月技研會紀錄，落地滾行階段一般並不需要使用差異推力控制方向，如需使用時，建議往偏側方向增加推力，另一邊推力維持在 Beta 模式位置，不應使用差異反推力，因其較無助於方向控制。

依據民國 106 年 10 月技研會紀錄，多位飛航組員於會議中提及航機高速滾行時，切勿使用鼻輪轉向修正航向；如方向控制困難或有偏出跑道之虞時，應果斷使用鼻輪轉向，另加上反方向副翼保持機身平衡。

1.17.4 安全通告

依據德安航空安全管理手冊 5.2.6.3 節，航務處執行各項任務或工作存在潛在危害時，得發布安全通告，如：航務通告、機隊通告，並建議採取所需之風險控管措施，以降低或消除風險。

為避免類似事故再發生，本次事故後德安航空航務處發布兩則涉及側風落地或落地後偏側修正的安全通告：(1) 編號 48(民國 107 年 4 月 26 日)；(2) 編號 49 (民國 107 年 4 月 30 日)，於內容整理如下：

機隊通告編號 48

發動機動力控制手柄係位於空中慢車止檔以下的位置。在 DHC-6 型飛機上，Beta range 是由 Beta 反推力閘控制而非螺旋槳葉片調速器。若顯示的螺旋槳轉速比螺旋槳手柄所選擇的轉速低，此時螺旋槳即在 Beta 的操作模式。

主旨為側風落地技巧。通告中指出落地後方向維持係以方向舵搭配副翼操作為主，當方向舵與副翼控制不足以維持風向控制，且航機產生偏側時，飛航組員始可用差異推力修正方向，且動力手柄皆不得維持於反推力位置，例如：航機右偏側時，可適量將右動力手柄前推。

機隊通告編號 49

主旨為鼻輪轉向操作原則與技巧。部分內容整理如下：

1. 正常操作時，鼻輪轉向僅限於滑行時使用。禁止於起飛滾行與落地滾行階段使用鼻輪轉向。
2. 鼻輪轉向應謹慎使用，且應僅於航機低於滑行速度時使用（低於 30 浬/時）。
3. 除非緊急狀況，例如存在衝偏出跑道可能時，不得於航機滑行速度以上使用鼻輪轉向。

1.17.5 自我督察作業

民國 106 年 4 月 13 日德安航空 DA7511 班機於蘭嶼機場 13 跑道落地時偏出跑道航機遭受實質損害，本會於 107 年 3 月 28 日發布 DA7511 調查報告，並建議德安航空檢視並強化航務處自我督察、航線派遣風險評估、以及航務作業系統安全評估之規劃與執行，並確保相關人員熟悉其職責並能確實執行。本事故發生時，德安航空部分改善措施仍在進行中，調查團隊乃對德安航空已改善之自我督察作業部分進行檢視。

依據安全管理手冊第 5.3.8 節航務自我督察作業，航務處自我督察包含兩類，一類由航務處長及各機隊總機師每月執行 1 次，係使用航務處自我督察檢查表，如圖 1.17-2 所示，其中航務處長負責督察第 1 至 17 項，總機師負責督察 1 至 14 項。另一類為飛航組員平時考核，由機隊總機師及檢定駕駛員每年對所屬飛航組員執行飛行考核乙次，安全管理手冊第 5.3.8 節中

附有 BK117 與 DO-228 之駕駛員飛行考核表。

項次	項目	檢查結果	
		是	否
1	飛航人員對飛航公告、火砲射擊、天氣資料是否充分掌握？		
2	飛航任務提示是否按規定程序實施		
3	飛航人員航行包應攜帶之資料是否完整(航醫建議配戴眼鏡者應有兩付)		
4	飛航組員是否遵照公司禁止喝酒之規定(是否按規定至航站航務組檢測)		
5	飛航組員飛行前是否按檢查手冊執行航機 360°檢查		
6	執行外場(駐站)任務時，組員生活管理是否有規範及遵守		
7	飛機上攜帶之裝備是否會使用，所規定之手冊是否齊全		
8	飛航組員之檢定證、體檢證期限是否有效		
9	飛航任務之派遣是否按簽派作業規定程序執行		
10	飛航組員於任務起飛前是否審查相關飛航資料並簽名		
11	飛行前、後對航機狀況缺失是否按規定填寫於維護記錄簿內		
12	飛航組員是否瞭解及遵守飛航管制規定		
13	飛航組員於起飛前相互確認已收到塔臺之起飛許可		
14	任務完成後，歸詢是否使用所規定之表格，填寫是否據實		
15	飛航人員是否按時完成年度複訓，並記錄完整		
16	各機隊是否對飛航人員實施飛航任務之自我督察		
17	民航法規、公司手冊、技令是否適時修正及增訂		
督察日期： 年 月 日 督察人員：			
所見事實			
擬辦			
批示			

圖 1.17-2 航務處自我督察檢查表

依據德安航空航務手冊第 23.3.4.2.7 節，定期與不定期航務自我督察實施要領依據安全管理手冊 5.3 節自我督察計畫相關條文執行。第 23.3.4.2.6 節規定機隊總機師（含）以上人員，使用離島航線風險評估/駕駛艙航路檢查表，如圖 1.17-3 內容，原則上以每半年內對各航線實施評估作業乙次後，並向航務處長彙報。第 23.3.4.2.8 節則歸納航務處安全管理作業執行項目如圖 1.17-4 內容。

德安航空航務處離島航線風險評估/駕駛艙航路檢查表 (2 sectors)						
日期	航班	/		正/副 駕駛員	/	
項 目		合乎 規定		項 目		風險 評估
A. 航路檢查項目		是	否	B. 離島航線風險評估		評估值
1. Pre-Flight Preparation				1. 簽派作業情況		
Documents				2. 飛機適航狀況 (含機務作業)		
Wt. & Balance				3. 天氣狀況(離場/航路/到場)		
NOTAM/NOTICE				4. 飛航管制狀況		
Use of Checklist				5. 助/導航設施狀況		
Radio Com & FMS Set Up				6. 跑道狀況		
Dept Briefing				7. 飛航組員對航路熟悉度		
2. Start Up & Departure PROC.				8. 無線電通話程序		
Engine Start				9. CRM		
System Function Check				10. 場站作業支援狀況		
Ground Operation				C. 風險評估值(安全管理手冊 2.7.1.2) :		
Normal Crosswind /Takeoff				1. 風險等級第一級：不能接受此風險(風險評估值為 5A,5B,5C,4A,4B,3A)，立即提出改善措施並儘速修正與控管。		
Instrument/Visual Departure				2. 風險等級第二級：可接受此險(風險評估值為 5D,5E,4C,4D,4E,3B,3C,3D,2A,2B,2C)，提出改善措施並限期修正與控管。		
3. Enroute Navigation				3. 風險等級第三級：可接受此險(風險評估值為 ,3E,2D,2E,1A,1B,1C,1D,1E)，不需提出風險控管，需持續觀察。		
Cruise Operation				D. COMMENT :		
FMS Use & Functions						
FMS Navigation						
4. Arrival & Approach						
App Briefing						
Descent /APP Planning						
Arrival Procedure						
FMS Programming						
VFR Approach						
Precision Approach						
Non-Precision Approach						
Missed Approach						
Holding						
5. Landing						
Normal (Flap 20 / 37)						
Crosswind Landing						
Reject Landing						
Direction Control						
Deceleration Operation						
Back track Operation						
6. Taxi and Parking PROC				查核人		
7. Engine Shutdown						

圖 1.17-3 航務處離島航線風險評估/駕駛艙航路檢查表

項次	項 目	作 業 頻 率	備 考
一	定期安全落實小組會議	每三個月召開一次	執行危害識別與風險評估
二	不定期安全落實小組會議	視需要召開	執行危害識別與風險評估
三	定期自我督察	每三個月實施一次	得併當月不定期自我督察
四	不定期自我督察	每月至少一次	
五	自我督察趨勢分析	每半年一次	
六	變動管理	重大作業時（內、外部變動）	執行危害識別與風險評估
七	任務派遣風險評估	任務執行前	
八	離島航線風險評估/駕駛艙路檢查	每半年一次	
九	作業系統安全評估	每季實施一次	配合自我督察執行
十	組員報告	視需要	

圖 1.17-4 德安航空航務處安全管理作業項目

1.18 其他資料

1.18.1 飛航操作相關手冊內容

1.18.1.1 DHC-6-400 型機飛機操作手冊

德安航空 DHC-6-400 型機飛機操作手冊（aircraft operation manual, AOM）與本案有關之內容如下：

Chapter4 Normal Procedure（第 4 章 正常程序）

該程序中律定飛航組員須分別於起飛後（After Take-off）及五邊（Final）時，檢查確認鼻輪轉向手柄是否定中，內容如下：

4.10 After Take-off（起飛後）

...

9. Nose wheel steering lever –Centered. --CM1

Align with index marks if required.

（譯：CM1 檢查鼻輪轉向手柄位於定中位置。必要時確認標記對正。）

4.14 Final (五邊)

1. Nose wheel steering lever –Centered/Locked -CM1

Align with index marks if required.

(譯：CM1 檢查鼻輪轉向手柄位於定中/鎖定位置。必要時確認標記對正。)

...

8. Nose wheel steering lever –Use as required. -CM1

Coarse application of rudder should be used as the primary control for heading until the aircraft has decelerated to taxi speed.

(譯：CM1 視需要使用鼻輪轉向手柄。直到飛機減速至滑行速度前，航向控制應以方向舵為主。)

4.14.1 Crosswind Landings (側風落地)

...

The preferred crosswind technique requires that the upwind wing be lowered during the approach with sufficient opposite rudder applied to align the aircraft with the runway. As airspeed decreases during the flare and rollout, both of these control applications must be increased. The nose wheel should be held on the ground during the ground roll, along with “into wind” aileron. Directional control should be maintained with rudder only unless it becomes absolutely necessary to use nose wheel steering. (譯：較佳之側風落地技巧，係於進場時壓低上風邊機翼，並以足量反舵操作保持航機對正跑道。於仰轉及滾行階段空速下降時，需同時增加副翼及方向舵之操縱量。落地後應保持鼻輪於地面滾行，並向上風邊操作副翼。方向控制應僅以方向舵來維持，除非絕對必要才使用鼻輪轉向。)

4.20 Normal Procedure Standard Call Out (正常程序標準呼叫)

德安航空有關正常程序標準呼叫內容規定於 4.20 節，其中落地後 (after landing) 之標準呼叫內容如表 1.18-1 所示；手冊中無落地方向控制有關標準呼叫。

表 1.18-1 德安航空落地後標準呼叫內容

<i>CM1</i>	<i>CM2</i>
<i>At approximately 40 KIAS and safe taxi speed.</i> <i>“40 KNOTS,I HAVE CONTROL”</i>	 <i>“YOU HAVE CONTROL”</i>
<i>Once vacated of runway.</i> <i>“AFTER LANDING CHECKLIST”</i>	 <i>Completed after landing checklist.</i> <i>“AFTER LANDING CHECKLIST COMPLETED”</i>

Chapter 6 Procedure And Technique (第 6 章 程序與技巧)

6.2.5 Nose Wheel/Rudder Pedal Steering (鼻輪/方向舵踏板轉向)

The nose wheel steering system is primarily intended for use when maneuvering on the airport apron or parking areas, or for making tight turns from runways to taxiways and vice-versa. To maintain a straight path when taxiing, the nose wheel steering tiller should be left alone in the center position and coarse (full deflection) application of rudder used to make any necessary corrections to the aircraft’s path down the taxiway. (譯：鼻輪轉向主要用於停機坪區域，或自滑行道進入/脫離跑道時須較大角度轉彎之用。直線滑行時，

鼻輪轉向手柄應保持定中，必要時應以大幅度(最大行程)舵量控制方向。)

...

6.5.8 Directional control during landing (落地階段方向控制)

Directional control during landing should be maintained by use of rudder. As the aircraft slows down, asymmetric thrust may be used to control any tendency to weathercock in crosswinds. (譯：落地階段應使用方向舵維持方向控制，當航機速度減慢後，若航機於側風情況下出現風標效應之趨勢時，可使用差異推力修正。)

In a crosswind, apply into wind aileron to maintain a wings-level attitude. This will increase directional control. Nose wheel steering should not be used until the aircraft has decelerated to taxi speeds. (譯：側風情況下，使用上風邊副翼以保持機翼水平姿態，如此將可提高方向控制。航機減速至滑行速度前，不應使用鼻輪轉向。)

1.18.1.2 DHC-6-400 型機飛行員操作手冊及飛航手冊

Viking DHC-6-400 型機飛行員操作手冊及飛航手冊 (pilot operating handbook and aircraft flight manual, POH and AFM) 其封面頁說明如下：

Sections 1 through 10 inclusive of this document comprise the Pilot Operating Handbook (POH) for the DHC-6 Series 400 Twin Otter. Sections 1, 2, 3, 4, 5 and any supplement in Section 9 are Transport Canada Civil Aviation approved and constitute the approval Aircraft Flight Manual. Compliance with Section 2, Limitations, is mandatory. Sections 0, 6, 7, 8 and 10 are not approved and are provided for information only.(譯：本文件第 1 節至第 10 節包含 DHC-6-400 Twin Otter 型機之飛行員操作手冊，第 1 至 5 與第 9 節為加拿大運輸部所核准，並構成核准之飛航手冊；其餘第 0、6、7、8、與 10 節等不屬於加拿大運輸部核准之部分，僅為製造廠告知操作人之資訊。)

此手冊與側風落地/落地方向控制有關之內容如下：

4.15.1 Crosswind landings (側風落地)

The preferred crosswind technique requires that the upwind wing be lowered during the approach with sufficient opposite rudder applied to align the aircraft with the runway. As airspeed decreases during the flare and rollout, both of these control applications must be increased. The nose wheel should be held on the ground during the ground roll, along with “into wind” aileron. Directional control should be maintained with rudder only unless it becomes absolutely necessary to use nose wheel steering. (譯：側風落地之首要技巧，需於進場時壓低上風邊機翼，並以足量反舵保持航機對正跑道。於仰轉及滾行階段空速下降時，需同時增加副翼及方向舵之操縱量。落地後應保持鼻輪於地面滾行，並向上風邊操作副翼。方向控制應以方向舵來維持，除非絕對必要才使用鼻輪轉向。)

10.7.8 Directional control during landing (落地階段方向控制)

Directional control during landing should be maintained by use of rudder. As the aircraft slows down, asymmetric thrust may be used to control any tendency to weathercock in crosswinds. (譯：落地階段應使用方向舵維持方向控制，當航機速度減慢後，若航機於側風情況下出現風標效應之趨勢時，可使用差異推力修正。)

In a crosswind, apply into wind aileron to maintain a wings-level attitude. This will increase directional control. Nose wheel steering should not be used until the aircraft has decelerated to taxi speeds. (譯：側風情況下，使用上風邊副翼以保持機翼水平姿態，如此將可提高方向控制。航機減速至滑行速度前，不應使用鼻輪轉向。)

1.18.1.3 德安航空航務手冊

高雄機場 09/27 跑道長度 3,150 公尺，寬 60 公尺屬 ICAO CODE 4F 類機場，最大允許側風為 20 浬/時。

依據 DHC-6-400 型機 POH 及 AOM 第 10.7.3 節，該型機驗證飛行時，於雙引擎、乾跑道、最大襟翼（37 度）情況下，經測試之落地最大正側風分量（demonstrated crosswind wind component）為 25 浬/時。另於加拿大運輸部核准之第 9-38.5.2 節內容中，該型機於鋪面跑道、煞車狀況良好、乾跑道、跑道摩擦係數大於 0.6 之情況下，落地最大正側風分量（demonstrated crosswind wind component）應限制為 22 浬/時。

德安於航務手冊第 39.4.1 節中，因應民航局要求，下修該公司 DHC-6-400 型機於乾跑道之起飛/落地最大正側風限制至 20 浬/時；若有陣風時，以最大陣風計算，如下圖 1.18-1 表格內容：

DHC-6 :															
Crosswind Direction	0°	10°	20°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
Speed	39	39	39	39	35	31	28	26	25	23	22	21	21	20	20
Tailwind Direction	95-105°	110°	115°	120°	125°	130°	135°	140°	145°	150°	155°	160-180°			
Speed	20	21	22	21	18	16	14	13	12	12	11	10			

圖 1.18-1 德安航空 DHC-6-400 型機落地限制

另德安航空航務手冊第 39.4.4 節針對七美、望安、蘭嶼、綠島等機場，下修 DHC-6-400 型機之起飛/落地側風順風起降限制如下圖 1.18-2 表格內容：

DHC-6 乾跑道															
Crosswind	0°	10°	20°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
Direction															
Speed	39	39	39	36	32	28	26	24	22	21	20	19	19	18	18
Tailwind	95-105°	110°	115°	120°	125°	130°	135°	140°	145°	150°	155°	160-180°			
Direction															
Speed	18	19	20	20	18	16	14	13	12	12	11	10			

圖 1.18-2 德安航空 DHC-6-400 型機東部航線落地限制

1.18.2 訪談摘要

1.18.2.1 正駕駛員

第 1 次訪談內容

事故當日係執行「高雄—望安—高雄—七美—高雄—七美—馬公—七美—高雄」班表，共計 8 個航段。本次事故發生於最後一個「七美—高雄」航段，正駕駛員坐於左座擔任操控駕駛員，約於 1658 時自七美機場起飛，依航管指示採 MAPLE ONE TANGO DEP (ML1T) VISUAL 目視離場程序離場，依正常程序於 400 呎收外型，最終爬升至 4,000 呎高度。進場時先依高雄機場 SIGANG ONE KILO ARR (SN1K) 進場程序飛行，後因 ATIS 資訊顯示高雄機場為目視天氣，能見度大於 10 公里、無降雨，遂向航管申請目視進場並獲同意與引導，約於距離機場 15 哩左右即可目視機場 (field insight)。

落地總重為 11,504 磅，據此計算之 V_{REF} 為 75 哩/時， V_{TGT} (target speed, V_{TGT}) 為 80 哩/時。高雄機場塔臺管制員約於 10 哩時頒發 09 跑道落地許可，當時提供之風向風速為 180 度 12 哩/時；後續依程序減速、放外型，進場梯度均正常，落地使用 flap 20。執行 final checklist 副駕駛員唸出第一項程序“nose wheel steering”時，正駕駛員即以左手撥動鼻輪轉向 (tiller) 手柄，確認其位於“centered and locked”位置，並目視確認白色指標 (三個白點) 有對齊 (aligned) 後，覆誦“centered and locked”。

事故當次進場以微量蟹行法修正側風，200 呎高度時，監控駕駛員報讀儀表上顯示之側風為 17 浬/時、尾風為 3 浬/時，與之前所接收到之天氣資料及塔臺提供之資訊大致吻合。因符合該機種風速限制，且航機狀況符合穩定進場條件，正駕駛員遂決定繼續進場。著陸前以方向舵修正航機縱軸，使其平行於跑道；精確進場滑降指示燈（precision approach path indicator, PAPI）顯示為三紅一白，著陸點約位於跑道中心線上、aiming point 之前，由右主輪先觸地，未發生彈跳。著陸後隨即收兩側油門使其進入 beta 範圍，但尚未進入反推力區間；其後右翼可能受側風影響而一度揚起，正駕駛員修正操作欲使機翼回復水平後，航機開始稍微右偏，正駕駛員遂改為向左修正，但於航機快回到跑道中心線時，正駕駛員發現航機左偏趨勢持續增加，修正中航機急遽向左偏側並偏出跑道，最終停止時，機頭已轉 180 度而與進場跑道呈反方向。

隨後於副駕駛員協助下，執行發動機關車程序，儀表未顯示航機有任何異常狀況。接著由副駕駛員至客艙疏散乘客，完成後兩人共同確認將飛航紀錄器斷電，攜出維護紀錄本及個人飛航裝備後離機。

據副駕駛員表示，落地後向左偏側期間之空速約為 50 幾浬/時，因此副駕駛員尚未依程序呼叫“forty”，按頒布的操作要求尚不能使用煞車，故正駕駛員當時主要係以方向舵及副翼試圖修正左偏趨勢。正駕駛員對於當航機向左偏側超過跑道中心線後，自己是否曾碰觸到鼻輪轉向手柄，因為事情發生的很快，自己無印象及不確定。偏出道面前可能曾使用右煞車企圖修正，但並未運用不對稱推力操作。

航機偏出道面進入草地後，正駕駛員未再刻意進行修正操作，而是定住試圖穩定航機，以避免翼尖觸地或翻覆，印象中右手係放在油門桿上，左手則是位在方向盤上；過程中曾感覺鼻輪轉向手柄有急遽的移動，似乎有擦碰到自己的左膝蓋，研判可能是受到地面不平的影響所致。航機停止後，鼻輪轉向手柄是位在最下方的位置。機輪於偏出道面前雖感覺尚屬正常，但其滾行的路徑卻有側移現象，右輪洩氣可能是航機進入草地後地面

坑洞所致。

事故當日該機狀況一切正常，未有故障待修項目，飛行過程中亦未曾出現任何警告/警示訊息。

事故當日第 1 架次任務前曾執行風險評估，正、副駕駛員之評估結果分別為 12 分與 18 分，皆代表低風險。

正駕駛員表示，事故前 1 日晚上約 9 點多就寢，事故當日早上約 6 點起床，睡眠品質良好，0720 時報到，0800 時開始第 1 架次任務。正駕駛員認為自己於事故當時之身心狀況良好，無疲勞現象，足以應付飛行任務。就其觀察，副駕駛員於事故當日之精神處於亢奮狀態，擔任監控駕駛員之各項職責表現皆符合標準，印象中副駕駛員於偏側階段應未介入航機之操作。

正駕駛員於擔任 DO-228 型機副駕駛員時，即曾參與 DHC-6-400 型機原廠教師講授之地面學科課程，正式接受機種轉換訓練與正駕駛員升等訓練時，地面學科再次由本國籍教官重新授課，科目與時數則依照報請民航局核定之內容辦理。飛行術科則由 4 位 IP 或以上等級之教官帶飛，未接受過模擬機訓練，皆以實體機進行。接受機種轉換訓練初期，由於自傳統儀表轉換到玻璃駕駛艙環境，過程因而較為辛苦，但到了第 3、4 課以後，自己已能進入狀況。其餘 DHC-6-400 型機相較於 DO-228 型機之特性，例如機翼採上反角設計、油門控制桿位於上方位置、發動機反應時間較慢、舵的用量較大...等，經過訓練都可以克服，適應上沒有問題。截至事故當時，幾乎未曾遇到起降階段必需使用不對稱推力控制方向之情況與環境，也因此未曾採用此種操作。

對於本次事故可能原因，因為事情發生得很快，正駕駛員不確定自己的操作是否有哪一部分未完全按照教官上課的內容，是否有未執行到的部分。

事故當時，高雄機場跑道因施工而內縮，但對於正駕駛員之落地操作

未造成影響。

對於發生於 DHC-6-400 機隊之事故或意外事件，公司係透過技研會之場合將彙整好之資訊向飛航組員提報，並進行經驗分享、討論與複習。

第 2 次訪談內容

該次落地前近地警告系統（ground proximity warning system, GPWS）曾發出“glide slope”語音警告，原因係正駕駛員於 200 呎時獲副駕駛員告知有尾風，預期減速距離可能稍為增加，為順利自預劃之 C 滑行道脫離，故決定將落地點提前於 aiming point 前方，航機因此稍低於下滑道，PAPI 顯示為三紅一白。由於當時已通過跑道頭，能見度亦良好，副駕駛員確認航機可著陸於著陸區內，無安全疑慮，因此呼叫“disregard”。實際操作上，若於接近 C 滑行道前尚未完成減速，則會改由下一個滑行道脫離，不會強求，塔臺亦能諒解。

正駕駛員表示，落地後右翼受側風影響揚起之緣故，應係落地前減低蟹行角度（de-crab）時，桿上壓力不夠進而造成風標效應所致。

有關民眾於跑道旁攝得之照片顯示，該機向左偏側期間，鼻輪並非正直而係朝向左側，方向舵則呈現右滿舵情形，正駕駛員表示，對於自己是否動到鼻輪轉向手柄，至今仍無法確定；假如證據如此顯示，則較為合理之情形係自己於修正右偏期間，在非意識情況下動到鼻輪轉向手柄，否則於該機持續左偏跨越跑道中心線或即將偏出道面時，自己應會將鼻輪轉向手柄擺回中間，而非不斷試圖以右滿舵修正左偏。感覺飛機開始左偏至偏出道面經歷蠻長的時間，持續使用順桿順舵，卻一直修不回來。

有關第 1 次訪談中提及副駕駛員曾呼叫“教官，tiller...用 tiller”，但事後得知 CVR 錄音中並無此部分內容，正駕駛員表示此部分記憶仍十分清晰，自己僅針對事實陳述，並未加油添醋，回想事故後於航務組處理完相關事務後之空檔，曾與副駕駛員談論事故當下情況，副駕駛員詢問：「當時我叫你用 tiller，你有用嗎？」，正駕駛員則回覆：「速度那麼大，不敢用」。

對於記憶與實際狀況之落差，自己也同感疑惑。

有關 DHC-6-400 型機落地滾行階段方向控制方式，可以高、低速區分；40 哩/時以上屬高速，可使用方向舵、副翼及油門控制方向；40 哩/時以下則可使用鼻輪轉向。正駕駛員過去操作 DHC-6-400 型機落地，曾遭遇過之最大正側風為 18、19 哩/時，在這樣的側風情況下，落地操作沒有問題。

對於鼻輪轉向使用時機，正駕駛員的認知係速度降到 40 哩/時以下方可使用，過去不曾於落地滾行階段使用鼻輪轉向修正方向，反而對於鼻輪轉向始終心存敬畏，一直採取較為保守的態度，也用得不太順手，教官還曾提醒自己應該「大膽的用」，後續直到航路訓練第 50 架次以後才開始熟練。正駕駛員回憶，該次落地滾行階段右手係放在油門桿上，左手則是放在方向盤上，假如當時要操縱鼻輪轉向，左手需放開方向盤，才能握住鼻輪轉向手柄，除非是在低速、穩定情況下，左手才可能扶住方向盤，並同時微幅操作鼻輪轉向，印象中當時並沒有這些動作。

正駕駛員表示，公司未針對落地滾行階段飛機有偏側時，律定統一的呼叫，每個組員的方式不同，自己擔任 PM 時，則會以「稍微偏了」提醒 PF。本次事故當時副駕駛員之呼叫方式並未對正駕駛員造成影響，因為當時正駕駛員自己也知道飛機偏了。

過去飛行 DO-228 型機時，即使每日最多飛行 12 架次任務都不覺得疲累，但 DHC-6-400 型機因為駕駛艙設計及無空調等因素，每日飛行 8 至 10 架次任務即可能感到疲累，尤其夏季期間（7-10 月）因陽光曝曬，駕駛艙溫度常達到攝氏 30 度以上，多數飛航組員均感到非常炎熱，長時間在不舒適的環境中工作，難免心浮氣躁，地停期間若無地面空調車支援，飛航組員多會下機前往陰涼處避暑。

正駕駛員表示，平日體能狀況不錯，事故當日曾於其中兩架次任務之巡航階段，與副駕駛員輪流擔任操控駕駛員；事故當時精神狀況還不錯，但一整天工作下來已非最佳狀態，故圈選最能代表自己於事故時之精神狀態為：「2.精神狀態雖非最佳，然仍相當良好，對外界刺激能迅速反應」，而

非「1. 警覺力處於最佳狀態；完全清醒的；感覺活力充沛」。

1.18.2.2 副駕駛員

第 1 次訪談內容

事故當日係執行「高雄—望安—高雄—七美—高雄—七美—馬公—七美—高雄」班表，共計 8 個航段。本次事故發生於最後一個「七美—高雄」航段，副駕駛員坐於右座擔任監控駕駛員。自七美機場起飛後，依航管指示採 MAPLE ONE TANGO DEPARTURE (ML1T) 目視離場程序離場並爬升至 4,000 呎高度，後續由管制員雷達引導至高雄，過程中一切正常。

接近高雄時，因 ATIS 資訊顯示高雄機場為目視天氣，遂向航管申請目視進場並獲同意與引導。塔臺管制員頒發 09 跑道落地許可時提供之風向風速為 180 度 12 浬/時。最後進場通過 200 呎高度時，副駕駛員依主要飛行顯示幕 (PFD) 上顯示之資訊告知正駕駛員側風為 17 浬/時、尾風 3 浬/時，較塔臺提供之側風數值大，正駕駛員則回覆「stable」並決定繼續進場。

正駕駛員以右坡度修正側風 (wing low)，著陸前 PAPI 顯示為三紅一白，著陸點位於 aiming point 與 piano bar 之間、跑道中心線右側，由右主輪先觸地，機頭朝向跑道中心線方向，當時空速約為 50 幾浬/時；正駕駛員欲向左修正使航機返回跑道中心線時，右翼受側風吹襲而揚起（參考地平線），正駕駛員修正欲將機翼擺平時，航機開始向左偏側，越過跑道中心線時，副駕駛員持續呼叫提醒正駕駛員，但航機仍持續向左偏側並偏出道面，最後於側滑 180 度後停止於草地上。隨後副駕駛員告知塔臺將於該處關車，回頭確認無乘客受傷後，回覆塔臺無須醫療協助；接著開始執行發動機關車程序，完成後副駕駛員經由客艙走道至後方開啟左登機門，確認螺旋槳葉片已停止轉動、四周無異常狀況後，開始疏散乘客並引導至機尾後方；由於當時係白天且無乘客受傷，故副駕駛員未攜帶手電筒及 first aid 下機。

事故當日該機狀況一切正常，飛行過程中除伸放 flap 20 後曾出現過 1 次“speed”語音警示外，未曾出現任何警告/警示訊息。當次進場 V_{REF} 為 75

哩/時， V_{TGT} 為 80 哩/時，進場過程速度皆於正常範圍內（on speed）。落地後副駕駛員曾注意到空速尚未減低至 40 哩/時以下，惟當該機持續左偏時，因注意左偏情況，且當時手腳並未於操控面上，雖知道正駕駛員正忙著修正，但副駕駛員已無暇注意煞車、反推力、方向舵、副翼及鼻輪轉向之操作方式與使用情況；因角度關係，副駕駛員可確認正駕駛員之右手位於油門上，但看不見其左手位置；自己於航機偏側期間並未介入操作，公司亦不允許副駕駛員介入操作。

事故當日第 1 架次任務前曾執行風險評估，副駕駛員之評估結果為 18 分，代表低風險。副駕駛員認為，事故當次進場全程符合公司穩定進場標準，目視進場於尾風情況下，落地點稍微提前是可接受的狀況，故無任何因素使其於最後進場過程中認為有重飛之必要。

副駕駛員表示，事故前 1 日晚上約 10 點半就寢，事故當日早上約 5 點半起床，睡眠品質良好，0710 時報到，0800 時開始執行第一架次任務。副駕駛員認為自己於事故當時之身心狀況良好，無疲勞現象，足以應付飛行任務。相較於過去與正駕駛員共飛之經驗，副駕駛員認為正駕駛員於事故當日之身心狀況穩定而正常。

副駕駛員係於加拿大接受 DHC-6-400 型機初始訓練之學/術科，並曾接受 DHC-6-300 型模擬機訓練，返臺後由外籍教師帶飛實機訓練。截至事故當時，飛行該機種未有不適應之處；另由於副駕駛員僅能於臺東、高雄、馬公等較大機場操控航機起落，故未曾需要使用不對稱推力或不對稱煞車控制方向，單以方向舵控制即已滿足需求。

副駕駛員確認，於進場執行 final checklist 時，曾目視正駕駛員以左手輕撥鼻輪轉向手柄，確認其位在置中位置，副駕駛員也曾目視確認三條白線（indicator）有對齊（aligned）。

第 2 次訪談內容

針對該次落地前 GPWS 曾發出“glide slope”語音警告，副駕駛員表示，

當時已通過跑道頭，在目視進場、尾風情況下，PAPI 顯示為三紅一白、稍低於下滑道是可以接受的狀況，通常在高雄機場目視進場尾風情況下都會這麼飛，一方面飛機不會受尾風影響飄得太遠，另一方面也便於飛機自 C 滑行道脫離。

事故當次進場一切正常，落地時右主輪先觸地，緊接於左主輪觸地後，右翼被側風掀起，正駕駛員隨即修正將機翼擺平；當飛機向左修正回到跑道中心線時，左偏趨勢並未停止，反而持續左偏並越過跑道中心線，副駕駛員見狀遂持續呼叫提醒正駕駛員。目前公司對落地滾行階段飛機有偏側時，未律定統一的呼叫。

副駕駛員對於 CVR 錄音中自己曾呼叫「不要 不要 不要修」，如今回想，可能是眼看飛機即將吃草，希望正駕駛員不要再往左修正的反應。由於自己當時注意力主要關注在機外狀況，因此並未觀察到正駕駛員是否使用鼻輪轉向。

副駕駛員表示，DHC-6-400 型機落地滾行階段之方向控制，在 40 哩/時以上係以方向舵為主，因副駕駛員僅能於大場落地，跑道夠長且夠寬，故無使用不對稱推力之必要；40 哩/時以下依公司規定須交由正駕駛員操作。對於鼻輪轉向使用時機，副駕駛員認為是在滑行速度時，也就是 20 哩/時以下，過去不曾遇過有正駕駛員於高速情況下即開始使用鼻輪轉向。

副駕駛員依過去與正駕駛員共飛之經驗，認為正駕駛員情緒穩定，兩人搭配執行任務亦無問題。事故當日飛機停止於草地上後，考量正駕駛員剛完訓不久，飛行時數相對較少，又剛經歷偏出跑道事件，故副駕駛員積極主導後續關車與乘客疏散等事宜。

副駕駛員表示，冬季因氣候較不穩定，飛行操作較為劇烈，故單日飛行東部航線至第 2 架次以後，即感覺心思與能量用罄；夏季時節駕駛艙溫度很少低於攝氏 33 度，除了感覺到熱，若又與沉默寡言之組員搭配飛行，而未保持輕鬆愉快之心情，則很容易感到鬱悶與浮躁。在事故當日 8 架次飛行過程中，與正駕駛員相處融洽，且該日為連續執勤的最後一天，故始

終保持愉快心情，自己也未將炎熱的工作環境列為疲勞的可能因素之一，因此於事故後圈選最能代表自己於事故時之精神狀態為：「1. 警覺力處於最佳狀態；完全清醒的；感覺活力充沛」。

副駕駛員就其觀察，認為正駕駛員於事故當日最後一架次飛行過程中，相較於前面架次之講話與情緒反應等狀況，並無明顯差異，對於事故當次落地側風較大之情況，亦能保持警覺。

1.18.2.3 德安航空航務處長

事故正駕駛員升訓過程

航務處長表示，德安航空正駕駛員升等口試之進行方式，係假定一飛行中可能遭遇之情境，由受測者評估該如何處置並做出決策。當時 3 位候選人中，僅事故正駕駛員之表現可被接受，其評估與決策過程之觀念與方向都大致正確，惟細節處仍考慮不夠周延，因此航務處長給予「本職學識及格待加強」之評語。

正駕駛員領導能力評估

對升訓正駕駛員之領導能力評估方式，主要係檢視其日常表現、個性、紀律、好學程度及面對問題之解決能力等要素。

飛航組員人力短缺

德安航空 DHC-6-400 機隊持續存在飛航組員人力短缺之問題，尤以正駕駛員更為顯著；依公司任務需求最少需要 18 名飛航組員，正駕駛員與副駕駛員之理想比例應為 2:1，亦即正駕駛員 12 名，副駕駛員 6 名。而因公司希望未來於國外實施模擬機訓練與考驗時，能由公司自己的教官施訓以其更貼近公司需求，如此一來飛航組員之需求將增加為 22 名。

惟公司目前僅有 6 名正駕駛員，人力短缺現象影響排班彈性；現行單日 12 架次之班表若於人力充足情況下，將可拆開來由兩組組員來執行。

DHC-6-400 型機駕駛艙環境

DHC-6-400 型機因駕駛艙無空調出風口，故夏季期間十分炎熱，公司已陸續實施改善方案，例如於大場地停期間使用地面空調車供應冷氣，小場使用移動式空調，但效果較為有限；此外，公司已製作排汗衫取代原有制服，提供飛航組員於夏季執勤期間穿著，並同意於駕駛艙 A 柱增設小窗戶，目前已有 1 架完成，另外 3 架將陸續完成改裝，希望這些措施能對降低駕駛艙溫度有所幫助。

1.18.2.4 德安航空 DHC-6-400 機隊總機師

事故正、副駕駛員組員合作

事故正駕駛員約於事故 1 個月前剛完成升等訓練，開始派飛於西部航線擔任機長。因事故航班之副駕駛員為 DHC-6-400 型機資深副駕駛員，平日與正駕駛員互動良好，亦是活潑直言的個性，遇到狀況應可勇於提醒，故公司刻意多安排其與事故正駕駛員搭配。

事故正駕駛員升訓過程

民國 106 年，德安航空因 DHC-6-400 機隊正駕駛員人力緊缺，故規劃於公司副駕駛員中擇優升訓成為正駕駛員，包括事故正駕駛員在內，當時共有 3 名副駕駛員符合升訓資格。正駕駛員過去雖曾發生飛航事故，但已超過兩年管制期間；3 名候選人經內部評估與口試後，僅正駕駛員 1 人通過口試得以接受升等訓練。總機師於口試時給予正駕駛員「本職學識及格待加強」之評語，係認為其表現已符合低標，但仍希望其繼續強化。

總機師表示，正駕駛員同時接受 DHC-6-400 型機升等訓練與機種轉換訓練，在業界是常見作法。正駕駛員於訓練過程中，學習態度認真，未發生特殊異常狀況。依總機師觀察，正駕駛員之側風落地與落地後方向控制技巧均符合標準。

領導能力評估

據總機師瞭解，航空業界並未針對機長（正駕駛員）應具備之領導能力設計具體的訓練課程，一般係於篩選或訓練過程中衡量受評者之個性與平時表現，及對問題之思考、判斷、答覆、果斷決策等能力，據以判斷受評者是否具備適當的領導能力。

決策能力方面，部分業者會提供飛航組員決策模式輔助工具，用以協助飛航組員進行決策，惟德安航空目前尚未導入，總機師亦尚未找到合適的教材。

落地後偏側之標準呼叫

德安航空對於航機落地後偏側之呼叫方式並未統一，總機師認為偏側時 PM 該如何提醒 PF，應屬飛航組員直覺反應。總機師身為教師駕駛員，其個人習慣以較為明確之方式提醒學員，例如左偏時呼叫「左舵」，而非只是呼叫「方向舵」。

落地後偏側修正

德安航空於民國 106 年 4 月發生於蘭嶼機場之偏出跑道事故後，曾多次召開技研會討論落地後方向控制要領與技巧，然對於差異推力是否應納入偏側修正技巧之一，飛航組員間並未獲得共識，主要原因係部分飛航組員認為不應使用差異推力，航務處也因此無法律定統一的政策。直到本次事故發生後，航務處長認為 DHC-6-400 機隊必須針對落地後之偏側修正要領訂定一致的政策，總機師遂於事故後發布兩則公告，將原本散布於手冊不同章節之相關內容綜整後，公告讓機隊飛航組員週知。

總機師表示，落地後方向控制係以方向舵搭配副翼操控為主，效果不佳時可輔以差異推力修正，待空速減低至 40 浬/時以下，則可開始輔以煞車修正；高速下嚴禁使用鼻輪轉向修正方向，惟有當空速減低至最大滑行速度 25 浬/時以下時，始可以依速度酌量使用鼻輪轉向。此外，當以其他所有方式修正偏側仍無效，航機即將偏出跑道之緊急狀況下，即便速度尚未減低至滑行速度，飛航組員也不得不酌量使用鼻輪轉向來幫助修正方向。總

機師於過去之教學與飛行過程中，並未發現有組員在落地滾行過程中過早使用鼻輪轉向之情形。

偏出跑道事故偏高之看法

總機師表示，事故前無適當模擬機可供訓練使用，可能是德安航空自引進 DHC-6-400 型機以來，偏出跑道事故比例偏高之主要原因。相較於其他機種，DHC-6-400 型機本身即具有多項特性，包括：方向舵與鼻輪轉向未連動；進場速度低，控制面面積較大，故於低速時仍有效應；以及於側風伴隨陣風狀況下較難操控等。過去因市面上並無 Level D 等級之模擬機，實機訓練又無法模擬落地過程中之各種情境與側風條件，以供飛航組員反覆練習。

如今 Level D 等級之模擬機已問市，總機師並已於 107 年 6 月赴加拿大考察，未來藉由模擬機訓練之落實，應可減少偏出跑道事故。

飛航組員排班

德安航空飛航組員之排班方式，區分為西部航線與東部航線，西部航線單日最高可派遣 8 架次任務；東部航線因飛航環境較為單純且航程較短，故單日最高可派遣 12 架次任務。總機師表示，因公司持續面臨人力不足問題，否則會盡可能減少飛航組員每日飛行架次。此外，即使單日同樣飛行 12 架次，飛航組員在風平浪靜情況下較能接受，若當中遭遇臨界天氣或大側風情況，負荷將顯著增加；另於夏季飛行因天氣炎熱，飛航組員之負荷亦將升高。

正駕駛員約於民國 107 年 4 月完訓放飛，依過去之經驗，西部航線在 4 月份通常以頂風落地居多，因此公司多會安排剛完訓之正駕駛員於西部飛行。惟今年情況不同，西部航線較常遭遇大側風狀況，如同事故當日一樣，可能因此增加正駕駛員負荷。此外，因正駕駛員剛完訓放飛，依公司規定於累積飛時達 200 小時前，飛行中都必須擔任 PF，不能由副駕駛員接手飛行，在該型機未配備自動駕駛、皆需手控飛行情況下，體力負荷較重。

駕駛艙環境

總機師表示，公司所採購之 DHC-6-400 型機，採外掛式空調，唯一的空調出風口位在客艙底端，駕駛艙與客艙雖未隔開，冷氣仍難以吹到駕駛艙中。夏季因天氣炎熱，飛航組員長時間待在攝氏 30 度以上高溫之駕駛艙中，較容易感到疲累。

駕駛艙內雖有遮陽板，公司亦於駕駛艙兩個座位上方各加裝一具小型電風扇，但於夏季消暑效果有限，飛航組員制服於飛行過程中多半因流汗而濕透，公司已規劃夏季期間飛航組員改穿排汗衫，藉以降低不適感；公司亦已同意於駕駛艙 A 柱增設小窗戶，目前 4 架飛機中僅 1 架完成，另外 3 架將陸續加裝，希望對飛行中降低駕駛艙溫度有所助益。

自我督察

總機師表示，德安航空之自我督察包含一般性檢查與駕駛艙航路檢查兩類，民國 106 年於民航局要求下，公司發展出駕駛艙航路檢查表單，總機師過去亦曾使用；至於後續為何未繼續使用，總機師並不清楚。

1.18.2.5 德安航空 DHC-6-400 機隊檢定駕駛員

檢定駕駛員曾為軍機飛行員，自空軍退役後，曾赴其他國籍航空服務，先後飛行 MD-90 及 Dash-8 機種，進入德安航空後先飛行 DO-228 機種，後來參與 DHC-6-400 機種換裝，目前擔任 DHC-6-400 機隊檢定駕駛員一職。

檢定駕駛員表示，事故正駕駛員過去雖曾因為發生落地未放起落架事故而離職，復配合公司人力需求重返德安航空任職，其個人認為其能力上足以勝任德安航空飛航駕駛員工作。

事故正駕駛員重返公司任職之初，係以 DO-228 型機副駕駛員任用，後於民國 106 年因應 DHC-6-400 機隊正駕駛員人力需求，公司擬自副駕駛員中擇優升訓成為正駕駛員，事故正駕駛員係當時 3 位候選人中唯一通過內部評估與口試者，遂開始接受正駕駛員升等訓練與 DHC-6-400 型機轉換訓

練，此種合併訓練之方式在業界係屬常見作法。

檢定駕駛員表示，升等口試中評估候選人是否具備正駕駛員特質與能力之方式，係參考空中巴士之考驗模式，藉由設定某種任務場景，據以檢視受測者是否能妥善運用相關資訊，對問題進行通盤考量，最終作成適當處置與因應。

檢定駕駛員曾帶飛事故正駕駛員兩架次，過程中其操作表現正常，完訓後執行七美、望安等航線任務，亦未出現異常狀況。

德安航空對於航機落地偏側時 PM 之呼叫方式並未統一律定，檢定駕駛員對落地後方向控制之看法，認為應優先使用操控面，不應使用差異推力，待減速至 40 浬/時後使用煞車，20 浬/時再使用鼻輪轉向脫離跑道。其個人認為，以差異推力控制方向僅適用於水上飛機，陸上飛機於跑道上並不適用，風險也高。

1.18.2.6 德安航空 DHC-6-400 機隊教師駕駛員

教師駕駛員為自訓商用駕駛員 (CPL) 背景，過去曾服務於其他國籍航空，民國 105 年進入德安航空擔任 DHC-6-400 機長，並自 106 年起擔任 DHC-6-400 機隊教師駕駛員一職，個人總飛行時間約 7,000 小時，其中 DHC-6-400 飛行時間約為 700 小時。

教師駕駛員未參與事故正駕駛員升訓資格審查，但於航路訓練中曾帶飛多架次。印象中事故正駕駛員自 DO-228 型機轉換為 DHC-6-400 型機之換訓過程中，於飛航管理系統 (FMS) 操作方面較弱，操作觀念與方式上需花費較多時間學習，但於訓練後期均已獲得改善，側風落地能力亦無異狀。

據教師駕駛員觀察，DHC-6-400 與 DO-228 兩型機之主要差異在於，DHC-6-400 型機因鼻輪轉向未與方向舵踏板連結，落地後需使用方向舵搭配差異推力進行方向控制；依其經驗，落地時相較於起飛，較不常需要使用差異推力，大多數情況下單純使用方向舵即可滿足方向控制需求。此外，

DHC-6-400 型機因操縱面較大，即使於低速情況下仍有相當效應，倘若飛機轉入跑道後鼻輪未擺正，或起飛滾行時未利用副翼及方向舵修正方向，將容易導致飛機的不正常搖晃，感覺無法控制，飛行員必須先停止滾行，待修正完畢後再重新起飛。另 DHC-6-400 型機如於落地階段遭遇側風加上陣風，因風標效應較為顯著而較不易控制。教師駕駛員認為，DHC-6-400 與 DO-228 兩型機雖有操作特性上之差異，惟公司提供之換訓架次應該足夠讓組員掌握與適應。此外，原為水上飛機之 DHC-6-400 型機，如原廠能在陸上版飛機的程序及操作上持續發展及提升，則運作上將能更為完備。

目前德安航空於冬季期間，會採教師駕駛員或檢定駕駛員跟飛之方式，藉以加強並考驗飛航組員側風落地能力，亦要求飛航組員如於落地過程遭遇不正常偏側，應即刻帶起機頭實施重飛。落地滾行階段飛機如有偏側，應使用方向舵或差異推力先保持飛機前進方向平行於跑道，不讓偏側繼續惡化，待情況可控時再進一步修正回到中心線上；唯有速度低於 40 浬/時以下方可開始謹慎使用煞車與鼻輪轉向。目前公司並未針對落地偏側情況訂定制式的呼叫。

教師駕駛員於過去飛行 DHC-6-400 型機期間，曾兩度於檢查程序中發現鼻輪轉向操作手柄因不明緣故離開定中位置。

教師駕駛員表示，對於公司目前排班方式與每日飛行架次感到尚能適應，惟夏季期間因駕駛艙無空調產生之高溫環境，對飛航組員造成影響，可能因此較容易產生疲勞狀況。

第 2 章分析

2.1 概述

事故機適航與維護符合民航局及德安公司相關規範，無證據顯示發動機、航機操控系統及結構於本航班事故前曾發生故障。

事故航班飛航組員持有民航局頒發之有效航空人員檢定證與體檢證，飛航資格符合民航局與德安航空要求。無證據顯示於事故中，有足以影響飛航組員操作表現之藥物與酒精因素。

有關本事故之分析概以維修分析、飛航操作、組織管理及自我督察等議題分述如後。

2.2 維修分析

事故航機維護與適航均符合我國民航局及德安公司相關規範，事故後專案調查小組測試該機的飛航操控相關系統無異常發現；有關本事故之維修分析概以航機鼻輪轉向系統之操作及發動機慢車轉速等議題分述如後。

2.2.1 鼻輪轉向系統之操作

依事故機維護紀錄，該機鼻輪轉向相關元件如：手柄、致動器、液壓管路等，事故前與事故後並無操作困難或曾有滲油、卡滯狀況之相關維修報告。

該型機用以控制鼻輪轉向之液壓系統於進油及回油油路皆有防逆瓣（check valve）設計，鼻輪轉向手柄不會因航機落地後，鼻輪與道面接觸過程之反饋外力，造成轉向手柄易位。此外，位於左側駕駛盤的鼻輪轉向手柄必須施以超過 2.5 公斤力才能致動該手柄。

操作襟翼或鼻輪轉向之動力來源為飛機機體液壓系統，因而當襟翼或鼻輪轉向手柄被致動時會使機體液壓系統壓力值下降，壓力值低於額定之 1,225psi 時會致動液壓泵，將系統壓力回補至 1,575±50psi 之額定壓力值。

根據 FDR 資料，該機於落地後滾行至偏出跑道前，煞車儲壓瓶壓力無改變，於該機落地滾行期間，襟翼位置亦未改變。根據鼻輪轉向操作及 CVR 音頻分析結果，事故機自落地滾行至偏出跑道前，駕駛艙內無相關警告聲響，且 CVR 曾記錄到液壓泵致動聲響，此期間 FDR 資料顯示航機液壓系統功能無異常。1722:16 時至 1722:18 時期間，液壓泵致動，該機航向隨即左轉；1722:18 時至 1722:23 時期間，航向持續左轉且煞車壓力出現變化。1722:26 時至 1722:28 時期間，液壓泵再次致動並伴隨煞車壓力之變化操作（詳 1.11.2 節、1.16.3 節）。

綜上所述，專案調查小組研判該機落地滾行期間，鼻輪轉向系統及航機液壓系統功能均無異常。該機著陸後約 6 秒至航機停止移動期間，鼻輪轉向手柄被向下致動造成液壓泵作動，鼻輪向左轉向改變航機航向，因而使航機向左偏出跑道。

2.2.2 發動機慢車轉速低於標準值之影響

根據 1.16.1 節差異推力測試結果，事故機左、右兩側發動機推力均無異常，惟左發動機氣體產生器慢車轉速略低於標準 1%。若發動機氣體產生器慢車轉速測試值低於標準值，可能於發動機減速時影響其馬力輸出。德安航空維修手冊無發動機氣體產生器慢車轉速低於標準值之相關說明，且經詢問 Viking 未獲得相關資訊解釋此現象。

Viking 信件回復字句原文如下：

In regards to asymmetric thrust, as long as you manually match the torques with the power levers you won't have this issue.

翻譯如下：

有關於推力不對稱，只要使用動力手柄操作至扭力一致就不會有這個問題了。

依據 FDR 資料及跑道監控影像資料，事故機通過 09 跑道頭後兩具發動機推力手柄位於慢車位置。於 1722:10 時該機主輪著陸，著陸後 5 秒期間，兩具發動機處於 beta 模式且槳葉攻角尚未進入反推力範圍，且右側發動機之推力大於左側發動機推力（詳 1.11.2 節、1.11.3 節）。德安公司 DHC-6-400 機隊總機師於

事實資料確認會議中指出，正常的落地過程中發動機輸出扭力有 1%至 2%的變動差異是常見的，駕駛員可使用方向舵補償修正航向。

綜上所述，事故機落地滾行期間，兩具發動機存在 1%的正推力差異，以及事故後試車結果左側發動機氣體產生器慢車轉速低於手冊標準 1%，而發動機在操作中會因組員操作、航機姿態及環境側風等多種因素而有馬力輸出數值紀錄上的浮動，但都可以藉由操作動力手柄修正。本會認為 1%正推力差異應不影響航空器的正常操控，亦不足以造成航向的大幅改變之因素。

2.3 飛航操作

該機進場落地由正駕駛員擔任操控駕駛員，經調查小組比對相關證據後發現，過程中之各項操作均符合德安航空穩定進場標準 (stable approach criteria)。

2.3.1 天氣狀況

天氣資料顯示，高雄機場於事故期間無降雨，能見度大於 10 公里，09 跑道頭之風向約為 160 至 180 度，風速 10 至 19 浬/時。

高雄機場管制臺頒發落地許可時提供之風向為 180 度、風速 12 浬/時；副駕駛員於該機下降通過 200 呎高度後，提醒正駕駛員儀表顯示之風向/風速資訊為「右側十七 尾風二」。

綜上資訊顯示，事故當時高雄機場之風向為右側風，風速約介於 10 至 19 浬/時，天氣狀況符合該型機進場落地相關限制¹⁶。

2.3.2 落地前鼻輪狀況

國際案例顯示，事故型機曾發生因鼻輪未於落地前置中，導致航機於落地後偏出跑道之事故¹⁷。為釐清本案是否與此一狀況有關，調查小組蒐集並比對 CVR

¹⁶ 德安航空航務手冊規定，DHC-6-400 型機於乾跑道落地之最大正側風限制為 20 浬/時，詳如本報告 1.18.1.3 節。

¹⁷ AIRCRAFT DAMAGE DUE TO RUNWAY SIDE EXCURSION DURING LANDING, FIRST FLYING CO. LTD., VIKING DHC-6-400, JA201D. 報告連結 http://www.mlit.go.jp/jtsb/eng-air_report/JA201D.pdf

抄件、飛航組員訪談紀錄、現場軌跡、照片及影片等相關資訊。

事故航班 CVR 抄件顯示，飛航組員於執行最後進場檢查程序時，監控駕駛員曾唸出「nose wheel steering」，操控駕駛員曾回覆「centered and locked」；操控駕駛員於訪談時表示，執行前述檢查項目時，曾以左手撥動鼻輪轉向手柄，並目視確認其位於置中位置。監控駕駛員於訪談時表示，曾目視操控駕駛員執行該項檢查項目，亦目視確認鼻輪轉向手柄位於置中位置。

檢視現場軌跡及高雄機場跑道監控錄影、航務巡查車行車紀錄器與民眾攝影等畫面後發現，該機落地滾行初期大致維持跑道方向，未立即出現明顯偏側；另由民眾所拍攝之照片顯示，此期間鼻輪位於置中位置。

綜上資訊及 2.2.1 節鼻輪轉向系統檢測結果顯示，該機落地前鼻輪應係位於置中位置，排除落地滾行期間因鼻輪轉向系統故障而發生偏側之可能性；有關人為操作鼻輪轉向手柄之分析詳 2.3.3。

2.3.3 落地操作

據飛航組員表示，該機著陸後右翼曾受側風吹襲而短暫揚起，正駕駛員向右壓桿欲使機翼回復水平時，該機開始向右偏側，正駕駛員以左舵修正後，該機開始改為向左偏側；待返回到跑道中心線時，左偏趨勢並未停止，正駕駛員雖試圖以右舵及右副翼修正，惟左偏趨勢仍持續增加，最終並以約 35 度夾角偏出跑道，航向左轉約 180 度後停止於草地上。

調查小組檢視相關錄影、照片及現場量測資料後發現，飛航組員所述大致與證據呈現之結果吻合；FDR 數據指出，該機落地滾行初期航向朝右，約與跑道方向呈 7 至 8 度夾角，姿態約呈 1 至 3 度左坡度，正駕駛員修正後，該機開始改為向左偏側。惟民眾所提供之照片顯示，該機於向左跨越跑道中心線後（時間約 1722:18.8 時），鼻輪開始持續朝向左側，同一期間內方向舵係朝向右側，兩者間呈現反向操作情形。

針對事故當時鼻輪轉向使用狀況，正駕駛員表示，因事情發生的很快，故此部分過程無法確定。但若證據顯示鼻輪轉向曾被制動，則較為可能之解釋係自己

於修正右偏期間，在非意識情況下動到鼻輪轉向手柄。(詳 1.18.2 節)。

副駕駛員則表示，該機向左偏側期間，雖知道正駕駛員忙於修正，但因角度問題看不見正駕駛員左手位置，且自己當時注意力亦關注於機外，故未觀察到正駕駛員是否曾使用鼻輪轉向。

正駕駛員訪談紀錄及事故後於駕駛艙所拍攝之照片均顯示，該機停止後鼻輪轉向手柄約位於左轉向下到底位置(詳圖 1.12-2)；本報告第 2.2.1 節液壓系統壓力值變化及 CVR 音頻分析結果指出，該機鼻輪轉向曾被致動；且該型機落地後，鼻輪轉向手柄因落地滾行時之震動或駕駛員誤觸而造成手柄位移之可能性不高，鼻輪轉向手柄不會因鼻輪與道面接觸過程之反饋外力¹⁸而易位。故調查小組依上述資訊研判，正駕駛員於修正偏側期間，應曾向下扳動鼻輪轉向手柄。

綜上所述，事故機於右側風情況下進場落地，著陸後航機向右偏側，正駕駛員向左偏側修正；約於該機返回跑道中心線時，正駕駛員意圖抑制左偏趨勢，但誤用鼻輪轉向手柄操作鼻輪向左，加劇左偏趨勢，同時間正駕駛員雖持續操作右舵試圖與之抗衡，但因正駕駛員於不知誤用情況下持續操作鼻輪向左，終致該機以約 35 度夾角偏出跑道，航向左轉約 180 度後停止於草地上。

2.3.4 駕駛艙環境

駕駛艙溫度可能是飛航組員飛行時與物理環境有關的壓力源之一，超過攝氏 30 度之駕駛艙溫度會造成飛航組員流汗、心跳與血壓上升等不適感；炎熱的駕駛艙環境亦可能會影響飛航組員之績效表現¹⁹。

德安航空總機師於訪談時表示：德安航空之 DHC-6-400 型機唯一的空調出風口位在客艙後端，冷氣難以進入駕駛艙。駕駛座位上方雖各加裝一具小型電風扇，但效果有限；飛航組員於悶熱駕駛艙中，制服於飛行過程中時常因流汗而濕透，並容易感到疲累。

¹⁸ 例如地面不平、有坑洞或凸起。

¹⁹ 參閱 Environmental Ergonomics: The Ergonomics of Human Comfort, Health and Performance in the Thermal Environment, Elsevier Ergonomics Book Series Volume 3, 2005, Pages 61-64。

事故飛航組員於訪談時亦表示駕駛艙溫度超過攝氏 30 度以上時，易感到不適及心情浮躁。事故當日臺灣西南部無對流雲及降雨，天氣晴朗，且高雄機場 1530 時至 1730 時，室外溫度介於攝氏 31 度至 29 度間，於德安航空所採購之 DHC-6-400 型機駕駛艙缺乏有效空調設施情況下，事故當日駕駛艙可能存在超過攝氏 30 度以上之悶熱環境，易造成飛航組員不適、心情浮躁與疲勞。

2.3.5 工作負荷

過大的工作負荷係造成飛航組員飛行疲勞的原因之一，可能使得飛航組員處於身體或心理表現能力衰退的狀態，進而削弱組員的警覺力及安全執行任務的能力²⁰。

事故當日該機飛航組員自 0720 時開始執行飛航任務，至事故發生 1722 時係執行第 8 架次。依據 1.16.4 節疲勞生物數學模式-SAFE 分析結果，正駕駛員之班表疲勞風險值達 4.73 分之中度疲勞風險，此疲勞風險程度表示飛航組員應使用個人疲勞因應對策以緩解疲勞風險，主要的疲勞原因應為當日累積之 8 架次飛航任務、與超過 10 小時之飛航執勤期間等工作負荷相關因素。

此外，因正駕駛員完成升等訓練後，該機種飛航時數於事故當日報到時尚未達 200 小時，故依據德安航空航務手冊 18.8.3 節²¹規定，事故當日之起降操控皆由正駕駛員執行，且德安航空採購之 DHC-6-400 型機並無配備自動駕駛，飛航組員須全程手動操控飛機等，亦是使得正駕駛員可能處於偏高工作負荷的原因。

本事故正駕駛員於事故當日已累積 8 架次飛航任務並執行所有起降操作、超過 10 小時之飛航執勤期間、以及須全程使用手動操作航機等複合式原因，使其事故時可能因當日累積之工作負荷，而處於身體或心理表現能力衰退的狀態，進而影響其警覺力及安全執行任務的能力。

2.4 組織與管理

²⁰ 參閱 Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches (ICAO Doc 9966, 2016)。

²¹ 正駕駛員轉訓正駕駛員完訓後於該機種飛滿 100 小時，或副駕駛員升訓正駕駛員完訓後於該機種飛滿 200 小時後，始得給予副駕駛員操控起降（不含離島機場）。

2.4.1 德安飛航組員訓練

德安航空為確保新訓駕駛員執行任務之安全，於航務手冊中針對不同情況訂定相關操作限制²²，以期達成風險管控之目的。惟事故當時，航空業界尚無 DHC-6-400 型機 Level D 等級模擬機，德安航空僅能以實機進行術科訓練與考驗。

惟實機訓練無法模擬飛航過程中之各種情境與天氣條件，亦具有較高之風險，不利飛航組員反覆練習，因此較難以有效落實相關術科訓練與考驗。德安航空雖於民航局要求下，暫以限縮該型機操作限制之方式提高安全裕度，惟仍於新機引進後發生多起起降階段之飛航事故與安全事件。

經查證本次事故發生後，DHC-6-400 Level D 模擬機已問市，德安航空並已派員赴國外考察及評估。本會認為，德安航空宜加速相關作業時程，儘速完成送訓規劃，以期藉由訓練之落實，減少未來飛航事故與安全事件之發生，以提升飛航安全。

2.4.2 德安手冊內容

目前，德安航空相關手冊未律定航機於落地滾行階段發生偏側時，監控駕駛員之標準呼叫方式²³，飛航組員係依各自習慣呼叫。針對本次事故情境，正駕駛員認為應呼叫「稍微偏了」，副駕駛員實際呼叫為「rudder rudder」；事故後訪談總機師，其認為應呼叫「左舵」，而非只呼叫「rudder」。

另德安相關手冊中並無「滑行速度」之明確定義，亦無「可使用鼻輪轉向」之具體時機或速度限制；訪談紀錄顯示，德安航空飛航組員間之看法不一，存在

²² 15.6.9—正駕駛員完訓後於面臨第一次離島東北季風時，應由 IP 陪飛（依 FOM19.3.6 辦理如附錄），由 CP 考驗合格簽註後，始得擔任該航段 PIC。18.8.3—正駕駛員轉訓正駕駛員完訓後於該機種飛滿 100 小時，或副駕駛員升訓正駕駛員完訓後於該機種飛滿 200 小時後，始得給予副駕駛員操控起降（不含離島機場）。19.3.6—完訓之正駕駛員在面臨第一次離島東北季風時，需由教師駕駛員陪飛西線 10~20 航段，東線 20~40 航段後，由檢定駕駛員考驗合格後始可派飛。

²³ 例如：監控駕駛員呼叫「centerline」，操控駕駛員回應「correcting」。參閱 Hobbs A., Avers K.B., Hiles J.J. (2011). Fatigue risk management in aviation maintenance: current best practices and potential future countermeasures. Report no. DOT/FAA/AM-11/10. Washington DC: Federal Aviation Administration.

15、20、25、40 哩/時之不同說法。

此外，有關落地後是否應使用不對稱推力輔助方向控制，德安航空 DHC-6-400 機隊係於本次事故後始頒布統一政策，於此之前，機隊主管、教師駕駛員、檢定駕駛員及飛航組員間之意見分歧。

綜上所述，前揭情況均不利德安航空 DHC-6-400 機隊標準化操作之建立，亦可能影響飛航組員間相互提醒與訊息傳達之精確度與有效性。

2.4.3 DHC-6 機隊排班與人力

班表疲勞風險分析

德安航空 DHC-6-400 機隊飛航組員班表係依據航空器飛航作業管理規則，有關民用航空運輸業飛航組員派遣相關規定排定。考量符合飛航與休息法規之排班僅為疲勞管理之最低標準，調查小組使用飛航組員疲勞評估預測模組（SAFE）分析德安航空 DHC-6-400 機隊西部與東部航線之班表，以識別疲勞風險程度偏高之飛航組員排班型態，詳如 1.16.4 節。

依據 SAFE 分析結果，西部航線單日 8 架次派遣之最後架次，其疲勞指數可能已達 4.7 至 5.0 分間之中度疲勞風險程度，表示飛航組員應使用疲勞因應對策，例如：增加飛航組員間之溝通、交互提醒與檢查、適當攝取咖啡因、飲水、與調整駕駛艙溫度等，以緩解疲勞危害。

SAFE 分析結果另呈現：東部航線單日 12 架次之任務派遣，於第 10 架次後之疲勞指數即可能超過 5.3 分，達到建議航空公司考慮停止派遣、調整派遣方式、或採取有效疲勞緩解作為之高度疲勞風險，且單日 12 架次之派遣即使於前一日排定飛航組員休假，仍會出現疲勞指數超過 5.3 分之情況，可能的疲勞原因包括：超過 11 小時之飛航執勤期間、12 架次起降之高工作負荷、早班報到所可能造成之前晚睡眠時間減少、有限之中午用餐時間（地停準備與用餐共僅 30 分鐘）等；單日 10 架次之派遣則會出現疲勞指數介於 5.0 至 5.3 分之中高度疲勞風險，此程度表示除了飛航組員應使用疲勞因應對策外，航空公司亦應有積極之

疲勞管理作為，例如：任務前確認飛航組員前晚之睡眠狀況。此外，單日 10 架次派遣若排訂於單日 12 架次派遣之後，亦可能因累積性疲勞而達到高度疲勞風險之程度。

另外，總機師於訪談時表示：單日同樣飛行 12 架次，飛航組員在風平浪靜情況下較能接受，若當中遭遇臨界天氣或大側風情況，負荷將顯著增加；夏季飛行因天氣炎熱，飛航組員之負荷亦將升高。顯示依據飛航組員實務經驗，單日 12 架次飛行一旦面臨天氣或駕駛艙環境不佳之狀況將使得工作負荷導致之疲勞風險更加提高。

德安航空之飛航駕駛員排班雖然符合法規規定，惟經疲勞生物數學模式分析顯示東部航線單日 12 架次飛航任務可能存在高度疲勞風險；單日 10 架次飛航任務可能存在中高度疲勞風險；西部航線單日 8 架次飛航任務則可能存在中度疲勞風險。

德安航空飛航任務主要為國內離島航線且無紅眼航班，飛航組員班表型態較為單純，因此較無經常性使用疲勞生物數學模式分析班表疲勞風險之需求，惟可考慮以科學方法識別其疲勞風險較高之派遣任務，並據以調整排班規則，或實施有效之疲勞預防與緩解機制，以降低疲勞危害。

飛航組員人力檢視

研究²⁴顯示，組織因素中人力資源不足或分配不當是工作疲勞的原因之一。飛安會於民國 103 年 7 月 23 日復興航空 GE222 班機於馬公機場 20 跑道進場時撞擊地障並墜毀於住宅區之飛航事故調查報告亦指出飛航組員人力短缺乃造成飛行疲勞的潛在因素之一。

德安航空航務主管於訪談時表示，依公司任務需求 DHC-6-400 機隊最少需要 18 名飛航組員，且正駕駛員與副駕駛員之理想比例應為 2：1。檢視 DHC-6-

²⁴ 參閱 Hobbs A., Avers K.B., Hiles J.J. (2011). Fatigue risk management in aviation maintenance: current best practices and potential future countermeasures. Report no. DOT/FAA/AM-11/10. Washington DC: Federal Aviation Administration.

400 機隊事故近 1 年之飛航駕駛員人數乃介於 14 至 16 人間，皆低於最低需求 18 人，詳如圖 2.5-1；正/副駕駛員人數比值則由 1.29 降至 0.78，且皆低於理想的比值 2，詳如圖 2.5-2。顯示 DHC-6-400 機隊成立以來，存在飛航組員不足之情形。

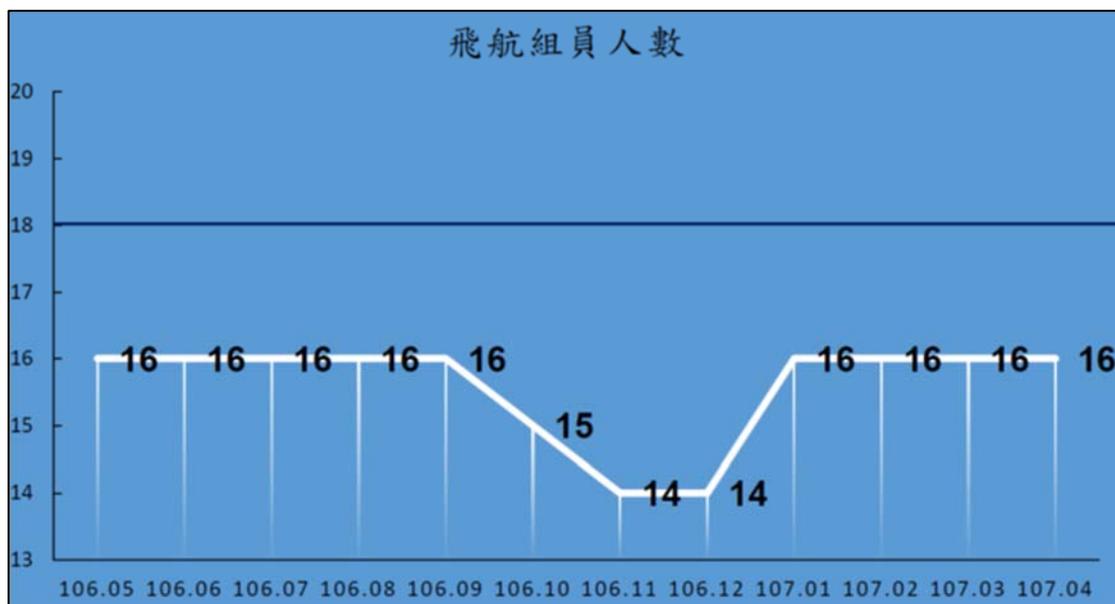


圖 2.5-1 事故近 1 年 DHC-6-400 機隊飛航駕駛員人數變化圖

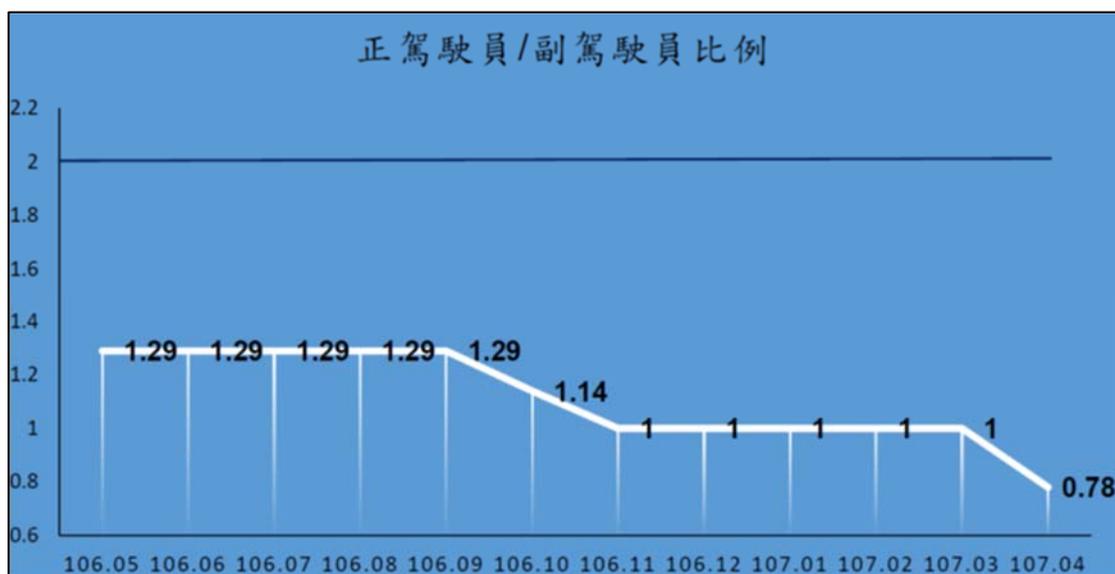


圖 2.5-2 事故近 1 年 DHC-6-400 機隊正/副駕駛員人數比變化圖

德安航空航務主管另表示，人力短缺現象影響排班彈性；現行東部航線單日

12 架次之班表若於人力充足情況下，將可拆開來由兩組組員執行。顯示飛航組員人力短缺確實已影響 DHC-6-400 機隊飛航組員排班。

德安航空 DHC-6-400 機隊事故近 1 年存在飛航組員短缺的情形，尤以正駕駛員短缺情況更為顯著，可能影響飛航組員班表中出現高疲勞風險之排班型態。

2.5 自我督察

自我督察提供航空公司一個綜合性的方法，持續監視公司內部流程、計畫與程序，以確保每個作業單位能夠符合公司的政策與程序、以及適用之民航法規。

民航局於民國 104 年 11 月 5 日發布民航通告 120-59A「Air Carrier Internal Evaluation Programs」，該通告係轉頒 FAA 民航通告 120-59A，其內容建議航空公司可發展一獨立的自我督察手冊、或於高階手冊中，如安全管理手冊，包含自我督察作業專門之章節。

德安航空係於安全管理手冊 5.3 節訂有自我督察計畫章節，該章節有關航務自我督察計畫部分係將飛航組員平時飛行考驗作為自我督察方式之一，然而飛行考驗係飛航組員為維持其飛行資格之必要作業，屬於飛航組員訓練管理業務，非屬自我督察作業；另外，安全管理手冊中之航務自我督察計畫並未包含德安航務自我督察之所有項目，部分航務自我督察作業項目係訂定於航務手冊中，顯示德安航空未能充分整合其航務自我督察作業項目，而係分散於不同之高階管理手冊中，不利自我督察作業之推動與檢視。

第 3 章 結論

調查報告依據調查期間所蒐集之事實資料以及綜合分析，總結以下三類之調查發現：「與可能肇因有關之調查發現」、「與風險有關之調查發現」及「其他調查發現」。

與可能肇因有關之調查發現

此類調查發現係屬已經顯示或幾乎可以確定為與本次事故發生有關之重要因素，包括不安全作為、不安全狀況，或與造成本次事故發生息息相關之安全缺失。

與風險有關之調查發現

此類調查發現係涉及影響飛航安全之潛在風險因素，包括可能間接導致本次事故發生之不安全作為、不安全條件，以及關乎組織與系統性風險之安全缺失，該等因素本身非事故之肇因，但提升了事故發生機率。此外，此類調查發現亦包括與本次事故發生雖無直接關聯，但基於確保未來飛航安全之故，所應指出之安全缺失。

其他調查發現

此類調查發現係屬具有促進飛航安全、解決爭議或澄清待決疑慮之作用者。其中部分調查發現係屬大眾所關切，且常見於國際民航組織（ICAO）事故調查報告之標準格式中，以作為資料分享、安全警示、教育及改善飛航安全目的之用。

3.1 與可能肇因有關之調查發現

1. 事故機於右側風情況下進場落地，正駕駛員於著陸後意圖修正偏側期間，誤用鼻輪轉向手柄操作鼻輪向左，致該機以約 35 度夾角偏出跑道，航向左轉約 180 度後停止於草地上。(1.1, 1.7.2, 1.11, 1.12, 1.18.2.1, 1.18.2.2, 2.3.3)

3.2 與風險有關之調查發現

1. 本次事故當時，航空業界尚無 DHC-6-400 型機 Level D 等級模擬機，德安航空僅能以實機進行術科訓練與考驗。惟實機訓練無法模擬飛航過程中之各種情境與天氣條件，亦具有較高之風險，不利飛航組員反覆練習，因此較難以有效落實相關術科訓練與考驗。(1.5.1, 1.17.2, 2.5.1)
2. 德安航空相關手冊未律定航機於落地滾行階段發生偏側時，監控駕駛員之標準呼叫方式，飛航組員係依各自習慣呼叫，可能影響彼此間相互提醒與訊息傳達之精確度與有效性。(1.18.1, 1.18.2, 2.5.2)
3. 德安航空相關手冊無「鼻輪轉向」使用之具體時機或速度限制，以致飛航組員間之做法與看法不一，不利機隊標準化操作之建立。(1.17.3, 1.18.2.1, 1.18.2.2, 1.18.2.3, 1.18.2.4, 1.18.2.5, 1.18.2.6, 2.5.2)
4. 有關落地後是否應使用不對稱推力輔助方向控制，德安航空 DHC-6-400 機隊係於本次事故後始頒布統一政策，於此之前，機隊主管、教師駕駛員、檢定駕駛員及飛航組員間之意見分歧。(1.17.3, 1.17.4, 1.18.2.3, 1.18.2.4, 2.5.2)
5. 本事故正駕駛員於事故當日已累積 8 架次飛航任務並執行所有起降操作、飛航執勤期間超過 10 小時、以及須全程使用手動操作航機等複合式原因，使其事故時可能因當日累積之工作負荷，而處於身體或心理表現能力衰退的狀態，進而削弱其警覺力及安全執行任務的能力。(1.5.2, 1.16.4, 2.3.5)

6. 德安航空之飛航駕駛員排班雖然符合民航法規，惟經疲勞生物數學模式分析顯示東部航線單日 12 架次飛航任務可能存在高度疲勞風險；單日 10 架次飛航任務可能存在中高度疲勞風險；西部航線單日 8 架次飛航任務則可能存在中度疲勞風險。(1.5.2, 1.16.4, 2.5.3)
7. 德安航空 DHC-6-400 機隊事故近 1 年存在飛航組員短缺的情形，尤以正駕駛員短缺情況更為顯著，可能影響飛航組員班表中出現高疲勞風險之排班型態。(1.16.4, 1.17.2, 2.5.3)
8. 德安航空所採購之 DHC-6-400 型機駕駛艙缺乏有效空調設施情況下，易使駕駛員處於悶熱之駕駛艙環境，可能造成飛航組員不適、心情浮躁與疲勞。(1.7.2, 1.18.2.1, 1.18.2.2, 1.18.2.4)
9. 德安航空未能充分整合其航務自我督察作業於安全管理手冊中，航務自我督察內容係分散於航務手冊與安全管理手冊中，不利自我督察作業之推動與檢視。(1.17.5, 2.5.4)
10. 德安航空安全管理手冊中之航務自我督察計畫係將飛航組員平時飛行考驗作為自我督察方式之一，惟飛行考驗乃飛航組員為維持其飛行資格之必要作業，屬於飛航組員訓練管理業務，非屬自我督察作業。(1.17.5, 2.5.4)

3.3 其他調查發現

1. 事故航班飛航組員持有民航局頒發之有效航空人員檢定證與體檢證，飛航資格符合民航局與德安航空要求。無證據顯示於事故中，有足以影響飛航組員操作表現之藥物與酒精因素。(1.5.1, 1.5.2)
2. 正駕駛員約於事故前 1 個月完成正駕駛員升等暨 DHC-6-400 機種轉換訓練與考驗，事故當時累計 DHC-6-400 型機飛行時數為 204 小時 8 分，訓練紀錄中無與「落地後方向控制」或「鼻輪轉向使用」等與本案有關之異常發現。(1.5.1)

3. 事故當時高雄機場之風向為右側風，風速約介於 10 至 19 哩/時，天氣狀況符合該型機進場落地相關限制。(1.7.2, 1.18.1)
4. 事故機落地前，鼻輪應係位於置中位置，排除落地滾行期間因鼻輪轉向系統故障而發生偏側之可能性。(1.16.3, 2.2.1, 2.3.2)
5. 事故航班於高雄機場落地滾行期間，鼻輪轉向系統及航機液壓系統功能均無異常。(1.16.3, 2.2.1)
6. 事故機於落地過程中左右發動機輸出扭力之差異，及事故後試車結果，左側發動機氣體產生器慢車轉速低於手冊標準 1%，應不影響航空器的正常操控，亦非足以造成航向大幅改變之因素。(1.16.1, 2.2.2)

第 4 章改善建議

4.1 改善建議

致德安航空股份有限公司

1. 完備 DHC-6-400 機隊飛航相關手冊內容，例如訂定落地滾行階段航機發生偏側時之標準呼叫方式、鼻輪轉向使用具體時機或速度限制...等，藉以建立標準化操作程序與方法，並要求全體組員進行複訓並共同遵守，以提升 DHC-6-400 機隊操作之安全性。(ASC-ASR-19-04-001)
2. 儘速完成 DHC-6-400 型機 Level D 等級模擬機之訓練規劃，以強化所屬飛航組員之側風落地操作訓練與考驗。(ASC-ASR-19-04-002)
3. 檢視並改善 DHC-6-400 機隊飛航組員短缺之狀況與駕駛艙環境、並應識別飛航組員高疲勞風險派遣類型，據以訂定排班規則或強化疲勞管理机制以降低疲勞危害。(ASC-ASR-19-04-003)
4. 參考民航通告 F120-59A 「Air Carrier Internal Evaluation Programs」，重新檢視、強化與整合各作業單位之自我督察計畫。(ASC-ASR-19-04-004)

致交通部民用航空局

1. 督導德安航空完備 DHC-6-400 機隊飛航相關手冊內容，建立標準化操作程序與方法，並要求全體組員進行複訓並共同遵守，以提升該 DHC-6-400 隊操作之安全性。(ASC-ASR-19-04-005)
2. 督導德安航空公司儘速完成 DHC-6-400 型機 Level D 等級模擬機之訓練規劃，以強化所屬飛航組員之側風落地操作訓練與考驗。(ASC-ASR-19-04-006)
3. 督導並協助德安航空評估飛航組員駕駛艙空調環境、每日起降次數與飛時、飛航組員人力管理及自我督察作業。(ASC-ASR-19-04-007)

4.2 已完成改善措施

德安航空股份有限公司

1. 本公司已於民國 107 年 11 月 27 日將落地滾行階段航機發生偏側時之標準呼叫方式納入 DHC-6-400 飛機操作手冊 (AOM)。
2. 本公司 DHC-6-400 型機隊曾於民國 106 年 4 月 14 日發布第 38 號機隊通告、民國 107 年 4 月 26 日發布第 48 號機隊通告及民國 107 年 4 月 30 日發布第 49 號機隊通告，強調應依據 DHC-6-400 飛機操作手冊有關側風落地及鼻輪轉向使用時機與要領執行落地後減速操作，以確保安全。另已運用臨時飛安會及技研會時機，針對相關議題進行研討與心得分享，以強化及穩固飛航組員本職學識，並促進飛航操作安全。
3. 本公司已於民國 107 年 8 月 16 日完成 DHC-6-400 模擬機審查作業，且完成民航局認可程序，自民國 107 年 9 月 19 日起，本公司飛航駕駛員依照民航局核可之訓練計畫，赴加拿大接受 DHC-6-400 型機 Level D 等級模擬機訓練，期藉由模擬機訓練，更能有效提升飛航駕駛員對於側風修正及落地後偏側修正之操作能力，防範類案再度發生。
4. DHC-6-400 訓練手冊已將 Level D 等級模擬機納入定期複訓訓練規劃，並自民國 108 年度起對全體 DHC-6-400 型機飛航組員實施模擬機定期複訓。
5. 有關組員短缺改善情形，說明如下：
 - 統計本公司自民國 104 年底離島偏遠航線營運籌設階段起迄今，DHC-6-400 型機隊計招募飛航駕駛員 23 人次、Do-228 轉訓 4 人次，共 27 人次。此期間計有 8 位飛航駕駛員離職（飛安事件 1 員、機隊年齡結構因素 1 員、未通過訓練考驗 3 員、晉等訓練因素 1 員、轉換公司 2 員），合計現有 DHC-6-400 型機飛航駕駛員共計 19 員。
 - 該機隊現有 19 位飛航駕駛員中，具有機長(含)以上資格人員 8 員(含

預計 3 月份離職 1 員)、招募新訓正駕駛員 1 員、副駕駛員 10 員。正駕駛員(含)以上資格人力,相較於事發當時增加 2 員。人力補充及資格晉等乃持續性工作,預計民國 108 年 3 月由資深副駕駛員升訓 1 員,下半年再升訓 2 員。扣除離職人員後,樂觀估算前述人員完成訓練後,將有正駕駛員(含)以上資格人力 11 員,副駕駛員 7 員,將有較佳之任務調派裕度,且有助於任務派遣之人員疲勞風險管控。

- 分析有經驗飛航駕駛員短缺應與市場人力裕度、環境及待遇有關,本公司於民國 107 年 8 月 29 日參加『107 年度交通部民用航空局補貼及獎助審查會』後,先針對所分析組員短缺因素中本公司可快速改善項目(薪津結構)進行研究及改善。經研處,飛航駕駛員調薪案已自民國 108 年 1 月 1 日起生效,該案大幅度調增飛航駕駛員之薪津結構,應能產生較強之人力資源競爭力,有助於未來持續之人才招募及留用。

6. 本公司於民國 105 年引進 4 架 DHC-6-400 型機,本型機駕駛艙內無空調通風口端點,僅 B-55571 號機於引進時已裝置有衝壓通風口,其餘 3 架則未裝設衝壓通風口,且客艙空調不易傳導至駕駛艙,故於夏日豔陽季節曾有飛航駕駛員反映希能改善駕駛艙暑熱環境。為改善駕駛艙環境,本公司先前採加裝原廠認證小電風扇及遮陽板方式改善,惟仍有組員反映希能比照 B-55571 機裝設衝壓通風口,故本公司已依據原廠文件於民國 107 年 9 月 27 日,完成其餘 3 架 DHC-6-400 型機駕駛艙衝壓通風口加裝,情況已有大幅改善。
7. 依照 ASC 運用疲勞評估預測模組(SAFE)對本公司 DHC-6-400 型機隊排班所做的分析,東部航線單日 12 架次飛航任務派遣,雖然符合航空器飛航作業管理規則(AOR)第三十九條規定(國內航線:不得超過 12 次),然可能存有高度疲勞風險,而單日 10 架次派遣若排定於 12 架次派遣之次日,亦有可能因累積性疲勞而達到高度疲勞風險。西部航線部分,單日 8 架次派遣可能會達中度疲勞風險,基此,本公司採取以下作為:

- 管控每日班表以 8-10 架次為上限，可排除東部航線可能出現之高度疲勞風險班表，未來將配合人力裕度再降低至每日 6-8 架次派遣。
 - 要求全體組員每日執行飛航任務之前，確實填寫作業風險評估表並依授權之風險核准等級調派任務、更換組員或停止任務派遣，除可讓組員相互檢查之外，亦能使組員掌握全般狀況，維持較高之安全警覺，管控相關作業風險。
 - 除前述作為之外，已自民國 107 年 9 月份起運用 DHC-6-400 型 Level D 模擬機執行各類型訓練。飛航駕駛員可利用模擬機執行正常/不正常/緊急情況操作與各種天候等情境訓練，還可使飛航組員熟悉各類型飛航操作，進而強化組員資源管理 (CRM)，降低飛航操作工作負荷，對飛航組員之疲勞度降低，亦能產生正面助益。
8. 自從民國 106 年 4 月 13 日本公司發生 DA7511 蘭嶼機場落地偏出跑道事故調查報告公布之後，民航局依照 ASC 改善建議 (ASC-ASR-18-03-017)，於歷次主基地檢查、深度檢查、SMS 專案檢查，以及平日查核時，持續加強督導本公司自我督察工作。
 9. 自我督察屬安全管理系統 SMS 作業流程之一環，本公司原獨立之自我督察手冊於民國 99 年 3 月 10 日經民航局標準一字 0990006562 號函核備納入本公司安管手冊 (SMM)，其做法符合 F120-59A 「Air Carrier Internal Evaluation Programs」之建議。
 10. 本公司已再次依照民航局歷次督導檢查相關改善建議，並參照 F120-59A 「Air Carrier Internal Evaluation Programs」，重新檢視本公司安全管理手冊 (SMM) 第五章之自我督察計畫，並於民國 107 年中配合民航局管制之改善期程，完成較大幅度之修訂，且於民國 107 年 7 月 11 日完成民航局核備。

11. 本公司安全管理手冊（SMM）第五章自我督察計畫，為公司自我督察一階文件，而航務手冊相關章節則為自我督察二階文件，經研討後擬將航務手冊第 23 章有關航務處自我督察相關內容，完整納入本公司安全管理手冊第五章，以增周延及完整並可避免使用者疑慮。本次修訂包含增列航務處離島航線風險評估/駕駛艙航路檢查相關規定與查核表單，以及自我督察缺失改進與複查條文並增列自我督察缺點單，管控缺失改正進度及情況。

附錄 1 德安航空 DHC-6-400 機隊通告



DHC-6 FLEETNOTICE

No.48 2018-04-26

Crosswind Landing Techniques for reference

1. During approach maintain CRAB into the wind and align the runway centerline until starting flare.
2. During flare, De-Crab, push opposite side of rudder to align the aircraft centerline with the runway. Simultaneously sideslip, aileron into the wind to maintain aircraft align with the centerline of the runway. Aircraft will touchdown on upwind mainwheel first then the other.
3. Maintain opposite rudder and aileron into the wind to maintain direction control *after touchdown* , if rudder and aileron input are not enough to maintain direction control , differential power MAY be used. When using differential power to correcting deflection, both power levers should be out of REVERSE position. For example: If aircraft was deflecting to the right-side, right power lever should be push forward as required to stop deflecting .

Caution: Using different power setting within REVERSE position may cause more direction control difficulties.

4. Keep rudder and aileron input to maintain direction control after touchdown until aircraft deceleration to taxi speed.
5. Be caution, maintain aircraft centerline align with the runway during landing is very important, **DO NOT ALLOW THE AIRCRAFT TO TOUCHDOWN WITHOUT ALIGNMENT.**

Caution: If Rudder and Aileron have been correctly input during approach , landing and landing roll, direction control should be no problem, especially during landing roll. If Rudder and Aileron have not been correctly input and deflection has been occurred, you may need using differential power techniques to correcting deflection.

Differential power techniques is not for general direction control purpose, it is for correcting deflection purpose.

主旨: Nose Wheel Steering Operation Principles and Techniques for Reference

說明:

1. During normal operations, nose wheel steering is only for use when taxiing. It is not used for directional control during take off and landing. Using nose wheel steering during take off and landing roll is forbidden.
2. Nose wheel steering should be cautiously operated. It should only be used when aircraft is at or below taxi speed (<30kts).
3. To operate the nose wheel steering for a sharp turn, the recommended taxi speed is below 10 kts. If speed is higher than 10 kts, angle of turn and rate of turn should be kept smoothly towards the minimal amount.
4. Do not operate the tiller above taxi speed except for emergency (for example, possibilities of runway excursion).
5. Please stick to the standard operation procedures to discreetly check the nose wheel Steering is centered and locked after take off and before landing (PF & PM).
6. In case of a suspicion that nose wheel deflection occurs after landing, try to decelerate the speed as slow as possible before lowering the nose wheel on the ground to reduce the risk of nose wheel deflection.
7. If nose wheel deflection occurs, rudder force may not be enough to correct the deflection. Be prepared to use differential power.
8. Differential power may be used to stop nose wheel deflection at discretion. Timing and amount should be noticed.
9. Nose wheel steering tiller may be used if nose wheel deflection occurs and there is a possibility of runway excursion. Timing and amount also should be noticed.