



# 國家運輸安全調查委員會

## 重大運輸事故 調查報告

中華民國 108 年 4 月 20 日

遠東航空股份有限公司 FE3060 班機

ATR72-600 型機

國籍標誌及登記號碼 B-28082

於臺中清泉崗機場落地時短暫偏出跑道

報告編號：TTSB-AOR-20-08-001

報告日期：民國 109 年 8 月

依據中華民國運輸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。

中華民國運輸事故調查法第 5 條：

*運安會對於重大運輸事故之調查，旨在避免運輸事故之  
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 108 年 4 月 20 日，遠東航空股份有限公司一架 ATR72-600 型載客班機，國籍標誌及登記號碼 B-28082，班機編號 FE3060，臺北時間 2052 時由澎湖馬公機場起飛執行載客任務，目的地為臺中清泉崗機場，機上載有正駕駛員、副駕駛員各 1 人、客艙組員 2 人、乘客 72 人，共計 76 人。由正駕駛員坐於左座擔任操控駕駛員，副駕駛員坐於右座擔任監控駕駛員。

事故機約於 2103 時完成進場提示及下降準備，開始下降，執行臺中機場 36 跑道儀器降落系統進場。該機通過彰化上空後，發現航道前方及目的地機場上空有雷雨，並目視前方有閃電，經討論後認為短時間內此狀況不會改變，但因可目視地面，認為能見度應尚可而繼續進場。2118 時，該機於臺中機場 36 跑道進場落地滾行過程中偏出跑道，航機及跑道設施未受損，機上人員平安。

國家運輸安全調查委員會為負責調查發生於中華民國境內之民用航空器、公務航空器、超輕型載具及遙控無人機飛航事故之獨立機關，依據運輸事故調查法並參考國際民航公約第 13 號附約 (Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation) 相關內容，於事故發生後依法展開調查工作。受邀參與本次調查之機關(構)包括：交通部民用航空局及遠東航空公司。

本事故「調查報告草案」於 109 年 5 月完成，依程序於 109 年 6 月 5 日經本會第 12 次委員會議初審修正後函送相關機關(構)提供意見，並再經相關意見彙整後，於 109 年 7 月 3 日經本會第 13 次委員會議審議通過。獲通過之調查報告經與相關機關(構)確認後，於 109 年 8 月 14 日公布。

本事故調查經綜合事實資料及分析結果，獲得之結論共計 9 項，分述如後：

## **壹、調查發現**

### **與可能肇因有關之調查發現**

1. 飛航組員落地前未完全修正航機左偏現象，仰轉時未目視中心線且未重飛而落於跑道左側。落地未使用濕滑跑道落地技巧，觸地後亦未適切修正航機左偏趨勢而偏出跑道。

### **與風險有關之調查發現**

1. 遠東現行組員資源管理之訓練及考核，未能有效達成該訓練之目標，影響飛航組員於飛航中對相關風險、威脅評估、狀況警覺及溝通決策之能力。
2. 臺中機場跑道無中心線燈及跑道道面排水功能不良，影響航機於不良天候時之落地操作。

### **其它發現**

1. 臺中機場跑道道面可能因雨造成局部積水現象，但現有事實資料並無充分證據顯示事故機落地期間曾因跑道局部積水而影響航機落地後方向之操作。
2. 本次事故，除飛航組員之自述外，並無其他證據顯示本事故與飛航組員疲勞因素相關。
3. 遠東相關手冊中與濕滑/汙染跑道相關之內容，缺少詳細之操作指南，且飛航組員操作手冊及飛航手冊中，缺少機種訓練手冊需要之參考內容。
4. 事故機落地偏出跑道後，右發動機曾有短暫轉速及渦輪溫度下掉之

現象，可能係落地期間發動機進氣道進水，導致發動機轉速短暫下掉。

5. 無證據顯示飛航組員於飛航中曾受任何藥物及酒精影響。
6. 本事故與航機相關維修、航機系統功能及載重平衡無關。

## **貳、改善建議**

### **致遠東航空股份有限公司**

1. 加強飛航組員濕滑/汙染跑道落地之操作訓練。
2. 檢視組員資源管理之訓練及考核內容，以有效預防飛航中可能遭遇之風險及威脅。
3. 檢視相關手冊中與濕滑/汙染跑道相關內容之完整性。

### **致交通部民用航空局**

1. 督導航空公司加強飛航組員濕滑/汙染跑道落地之操作訓練。
2. 督導航空公司落實組員資源管理之訓練及考核，以有效預防飛航中可能遭遇之風險及威脅。

本頁空白

# 目錄

摘要報告.....	i
目錄 .....	v
表目錄 .....	viii
圖目錄 .....	ix
英文縮寫對照簡表.....	xi
第 1 章 事實資料.....	1
1.1 飛航經過.....	1
1.2 人員傷害.....	3
1.3 航空器損害情況.....	3
1.4 其他損害情況.....	4
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
1.6 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
1.7 天氣資料.....	11
1.7.1 天氣概述 .....	11
1.7.2 地面天氣觀測 .....	13
1.8 助、導航設施.....	16
1.9 通信 .....	16
1.10 場站資料.....	16

1.10.1	空側基本資料 .....	16
1.10.2	跑道鋪面 .....	20
1.10.3	跑道抗滑檢測 .....	23
1.10.4	過去調查案相關飛安改善建議 .....	24
1.10.5	機場設計相關規範 .....	24
1.11	飛航紀錄器 .....	25
1.11.1	座艙語音紀錄器 .....	25
1.11.2	飛航資料紀錄器 .....	26
1.12	航空器殘骸與撞擊資料 .....	30
1.12.1	航空器受損評估 .....	30
1.12.2	現場量測 .....	30
1.13	醫療與病理 .....	33
1.14	火災 .....	33
1.15	生還因素 .....	33
1.16	測試與研究 .....	33
1.16.1	系統功能測試 .....	33
1.16.2	航機夜間進場及落地測試 .....	34
1.17	組織與管理 .....	35
1.17.1	航務處 .....	35
1.17.2	航務手冊 .....	36
1.17.2.1	飛航時間 .....	36
1.17.2.2	組員資源管理 .....	36
1.17.2.3	進場及重飛 .....	37
1.17.2.4	汙染跑道 .....	38
1.17.3	操作手冊 .....	39
1.17.3.1	飛航手冊 .....	39
1.17.3.2	飛航組員操作手冊 .....	40



1.17.3.3	機種訓練手冊 .....	40
1.17.3.4	國際飛安基金會工具書 .....	41
1.18	其他資料 .....	41
1.18.1	訪談資料 .....	41
1.18.1.1	正駕駛員訪談摘要 .....	41
1.18.1.2	副駕駛員訪談摘要 .....	42
1.18.2	事故前跑道狀況 .....	44
1.18.3	事件序 .....	44
第 2 章	分析 .....	47
2.1	組員資源管理 .....	47
2.2	落地操作 .....	48
2.3	跑道狀況 .....	50
2.4	組員疲勞 .....	51
2.5	手冊完整性 .....	51
2.6	發動機異常顯示 .....	52
第 3 章	結論 .....	53
3.1	與可能肇因有關之調查發現 .....	53
3.2	與風險有關之調查發現 .....	54
3.3	其他調查發現 .....	54
第 4 章	運輸安全改善建議 .....	55
4.1	改善建議 .....	55
4.2	已完成或進行中改善措施 .....	55
附錄 1	ATR FCOM 與污染跑道相關之內容 .....	56
附錄 2	國際飛安基金會 ALAR 第 8.5 節 .....	66

## 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 .....	8
表 1.6-2 發動機基本資料 .....	9
表 1.6-3 載重及平衡相關資料表 .....	10
表 1.10-1 事故前最近一次時速 65 公里/小時摩擦係數檢測結果 .....	23
表 1.10-2 事故前最近一次時速 95 公里/小時摩擦係數檢測結果 .....	23
表 1.10-3 事故後最近一次時速 65 公里/小時摩擦係數檢測結果 .....	24
表 1.10-4 事故後最近一次時速 95 公里/小時摩擦係數檢測結果 .....	24
表 1.12-1 事故現場量測項目 .....	31
表 1.16-1 輪胎檢測結果 .....	34
表 1.18-1 事件順序表 .....	44

## 圖目錄

圖 1.1-1 事故機全程飛航軌跡圖 .....	3
圖 1.1-2 事故機落地軌跡圖 .....	3
圖 1.6-1 事故航空器正視圖 .....	10
圖 1.7-1 2120 時紅外線衛星雲圖 .....	12
圖 1.7-2 2120 時都卜勒氣象雷達回波圖 .....	12
圖 1.7-3 AWOS 設置地點 .....	14
圖 1.7-4 AWOS S 風向風速 .....	14
圖 1.7-5 AWOS C 風向風速 .....	15
圖 1.7-6 AWOS S 降水量及跑道視程 .....	15
圖 1.7-7 該機落地時 36 跑道頭監視攝影機紀錄畫面 .....	16
圖 1.10-1 臺中機場圖 .....	18
圖 1.10-2 36 跑道 ILS 進場圖 .....	19
圖 1.10-3 跑道著陸區之局部水窪(一) .....	20
圖 1.10-4 跑道著陸區之局部水窪(二) .....	21
圖 1.10-5 不規則之鋪面補塊與裂紋 .....	21
圖 1.10-6 跑道邊線鄰近區域之積水(一) .....	22
圖 1.10-7 跑道邊線鄰近區域之積水(二) .....	22

圖 1.11-1 落地階段之飛航資料繪圖（一） .....	29
圖 1.11-2 落地階段之飛航資料繪圖（二） .....	29
圖 1.11-3 飛航軌跡圖.....	30
圖 1.12-1 事故機偏出跑道胎痕 .....	32
圖 1.12-2 事故機返回跑道道面胎痕 .....	32
圖 1.12-3 現場量測成果與 FDR 飛航軌跡套疊圖 .....	33
圖 1.17-1 遠東航務處組織圖 .....	35
圖 1.17-2 標準飛航組員之飛航時間規定 .....	36
圖 2.1-1 事故機 FDR 記錄落地資料.....	49

## 英文縮寫對照簡表

AFM	airplane flight manual	飛航手冊
ATIS	automatic terminal information service	終端資料自動廣播服務
AWOS	automated weather observation system	自動氣象觀測系統
ALSF-1	category I approach lighting system, sequenced flashers	含順序閃光燈之第 1 類進場燈光系統
CRM	crew resource management	組員資源管理
CVR	cockpit voice recorder	座艙語音紀錄器
EWD	engine warning display	發動機警告顯示
FDR	flight data recorder	飛航資料紀錄器
FOM	flight operations manual	航務手冊
FCOM	flight crew operation manual	飛航組員操作手冊
ILS	instrument landing system	儀器降落系統
PAPI	precision approach path indicator	精確進場滑降指示燈
PC	proficiency check	適職性考驗
PF	pilot flying	操控駕駛員
PM	pilot monitoring	監控駕駛員
PT	proficiency training	適職性訓練
PTM	pilot training manual	機種訓練手冊

本頁空白

# 第 1 章 事實資料

## 1.1 飛航經過

民國 108 年 4 月 20 日，遠東航空股份有限公司(以下簡稱遠東)一架 ATR72-600 型載客班機，國籍標誌及登記號碼 B-28082，班機編號 FE3060，臺北時間 2052 時由澎湖馬公機場(以下簡稱澎湖機場)起飛執行載客任務，目的地為臺中清泉崗機場(以下簡稱臺中機場)，機上載有正駕駛員、副駕駛員各 1 人、客艙組員 2 人、乘客 72 人，共計 76 人。2118 時，該機於臺中機場 36 跑道進場落地滾行過程中偏出跑道，航機及跑道設施未受損，機上人員平安。

事故機飛航組員當日於 1205 時於臺中機場報到，計畫執行 6 架次之飛航，前 4 架次係執行臺中往返金門之載客任務，第 5 架次執行臺中至澎湖機場之載客任務，第 6 架次則自澎湖機場飛返臺中機場。該機於 2052 時自澎湖機場起飛，執行當日最後一架次之飛航任務，正駕駛員坐於左座擔任操控駕駛員 (pilot flying, PF)，副駕駛員坐於右座擔任監控駕駛員 (pilot monitoring, PM)，起飛前飛航組員獲得臺中機場之天氣為下雨有霧。該機起飛後通過 1,000 呎即獲航管許可定向彰化花壇，爬升過程中，航管亦告知該機目的地機場有雷雨及霧，能見度約為 1,400 公尺下降中，跑道視程為 600 公尺，期間飛航組員並同時收聽終端資料自動廣播服務 (automatic terminal information service, ATIS) 之天氣資訊。事故機約於 2057 時到達巡航高度 7,000 呎，保持航向 060 度，開始執行進場前準備及提示。

事故機約於 2103 時完成進場提示及下降準備，開始下降，執行臺中機場 36 跑道儀器降落系統 (instrument landing system, ILS) 進場。依據訪談及座艙語音紀錄資料，該機通過彰化上空，高度約 4,000 呎時，飛航組員檢查氣象雷達，發現航道前方及目的地機場上空有雷

雨，並目視前方有閃電，經討論後認為短時間內此狀況不會改變，但因可目視地面，認為能見度應尚可。該機約於 2114 時截獲 ILS 訊號，繼續進場，並告知塔臺約 5 哩時可目視機場，進場過程中離地高度約 500 呎時，PF 曾請塔臺將跑道邊燈之亮度調至 3 之亮度。PF 於航機接近決定高度時解除自動駕駛，與 PM 確認並呼叫：Landing（落地）。離地約 20 呎時，航機出現 2 至 4 度之左坡度，PM 曾提醒 PF 航機偏左，之後航機於 2118:22 時觸地，PM 再次提醒 PF 航機偏左，應向右修正，但航機仍持續向左，左主輪於 2118:24 時，約距跑道頭 2,300 呎處偏出跑道，右主輪亦於約距跑道頭 2,500 呎處偏出跑道，約 4 秒後航機回到跑道，期間飛航資料紀錄器（flight data recorder, FDR）之資料曾出現主警告燈「master warning」，發動機警告顯示（engine warning display, EWD）頁面亦出現「ENG 2 FLAME OUT IN FLIGHT」及「ENG 2 FLAME OUT ON GROUND」之程序。

PM 於訪談時表示距跑道頭約 1 哩時，目視航機落地燈照到跑道道面有反光，且可看到水波紋，表示跑道有積水。PF 表示航機觸地剎那，瞬間向左偏，立刻放下鼻輪修正，但航機仍然向左偏出跑道，修正回跑道後，將航機停止於距跑道頭約 7,000 呎處並通知塔臺航機可能因出跑道受損，建議派員至現場檢視。經地面人員確認航機除右主輪轂有草外無其他損傷後，始將航機滑回停機位置。該機自馬公機場起飛至臺中機場全程飛航軌跡如圖 1.1-1，落地期間偏出跑道之軌跡如圖 1.1-2。



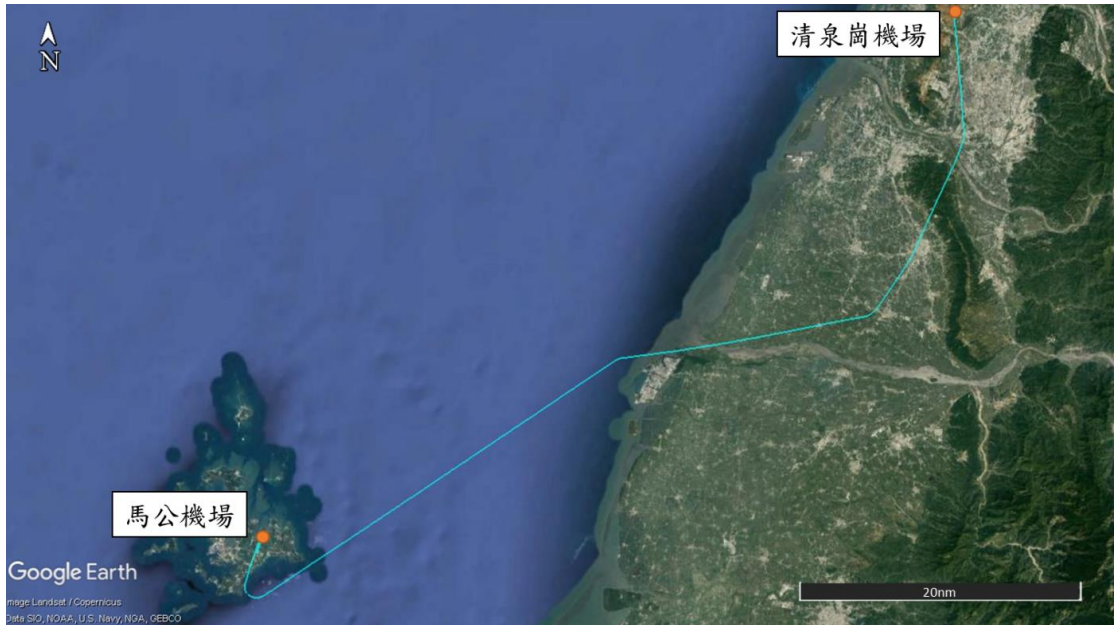


圖 1.1-1 事故機全程飛航軌跡圖



圖 1.1-2 事故機落地軌跡圖

## 1.2 人員傷害

無人員傷亡。

## 1.3 航空器損害情況

航空器無損害。

## 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	53	49
進 入 公 司 日 期	民國 106 年	民國 104 年
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	ATR-72-600 ATR-72-500	ATR-72-600 MD-80s
發 證 日 期	民國 105 年 4 月 29 日	民國 107 年 11 月 8 日
終 止 日 期	民國 109 年 2 月 10 日	民國 112 年 11 月 7 日
體 格 檢 查 種 類	甲類駕駛員	甲類駕駛員
終 止 日 期	民國 108 年 8 月 31 日	民國 108 年 7 月 31 日
總 飛 航 時 間 <sup>1</sup>	7,663 小時 59 分	4,516 小時 05 分
事 故 型 機 飛 航 時 間	2,071 小時 59 分	252 小時 42 分
最 近 12 個 月 飛 航 時 間	611 小時 38 分	252 小時 42 分
最 近 90 日 內 飛 航 時 間	218 小時 33 分	69 小時 07 分
最 近 28 日 內 飛 航 時 間	69 小時 17 分	49 小時 07 分
最 近 7 日 內 飛 航 時 間	21 小時 50 分	23 小時 09 分
事 故 前 24 小 時 飛 航 時 間	6 小時 21 分	6 小時 14 分

<sup>1</sup> 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為止。

派飛事故首次任務 前之休息期間 <sup>2</sup>	12 小時 15 分	12 小時 42 分
---------------------------------	------------	------------

### 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。退伍後加入其他國籍航空公司擔任駕駛員，於民國 106 年 7 月進入遠東航空，曾飛民航機機種為 ATR72-500 型機。正駕駛員持有中華民國飛機民航運輸業駕駛員檢定證，檢定項目欄內註記為：「飛機，陸上，多發動機 *Aeroplane, Land, Multi-Engine*, 儀器飛航 *Instrument rating ATR-72-600, ATR-72-500* 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*」；限制欄內註記為：「空白」；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 L4 Expiry Date 2020-01-02*」

正駕駛員於 107 年 4 月 13 日通過民航運輸駕駛員給證考試，並於完成 34 航次之航路訓練後，於 107 年 7 月 4 日通過正駕駛員航路考驗，開始擔任 ATR72-600 型機之正駕駛員。

正駕駛員最近一次適職性訓練 (proficiency training, PT) 於民國 107 年 10 月 26 日完成，評語欄內無異常紀錄；適職性考驗 (proficiency check, PC) 於同年 10 月 27 日完成，考驗結果為：「滿意 (*satisfactory*)」；評語欄內無異常紀錄。

依據正駕駛員航路訓練紀錄，其中低能見度操作/惡劣天候 (LVO/Adverse weather) 之訓練結果為：滿意 (*Satisfactory*)；正駕駛員最近一次 PT 有關低能見度口試訓練結果正常；有關組員資源管理 (*crew resource management, CRM*) 之訓練結果為正常。

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 108

<sup>2</sup> 休息期間係指組員在地面毫無任何工作責任之時間。

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」。  
正駕駛員曾於事故後於臺中機場執行酒精測試，測試值為零。

### 1.5.1.2 副駕駛員

副駕駛員為中華民國籍，曾為軍事飛行員。於民國 104 年 2 月進入遠東航空，曾擔任 MD-80 型機之副駕駛員。副駕駛員持有中華民國飛機商用駕駛員檢定證，檢定項目欄內註記為：「飛機，陸上，多發動機 *Aeroplane, Land, Multi-Engine*, 儀器飛航 *Instrument Rating ATR-72-600, MD-80S* 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*」；限制欄內註記為：「*ATR-72-600 F/O ; MD80S FO*」；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 L4 Expiry Date 2021-06-04*」

副駕駛員於 107 年 4 月起，開始 ATR72-600 型機之換裝訓練，並於完成 80 航次之航路訓練後，於 108 年 1 月 31 日通過航路考驗，開始擔任該型機之副駕駛員。至事故發生前為止，副駕駛員尚未執行該型機之 PT 及 PC。

依據副駕駛員航路訓練紀錄，其中低能見度操作/惡劣天候之訓練結果為：可接受(Acceptable)。有關 CRM 及狀況警覺(Awareness)之訓練紀錄均為：「可」。

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 108 年 1 月 8 日，體檢及格證限制欄內之註記為：「視力需戴眼鏡矯正」。副駕駛員曾於事故後於臺中機場執行酒精測試，測試值為零。

## 1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動

正駕駛員：

- 4 月 17 日： 1700 時至次日 0100 時於長榮執行模擬機右座訓練及考驗。
- 4 月 18 日： 0140 時返家，0300 時就寢。0730 時起床，在家休息及運動，2400 時就寢。因感冒，按時服感冒藥。
- 4 月 19 日： 0730 時起床，0830 時早餐，1000 時至 1130 時小睡。1200 時出發至臺中接班。1515 時報到，1650 至 2200 時執行臺中-金門-臺中飛航任務。2235 時至旅館，2330 時就寢。本日感冒狀況好轉，未服藥。
- 4 月 20 日： 0800 時起床，0900 時早餐。1205 時至 1900 時執行臺中-金門往返兩趟之飛航任務。1920 時執行臺中-馬公飛航任務，事故任務為馬公飛返臺中之飛航任務。

正駕駛員表示：每日所需睡眠時數約為 7 小時，無睡眠困擾，無慢性病亦未長期服用藥物，事故前(4 月 17 日至 18 日因感冒就診服用感冒藥，一日 3 次)。事故後，圈選最能代表事故時精神狀態之敘述為：「精神狀況稍差，有點感到疲累」。

#### 副駕駛員：

- 4 月 17 日： 於員工宿舍休息，2300 時就寢。
- 4 月 18 日： 0600 時至 1100 時於員工宿舍待命。1100 時至 2000 時，搭高鐵前往臺中與友人聚會。2100 時入住威汀酒店，2300 時就寢。
- 4 月 19 日： 0800 時起床，0940 時至 1140 時早餐及活動。1240 時至 2200 時報到執行飛航任務。2230 時至 2300 時結束飛航任務後返回住所。2330 時就寢。

4月20日：0830時起床，0940時至1140時早餐及活動。  
1140時至1200時機場報到。1240時至2200時，  
預計執行6趟次任務，事故任務為第6趟次。

副駕駛員表示：每日所需睡眠時數為8小時，無睡眠困擾，無慢性病亦未長期服用藥物。事故後，圈選最能代表事故時精神狀態之敘述為：「精神狀況稍差，有點感到疲累」。

## 1.6 航空器資料

### 1.6.1 航空器與發動機基本資料

該航空器及發動機基本資料統計至民國108年4月20日，如表1.6-1及表1.6-2。

表 1.6-1 航空器基本資料

航空器基本資料表	
國籍	中華民國
航空器登記號碼	B-28082
機型	ATR72-212A
製造廠商	AVIONS DE TRANSPORT REGIONAL
出廠序號	1464
生產線序號	N/A
出廠時間	民國106年12月14日
接收日期	民國108年1月9日
所有人	Nordic Aviation Capital
使用人	遠東航空股份有限公司
國籍登記證書編號	107-1563
適航登記證書編號	108-01-012
適航證書生效日	民國108年1月19日
適航證書有效期限	民國109年1月15日

航空器總使用時數	501 小時 7 分
航空器總落地次數	698 次
上次定檢種類	1A <sup>3</sup>
上次定檢日期	民國 108 年 4 月 18 日
上次定檢後使用時數	12 小時 29 分
上次定檢後落地次數	18 次

發動機基本資料詳表 1.6-2。

表 1.6-2 發動機基本資料

發動機基本資料表		
製造廠商	Pratt & Whitney Canada	
編號 / 位置	No. 1/左	No. 2/右
型別	PWC-127M	PWC-127M
序號	PCE-ED1529	PCE-ED1528
製造日期	民國 106 年 5 月 15 日	民國 106 年 5 月 12 日
最近裝機日期	/ <sup>4</sup>	/
上次定檢種類	1A	1A
上次定檢日期	民國 108 年 4 月 18 日	民國 108 年 4 月 18 日
上次維修廠檢修後使用時數	12 小時 29 分	12 小時 29 分
上次維修廠檢修後使用週期數	18	18
總使用時數	501 小時 7 分	501 小時 7 分
總使用週期數	698 次	698 次

事故航空器之外型及尺寸如圖 1.6-1，其翼展為：27.5 公尺（90 呎）、發動機間距為：8.1 公尺（26.6 呎）、輪距為：4.1 公尺（13.5 呎）。

<sup>3</sup> 依據交通部民用航空局於民國 108 年 11 月 22 日核准遠東航空所之 ATR 72-212a 飛機維護計畫，編號 FAT-MPDR-6000，0.4.3 Letter codes 定義，“A”= A Check，同 500 飛行小時，飛行小時量值估算，A=500 飛行小時，2A=1000 飛行小時...依此類推。

<sup>4</sup> 事故航空器自出廠後未曾拆除任一發動機。

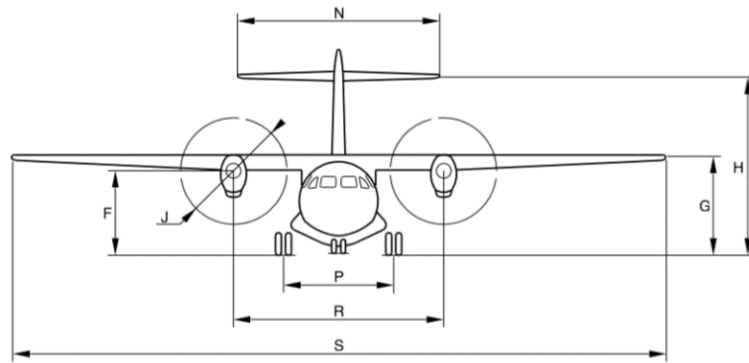


圖 1.6-1 事故航空器正視圖

### 1.6.2 維修資訊

檢閱該機事故前 1 個月內之最低裝備需求表項目及缺失延遲改正紀錄簿，無與方向操作相關系統之異常登錄。檢視適航指令及技術通報無應執行未執行之管制項目。事故發生前最近一次定期檢查為 1A 檢查，無異常紀錄。

### 1.6.3 載重與平衡

依據事故機本次飛航之載重平衡表及飛航計畫，其載重及平衡相關資料如表 1.6-3。

表 1.6-3 載重及平衡相關資料表

單位：公斤

最大零油重量	21,000 公斤
實際零油重量	19,086 公斤
最大起飛總重	23,000 公斤
實際起飛總重	21,006 公斤
起飛油量	1,920 公斤
航行耗油量	330 公斤



最大落地總重	22,350 公斤
實際落地總重	20,676 公斤
起飛重心位置	24.53% MAC
落地重心位置	24.34% MAC
MAC : mean aerodynamic chord, 平均空氣動力弦 起飛及落地重心限制範圍依重量約為 20% 至 37%	

## 1.7 天氣資料

### 1.7.1 天氣概述

事故當日 2000 時亞洲地面天氣分析圖顯示低氣壓 1008 百帕，位於琉球群島南部，以 15 哩/時之速度向東移動，臺灣北部及中部地區受滯留鋒面影響，有陣雨或雷雨。根據 2120 時紅外線衛星雲圖（詳圖 1.7-1），及都卜勒氣象雷達回波圖（詳圖 1.7-2）顯示，鋒面對流雲系位於臺灣北部及中部，臺中機場雲頂高度約 35,000 至 41,000 呎，回波強度約 40 至 45 dBZ。

交通部民用航空局（以下簡稱民航局）臺北航空氣象中心發布事故期間有效之顯著危害天氣資訊（SIGMET）如下，臺中機場位於預報範圍內：

SIGMET 2：有效時間 2010 時至 2300 時，臺北飛航情報區，隱藏雷暴預報位於 N2600 E12200、N2100 E11900、N2100 E11730、N2600 E11730 所圍之區域，雲頂高 FL400 以上，以 15 哩/時之速度向東移動，強度減弱。

空軍臺中機場天氣中心發布事故期間有效之危險天氣預報如下：

1900 時至 2330 時，能見度 1,200 公尺，有雨及靄；間歇性雷雨，能見度 200 公尺，裂雲 200 呎。

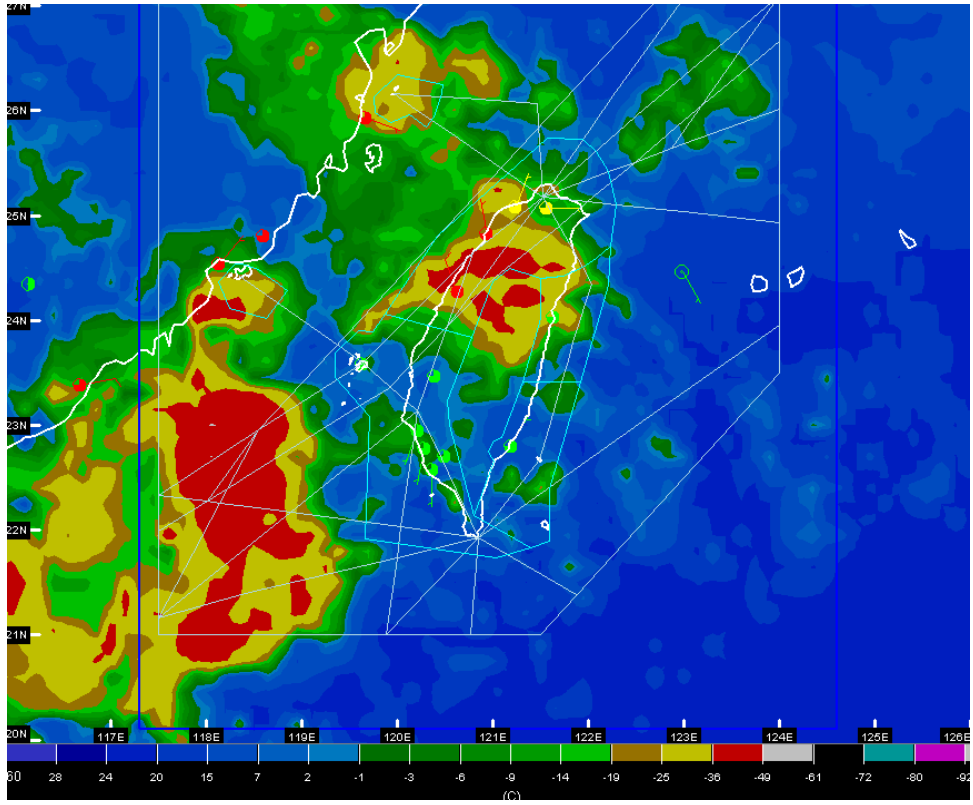


圖 1.7-1 2120 時紅外線衛星雲圖

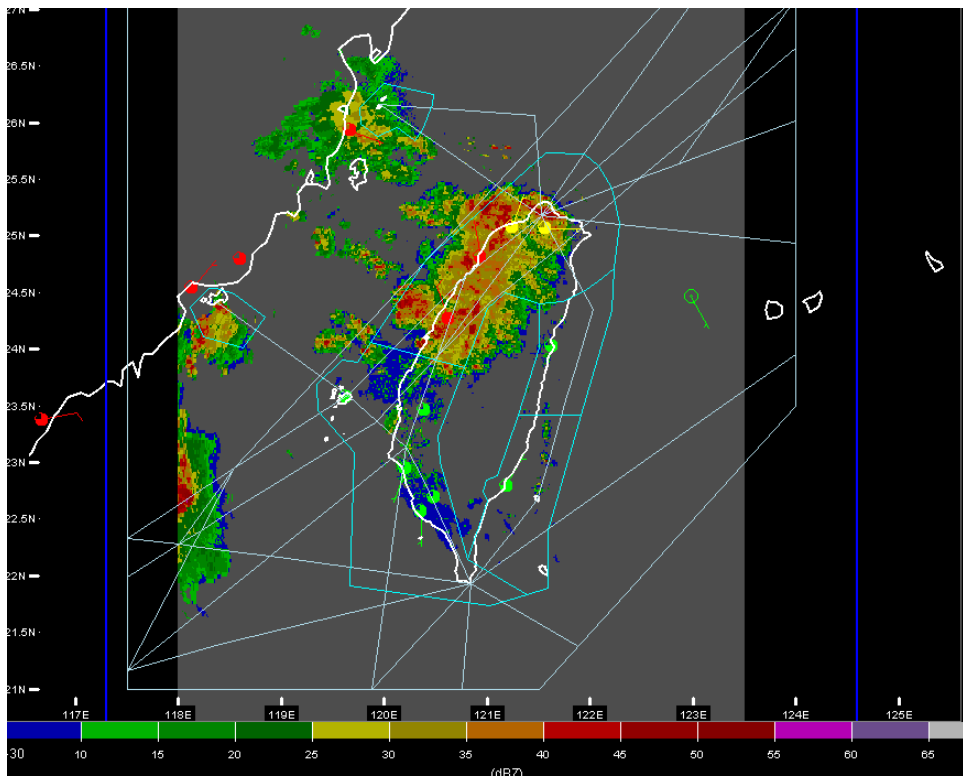


圖 1.7-2 2120 時都卜勒氣象雷達回波圖

## 1.7.2 地面天氣觀測

事故當日臺中機場地面天氣觀測紀錄如下：

2100 時：風向 340 度，風速 8 浬/時；能見度 600 公尺；36 跑道之跑道視程 1,400 公尺，無明顯變化；雨，鄰近有雷暴，霧；疏雲 400 呎、裂雲 800 呎、積雨雲稀雲 1,600 呎、密雲 2,000 呎；溫度 23°C，露點 23°C；高度表撥定值 1010 百帕；趨勢預報—改變為能見度 300 公尺；雨，鄰近有雷暴，霧；備註—高度表撥定值 29.83 吋汞柱；降水量 4.0 毫米；雷暴位於南方，滯留。

2124 時：風向 020 度，風速 6 浬/時；能見度 600 公尺；36 跑道之跑道視程大於 2,000 公尺；雨，鄰近有雷暴，霧；疏雲 400 呎、裂雲 800 呎、積雨雲稀雲 1,600 呎、密雲 2,000 呎；溫度 23°C，露點 22°C；高度表撥定值 1010 百帕；趨勢預報—無顯著變化；備註—高度表撥定值 29.84 吋汞柱；雷暴位於西方，動向不定。

臺中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 (設置地點如圖 1.7-3)，提供天氣中心及塔臺即時之天氣資訊顯示，相關天氣紀錄如圖 1.7-4 至圖 1.7-6 所示。自 2118:00 時 (該機無線電高度為 200 呎) 至 2118:29 時 (該機左偏後返回跑道)，AWOS S 風向為 030-070 度，風速 3-11 浬/時；AWOS C 風向為 040-060 度，風速 5-8 浬/時；事故前 6 分鐘 AWOS S 之跑道視程大於 2,000 公尺，累積降水量 0.4 毫米 (降雨強度為中度)。



圖 1.7-3 AWOS 設置地點

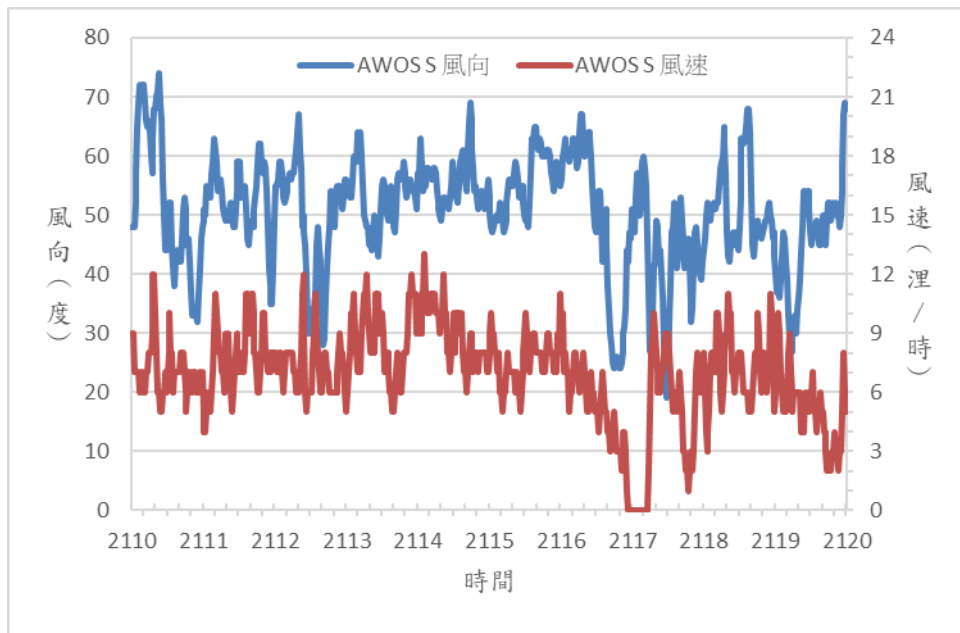


圖 1.7-4 AWOS S 風向風速

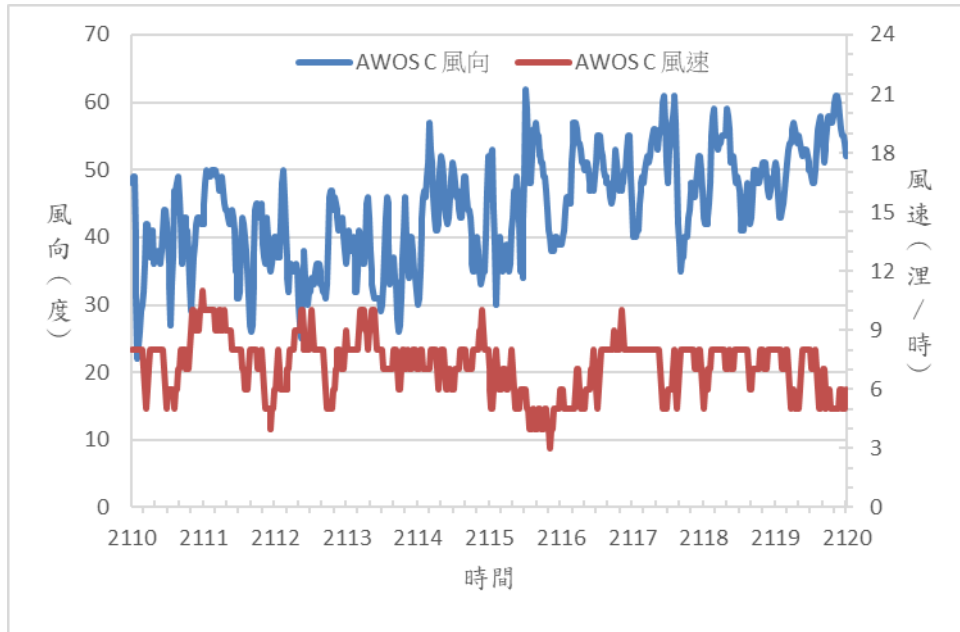


圖 1.7-5 AWOS C 風向風速

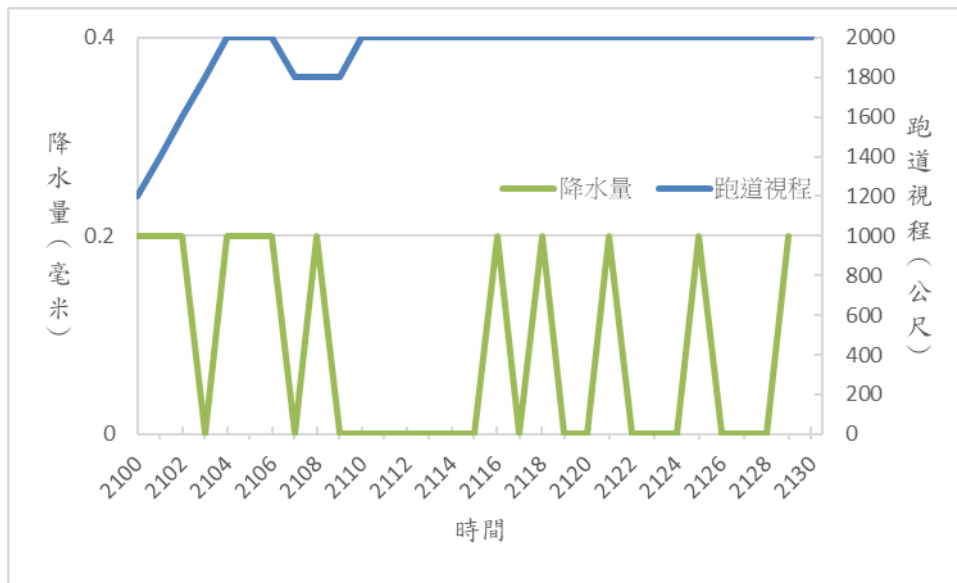


圖 1.7-6 AWOS S 降水量及跑道視程

另依據事故當時 36 跑道頭安裝之監視攝影機紀錄畫面顯示，該機落地時，攝影機紀錄畫面顯示為中至小雨狀況，如圖 1.7-7。



圖 1.7-7 該機落地時 36 跑道頭監視攝影機紀錄畫面

## 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

臺中機場標高 665 呎，為軍民合用機場，塔臺運作與空側燈光系統維護皆由空軍負責，機場圖如圖 1.10-1；36 跑道 ILS 進場圖如圖 1.10-2。

臺中機場設有一條跑道，為水泥混凝土鋪面，方向為 18/36，跑道長 3,659 公尺，寬 61 公尺，無緩衝區，無清除區。跑道地帶宣告

長 3,659 公尺、寬 300 公尺。跑道平均橫坡度為 0.53%。18/36 跑道兩側設有跑道邊燈，間距 60 公尺，燈泡亮度為高亮度；無跑道中心線燈與著陸區燈。

36 跑道為第 I 類精確進場跑道，跑道左側設有 3 度下滑角之精確進場滑降指示燈 (precision approach path indicator, PAPI)；36 跑道進場燈型式、長度與燈泡亮度分別為：含順序閃光燈之第 1 類進場燈光系統 (category I approach lighting system, sequenced flashers , ALSF-1)、900 公尺與高亮度。

機場圖  
AERODROME CHART

TAICHUNG/CINGCYUANGANG

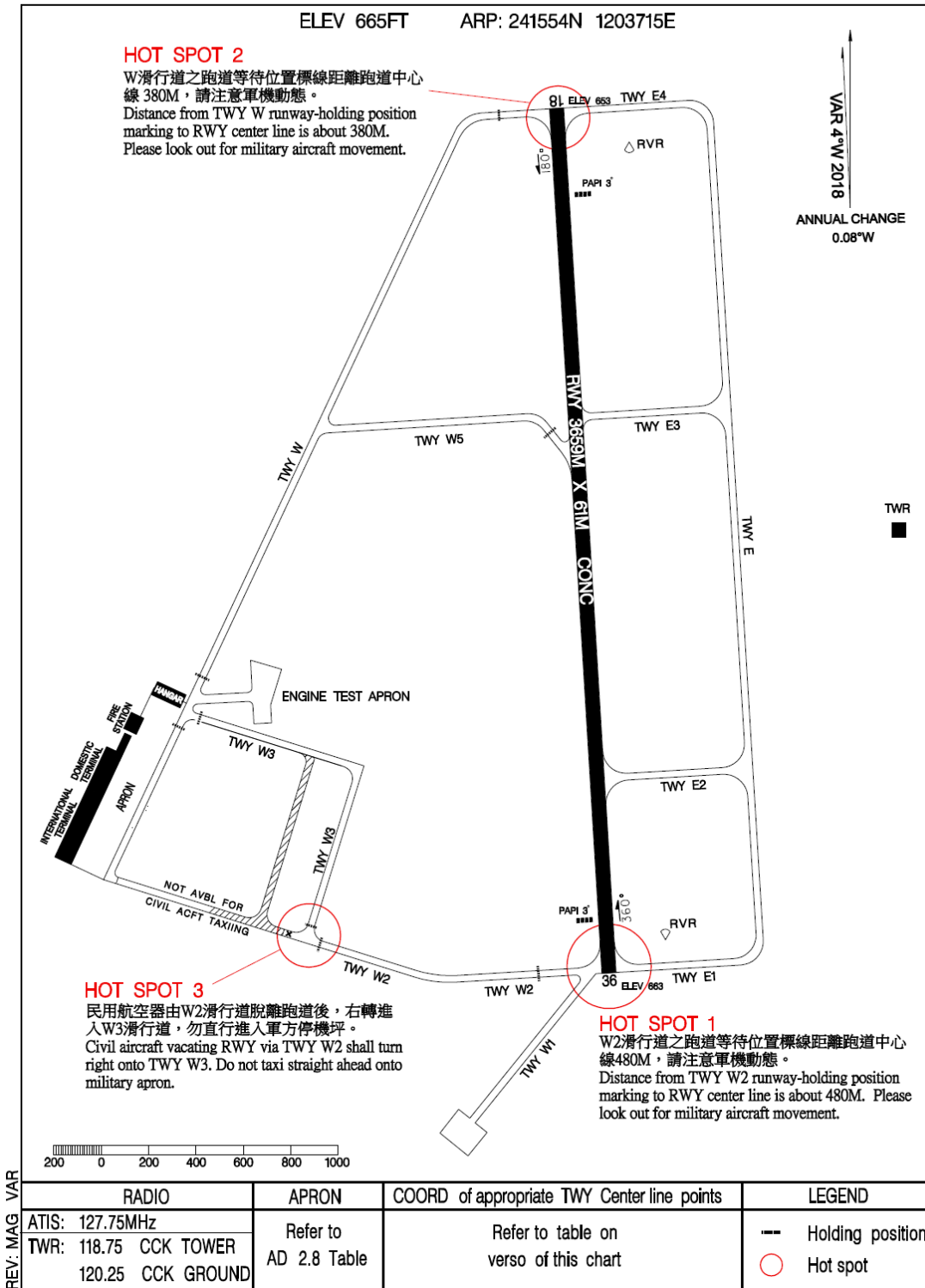
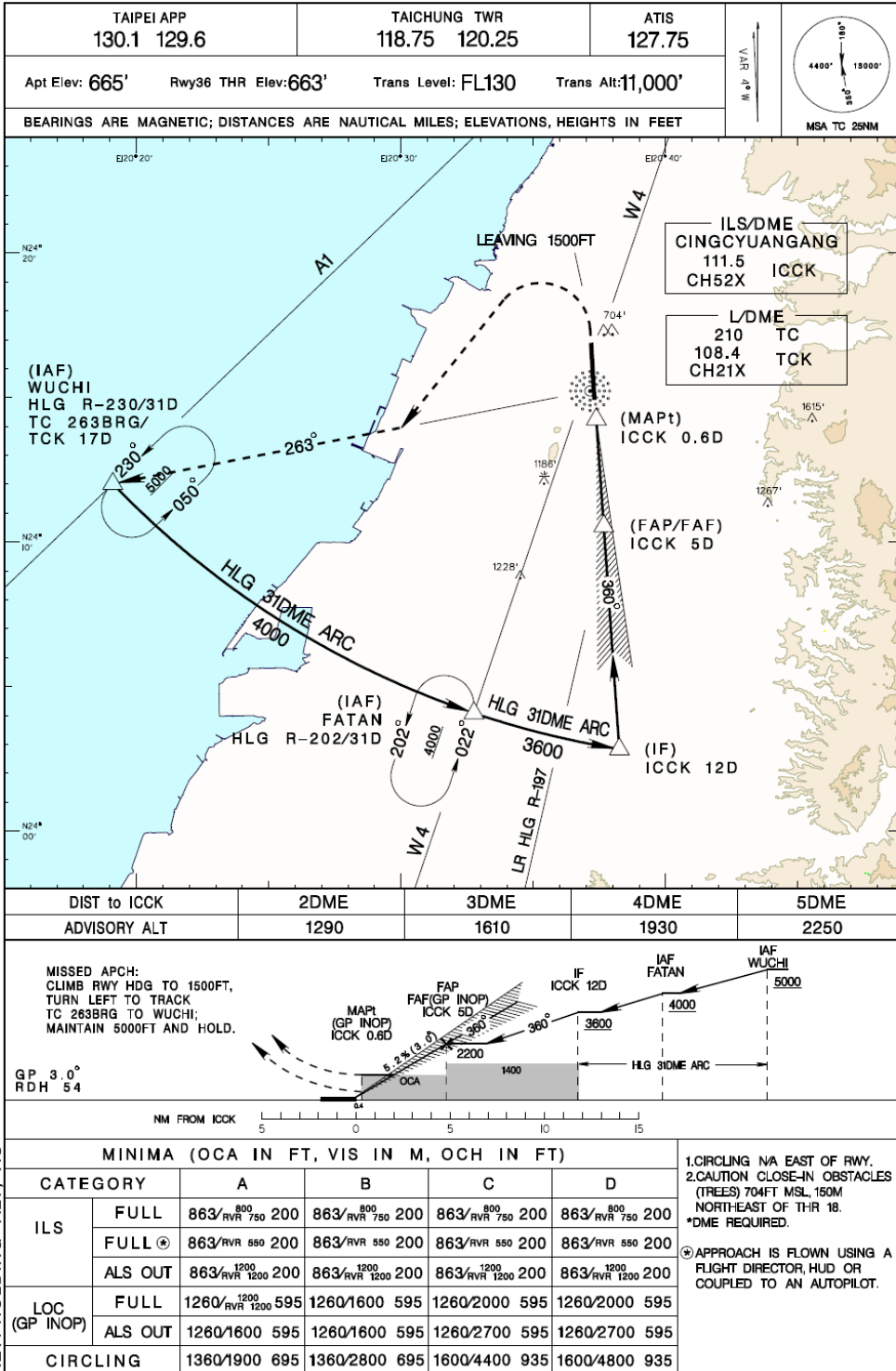


圖 1.10-1 臺中機場圖



臺中/清泉崗機場  
TAICHUNG/CINGCYUANGANG AD

RCMQ  
ILS or LOC RWY36



REV: HOLDING ALT, VIS

圖 1.10-2 36 跑道 ILS 進場圖

## 1.10.2 跑道鋪面

本會調查小組於事故後隔日，即 108 年 4 月 21 日約 0500 時於臺中機場進行事故現場量測與鋪面檢視，發現 36 跑道著陸區之鋪面存在局部之積水(如圖 1.10-3 與 1.10-4)、不規則之鋪面補塊與裂紋(如圖 1.10-5)；以及距 36 跑道頭約 2,000 呎至 4,500 呎間之兩側跑道邊緣鄰近區域存在有積水，如圖 1.10-6 與 1.10-7。



圖 1.10-3 跑道著陸區之局部水窪(一)



圖 1.10-4 跑道著陸區之局部水窪(二)



圖 1.10-5 不規則之鋪面補塊與裂紋





圖 1.10-6 跑道邊線鄰近區域之積水(一)



圖 1.10-7 跑道邊線鄰近區域之積水(二)

### 1.10.3 跑道抗滑檢測

臺中機場跑道摩擦係數檢測係由臺中航空站委託外部工程顧問公司執行，採用國際民航組織( ICAO ) 規範之連續式摩擦係數檢測儀器 ( grip tester )，於距離跑道中心線兩側 3 至 3.5 公尺，時速 65 公里/小時及 95 公里/小時，及乾跑道狀況下噴灑 1 公釐水膜進行檢測。當任 1 個 3 分區段之摩擦係數平均值較 0.24 (時速 95 公里/小時) 或 0.43 (時速 65 公里/小時) 為低者，航空站應立即採取改善措施，發布飛航公告 (NOTAM)，以提供「跑道於濕滑時可能滑溜」之警訊，且應持續發布直至改善完成為止；任 1 個 3 分區段之摩擦係數平均值較 0.36 (時速 95 公里/小時) 或 0.53 (時速 65 公里/小時) 為低者，航空站則應開始計劃改善。

#### 事故前最近一次檢測結果

臺中機場事故前最近一次跑道摩擦係數檢測係於民國 108 年 4 月 14 日進行，分別以時速 65 公里/小時與 95 公里/小時檢測之結果如表 1.10-1 與表 1.10-2。

表 1.10-1 事故前最近一次時速 65 公里/小時摩擦係數檢測結果

跑道	第 1 個 3 區分段	第 2 個 3 區分段	第 3 個 3 區分段	跑道
18	0.67	0.69	0.64	36
	0.66	0.67	0.62	

表 1.10-2 事故前最近一次時速 95 公里/小時摩擦係數檢測結果

跑道	第 1 個 3 區分段	第 2 個 3 區分段	第 3 個 3 區分段	跑道
18	0.68	0.71	0.63	36
	0.66	0.66	0.61	

#### 事故後最近一次檢測結果

臺中機場事故後最近一次跑道摩擦係數檢測係於民國 108 年 5 月 19 日進行，分別以時速 65 公里/小時與 95 公里/小時檢測之結果如表 1.10-3 與表 1.10-4。

表 1.10-3 事故後最近一次時速 65 公里/小時摩擦係數檢測結果

跑道	第 1 個 3 區分段	第 2 個 3 區分段	第 3 個 3 區分段	跑道
18	0.65	0.66	0.62	36
	0.68	0.69	0.64	

表 1.10-4 事故後最近一次時速 95 公里/小時摩擦係數檢測結果

跑道	第 1 個 3 區分段	第 2 個 3 區分段	第 3 個 3 區分段	跑道
18	0.67	0.68	0.61	36
	0.66	0.66	0.62	

事故前後之摩擦係數檢測期間未曾有胎屑清除作業。

#### 1.10.4 過去調查案相關飛安改善建議

本會於民國 103 年 9 月 20 日華信航空 AE964 班機與 107 年 8 月 22 日華信航空 AE788 班機於臺中機場落地時偏出跑道等 2 件事務調查報告中，針對跑道中心線燈增設與跑道排水性能改善，對民航局與國防部空軍司令部提出飛安改善建議，其內容略為：「...交通部民用航空局與空軍司令部合作，加速評估臺中機場增設跑道中心線燈之作業，並研擬改善臺中機場跑道橫坡度。」(ASC-ASR-15-11-007、ASC-ASR-15-11-010) 相關分項執行計畫仍由行政院列管中。

#### 1.10.5 機場設計相關規範

民用機場設計暨運作規範與補充指導資料有關橫坡度與鋪面之標準或建議如下：

## 橫坡度

### 3.1.19 橫坡度

建議— 為加速排水，跑道道面原則上採用雙向坡，除非坡度由高到低之方向與降雨時最常發生之風向相符，且能保證迅速排水時，方採用單向坡，其橫坡度應為：

—1.5%：飛機大小分類為 C、D、E 或 F 之跑道。

—2%：飛機大小分類為 A 或 B 之跑道。

跑道橫坡度不應大於以上數值，亦不應小於 1%；惟當跑道與滑行道交叉處需要較平緩之坡度時，其橫坡度可小於 1%。

## 鋪面

10.2.2 跑道道面應妥善維護，不可有危害航空器之不平坦情況。

### 附篇 A 補充指導資料

5.5 跑道隨時間之變形也可能增加形成水窪之可能性。當水窪約達 3mm 深時，特別是當降落飛機高速滑行中遭遇水窪，將導致飛機之漂滑 (aquaplaning)，如浸濕 (WET) 之跑道上存在有許多水窪時，漂滑之影響將會持續。

## 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 (cockpit voice recorder, CVR)，製造商為 L-3 Aviation Products 公司，件號及序號分別為 2100-1225-22 及 001197709。該座艙語音紀錄器具備 2 小時高品質錄音記錄能

力，聲源分別來自正駕駛員麥克風、副駕駛員麥克風、廣播系統麥克風及座艙區域麥克風。該座艙語音紀錄器下載情形正常，錄音品質良好。CVR 所記錄之語音資料約 124 分 15 秒，包括該班機起飛、巡航、進場、落地及發生事故等過程，調查小組針對本事故製作之抄件約為 10 分鐘(如附件 1)。

### 1.11.2 飛航資料紀錄器

該機裝置固態式 FDR，製造商為 L-3 Aviation Products 公司，件號及序號分別為 2100-4245-00 及 001234900。事故發生後，本會依據遠東提供之解讀文件<sup>5</sup>進行解讀，該飛航資料紀錄器儲存 61 小時 58 分鐘 24 秒資料，記錄之參數共約 821 項。

本事故之時間基準係根據 CVR 與 FDR 所記錄之關鍵事件參數將 CVR 時間與 FDR 同步。FDR 資料下載解讀後，經現場測量資料比對後，相關飛航資料摘要如下：

1. 2117:45 時，該機解除自動駕駛，無線電高度 350 呎，空速 113 浬/時，地速 110 浬/時，磁航向 1 度，風速 4 浬/時，風向 323 度。
2. 2118:12 時，該機通過跑道頭，航跡於跑道中心線位置上，無線電高度 46 呎，空速 114 浬/時，地速 112 浬/時，右坡度 0.7 度，磁航向 3 度，風速 5 浬/時，風向 1 度。
3. 2118:16 時，該機距跑道頭約 850 呎，航跡於跑道中心線位置上，無線電高度 16 呎，空速 114 浬/時，地速 112 浬/時，左坡度 4.1 度，磁航向 0 度，風速 5 浬/時，風向 4 度。
4. 2118:22.625 時，該機右主輪於距跑道頭約 2,010 呎觸地，觸地位

---

<sup>5</sup> SERVER LETTER ATR72, No. ATR72-31-6010, Revision No.12



置距跑道中心線左側約 65 呎，空速 107 浬/時，地速 108 浬/時，左坡度 1.1 度，磁航向 1 度。

5. 該機於落地過程中主起落架與全起落架曾經經歷 9 次「air/ground」參數<sup>6</sup>之變化，與變化時之該機橫坡度及磁航向參數匯整如下表：

時間	主起落架 (air/ground)	全起落架 (air/ground)	橫坡度 (度)	磁航向 (度)
2118:22.875 時	air → ground	air	左 1.1	359.9
2118:23.5 時	ground → air	air	右 1.5	1.3
2118:24.125 時	air → ground	air → ground	右 4.5	2.1
2118:24.3125 時	ground → air	ground → air	右 4.5	2.1
2118:25.5625 時	air → ground	air → ground	右 4.1	10.0
2118:26.0 時	ground → air	ground → air	右 5.4	18.9
2118:26.8125 時	air → ground	air → ground	右 4.9	18.9
2118:27.0625 時	ground → air	ground → air	右 4.1	22.6
2118:27.25 時	air → ground	air → ground	右 4.1	22.6

6. 2118:24 時，該機左主輪於距跑道頭約 2,280 呎偏出跑道，空速 104 浬/時，地速 102 浬/時，磁航向 2 度。

<sup>6</sup> 依據該機 FDR 解讀文件，主起落架地空邏輯參數「ground」的定義為左右主起落架 2 具減震支柱皆處於壓縮狀態，全起落架地空邏輯參數「ground」的觸發條件為主起落架及鼻輪起落架 3 具減震支柱皆處於壓縮狀態。

7. 2118:26 時，該機左主輪於距跑道頭約 2,640 呎，距跑道邊線外側最遠約 15 呎，空速 96 浬/時，地速 92 浬/時，磁航向 19 度。
8. 2118:28 時，該機左主輪於距跑道頭約 2,880 呎返回跑道，空速 86 浬/時，地速 81 浬/時，磁航向 19 度，此時主警告「master warning」及「master warning (CAC2)」參數作動並持續 3 秒，儀表板上的發動機警告顯示 (engine warning display, EWD) 頁面亦出現「ENG 2 FLAME OUT IN FLIGHT」程序，並於 1 秒鐘後轉變為「ENG 2 FLAME OUT ON GROUND」的程序。
9. 2118:36 時，該機於距跑道頭約 3,640 呎，跑道中心線左側約 50 呎處滑行，地速 35 浬/時，磁航向 8 度，EWD 顯示程序轉變為「AFTER LANDING」程序並持續至該機停止滑行。
10. 2119:21 時，該機停止於距跑道頭約 4,530 呎，跑道中心線左側約 60 呎處，左右發動機仍維持正常運轉。
11. 2136:07 時，該機以自身動力再度開始滑行進入滑行道，約 2146 時停止於臺中航空站停機坪，約 2148 時 FDR 停止記錄。
12. 圖 1.11-1 及圖 1.11-2 為事故機落地階段之飛航資料繪圖，圖 1.11-3 為事故機起飛至落地飛航軌跡圖。

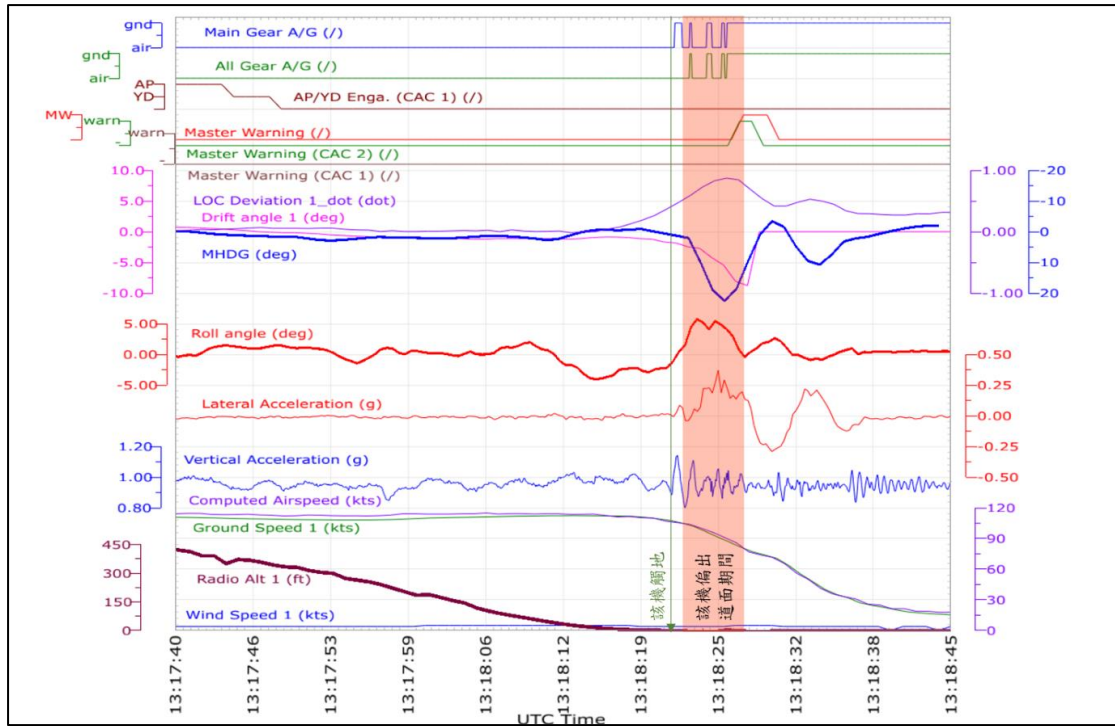


圖 1.11-1 落地階段之飛航資料繪圖 (一)

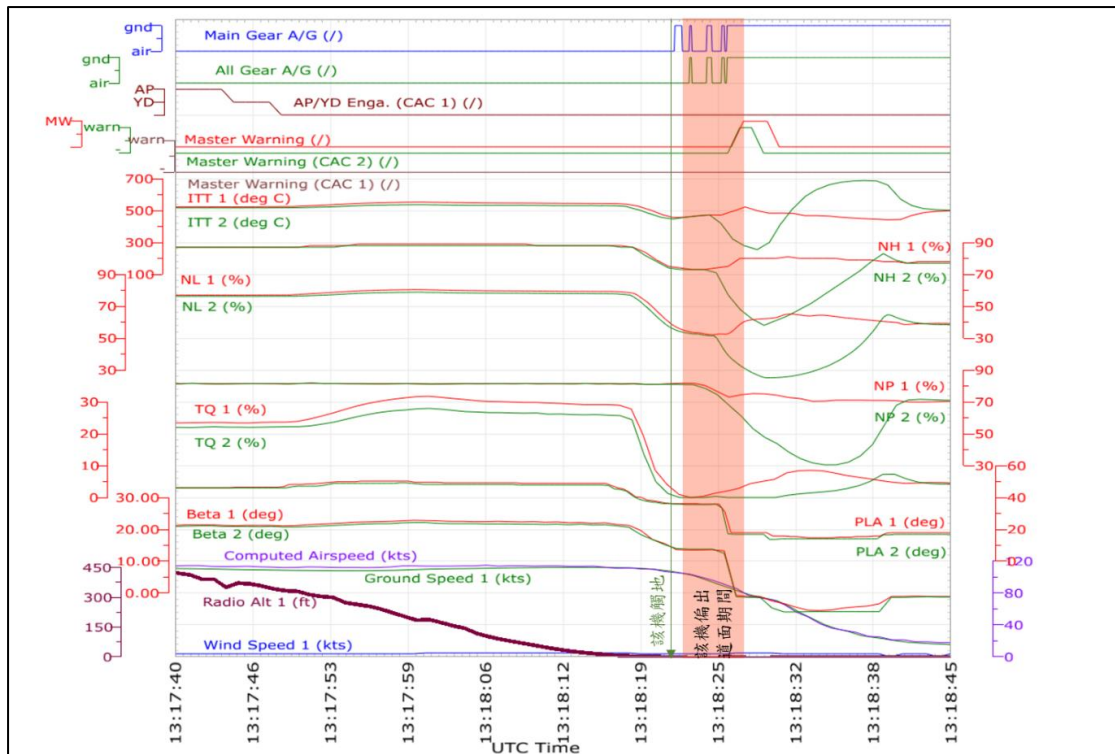


圖 1.11-2 落地階段之飛航資料繪圖 (二)

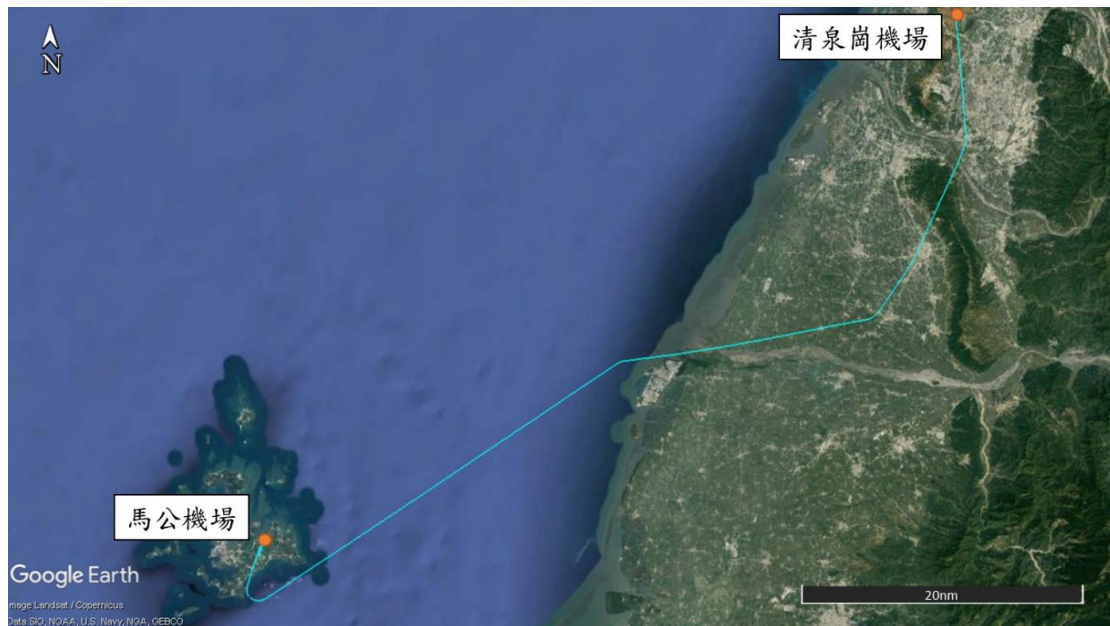


圖 1.11-3 飛航軌跡圖

## 1.12 航空器殘骸與撞擊資料

### 1.12.1 航空器受損評估

無相關議題。

### 1.12.2 現場量測

事故現場量測，係於事故區尋找可辨識之胎痕軌跡，以臺中機場 36 跑道頭標線、跑道邊燈及千呎牌為基準，量測左、右主輪遺留之胎痕以及跑道邊燈位置，量測項目詳表 1.12-1。量測結果重點摘要如下：

距 36 跑道頭約 2,280 呎處發現事故機偏出跑道胎痕，向左偏出 36 跑道邊線，胎痕與跑道方向夾角約 4 度，事故機在草地上遺留之胎痕軌跡如圖 1.12-1 及圖 1.12-2 所示，事故機於距 36 跑道頭約 2,880 呎處返回跑道道面，停止位置座標為東經 120 度 37 分 14.88 秒、北緯 22 度 15 分 39.59 秒。量測成果與該機 FDR 飛航軌跡套疊如圖 1.12-3

所示。

表 1.12-1 事故現場量測項目

項次	量測標的	距 36 跑道頭位置(呎)
1.	千呎牌位置	2,050
2.	該機左主輪偏出道面位置	2,280
3.	該機右主輪偏出道面位置	2,500
4.	該機右主輪回到道面位置	2,700
5.	該機左主輪回到道面位置	2,880
6.	左主輪胎痕	2,230~3,800
7.	右主輪胎痕	2,010~3,770
8.	該機停止位置	4,530



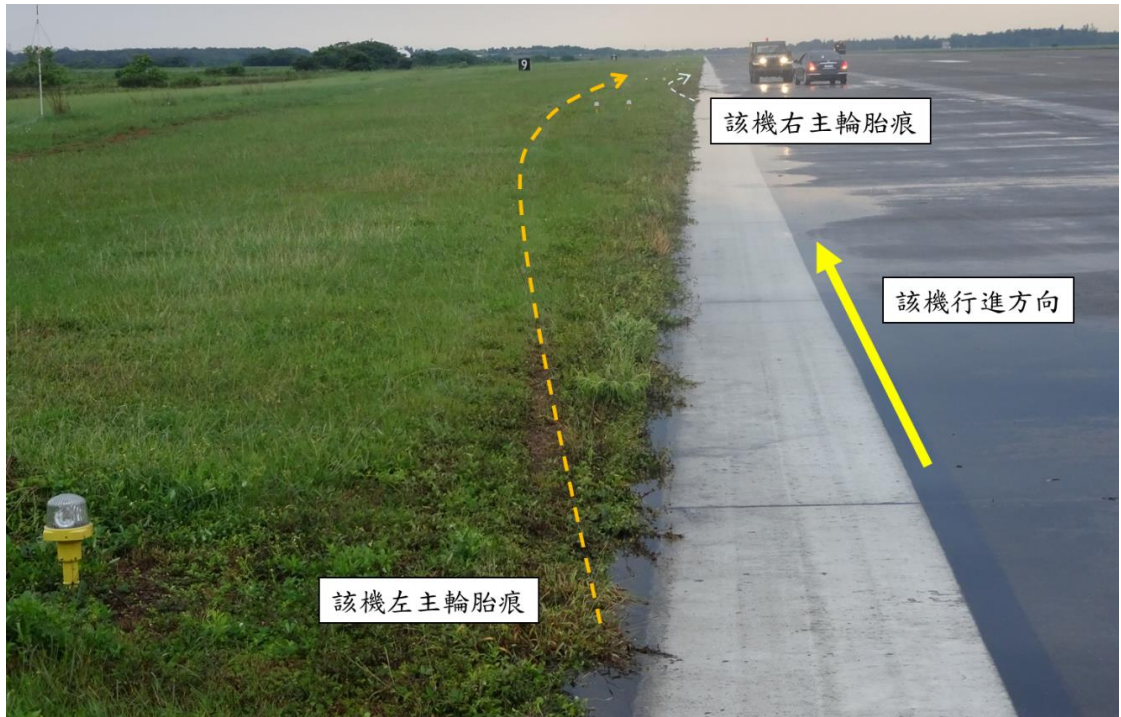


圖 1.12-1 事故機偏出跑道胎痕

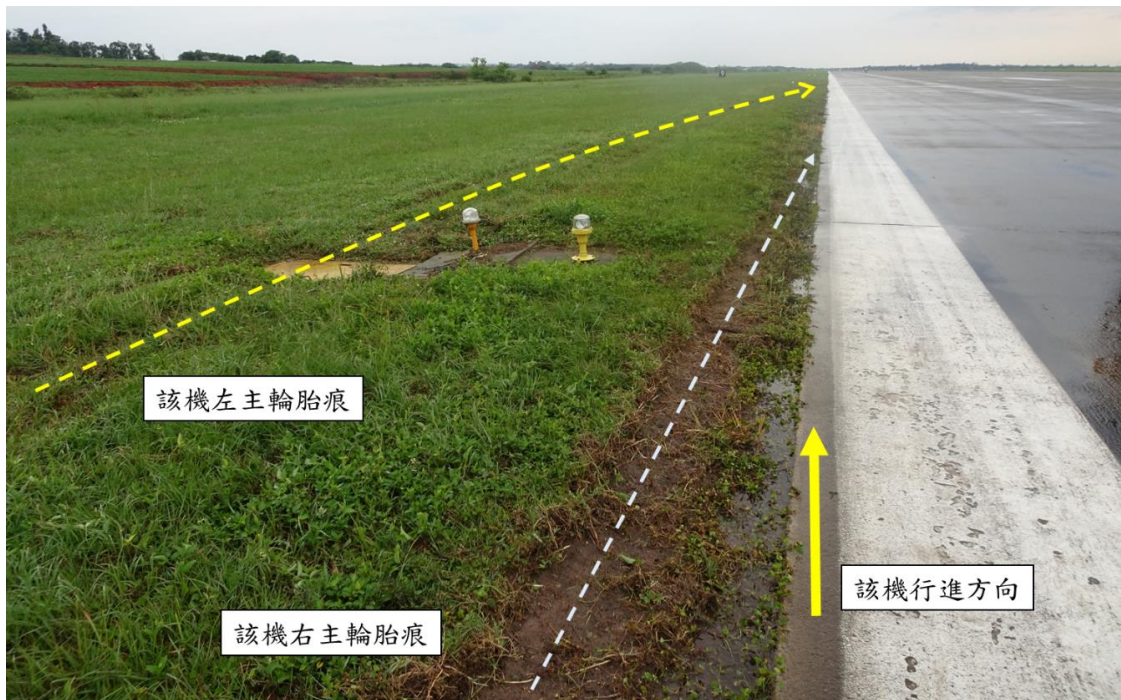


圖 1.12-2 事故機返回跑道道面胎痕

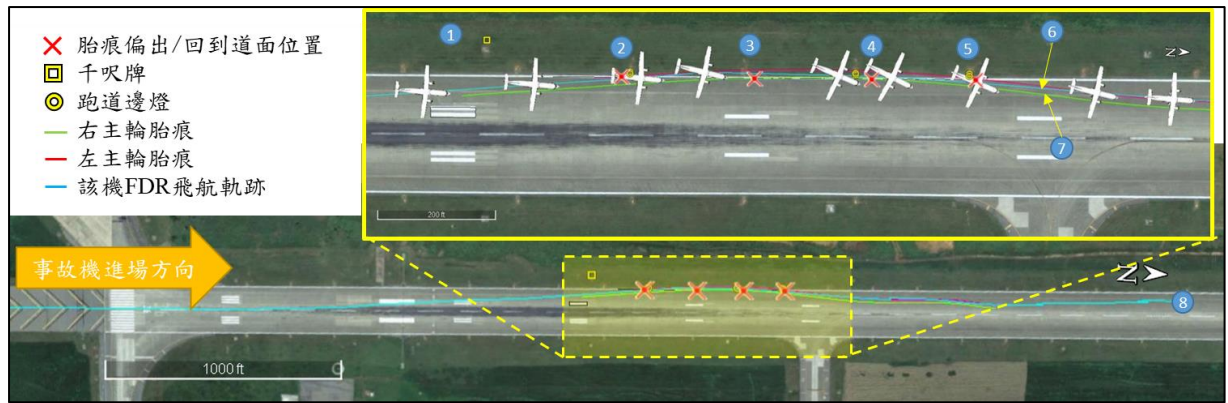


圖 1.12-3 現場量測成果與 FDR 飛航軌跡套疊圖

### 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 系統功能測試

為評估事故機方向控制及煞車功能，調查小組於臺中機場事故機停機位置，執行方向舵及煞車系統之操作測試；包括方向舵測試及煞車系統測試，測試結果顯示方向舵之行程、煞車踏板之功能及壓力顯示均正常。另於事故機停機位置執行事故機輪胎壓力檢查及胎紋深度量測，結果如表 1.16-1：

表 1.16-1 輪胎檢測結果

輪胎編號	輪胎壓力(PSI)	平均胎紋深度(mm)	備考
1	129	10/ 9/10/10	外側左主輪
2	129	10/ 9/10/10	內側左主輪
3	129	10/ 9/ 9/10	內側右主輪
4	128	10/ 9/ 9/10	外側右主輪
5	69	4/ 2/ 2/ 2	左側鼻輪
6	68	3 / 2/ 2/ 3	右側鼻輪

### 1.16.2 航機夜間進場及落地測試

為測試事故機於臺中機場夜間進場時，燈光系統對飛航組員進場操作之影響，調查小組因此擬定一臺中機場夜間進場飛航測試計畫，請 5 名遠東資深正駕駛員針對該機場夜間進場，於不同跑道邊燈強度設定下，評估進場時目視跑道之狀況、落地及平飄操作。測試結果摘要如下：

- 燈光強度設定為 5<sup>7</sup>之狀況下：距機場跑道頭 8 至 12 哩即可清楚目視機場；進場過程中會受燈光反射，影響測場之判斷；仰轉時強光亦會影響組員對接近率之判斷。
- 燈光強度設定為 3 之狀況下：距機場跑道頭 8 至 10 哩可清楚目視機場；進場及仰轉過程則不會受燈光反射影響。
- 燈光強度設定為 1 之狀況下：距機場跑道頭 6 至 7 哩可清楚目視機場；進場及仰轉過程亦不會受燈光反射影響。

<sup>7</sup> 跑道相關燈光之強度代碼；1 為最弱,5 為最強。



## 1.17 組織與管理

### 1.17.1 航務處

事故發生時，遠東使用之航務手冊 (flight operation manual, FOM) 為第一版，於 107 年 7 月 23 日生效。依據該 FOM 內容，航務處下設機隊部及航務部；機隊部設有 MD80 及 ATR72 兩機隊，另設標考科，負責飛航人員之標準考核，航務部則負責性能發展及訓練(如圖 1.17-1)。

航務處組織圖

#### Flight Operations Division Organization

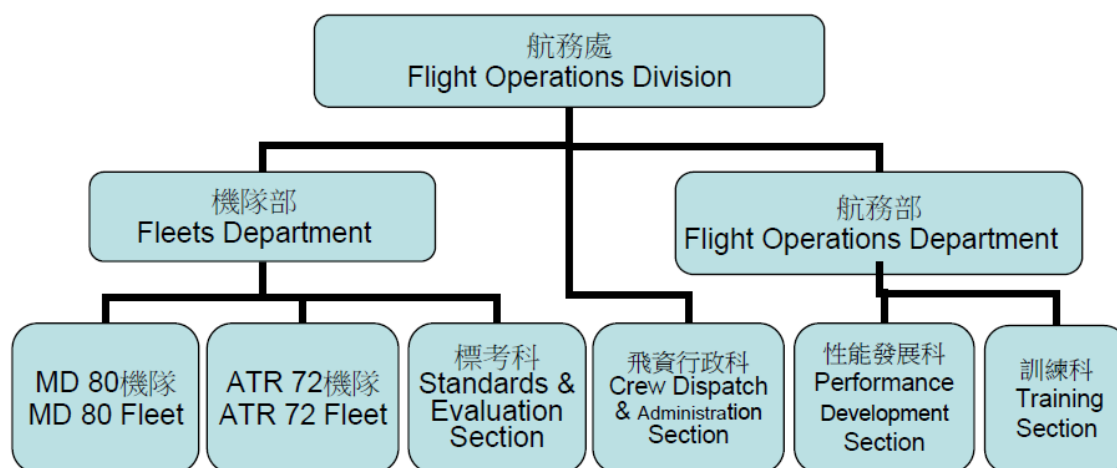


圖 1.17-1 遠東航務處組織圖

依據遠東提供之資料，ATR72-600 機隊係於 106 年 2 月 18 日向民航局申請成立，於 107 年 9 月 25 日完成五階段審查，同年 10 月取得營運許可正式營運。事故時遠東 ATR72-600 型機之數量為 4 架，該機隊飛航組員共計 17 名；含檢定駕駛員 2 名、正駕駛員 6 名、副駕駛員 9 名。

## 1.17.2 航務手冊

依據事故時遠東之 FOM，有關飛航時間、組員資源管理、進場及重飛、汙染跑道之相關內容敘述如後：

### 1.17.2.1 飛航時間

遠東 FOM 第 4.7 節，有關標準飛航組員之飛航時間規定如圖 1.17-2：

4.7.2 標準飛航組員 Standard Flight Crewmembers Composition (AOR 37) (AOR 38)

工作狀況 組員人數	國內航線 連續 24 小時內			國際航線/國內+國際航線混合 連續 24 小時內			飛航時間限制					
	飛航時間	執勤完畢後連續休息期間	一次連續飛航執勤期間	飛航時間	執勤完畢後連續休息時間	一次連續飛航執勤期間	連續 7 天內		連續 30 天內	連續 90 天內	連續 12 個月內	
標準飛航組員 (2 名駕駛員)	≤ 8	>11	≤ 12	≤ 10	飛航時間 ≤ 8	飛航時間 > 8	≤ 14	飛航時間	連續休息時間	≤ 120	≤ 300	≤ 1000
					休息 > 10	休息 > 18		≤ 32	> 30			

圖 1.17-2 標準飛航組員之飛航時間規定

### 1.17.2.2 組員資源管理

遠東 FOM 第 5 章，組員資源管理有關威脅管理、錯誤管理及決策過程之內容摘要如下：

#### 5.8 威脅管理 Threat Management

A. **【威脅】**係指在每日正常飛行中，必須由駕駛艙內的飛航組員管理的外在情況。此類(偶發)事件增加了飛航作業的複雜性，並造成某種程度上的安全風險，提高了錯誤(Error)的可能性。

B. 外在威脅包括但不限於.... 不良天候.....

C. ....

D. 防範預期與非預期威脅的措施：

- 營造團隊氣氛。
- 計畫：針對預期的威脅進行計畫；提示、陳述計畫、分配工作、制定緊急應變策略。
- 對於非預期的威脅：回顧/修改。
  - 評估計畫：回顧計畫，必要時修改計畫。
  - 質疑：提出問題，明確釐清。
  - 堅定：堅持果斷的描述關鍵資訊。

## 5.10 決策過程 *Decision Making Processes*

### 5.10.1 通則 *General*

本公司選擇一個標準記憶法 (S.A.F.E) 來幫助飛航組員牢記有效決策的步驟，SAFE 表示：

*S State the problem* 找出問題

*A Analyze the options* 分析選項

*F Fix the problem* 改正問題

*E Evaluate the result* 評估結果

### 5.10.2 飛航優先順序 *Priorities of Flight*

在決策過程中，組員應以優先順序作考量：

A. 安全 *Safety*

B. 準點率 *Punctuality*

C. 乘客舒適 *Passenger Comfort*

D. 經濟 *Economy*

.....

## 1.17.2.3 進場及重飛

遠東 FOM 與進場及重飛相關之內容如下：

### 7.1.11. 進場 *Approach*

A. 通則 *General*:

...

b. 除非符合下列條件，否則航空器不得繼續進場而低於 DA/DH 或

MDA：

- (a) 航空器能從開始下降點以正常的下降率及正常的操作持續進場至落地；
- (b) 飛航能見度符合標準儀器進場程序所規定的能見度；以及
- (c) 飛航組員能清楚地目視且辨別跑道的目視參考項目之一：(但低於著陸區上方高度 100 呎時，進場燈不得用作參考)；  
跑道頭/跑道頭標誌/跑道尾識別燈/目視下滑道指示/著陸區，或著陸區標誌/著陸區燈/跑道或跑道標誌/跑道燈。

低於 DH/DA 或 MDA 後，如果 PF 無法保持目視這些項目，即必須立即按照迷失進場程序執行重飛，並通知航管。

#### 7.1.14 重飛 Go Around

- A. 由於不符合穩定進場條件或任何突發狀況，而不確定可完成一次成功的落地，任一操作飛航組員或航管單位指示重飛時，應毫不猶豫操作重飛（穩定進場條件詳 7.1.11）。
- B. 重飛是正常程序，相關部門不予責任追究。任何不正常狀況下，PF 實施重飛，航務部門僅問明原委，記錄、分析俾利爾後訓練改進之參考。一般重飛狀況可註記於 Trip Report；特殊重飛狀況可使用「機長報告」報備。
- C. 誤失進場通常在迷失進場點 (Miss Approach Point) 或其上即開始執行，惟若於其後出現能見度驟降、風向風速突變或其他影響飛航安全之情形，飛航組員 (PF/PM) 應斷然執行重飛程序，以確保飛航安全。

### 1.17.2.4 污染跑道

遠東 FOM 與污染跑道相關之內容如下：

#### 9.6.3 起降於溼滑及污染跑道

根據塔台報告之煞車效用 (Braking Action) 資訊或依據「9.12 污染跑道」之認定 (相關定義參閱 9.12.1)，當正側風 (含陣風) 【高於】下列限制時，不得於溼滑及污染跑道實施航機起降，但簽派階段時，側風限制不含陣風；在未完成「寒冷天候」訓練之前，飛航組員不得於覆雪及積冰之跑道實施航機起降：

Reported Braking	Operational Meaning	Runway Condition*	Maximum Crosswind (kt)
------------------	---------------------	-------------------	------------------------

<i>Good</i>	<i>Newly constructed runway surface</i>	<i>Dry · Damp</i>	<i>30</i>
	<i>Directional control is normal</i>	<i>Wet</i>	<i>25</i>
<i>Medium</i>	<i>Directional control is between good and medium, and corrective maintenance action should be considered</i>	<i>Wet</i>	<i>15</i>
<i>Poor /Nil</i>	<i>Directional control is significantly reduced or uncertain, and corrective action should be initiated immediately</i>	<i>Contaminated</i>	<i>Take-off and Landing is forbidden</i>
<i>Note</i>	<i>* Refer to FOM9.12. Fluid Contaminated Runway</i> <i>**Please refer to AIP for runway;s friction value</i>		

### 1.17.3 操作手冊

#### 1.17.3.1 飛航手冊

事故發生時，遠東使用之飛航手冊 (airplane flight manual, AFM) 為第一版，於 107 年 11 月 22 日生效。該 AFM 與污染跑道相關之內容如下：

#### *13 CONTAMINATED RUNWAY (ADVISORY MATERIAL)*

##### *13.1 GENERAL*

##### *13.1.1 Introduction*

*This information has been prepared by the manufacturer and approved by the Authority in the form of guidance material, to assist operators in developing appropriate guidance, recommendations or instructions for use by their flight crews when operating on wet/contaminated runway surface conditions. Unless otherwise stated, this information does not in any way replace or amend the operating limitations and performance information listed in other parts of this approved Airplane Flight Manual.*

*A non dry runway can be:*

- Wet: well soaked but without significant areas of standing water*

*Note : A runway is considered well soaked when there is sufficient moisture on the runway surface to cause it to appear reflective.*

- Contaminated, if more than 25% of the required area are covered by the contaminant.*

*A runway may be contaminated by:*

- *Standing water: depth higher than 3 mm (0.125 in)*
- *Slush or loose snow, equivalent to more than 3 mm (0.125 in) of water*
- *Compacted snow*
- *Ice.*

.....

#### *13.1.4 Landing*

*Three cases of contaminated runways have been considered:*

- *Water: applicable for depths between 3 mm (0.125 in) and 12.7 mm (0.5 in) of water, or less than 12.7 mm (0.5 in) of slush, or equivalent depth of loose snow*
- *Compacted snow*
- *Ice.*

*The landing distance is computed with, and without the use of reversers. Since the effect of asymmetrical reverse thrust is not predictable with a sufficient accuracy on contaminated runways, it is therefore not recommended to use single engine reverse thrust. Only the actual landing distances without reversers are to be used for flight preparation.....*

### **1.17.3.2 飛航組員操作手冊**

事故發生時，遠東使用之飛航組員操作手冊 (flight crew operation manual, FCOM) 為第一版，於 107 年 11 月 22 日生效。該 FCOM 與污染跑道相關之內容如附錄 1。

### **1.17.3.3 機種訓練手冊**

依據遠東於 107 年 7 月 25 日生效使用之機種訓練手冊 (pilot training manual, PTM) 第 2-94 頁，有關濕滑及污染跑道之操作內容原文如下：「*5. Wet and contaminated runways operations ; Please refer to FCOM 3.03.03 p2a and AFM 7\_03.01 non dry runways.*」。經查找遠東提供之 FCOM 及 AFM 內容，並無 FCOM 3.03.03 及 AFM 7\_03.01 之章節。

#### 1.17.3.4 國際飛安基金會工具書

國際飛安基金會出版之進場及落地事故預防( Approach and Landing Accident Reduction, ALAR)工具書，8.5 節為有關濕滑及汙染跑道之操作內容包含：定義、相關因素及影響、落地距離及影響因素、減速裝置、汙染跑道之能量及操作指南等(詳如附錄 2)。

### 1.18 其他資料

#### 1.18.1 訪談資料

##### 1.18.1.1 正駕駛員訪談摘要

正駕駛員表示，事故航班為當天馬公飛臺中最後一航班，約 2050 時使用 20 跑道起飛，未到 7,000 呎改平前，航管即通知目的地有雷雨，跑道視程 600 公尺，能見度 1,200 公尺，所以放慢速度，避免進入雷雨。到彰化時雷達螢幕看前面一片紅，機場上空也是紅色，但看密度不是雷雨。繼續進場天氣報的還是一樣，使用 ILS 進場，約 4 哩就目視跑道，曾請塔臺調降進場燈亮度，比較容易目視跑道，因為覺得臺中機場跑道黑，中心線不好看。到達決定高度時解除自動駕駛以手控操作，保持在跑道中間，當時有左側約 7 哩之順風，保持速度大 5 哩，平飄前約 20 呎，副駕駛有提醒航機偏左，當時是保持機翼水平，仰角約為 3 度。4 秒後觸地時，感覺稍微偏左。主輪觸地時航機就開始明顯瞬間向左偏，立刻放下鼻輪，使用右滿舵及右煞車修正，但飛機還是側滑向左，一秒後開始使用鼻輪轉向，同時發現左邊靠近道肩，感覺主輪壓到邊燈，修正回來後停止於跑道上約 7,000 呎處，請塔臺支援，之後消防車及航務組過來檢查，約 15 分鐘後問輪胎是否正常，地面回覆輪胎正常，可以滑回停機坪。之後將飛機滑出跑道回停機坪。關車後下機檢查飛機，因覺得輪胎壓到邊燈但左輪轂很乾

淨。回航務組報到後才得知右輪有草。受訪者認為進場過程中因無中心線燈，參考跑道邊燈可保持跑道中心線，平飄操作無困難，但平飄時因道面升起，會有誤差。當時下雨時跑道是黑的，操作時無法看到中心線。有關鼻輪轉向使用之限制，速度限制是 70 浬/時，當時速度不知道，進場速度約為 110 浬/時。

由馬公至臺中約 30 分鐘，地面滑行約 10 分鐘。本次飛航有做完整之進場提示。進場過程中 PM 有提醒左偏 2 次，因已將機翼改平，雖有點偏，但認為未超過個人容許範圍，所以繼續進場，直到觸地前都認為不會偏出跑道。至於為何偏出跑道，受訪者認為可能大雨將雜草沖進跑道上，雜草纏到右主輪造成摩擦力不平均而偏側。航機有落地燈，但晚上沒降雨情況下，到約 30 至 50 呎時才看的到跑道中心線，下雨時就更糟。本次進場從頭到尾都未目視中心線，除跑道邊燈外，跑道全黑，完全看不到有任何反光及亮的地方。不知道跑道有積水，ATIS 及航管都未報。

落地位置約在 8,500 呎(剩餘跑道)，此次航機觸地時感覺跟正常一樣，沒有特別重或輕，有中度落雨。於執行進場提示程序時，未討論雨天落地操作要領，覺得沒有需要，因為從未遇過落地後側滑現象。有關為何使用鼻輪轉向，當時覺得只是左主輪出去，所以用鼻輪轉向修正回來。

遇有下雨狀況，通常機場會報 Brake Action，本次事故，塔臺沒報跑道有積水狀況。有關重飛標準之呼叫，組員之一認為不安全，均可呼叫重飛。

#### **1.18.1.2 副駕駛員訪談摘要**

受訪者表示，本航班由馬公飛臺中，原預計 2035 起飛，有點延誤。一切飛行都很正常。飛航中台北航管即通知目的地有雷雨當空，36 跑道能見度 1,400 公尺逐漸下降，但符合公司進場標準。到五邊後，



能見度報 1,600 公尺，但是在 4 哩以外就目視跑道，顯示當時能見度是 6~7 公里，於是繼續進場，都很穩定。約 970 呎時 PF 解除自動駕駛。參考跑道邊燈及 PAPI 檢查下滑道，曾有段時間是 3 白，但很快就修正回來。因 300 呎（雷達高度）時覺得有點偏左，有提醒教官。公司有規定，進場低於 3,000 呎，手腳要放在操作系上，當時感覺教官有改正，後續繼續幫忙看跑道。感覺觸地時有偏左，也有提醒，教官有使用全右舵修正，且有用副翼保持機翼水平。飛機出去一點點，之後教官立刻將飛機停止於跑道左半邊，用無線電呼叫塔臺支援。

進場過程中對風向風速之觀察為 160/07,之後都是約 5~6 哩右順側風。仰轉時航機稍偏左，感覺教官有修正回來，因無中心線燈，跑道邊線則完全看不到，且跑道有積水，主要參考跑道邊燈。因認為航機在中心線上，所以未注意航向。當時速度約於 106 至 110 之間。因手腳在操縱系上，感覺教官有修正，也感覺教官有將機翼保持水平，教官於落地後未使用反槳操作。Touch Down 後感覺教官沒動操縱面，但飛機突然向左偏。

有關如何判斷跑道積水，受訪者表示燈光照到道面有反光，且可看到水波紋，表示跑道有積水，當時就是距離跑道約 1 哩內看到道面有反光和水波。對於道面積水之處置，受訪者回答依據航管提供之資料及組員觀察判斷，狀況如合於公司規定則繼續進場，否則就要重飛，但最重要是要看即時之狀況。有關跑道積水之處置，曾於飛安會議時有討論過，如覺得有疑慮，則立即重飛。當時看到跑道有積水，是有些疑慮，有把狀況及現象告知教官，教官只回答 Roger。

進場提示之內容，是依照提示卡之內容逐條執行，本次飛航已知有雷雨，有討論油量及轉降機場及重飛操作之程序。有關本次事故之回顧，受訪者認為自己應有一較嚴格之標準，發現狀況有疑慮，例如本次飛航，應執行重飛之呼叫。

### 1.18.2 事故前跑道狀況

依據臺中機場塔臺航管人員敘述：事故當日 2023 時，華信 AE7218 落地情況正常（當時有小雨及靄，能見度 800 公尺），2041 時立榮 B78968 實施 ILS 進場因無法目視跑道重飛，2057 時塔臺詢問航務組跑道情況，航務組回覆為“濕滑”（wet），2058 時管制員於 ATIS 系統輸入跑道濕滑（wet）情況及“煞車效能諮詢實施中”（braking action advisories are in effect），惟 2119 時遠東 FE3060 落地前均無民航機落地，故無相關航空器提供煞車效能之資訊。

### 1.18.3 事件序

本事故發生之重要事件順序詳細內容如表 1.18-1。

表 1.18-1 事件順序表

時間	事件	來源	SF
~2052	起飛前飛航組員獲得臺中機場之天氣為下雨有霧	Interview	
2052	自馬公起飛	FDR	
2053	航管許可定向花壇	CVR	
2055	航管通知目的地機場有雷雨及霧，能見度約為 1,400 公尺下降中，跑道視程為 600 公尺	CVR	
2056	飛航組員收聽 ATIS J 天氣資訊	CVR	
2057	到達巡航高度 7000 呎	FDR	
2058~2105	飛航組員執行進場前準備及提示	CVR	
2103	開始下降高度	FDR	
2109	到達 4,000 呎，轉向 040	CVR/FDR	
2111	完成進場檢查，實施臺中機場 36 跑道 ILS 進場	FDR/CVR	
2112~2113	組員討論認為雨大、天氣不好(紅通通...有點麻煩....閃電...還好可目視地面...)	CVR	
2114	距機場 8 哩 established 與臺中機場塔臺構聯，塔臺請	CVR	

	其於 5 哩報告		
2115	塔臺告知已將燈光調至最亮(CM1:是有看到)	CVR	
2116	飛航組員完成 Before Landing CheckList	CVR	
211644	向塔臺報告約 5 哩可目視機場	CVR	
211739	請塔臺將跑道邊燈調至 3(雨刷快!)	CVR	
211741	塔臺領知	CVR	
~211741	PM 目視跑道有積水	Interview	
211744	CAM:接近 minmum(DH200')	CVR	
211745	自動駕駛解除	CVR/FDR	
211753	到達 minmum(DH200')PF 呼叫:Landing	CVR/FDR	
211817	離地 20 呎時 PM 呼叫:稍偏左(未持續呼叫)	CVR	
211820	未目視跑道中心線(失去中心線參考)	Interview	
211822	右輪於距跑道中心線左側約 65 呎處觸地(輪距約 14 呎)	量測	
211824	於距跑道頭 2280 呎處左主輪偏出跑道	量測	
211828	左主輪於距跑道頭約 2,880 呎返回跑道	量測	
~211828	出現主警告「master warning」, EWD 頁面亦出現 「ENG 2 FLAME OUT IN FLIGHT/GND」	FDR	
2119	PF:剛剛應該 Go around...		

本頁空白

## 第 2 章 分析

事故機飛航組員飛航資格符合現行民航法規之規定，事故前 72 小時之休息及活動正常，無證據顯示飛航組員於飛航中曾受任何藥物及酒精影響。該機之載重平衡在限制範圍內，航機相關維修及檢查紀錄正常，事故後針對航機之操控及剎車系統功能檢查正常，顯示本次事故與航機之載重平衡、機務及航機系統無關。

本事故之分析包含：組員資源管理、落地操作、跑道狀況、組員疲勞、手冊完整性、發動機異常顯示等項，分述於後。

### 2.1 組員資源管理

遠東為提升所有飛航組員之工作表現及滿意度，其 FOM 第五章「組員資源管理」內容中，訂有一套完整之邏輯及政策：包含相關運用技巧、威脅管理、錯誤管理及決策等，期能有效管理可用之資源及人力，並應用團隊合作、人為因素的概念及開放之溝通管道，以提升飛航安全及效能。其「組員資源管理」之訓練，在注重資訊的傳遞、決策及領導統御的行為，以強化個人效率及工作滿意度。同時以透明之計畫及合理之工作分配，提高狀況警覺，隨時因應及檢視相關變化，以保障飛航安全。

該次飛航，於任務前簡報時，組員即已獲知目的地天候不佳。於爬升過程中，航管曾告知目的地天候有雷雨及靄，收聽 ATIS 亦獲相同之訊息。於下降進場過程，飛航組員檢視氣象雷達資料，確認航道前方及目的地機場上空有雷雨。上述資訊，明確顯示該機進場將遭遇能見度及雷雨之威脅，面對此一狀況，飛航組員應討論如何避免、減輕或針對可能發生之狀況，預做緊急應變處置之方案，以保障航機落地之安全。面對此威脅，飛航組員雖曾於進場過程中討論天候不佳，

但認為能見度尚可，並未運用組員資源管理相關威脅管理、錯誤管理、狀況警覺、溝通及決策等技巧，討論可能遭遇之風險、應變措施及相關緊急程序而繼續進場。於最後進場階段，飛航組員已確認前方有雷雨，但對此異常天候之狀況警覺不足，落地階段有關重飛之決策亦未做適切判斷，顯示該機飛航組員有關組員資源管理之訓練及能力待加強。另依據飛航組員相關訓練資料(參考 1.5.1 節)，正、副駕駛員之年度適職性訓練/考驗、航路訓練/考驗及低能見度/惡劣天候訓練，有關 CRM 訓練之結果均及格，顯示遠東現有之訓練及考核機制，未能有效達成 CRM 訓練之目標。

綜上所述，遠東 FOM 內容中有關組員資源管理之邏輯、規定及政策雖然完整，但其現行組員資源管理之訓練及考核，未能有效達成 CRM 訓練之目標，影響飛航組員於飛航中對相關風險、威脅評估、狀況警覺及溝通決策之能力。

## 2.2 落地操作

參考國際飛安基金會有關濕滑跑道落地之工具文獻：飛航組員於汙染跑道落地應充分了解跑道道面汙染狀況，並複習於落地時發生水漂之狀況及現象，包含方向控制、落地距離及操作技巧等；並建議落地應採用硬落地(firm landing)操作技巧，應適切使用方向舵、剎車以控制落地後滾行之方向等，使飛航組員於濕滑/汙染跑道狀況下能安全操作航機落地。

依據事故機 FDR、CVR 及事故現場量測紀錄，該機飛航組員落地之操作分析如下：該機於落地前之高度、速度、下降率、姿態、航向、方向舵、副翼、坡度、g 值、剎車使用等資料如圖 2.1-1。



圖 2.1-1 事故機 FDR 記錄落地資料

參考圖 1.11-1、1.11-2 及圖 2.1-1：該機於觸地前約 10 秒(2118:12 時)通過跑道頭，高度 46 呎，速度為 114 哩/時，之後機翼有左偏約 4 度之坡度、下降率約為 300 呎/分，未對正跑道。經 PM 提醒後，PF 並未完全修正機翼左傾姿態，致使該機於距跑道中心線左側約 65 呎處觸地(右主輪距中心線距離)，此時該機左主輪距跑道左邊線之距離約為 20 呎。依據組員訪談紀錄，PF 表示落地仰轉時，無法目視中心線，且於偏出跑道後等待過程與 PM 談話中表示，落地前應執行重飛，顯示 PF 於落地時未能完全掌握跑道之中心線，亦未下決心立即執行重飛。

因航機觸地後持續左偏，PM 曾呼叫航機左偏，FDR 資料亦可看出航機持續左偏而方向舵有向右修正現象，但修正不足(約為方向舵

全行程之一半)，且於修正時有回舵現象，因而未能停止航機持續左偏趨勢，航機偏出跑道後，方向舵始顯示有向右使用狀況。FDR 之剎車資料中亦未看出航機偏出跑道前剎車有使用情形(該機重新返回跑道後，始顯示剎車有使用情形)，致使航機向左偏出跑道。另航機觸地之剎那，g 值之變化不大，約為 1.19，顯示 PF 於落地時並未適切使用硬落地之濕滑跑道落地技巧。

綜上述，飛航組員落地前未完全修正航機左偏現象，仰轉時未目視中心線且未重飛而落於跑道左側。落地未使用濕滑跑道落地技巧，觸地後亦未適切修正航機左偏趨勢而偏出跑道。

## 2.3 跑道狀況

依據本事故前與事故後最近一次實施之臺中機場跑道摩擦係數檢測結果，臺中機場跑道 3 分區段之摩擦係數平均值均符合規範。

遠東 FOM、AFM、FCOM 均有相關濕滑跑道之資訊，包括跑道濕滑之定義、對航機性能之影響、航機漂滑現象及剎車之使用等。其中「濕」(wet)之定義為跑道積水達 0.3 公厘，「汙染」(contaminated)之定義為跑道積水在 0.3 至 12.7 公厘；於濕跑道落地可能有摩擦係數降低之狀況，而於汙染跑道上落地則可能產生漂滑現象。另參照民用機場設計暨運作規範與補充指導資料，跑道隨使用時間，可能形成道面局部積水之狀況，當航機落地滾行中遭遇道面局部積水，將可能產生漂滑或偏側之可能性。

依據訪談紀錄，PM 於過程中目視跑道有積水現象，但未將此資訊告知 PF，而 PF 並未感知跑道有積水狀況。事故前約 20 分鐘，塔臺報告跑道之狀況為「濕」；事故後次日約 0500 於跑道之現場調查發現，距 36 跑道頭 2,000 至 4,000 呎處兩側局部積水約為 0.3 至 0.5 公厘。事故機於落地時，如於觸地區跑道左側有上述局部濕或汙染狀況，則觸地後可能因而產生局部摩擦係數降低或航機漂滑之現象，但目前所獲事實資料無法完全證實事故當時存在此一局部積水現象影響航



機之操作，FDR 資料亦無相關可供參考之數據。

綜上所述，臺中機場跑道道面可能因雨造成局部積水現象，但現有事實資料並無充分證據顯示事故機落地期間曾因跑道局部積水而影響航機落地後方向之操作。

另針對臺中機場跑道中心線燈增設及跑道道面排水功能問題，本會於歷次調查報告已對民航局及空軍司令部提出相關改善建議<sup>8,9</sup>，相關執行計畫目前正由行政院列管中。

## 2.4 組員疲勞

依據遠東 FOM 對組員國內飛航執勤之規定，連續 24 小時之飛航時間不得高於 8 小時、一次連續飛航時間需少於 12 小時、值勤完後應休息 11 小時。

經檢視飛航組員 72 小時之活動紀錄，飛航組員 24 小時內之飛航時間均為 6 小時 14 分，符合遠東 FOM 之規定，且航班間，組員稍事休息之時間平均約為 30 分鐘。依據飛航組員填寫之活動紀錄，正、副駕駛員均認為事故時之精神狀態為有點感到疲累，飛航組員亦自述事故時有些疲倦。

疲勞因素於飛航中對飛航組員操作航機之影響甚大，但本次飛航，所獲有關飛航組員疲勞之資料，除飛航組員之自述外，並無其他證據顯示本事故與飛航組員疲勞因素相關。

## 2.5 手冊完整性

本次事故，遠東提供相關操作手冊包括：FOM、AFM、FCOM 及

---

<sup>8</sup> 與交通部民用航空局共同檢視並改善臺中機場民用跑道邊燈規格。(ASC-ASR-15-11-016，受建議單位：國防部空軍司令部，華信航空公司 AE964 飛航事故)。

<sup>9</sup> 協調民航局並與其合作，參考民用機場設計暨運作規範，研擬設置臺中機場跑道中心線燈。(TTSB-ASR-19-08-006，受建議單位：國防部空軍司令部，華信航空公司 AE788 飛航事故)。

PTM(參考 1.17.3 節), 相關手冊載有濕滑/汙染跑道之定義、剎車狀況、落地距離、性能影響、漂滑現象及放棄起飛操作等內容。

參考國際飛安基金會有關濕滑跑道落地之工具文獻(參考 1.17.3.4 節): 該文件內容除上述內容外, 尚載有方向控制、落地操作技巧及相關濕滑跑道操作指南, 對飛航組員複習濕滑/汙染跑道之操作助益較大。另遠東 PTM 第 2-94 頁; 濕滑跑道/汙染跑道相關內容需參考 FCOM 3.03.03 及 AFM 7.03.01 節, 但經檢視 FCOM 及 AFM 中並無上述章節(參考 1.17.3.3 節)。

綜上所述, 遠東相關手冊中與濕滑/汙染跑道相關之內容, 缺少詳細之操作指南, 且 FCOM 及 AFM 中, 缺少 PTM 需要之參考內容。

## 2.6 發動機異常顯示

依據事故機 FDR 紀錄(參考圖 1.11-2), 該機於落地後, 2118:26 時至 2118:40 時期間, 右發動機曾有轉速及渦輪溫度下掉之現象, 期間 FDR 亦記錄有右發動機熄火之資料, 之後即自動恢復正常。經檢視相關 FDR 資料及操作狀況均正常, 未發現導致右發動機熄火之相關因素。經詢問原廠, 覆稱可能係落地期間發動機進氣道進水, 導致發動機轉速短暫下掉, 因該發動機之短暫轉速下掉現象係發生於航機偏出跑道之後, 與本次事故無關, 且該發動機於 14 秒後回復正常, 故本會並未針對此現象執行進一步之調查。

## 第 3 章 結論

本章中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等。

### 與風險有關之調查發現

此類調查發現係涉及影響運輸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，但基於確保未來運輸安全之故，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運輸安全、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、教育及改善運輸安全目的之用。

### 3.1 與可能肇因有關之調查發現

飛航組員落地前未完全修正航機左偏現象，仰轉時未目視中心線且未重飛而落於跑道左側。落地未使用濕滑跑道落地技巧，觸地後亦未適切修正航機左偏趨勢而偏出跑道。(1.1, 1.11, 1.17, 1.18, 2.2)

### 3.2 與風險有關之調查發現

1. 遠東現行組員資源管理之訓練及考核，未能有效達成該訓練之目標，影響飛航組員於飛航中對相關風險、威脅評估、狀況警覺及溝通決策之能力（1.1, 1.17, 1.18, 2.1）
2. 臺中機場跑道無中心線燈及跑道道面排水功能不良，影響航機於不良天候時之落地操作。（1.10.4, 2.3）

### 3.3 其他調查發現

1. 臺中機場跑道道面可能因雨造成局部積水現象，但現有事實資料並無充分證據顯示事故機落地期間曾因跑道局部積水而影響航機落地後方向之操作。（1.1, 1.11, 1.18, 2.2, 2.3）
2. 本次事故，除飛航組員之自述外，並無其他證據顯示本事故與飛航組員疲勞因素相關。（1.1, 1.11, 1.18, 2.4）
3. 遠東相關手冊中與濕滑/汙染跑道相關之內容，缺少詳細之操作指南，且飛航組員操作手冊及飛航手冊中，缺少機種訓練手冊需要之參考內容。（1.17, 2.5）
4. 事故機落地偏出跑道後，右發動機曾有短暫轉速及渦輪溫度下掉之現象，可能係落地期間發動機進氣道進水，導致發動機轉速短暫下掉。（1.1, 1.11, 2.6）
5. 無證據顯示飛航組員於飛航中曾受任何藥物及酒精影響。（1.5, 1.11, 1.18, 2.0）
6. 本事故與航機相關維修、航機系統功能及載重平衡無關。（1.1, 1.6, 1.16, 2.0）

## 第 4 章 運輸安全改善建議

### 4.1 改善建議

#### 致遠東航空股份有限公司

1. 加強飛航組員濕滑/汙染跑道落地之操作訓練。(TTSB-ASR-20-08-001)
2. 檢視組員資源管理之訓練及考核內容，以有效預防飛航中可能遭遇之風險及威脅。(TTSB-ASR-20-08-002)
3. 檢視相關手冊中與濕滑/汙染跑道相關內容之完整性。(TTSB-ASR-20-08-003)

#### 致交通部民用航空局

1. 督導航空公司加強飛航組員濕滑/汙染跑道落地之操作訓練。(TTSB-ASR-20-08-004)
2. 督導航空公司落實組員資源管理之訓練及考核，以有效預防飛航中可能遭遇之風險及威脅。(TTSB-ASR-20-08-005)


### 4.2 已完成或進行中改善措施

#### 交通部民用航空局

1. 於事件發生後，於 108 年 6 月 20 日召開「促進跑道安全技術研討會」會議，並請遠東、華信、德安及漢翔等公司加強組員之降落決策、訓練考核及組員資源管理(CRM)等訓練。
2. 要求各航空運輸業、德安及漢翔等公司，確實執行所提報促進跑道安全之具體精進措施。

# 附錄 1 ATR FCOM 與污染跑道相關之內容

## Uncontrolled When Printed

 <b>1464 / 75</b> <b>FCOM</b>	<b>PROCEDURES</b> <b>NORMAL OPERATIONS</b> <b>ADDITIONAL NORMAL PROCEDURES</b>	PRO.NOP  Page n°12
--	--	--------------------------

cont'd... >>>

2ea83f65-00bc-4818-8524-4d0fda0ce33e 2.1

### 1) On Ground

Even if not required for turbopropeller aircraft, ATR recommends the following procedures for noise reduction on the ground.

- Do not use reverse while taxiing
- Minimize the use of reverse at landing.

### 2) In Flight

No particular noise abatement procedures are recommended in flight.

### 3) Local Aerodrome Procedures

Refer to published airport manuals.

## ANOR.5 WET AND CONTAMINATED RUNWAYS OPERATIONS

### ANOR.5.1 Runway Surface Conditions

23ec5756-fb4c-482d-a0c4-9ebf5b0b06e9 0.1

The runway contaminants significantly affect the takeoff performance.

The following section gives the definition of the different runway states and their related influence.

Terminology used in the ATR documentation.

<b>Standing water</b>	Caused by heavy rainfall and/or not sufficient runway drainage with a depth of more than 3 mm (0.125 in).
<b>Slush</b>	Water saturated with snow, which spatters when stepping firmly on it. Slush appears at temperature around 5 °C, and its density is approximately 0.85 kg/l (7.1 lb/US gal).
<b>Wet snow</b>	If compacted by hand, snow will stick together and tend to form a snowball. Its density is approximately 0.4 kg/l (3.35 lb/US gal).
<b>Dry snow</b>	Snow can be blown if loose, or if compacted by hand, will fall apart again upon release. Its density is approximately 0.2 kg/l (1.7 lb/US gal).
<b>Compacted snow</b>	Snow has been compressed (a typical friction coefficient is 0.2).

cont'd... >>>

## Uncontrolled When Printed

<b>ATR</b>  1464 / 75 FCOM	<b>PROCEDURES</b>  <b>NORMAL OPERATIONS</b> <b>ADDITIONAL NORMAL PROCEDURES</b>	PRO.NOP  Page n°13
-------------------------------------	--	--------------------------

cont'd... >>>

Ice

The friction coefficient is 0.05 or below.

### ANOR.5.2 Effect on Performance

9470c6e2-2716-4a4a-a6d7-5ab22fd8e79d

1.4

#### 1) Effect on Performance

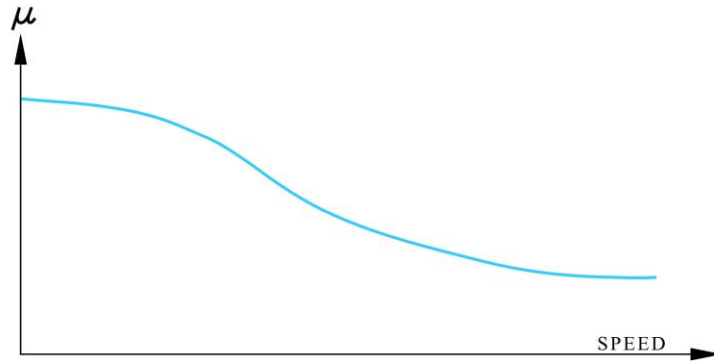
There is a clear distinction of the effect of contaminants on aircraft performance.

Contaminants can be divided into hard and fluid contaminants.

- Hard contaminants are: Compacted snow and ice. They reduce friction forces
- Fluid contaminants are: Water, slush, and loose snow. They reduce friction forces, and cause precipitation drag and aquaplaning.

#### 2) Reduction of Friction Forces

The friction forces on a dry runway change with aircraft speed. Flight tests help to establish the direct Relationship between the aircraft's friction coefficient  $\mu$  and the ground speed.



ICN-XX-Y-000000-T-FB429-01015-A-01-N

- Fig. 1 : Friction Coefficient vs Aircraft Speed -

The friction coefficient  $\mu$  is the ratio of maximum available tire friction force and vertical load acting on a tire.

#### 3) Precipitation Drag

Precipitation drag is composed of:


- Movements drag: Produced by the movement of the contaminant fluid from the path of the tire
- Spray impingement drag: Produced by the spray thrown up by the wheels (mainly those of the nose gear) onto the fuselage.

#### 4) Aquaplaning Phenomenon

The presence of water on the runway creates a water film between the tire and the runway. This results in a reduction of the dry area. This phenomenon becomes more critical at higher speeds, where the water cannot be squeezed out from between the tire and the runway.

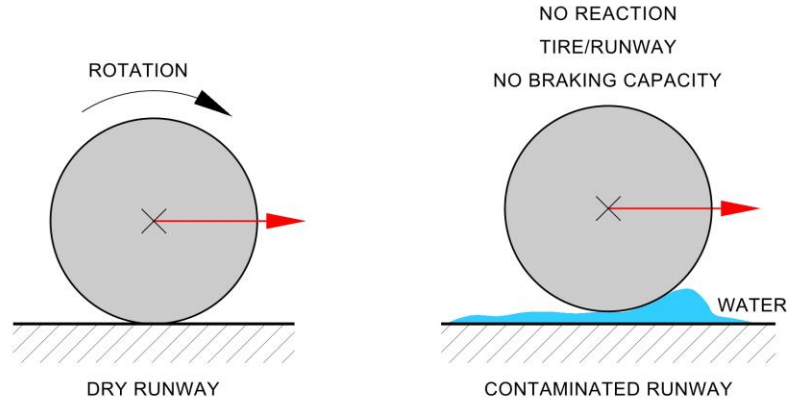
cont'd... >>>

## Uncontrolled When Printed

 <b>1464 / 75</b> <b>FCOM</b>	<b>PROCEDURES</b> <b>NORMAL OPERATIONS</b> <b>ADDITIONAL NORMAL PROCEDURES</b>	PRO.NOP  Page n°14
--	--	--------------------------

cont'd... >>>

Aquaplaning (or hydroplaning) is a situation where the tires of the aircraft are, to a large extent, separated from the runway surface by a thin fluid film. Under these conditions, tire traction drops to almost negligible values along with aircraft wheels' braking. Wheel steering for directional control is, therefore, virtually not operative.



ICN-XX-Y-000000-T-FB429-01016-A-03-N

- Fig. 1 : Aquaplaning Phenomenon -

### ANOR.5.3 Aircraft Manufacturer Data

135d83c4-b5f9-471d-97ad-77a6483a735e

1.1


The aircraft manufacturer has to provide applicable data for operations on runways contaminated by one of the above contaminants, as follows:

ATR provides guidance material for the following runway contaminants and maximum depths, in the AFM [Refer to PRO.SPO.2.4.2.15.2 No Dry Runways](#). Takeoff is not recommended when conditions are worse than the ones listed.

Contaminant	Wet runway or equivalent	Contaminated runway
Water (fluid)	< 3 mm (0.12 in)	3 to 12.7 mm (0.5 in)
Slush (fluid)	-	3 to 12.7 mm (0.5 in)
Compacted snow (hard)	-	No depth limit
Ice (hard)	-	No depth limit



## Uncontrolled When Printed

  <b>1464 / 75</b>  <b>FCOM</b>	<b>PROCEDURES</b>  <b>NORMAL OPERATIONS</b>  <b>ADDITIONAL NORMAL PROCEDURES</b>	PRO.NOP    Page n°15
--	--	----------------------------------

### ANOR.5.4 Takeoff and Landing

b0a88bcf-c41e-4e5b-a254-92436bb70b82

2.1

Actual Landing Distances are certified on dry runways for all ATR aircraft, and published (for information) for wet and contaminated runways ([Refer to LANDING](#) and [Refer to CONTAMINATED RUNWAY \(ADVISORY MATERIAL\)](#)).

The following table relates reported  $\mu$  to estimated braking action and equivalent runway status.

Braking action	Friction coefficient	Equivalent runway status	
		Take-off	Landing
Good	0,40 and above	1	1
Good/Medium	0,39 to 0,36	2	2
Medium	0,35 to 0,30	3/6	6
Medium/Poor	0,29 to 0,26	4	5
Poor	0,25 and below	7	7
Unreliable	Unreliable	8	8

Equivalent runway status:

- |   |  |
|---|--|
| 1: Dry runway<br><br>2: Wet up to 3 mm depth<br><br>3: Slush or water for depths between 3 mm and 6 mm<br><br>4: Slush or water for depths between 6 mm and 13 mm | 5: Slush or water for depths between 3 mm and 13 mm<br><br>6: Compact snow<br><br>7: Ice<br><br>8: Runway with high risk of hydroplaning |
|---|--|

### ANOR.5.5 Takeoff

c8870428-3142-40a7-8c9c-d2afe6c80768


1.3

#### 1) Specificity of the Wet Runway

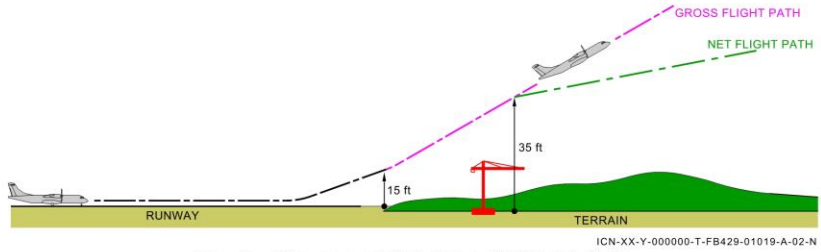
On a wet or contaminated runway, the screen height is 15 ft in case of engine failure, i.e. the gross takeoff flight path starts 15 ft above the takeoff surface. Although the net takeoff flight path starts at 35 ft in any runway condition. The start of the gross and the net flight path are thus different in case of wet or contaminated runway.

*cont'd... >>>*

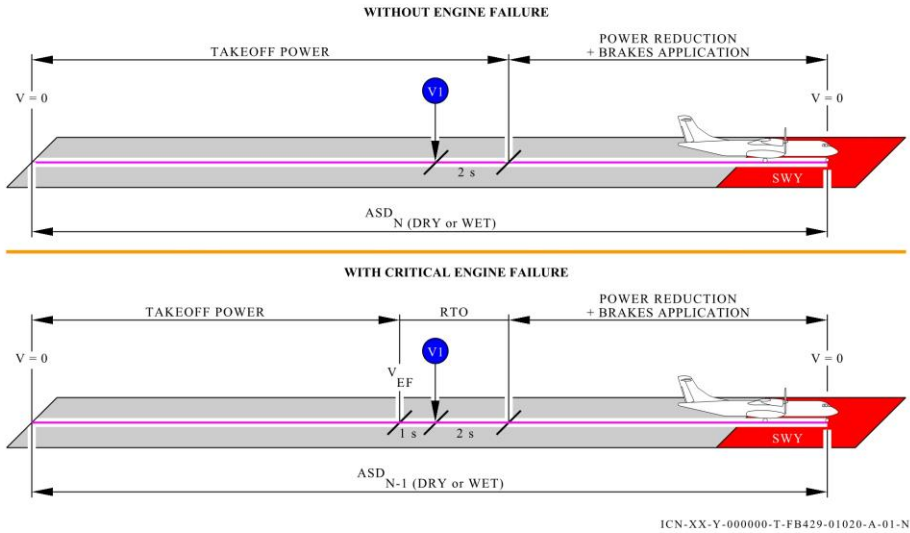
# Uncontrolled When Printed

 <b>1464 / 75</b> <b>FCOM</b>	<b>PROCEDURES</b> <b>NORMAL OPERATIONS</b> <b>ADDITIONAL NORMAL PROCEDURES</b>	<b>PRO.NOP</b>  Page n°16
--	--	---------------------------------

cont'd... >>>




**- Fig. 1 : Gross and Net Takeoff Flight Path -**



**- Fig. 2 : Acceleration-Stop Distances -**

cont'd... >>>

# Uncontrolled When Printed

 1464 / 75 FCOM	<b>PROCEDURES</b> <b>NORMAL OPERATIONS</b> <b>ADDITIONAL NORMAL PROCEDURES</b>	PRO.NOP  Page n°17
--	--	--------------------------

cont'd... >>>

## Note

- 1) ASD definition on a contaminated runway is the same as on a wet runway. The values of the ASD on contaminated runways are given as advisory materials ([Refer to ADVISORY MATERIAL-NON DRY RUNWAYS](#)), and are demonstrated with the use of reversers. Additional information on the correction to apply when decelerating without reverse is available too.
- 2) The TOR, TOD and ASD requirements differ between dry runways on one side, and wet & contaminated on the other side.  
*For instance, the screen height for wet and contaminated runways is decreased to 15 ft when determining the TOR and TOD. Or the use of reverse thrust is permitted if determining the ASD on wet and contaminated runways, although it is forbidden on dry runways.*  
*However the takeoff limitations on wet and contaminated runways shall not be less penalizing than the limitations on dry runways.*

## ANOR.6 ABORTED TAKEOFF

### ANOR.6.1 General

9a69241f-77b2-4d1e-ba5e-7f174f0246cb

1.1

Takeoff can be aborted for several operational or technical reasons and it is not possible to list all of these factors. However, in order to help the Captain with the decision, alerts that are non-essential until landing gear retraction are inhibited by TO INHIB engagement.

The success of an aborted takeoff depends on the Captain making timely decisions and using the proper techniques:

- Delay in performing the stopping procedure
- Keeping Flight Idle during deceleration instead of Ground Idle
- Not applying fully nose down control column during deceleration
- Damaged tires
- Worn brakes or higher than normal initial brakes temperature
- Brakes not being fully applied
- A runway friction coefficient lower than assumed in computations
- An error in gross weight calculation.

### ANOR.6.2 Decision Making

119ff42e-5f70-4c5f-a64c-9564931b6367

2.1

The decision to abort a takeoff and to stop the aircraft should be made by the Captain. Therefore the Captain should keep his/her hand on the thrust levers until the aircraft reaches  $V_1$ , whether the Captain is the Pilot Flying (PF) or the Pilot Monitoring (PM).

The time available for decision making is limited. To minimize the risk, many alerts considered non-essential are inhibited between TO INHIB engagement and gear retraction. Therefore, any warnings triggered during this period must be considered as significant.

cont'd... >>>

## Uncontrolled When Printed

<b>ATR</b>  1464 / 75 FCOM	<b>PROCEDURES</b>  <b>NORMAL OPERATIONS</b>  <b>ADDITIONAL NORMAL PROCEDURES</b>	PRO.NOP  Page n°18
-------------------------------------	--	--------------------------

cont'd... >>>

### 1) Below $V_1$

The Captain should consider discontinuing the takeoff, if any of the following conditions occur:

- Master warning / caution
- Unusual noise or vibration
- ATPCS not armed
- Windshear
- Cabin smoke / fire
- Abnormal acceleration
- Tire failure
- Unsafe / unable to fly
- Engine failure / fire
- Takeoff configuration warning
- Bird strike
- Window failure.

#### Note

*The list is not exhaustive.*

### 2) Above $V_1$

Takeoff must be continued, because it may not be possible to stop the aircraft on the remaining runway.

The Captain must make the decision to abort before  $V_1$ :

- If a malfunction occurs and the Captain decision is to continue the takeoff he/she should announce "WE CONTINUE"
- If the decision is to abort, the Captain announces "STOP". This announcement both confirms the decision to abort the takeoff and transfer of controls to the Captain. It is the only time that hand-over of control is not accompanied by the phrase "MY CONTROLS".

### ANOR.6.3 Aborted Takeoff Maneuver

d89fc3e2-7006-4551-86b7-03f3dc4c5714

0.2

As soon as the decision to abort is made, the Captain announces "STOP", takes over control of the aircraft, and executes an aborted takeoff. During any aborted takeoff, both PLs are retarded down to GI by pulling on the triggers and full braking should be applied if needed. Simultaneously, control column must be pushed forward to maximize controllability. As soon as the LO PITCH light(s) comes on, full reverse(s) can be applied if needed.

Reverse is available even in single engine. At 70 kt, control column is transferred to the first officer and the Captain takes the nose wheel steering control. In case of single reverse operation roll control must be applied (possibly to full travel) in order to minimize the tendency to bank on the side of the operating engine.


On a wet or slippery runway, or takeoff at or near maximum runway limit weight, an aborted takeoff at or near  $V_1$  will require MAXIMUM use of brakes until reaching a full stop and use of reverses until 40 kt.

cont'd... >>>





## Uncontrolled When Printed

  <b>1464 / 75</b>  <b>FCOM</b>	<b>PROCEDURES</b>  <b>NORMAL OPERATIONS</b>  <b>ADDITIONAL NORMAL PROCEDURES</b>	PRO.NOP  Page n°20
--	--	--------------------------

cont'd... >>>

CAPT	F/O
<p>■ <b>If evacuation is required</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Refer to <a href="#">PRO.NNO.EMR.99.4.E99.05 EMERGENCY EVACUATION (ON GROUND)</a> ..... APPLY</li> </ul> <p>■ <b>If attempting a new takeoff</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ TAKEOFF : PROHIBITED FOR 10 min  <i>After aborted takeoff aircraft must be stopped for 10 min and the WHEELS BRK HOT message must be monitored as it may take up to 10 min before brakes temperature reaches its maximum at sensor location.</i></li> </ul>	

### ANOR.6.5 Aborted Takeoff Situation Assessment

ef5f45e7-053e-42a5-a335-d6c9c57b6b65 0.4

Following an aborted takeoff:

- The flight crew makes a full assessment of the state of Aircraft including FWS recall to assess any inhibited alerts
- Aircraft must be stopped for 10 min and the WHEELS BRK HOT alert must be monitored as it may take up to 10 min before brakes temperature reaches its maximum at sensor location
- If triggered, the WHEELS BRK HOT alert requires the flight crew to return to parking
- After a complete assessment of the state of the aircraft and occupants, if the Captain decision is to reattempt the takeoff, the flight crew should prepare the aircraft for a new departure and apply all checklists starting from BEFORE TAXI CHECKLIST.

### ANOR.7 SEVERE TURBULENCE

#### ANOR.7.1 Severe Turbulence

72ff2627-cc9b-4ed6-8aa4-d3b6d7778e34 0.3

When possible, avoid areas with known or forecasted severe turbulence. If turbulence is not avoidable, aim to keep speed, so as to provide the best protection against the effect of gust on the structural limits, even if maintaining an adequate margin above  $V_{min OPS}$ .

Consider requesting a lower flight level to increase margin to buffet onset. Maximum Rough Air Speed (VRA) = 180 kt.

Sufficient buffet margin exists at optimum altitude.


Severe turbulence is defined as turbulence that causes large, abrupt changes in altitude and/or attitude. It usually causes large variations in airspeed. Occupants are forced violently against their seat belts and loose objects will move around the aircraft.

If severe turbulence occurs during a flight, the flight crew must make a logbook entry in order to initiate maintenance action.

Before entering an area of known turbulence, the flight crew and the cabin crew must secure all loose equipment and switch the cabin SIGNS to ON.

cont'd... >>>

## Uncontrolled When Printed

 1464 / 75 FCOM	<b>PROCEDURES</b> <b>NORMAL OPERATIONS</b> <b>ADDITIONAL NORMAL PROCEDURES</b>	PRO.NOP  Page n°21
--	--	--------------------------

cont'd... >>>

Keep the autopilot ON.

If the flight crew flies the aircraft manually:

- Expect large variations in altitude, but do not pursue altitude,
- Maintain attitude, and allow altitude to vary,
- Advice Air Traffic Control.

### **ANOR.7.2 Wake Turbulence**

b5634c73-9ef2-4c1c-af89-e3d7d6d37828

1.1

Wake turbulence is the leading cause of aircraft upsets.

#### **1) Vortex Generation**

The phenomenon that creates wake turbulence results from the forces that lift aircraft.

High-pressure air from the lower surface of the wings flows around the wingtips to the lower pressure region above the wings. A pair of counter rotating vortices is thus shed from the wings: The right wing vortex rotates counterclockwise, and the left wing vortex rotates clockwise. The region of rotating air behind the aircraft is where wake turbulence occurs.

cont'd... >>>

## 附錄 2 國際飛安基金會 ALAR 第 8.5 節



### FSF ALAR BRIEFING NOTE 8.5

## Wet or Contaminated Runways

The conditions and factors associated with landing on a wet runway or a runway contaminated by standing water, snow, slush or ice should be assessed carefully before beginning the approach.

#### Statistical Data

The Flight Safety Foundation (FSF) Approach-and-landing Accident Reduction (ALAR) Task Force found that wet runways were involved in 11 approach-and-landing accidents and serious incidents involving runway overruns and runway excursions worldwide in 1984 through 1997.<sup>1</sup>

The FSF Runway Safety Initiative (RSI) team found that wet runways and runways contaminated by standing water, snow, slush or ice were involved in 96 percent of the runway-excursion accidents, in which runway condition was known, that occurred during landing worldwide in 1995 through March 2008.<sup>2</sup>

#### Defining Runway Condition

##### Dry Runway

The European Joint Aviation Authorities (JAA)<sup>3</sup> defines *dry runway* as "one which is neither wet nor contaminated, and includes those paved runways which have been specially prepared with grooves or porous pavement and maintained to retain 'effectively dry' braking action even when moisture is present."

##### Damp Runway

JAA says that a runway is considered damp "when the surface is not dry, but when the moisture on it does not give it a shiny appearance."

##### Wet Runway

JAA says that a runway is considered wet "when the runway surface is covered with water, or equivalent, less than specified [for a contaminated runway] or when there is sufficient moisture on

the runway surface to cause it to appear reflective, but without significant areas of standing water."

##### Contaminated Runway

JAA says that a runway is contaminated "when more than 25 percent of the runway surface area (whether in isolated areas or not) within the required length and width being used is covered by the following:

- "Surface water more than 3.0 mm [millimeters] (0.125 in [inch]) deep, or by slush or loose snow, equivalent to more than 3.0 mm (0.125 in) of water;
- "Snow which has been compressed into a solid mass which resists further compression and will hold together or break into lumps if picked up (compacted snow); or;
- "Ice, including wet ice."

The U.S. Federal Aviation Administration<sup>4</sup> says that a runway is considered contaminated "whenever standing water, ice, snow, slush, frost in any form, heavy rubber, or other substances are present."

#### Factors and Effects

##### Braking Action

The presence on the runway of a fluid contaminant (water, slush or loose snow) or a solid contaminant (compacted snow or ice) adversely affects braking performance (stopping force) by:

- Reducing the friction force between the tires and the runway surface. The reduction of friction force depends on the following factors:
  - Tire-tread condition (wear) and inflation pressure;
  - Type of runway surface; and,



- Anti-skid system performance; and,
- Creating a layer of fluid between the tires and the runway, thus reducing the contact area and creating a risk of hydroplaning (partial or total loss of contact and friction between the tires and the runway surface).

Fluid contaminants also contribute to stopping force by:

- Resisting forward movement of the wheels (i.e., causing *displacement drag*); and,
- Creating spray that strikes the landing gear and airframe (i.e., causing *impingement drag*). Certification regulations require spray to be diverted away from engine air inlets.

The resulting braking action is the net effect of the above stopping forces (Figure 1 and Figure 2).

### Hydroplaning (Aquaplaning)

Hydroplaning occurs when the tire cannot squeeze any more of the fluid-contaminant layer between its tread and lifts off the runway surface.

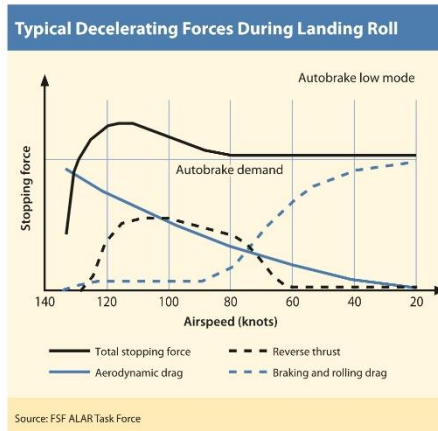


Figure 1

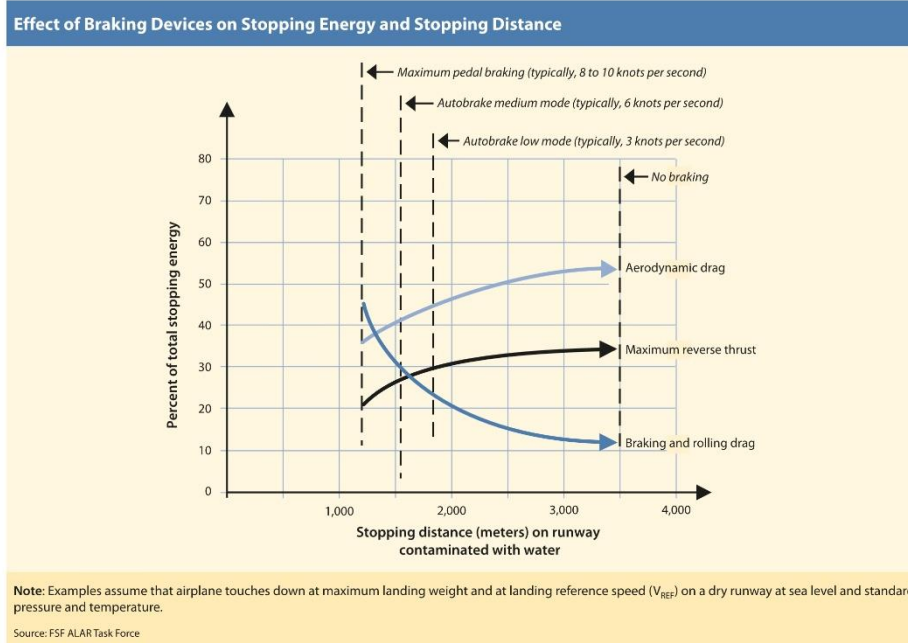


Figure 2

Hydroplaning results in a partial or total loss of contact and friction between the tire and the runway, and in a corresponding reduction of friction coefficient.

Main wheels and nosewheels can be affected by hydroplaning. Thus, hydroplaning affects nosewheel steering, as well as braking performance.

Hydroplaning always occurs to some degree when operating on a fluid-contaminated runway.

The degree of hydroplaning depends on the following factors:

- Absence of runway surface roughness and inadequate drainage (e.g., absence of transverse saw-cut grooves);
- Depth and type of contaminant;
- Tire inflation pressure;
- Groundspeed; and,
- Anti-skid operation (e.g., locked wheels).

A minimum hydroplaning speed is defined usually for each aircraft type and runway contaminant.

Hydroplaning may occur at touchdown, preventing the wheels from spinning and from sending the wheel-rotation signal to various aircraft systems.

Conducting a firm touchdown can reduce hydroplaning at touchdown.

#### Directional Control

On a contaminated runway, directional control should be maintained using the rudder pedals; do not use the nosewheel-steering tiller until the aircraft has slowed to taxi speed.

On a wet runway or a contaminated runway, use of nosewheel steering above taxi speed may cause the nosewheels to hydroplane and result in the loss of nosewheel cornering force with consequent loss of directional control.

If differential braking is necessary, pedal braking should be applied on the required side and should be released on the opposite side to regain directional control. (If braking is not completely released on the opposite side, brake demand may continue to exceed the anti-skid regulated braking; thus, no differential braking may be produced.)

#### Landing Distances

Landing distances usually are published in aircraft operating manuals (AOMs)/quick reference handbooks (QRHs) for dry runways and for runway conditions and contaminants such as the following:

- Wet;
- 6.3 millimeters (0.25 inch) of standing water;
- 12.7 millimeters (0.5 inch) of standing water;
- 6.3 millimeters (0.25 inch) of slush;

- 12.7 millimeters (0.5 inch) of slush;
- Compacted snow; and,
- Ice.

Landing distances are published for all runway conditions, and assume:

- An even distribution of the contaminant;
- Maximum pedal braking, beginning at touchdown; and,
- An operative anti-skid system.

Landing distances for automatic landing (autoland) using the autobrake system are published for all runway conditions.

In addition, correction factors (expressed in percentages) are published to compensate for the following:

- Airport elevation:
  - Typically, +5 percent per 1,000 feet;
- Wind component:
  - Typically, +10 percent per five-knot tail wind component; and,
  - Typically, -2.5 percent per five-knot head wind component; and,
- Thrust reversers:
  - The thrust-reverser effect depends on runway condition and type of braking.

#### Stopping Forces

Figure 1 shows the distribution of the respective *stopping forces* as a function of decreasing airspeed during a typical landing roll using autobrakes in “LOW” mode (for a low deceleration rate) and maximum reverse thrust.

Total stopping force is the combined result of:

- Aerodynamic drag (the term refers to drag on the airplane during the roll-out [including impingement drag on a fluid-contaminated runway]);
- Reverse thrust; and,
- Rolling drag.

#### Distribution of Stopping Energy on a Contaminated Runway

Figure 2 shows the contribution to the total *stopping energy* of various braking devices as a function of the desired or achieved landing distance on a runway contaminated with water.

Figure 2 can be used to determine:

- For a given braking procedure (pedal braking or an autobrake mode), the resulting landing distance; or,
- For a desired or required landing distance, the necessary braking procedure (pedal braking or an autobrake mode).

Figure 2 shows that on a runway contaminated with standing water (compared to a dry runway):

- The effect of aerodynamic drag increases because of impingement drag;
- The effect of braking and rolling drag (balance of braking force and displacement drag) decreases; and,
- Thrust-reverser stopping force is independent of runway condition, and its effect is greater when the deceleration rate is lower (i.e., autobrakes with time delay vs. pedal braking [see Figure 1]).

### Factors Affecting Landing Distance

#### Runway Condition and Type of Braking

Figure 3 shows the effect of runway condition on landing distance for various runway conditions and for three braking procedures (pedal braking, use of "LOW" autobrake mode and use of "MEDIUM" autobrake mode).

Figure 3 is based on a 1,000-meter (3,281-foot) landing distance (typical manual landing on a dry runway with maximum pedal braking and no reverse thrust).

For each runway condition, the landing distances for a manual landing with maximum pedal braking and an automatic landing with autobrakes can be compared.

Similarly, for a manual landing or an autoland (with autobrakes), the effect of the runway condition can be seen.

When autobrakes are used, braking efficiency is a function of the selected autobrake mode and of the anti-skid activation point, whichever is achieved first, as shown by Figure 3 and Figure 4.

On a runway contaminated with standing water or slush, the landing distances with a "MEDIUM" or a "LOW" autobrake mode are similar because the deceleration rate is affected primarily by aerodynamic drag, rolling drag and reverse thrust, and because the selected autobrake deceleration rate (e.g., "MEDIUM" mode) cannot be achieved.

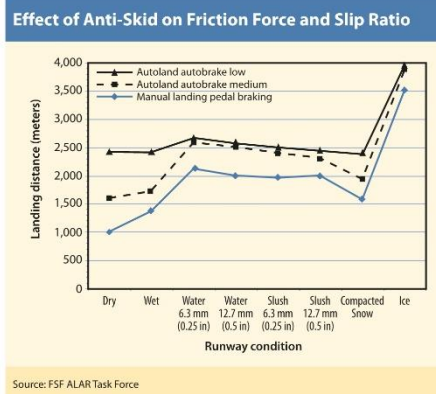
#### Thrust Reversers

Figure 4 shows the effect of reverse thrust with both thrust reversers operative.

When autobrakes are used, the thrust reverser effect (i.e., contribution to landing-distance reduction) is a function of:

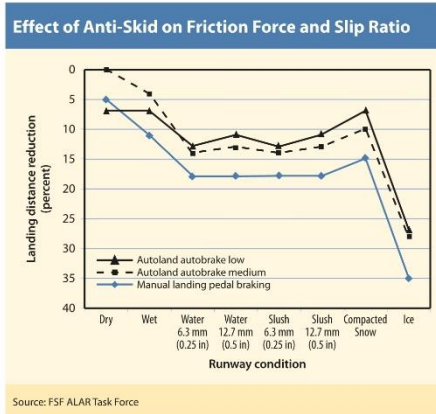
- The selected deceleration rate and the time delay on autobrake activation, as applicable; and,
- Runway condition (contribution of contaminant to the deceleration rate).

On a dry runway or on a wet runway, the effect of the thrust reversers on landing distance depends on the selected autobrake mode and on the associated time delay (e.g., "MEDIUM" mode



Source: FSF ALAR Task Force

Figure 3



Source: FSF ALAR Task Force

Figure 4

without time delay vs. "LOW" mode with time delay), as shown by Figure 1 and Figure 4.

### Operational Guidelines

When the destination-airport runways are wet or contaminated, the crew should:

- Consider diverting to an airport with better runway conditions or a lower crosswind component when actual conditions significantly differ from forecast conditions or when a system malfunction occurs;

- Anticipate asymmetric effects at landing that would prevent efficient braking or directional control (e.g., crosswind);
- Avoid landing on a contaminated runway without anti-skid or with only one thrust reverser operational;
- For inoperative items affecting braking or lift-dumping capability, refer to the applicable:
  - AOM/QRH for in-flight malfunctions; or,
  - Minimum equipment list (MEL) or dispatch deviation guide (DDG) for known dispatch conditions;
- Select autobrake mode per standard operating procedures (some AOMs/QRHs recommend not using autobrakes if the contaminant is not evenly distributed);
- Approach on glide path and at the target final approach speed;
- Aim for the touchdown zone;
- Conduct a firm touchdown;
- Use maximum reverse thrust as soon as possible after touchdown (because thrust reverser efficiency is higher at high airspeed);
- Confirm the extension of ground spoilers/speed brakes;
- Do not delay lowering the nosewheel onto the runway. This increases weight-on-wheels and activates aircraft systems associated with the nosegear squat switches;
- Monitor the autobrakes (on a contaminated runway, the selected deceleration rate may not be achieved);
- As required or when taking over from autobrakes, apply the pedal brakes normally with a steady pressure;
- For directional control, use rudder pedals (and differential braking, as required); do not use the nosewheel-steering tiller;
- If differential braking is necessary, apply braking on the required side and release the braking on the opposite side; and,
- After reaching taxi speed, use nosewheel steering with care.

### Summary

Conditions associated with landing on a wet runway or a runway contaminated by standing water, snow, slush or ice require a thorough review before beginning the approach.

The presence on the runway of water, snow, slush or ice adversely affects the aircraft's braking performance by:

- Reducing the friction force between the tires and the runway surface; and,
- Creating a layer of fluid between the tires and the runway, which reduces the contact area and leads to a risk of hydroplaning.

Directional control should be maintained on a contaminated runway by using the rudder pedals and differential braking, as required; nosewheel steering should not be used at speeds higher than taxi speed because the nosewheels can hydroplane.

The following FSF ALAR Briefing Notes provide information to supplement this discussion:

- 7.1 — Stabilized Approach;
- 8.3 — Landing Distances;
- 8.4 — Braking Devices; and,
- 8.7 — Crosswind Landings.

The following FSF RSI Briefing Notes also provide information to supplement this discussion:

- Pilot Braking Action Reports; and,
- Runway Condition Reporting. 

### Notes

1. Flight Safety Foundation. "Killers in Aviation: FSF Task Force Presents Facts About Approach-and-landing and Controlled-flight-into-terrain Accidents." *Flight Safety Digest* Volume 17 (November–December 1998) and Volume 18 (January–February 1999): 1–121. The facts presented by the FSF ALAR Task Force were based on analyses of 287 fatal approach-and-landing accidents (ALAs) that occurred in 1980 through 1996 involving turbine aircraft weighing more than 12,500 pounds/5,700 kilograms, detailed studies of 76 ALAs and serious incidents in 1984 through 1997 and audits of about 3,300 flights.
2. Flight Safety Foundation. "Reducing the Risk of Runway Excursions." Report of the FSF Runway Safety Initiative, May 2009.
3. Joint Aviation Authorities. *Joint Aviation Requirements — Operations*. 1.480 "Terminology."
4. U.S. Federal Aviation Administration. *Flight Services, 7110.10N*. Appendix A "Pilot/Controller Glossary."

### Related Reading From FSF Publications

- Darby, Rick. "Keeping It on the Runway." *AeroSafety World* Volume 4 (August 2009).
- Mook, Reinhard. "Treacherous Thawing." *AeroSafety World* Volume 3 (October 2008).
- Lacagnina, Mark. "Missed Assessment." *AeroSafety World* Volume 3 (October 2008).
- Lacagnina, Mark. "Snowed." *AeroSafety World* Volume 3 (September 2008).
- Werfelman, Linda. "Safety on the Straight and Narrow." *AeroSafety World* Volume 3 (August 2008).
- Lacagnina, Mark. "Margin for Error." *AeroSafety World* Volume 3 (August 2008).
- Werfelman, Linda. "Blindsided." *AeroSafety World* Volume 3 (February 2008).



Johnsen, Oddvard. "Improving Braking Action Reports." *AeroSafety World* Volume 2 (August 2007).

Rosenkrans, Wayne. "Knowing the Distance." *AeroSafety World* Volume 2 (February 2007).

Berman, Benjamin A.; Dismukes, R. Key. "Pressing the Approach." *AviationSafety World* Volume 1 (December 2006).

Rosenkrans, Wayne. "Rethinking Overrun Protection." *AviationSafety World* Volume 1 (August 2006).

Flight Safety Foundation (FSF) Editorial Staff. "DC-10 Overruns Runway in Tahiti While Being Landed in a Storm." *Accident Prevention* Volume 62 (August 2005).

FSF Editorial Staff. "B-737 Crew's Unstabilized Approach Results in Overrun of a Wet Runway." *Accident Prevention* Volume 60 (July 2003).

FSF Editorial Staff. "MD-82 Overruns Runway While Landing in Proximity of Severe Thunderstorms." *Accident Prevention* Volume 59 (February 2002).

FSF Editorial Staff. "Runway Overrun Occurs After Captain Cancels Go-around." *Accident Prevention* Volume 58 (June 2001).

FSF Editorial Staff. "Business Jet Overruns Wet Runway After Landing Past Touchdown Zone." *Accident Prevention* Volume 56 (December 1999).

King, Jack L. "During Adverse Conditions, Decelerating to Stop Demands More from Crew and Aircraft." *Flight Safety Digest* Volume 12 (March 1993).

Yager, Thomas J. "The Joint FAA/NASA Aircraft/Ground Vehicle Runway Friction Program." *Flight Safety Digest* Volume 8 (March 1989).

FSF Editorial Staff. "Adapting to Winter Operations." *Accident Prevention* Volume 46 (February 1989).

#### Notice

The Flight Safety Foundation (FSF) Approach-and-Landing Accident Reduction (ALAR) Task Force produced this briefing note to help prevent approach-and-landing accidents, including those involving controlled flight into terrain. The briefing note is based on the task force's data-driven conclusions and recommendations, as well as data from the U.S. Commercial Aviation Safety Team's Joint Safety Analysis Team and the European Joint Aviation Authorities Safety Strategy Initiative.

This briefing note is one of 33 briefing notes that comprise a fundamental part of the FSF ALAR Tool Kit, which includes a variety of other safety products that also have been developed to help prevent approach-and-landing accidents.

The briefing notes have been prepared primarily for operators and pilots of turbine-powered airplanes with underwing-mounted engines, but they can be adapted for those who operate airplanes with fuselage-mounted turbine engines, turboprop power plants or piston engines. The briefing notes also address operations with the following: electronic flight instrument systems; integrated

autopilots, flight directors and autothrottle systems; flight management systems; automatic ground spoilers; autobrakes; thrust reversers; manufacturers'/ operators' standard operating procedures; and, two-person flight crews.

This information is not intended to supersede operators' or manufacturers' policies, practices or requirements, and is not intended to supersede government regulations.

**Copyright © 2009 Flight Safety Foundation**  
 601 Madison Street, Suite 300, Alexandria, VA 22314-1756 USA  
 Tel. +1 703.739.6700 Fax +1 703.739.6708 www.flightsafety.org

In the interest of aviation safety, this publication may be reproduced, in whole or in part, in all media, but may not be offered for sale or used commercially without the express written permission of Flight Safety Foundation's director of publications. All uses must credit Flight Safety Foundation.