

# 飛航事故調查報告 第一冊

ASC-AOR-05-04-001

中華民國 91 年 12 月 21 日

復興航空公司 GE791 貨機

ATR-72 型機

國籍標誌及登記號碼 B-22708

澎湖縣馬公市外海墜海

行政院飛航安全委員會  
AVIATION SAFETY COUNCIL

中華民國 94 年 4 月

此頁空白

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. (失事或重大意外事件調查之唯一目的為防止失事或重大意外事件，分攤責任或追究責任並非調查作業之目的。)*

本報告乙式兩份，分別以中文及英文繕寫。

此頁空白

## 摘要報告<sup>1</sup>

民國 91 年 12 月 21 日，臺北時間 01:52 時<sup>2</sup>，復興航空運輸股份有限公司（以下簡稱復興）GE 791 貨機，機型為 ATR 72-200，國籍標誌及登記號碼為 B-22708，於飛航中遭遇嚴重積冰（Severe Icing）後，在馬公西南方約 17 公里處墜海失事，機上駕駛員 2 人（CM-1 及 CM-2）皆失蹤<sup>3</sup>。

依據事故當時之中華民國民用航空法第 84 條以及國際民航公約第 13 號附約（Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation），行政院飛航安全委員會（以下簡稱本會）為負責調查發生於中華民國境內之民用航空器飛航事故之獨立政府機關，於事故發生後立即展開調查工作。受邀參與本次調查之機關包括：中華民國交通部民用航空局（簡稱民航局）、復興、法國民航事故調查局（Bureau D'enquetes et D'analyses pour la Securite de L'aviation Civile, BEA）等，其中法國 BEA 為國際民航公約第 13 號附約所稱之航空器製造國授權代表（Accredited Representative, AR），該團隊包括 ATR 製造廠 AVIONS DE TRANSPORT REGIONAL 公司。

經過為期 10 個月之事實資料蒐集作業，本會陸續完成殘骸打撈、檢驗、飛航紀錄器解讀，於 92 年 10 月 25 日完成第 1 次「技術審查會議」後，發布本事故調查事實資料報告（編號：ASC - AFR - 03 - 10 - 001）。

調查分析作業於事實資料報告發布後隨即展開。為聽取各參與調查之相關機關（構）對調查方向及分析內容之意見，本會於 93 年 7 月 15 日舉行第 2 次「技術審查會議」。於綜整民航局、復興及法國 BEA 等相關機關（構）之意見後，本會於

---

<sup>1</sup> 本報告乙式兩份，分別以中文及英文繕寫。若有差異時以中文版為準。

<sup>2</sup> 本報告之時間均為當地時間，採 24 小時制。

<sup>3</sup> 正駕駛員經法院宣告死亡。

93年9月17日將「調查報告草案」函送相關機關(構)，請其提供意見。相關機關(構)於93年12月17日再將回覆意見送交本會，專案調查小組經過2個月之綜整，完成本調查報告草案。

本調查報告格式係參照國際民航公約第13號附約之規定撰寫，唯有以下不同處：

第3章「結論」部分：為彰顯改善飛安之宗旨，不以處分或追究責任為目的，本會第74次委員會議決議，不再直接陳述「事故可能肇因及間接因素」，而以「調查發現」代之，並將其分為3類，即：「與可能肇因相關之調查發現」，「與風險相關之調查發現」以及「其他調查發現」。

第4章「飛安改善建議」部分：除對有關機關提出改善建議外，本會並將各參與機關提出之已實施或實施中之安全措施納入調查報告。此做法與澳大利亞運輸安全局(Australia Transportation Safety Bureau, ATSB)及加拿大運輸安全委員會(Transportation Safety Board Canada, TSB)等先進國家相同，亦符合第13號附約之原則，本會認為此舉更能達成改善飛航安全之目的。

美國國家運輸安全委員會(National Transportation Safety Board, NTSB)於93年12月29日發布警示駕駛員之上翼面積冰通告(Alert to pilot - Wing Upper Surface Ice Accumulation)(如附錄25)指出：「有一些上翼面積冰的情況是難以用目視察覺的，如依飛機設計之不同(大小、高翼、低翼等)及環境與燈光情況(濕翼、暗夜、燈光黯淡等)，使飛航組員難以從地面或由座艙及其他窗口以目視發現上翼面結冰，其他如霜、雪及霜淞冰，在白色的上翼面也很難被察覺，而明冰在任何顏色的上翼面均難以被辨認。然而，不論以任何方法在起飛前確認上翼面無積冰的情形是極為重要的。這也是為何安全委員會最近發佈的A-04-66飛安建議的原因，以督促飛航組員用目視及觸摸去檢查飛機之上翼面」。

本會依據分析資料提出以下之調查發現及改善建議。

## 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。其中包括：不安全作為、不安全狀況或造成本次事故之安全缺失等。

1. 由調查結果推斷出該機遭遇嚴重積冰。液態水含量及最大的小水滴尺寸超過美國聯邦/歐盟航空法規 FAR/JAR 25 附錄 C 之積冰適航範圍。(2.2.1, 2.3.2.1, 2.4.2, 2.4.4)
2. 復興對該機駕駛員有關航空器嚴重積冰之訓練及考驗等未能有效掌握。該機駕駛員對飛航手冊及/或操作手冊中之附註 (Note)、注意 (CAUTION) 及警告 (WARNING) 等，未達能勝任其職務之熟習程度。(2.3.3)
3. 飛航組員曾發現該機結冰並兩度啓動機身除冰系統，但未使用相關手冊進行處置程序，致飛航組員未獲該程序中對「嚴重積冰偵測有所警惕」之提示。(2.3.2.3)
4. 該機空速表「不預期之速度減小」係為嚴重積冰之徵兆。(2.3.2.2)
5. 飛航組員對該型機可能遭遇「超出該航空器認證，並可能嚴重減低航空器操控性能」之嚴重積冰狀況，應有之警惕及狀況警覺不足。(2.3.2.3)
6. 飛航組員未能適時發現該機嚴重積冰狀況，發現嚴重積冰後未立即改變高度，亦未執行其它「嚴重積冰緊急程序」項目。(2.3.2.4.1)
7. 該機進入「不正常或非因操控之滾轉」狀態，隨後呈現失速狀況。(2.3.2.4.2)
8. 該機發生失速及進入不正常姿態後，其改正操控，不符「不正常姿態改正」操作程序與技術。但無法確認若飛航組員之操控符合相關操作程序與技術，是否能改正該機當時之不正常姿態。(2.3.2.4.2)
9. 巡航期間前 25 分鐘，積冰造成阻力約增加 100 counts，及指示空速減少 10 浬/時。(2.4.1)
10. 第 1 次機身除冰系統關閉後，該機可能仍有殘冰覆著於機翼。(2.4.2)
11. 自動駕駛跳脫前 4 分鐘，積冰造成空速驟減為 158 浬/時，阻力約增加 500

counts，及升阻比快速遞減 64%。(2.4.2)

12. 異常滾轉發生 10 秒前，機翼表面之嚴重積冰造成氣流分離，並導致航空器之縱向及橫向穩定度改變。自動駕駛跳脫前，該機之空氣動力及穩定度導數約降低 40%。(2.4.4)

### 與風險有關之調查發現

此類調查發現係涉及飛航安全之風險因素，包括未直接導致本次事故發生之不安全作為、不安全條件及組織與整體性之安全缺失等，以及雖與本次事故無直接關連但對促進飛安有益之事項。

1. 台北航空氣象中心發布之中層航路顯著天氣預測圖顯示，台灣海峽於 FL180 有雲層分佈，氣溫為零下 9° C。中正國際機場諮詢台供應之華盛頓世界區域預報中心 FL180 高空風/溫度預測圖，顯示台灣海峽於 FL180 氣溫為零下 10° C。(1.7.3, 1.7.4)
2. 復興聯管中心飛航計畫管制席負責國際線班機飛航文件，聯管中心作業手冊僅要求提供高層 (FL250 以上) 之航路顯著危害天氣預測圖及高空風預測圖，並不適用於 ATR 42/72 型機。(2.2.3)
3. ATR 遭遇嚴重積冰徵兆之飛航組員，未填寫「飛航組員報告」。(2.3.4.1)
4. ATR 型機之飛航手冊及操作手冊，未在其相關章節中註明相關之「警告」及「附註」等重要事項。(2.3.5.2)
5. 渦輪螺旋槳航空器之「嚴重積冰」情況，無任何偵測或警告裝備，全賴飛航組員依目視徵兆判斷。(2.3.2.5)
6. 夜間不利天氣中，不易持續保持密切注意力觀察嚴重積冰徵兆。(2.3.2.5)
7. 近年 ATR 72 型機遭遇嚴重積冰事故顯示持續使用第 3 級除冰裝置，阻力仍可能增加 500 counts，並導致航空器發生異常姿態或失速。(2.4.1)
8. 該機可能於 0131 時開始遭遇積冰，飛航組員於 1 分半鐘後察覺遭遇積冰，於 3 分鐘後根據積冰警示系統啟動機身除冰裝置。(2.4.4)

9. 積冰偵測系統作動正常並已偵測到積冰情況，駕駛員亦認知機外積冰而啓動除冰系統。但目前並無機載之積冰偵測系統能夠明確偵測嚴重積冰，並提供駕駛員足夠積冰情況及積冰所造成的影響。(2.5.1)
10. 失速警告系統運作正常，但在嚴重結冰造成航空器性能嚴重降低情況下，現有失速警告系統不足以提供足夠之資訊。(2.5.2)

### 其它調查發現

此類調查發現係屬具有促進飛航安全、解決爭議或澄清疑慮之作用者。其中部份調查結果為大眾所關切，且見於國際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之用。

1. 此事故與飛航管制及通信無關。(2.1)
2. 該機飛航組員依中華民國民航法規持有合格有效證照。(2.1)
3. 該機飛航組員在事故前 72 小時內之工作及休息正常；無證據顯示在事故發生時，受到生理、心理或藥物、酒精等影響。(2.1)
4. 據該機之維修紀錄，該機之適航、裝備及維修情況符合我國民航法規及檢查程序之要求。無證據顯示該機失事前有航機結構、飛操系統、發動機或防/除冰系統等之機械故障。(1.6.9.1, 1.6.9.3)
5. 該機載重與平衡在限制範圍內。(2.1)
6. 無證據顯示駕駛員是否從中正國際機場諮詢台的電腦獲得更新的飛航天氣資訊。(1.7.4)
7. ATR 72 型機駕駛艙難以目視螺旋槳槳帽，故「Accumulation of ice on the propeller spinner farther aft than normally observed」不易執行。(2.3.2.5)
8. 台北航空氣象中心發布之中層航路顯著天氣預測圖，係依據國際民航組織第三號附約之規定，對於非積雨雲的雲區預測有中度或以上積冰時才標示中度或以上積冰之圖示。香港天文台及東京航空氣象服務中心，對位在結冰高度以上，有可能存在過冷水雲層，於中層航路顯著天氣預測圖標示中度積冰之圖示，提

- 供簽派員及駕駛員對航路上可能發生積冰之警覺。(2.2)
9. CM-1 之報到程序未遵照相關規定執行，顯示飛航作業管理疏失。(2.3.4.2)
  10. 該機翼表面之嚴重積冰造成不對稱失速、異常左滾轉、失速警告作動，並致使自動駕駛跳脫。(2.4.3)
  11. 遙控操作載具監視器觀察到結構與零件碎片集中於面積約為 200×300 公尺之海底。(2.6)
  12. 該機與水面撞擊時機頭向下且俯角超過 90°。(2.6.1)
  13. 該機係高速度墜落並與水面劇烈撞擊。(2.6.1)
  14. 未發現結構金屬疲乏之緩慢成長破壞現象，所有殘骸損壞係因撞擊水面所致之超負荷損害。(2.6.2)
  15. 民國 86 年 8 月前，復興航空器維護能力手冊有關技術通報評估、工程指令作業與紀錄保存等程序之建立未臻完善。(1.6.9.2, 1.6.10, 1.6.11, 2.7.1, 2.7.2)
  16. 該機裝置之 F800 型磁帶式飛航資料紀錄器，磁帶第 1 軌及第 2 軌約有 6.8 小時無訊號，惟未影響本航班之飛航紀錄。(2.8)

## 改善建議

### 期中飛安通告

本會於民國 92 年 1 月 24 日發布編號 ASC-IFSB-03-01-001「事故調查期中飛安通告」，建議事項如下：

建議所有渦輪螺旋槳航空器使用人檢視訓練課程，確保其涵蓋駕駛員能辨識各種「積冰」情況及有效處置之訓練。並建議加強駕駛員對積冰狀況警覺之訓練。

## 飛安改善建議

### 致復興航空公司

1. 重新檢視對聯管中心作業手冊之管理程序，適時修訂以因應相關作業因素（環

- 境)之變動。
2. 要求駕駛員確認由簽派員獲得之天氣資料符合飛航需求。
  3. 檢討與改善駕駛員地面學科、飛航訓練及考驗之執行及管理，確保飛航組員皆能勝任其職務。
  4. 要求駕駛員於遭遇不正常及緊急情況時，確實使用檢查表執行檢查程序。
  5. 加強 ATR 型機駕駛員對「嚴重積冰」狀況警覺、徵兆觀察、提示與分工、緊急處置及不正常姿態改正等之訓練與考驗。
  6. 重新檢視「飛航組員報告」相關規定及程序。
  7. 評估淘汰現有磁帶式飛航資料紀錄器，換裝為固態式飛航資料紀錄器之可行性，以利事故飛航資料紀錄器之解讀。

### 致 ATR 型機製造公司

1. 研究將相關手冊中，遭遇嚴重積冰之處置程序改為記憶項目。
2. 對 ATR 型機相關手冊中，與「嚴重積冰」相關之章節加註「警告」以警惕駕駛員。
3. 積極研發先進積冰偵測系統，以增進駕駛員對於積冰情況及其嚴重程度之瞭解與警覺，降低航空器在嚴重積冰情況中飛航之危害。評估新增一警告系統，以警告駕駛員在自動駕駛情形下，遭遇積冰未保持應有速度之潛在危險。積極支持與從事類似智慧型積冰偵測系統 (Smart Icing System) 之研究，以降低嚴重積冰之危害事故。

### 致法國民用航空局

1. 積極研發先進積冰偵測系統，以增進駕駛員對於積冰情況及其嚴重程度之瞭解與警覺，降低航空器在嚴重積冰情況中飛航之危害。評估新增一警告系統，以警告駕駛員在自動駕駛情形下，遭遇積冰未保持應有速度之潛在危險。積極支持與從事類似智慧型積冰偵測系統 (Smart Icing System) 之研究，以降低嚴重積冰之危害事故。

### 致交通部民用航空局

1. 除國際民航組織規定外，參考香港天文台及東京航空氣象服務中心對於顯著天氣預測圖之作法，在結冰高度以上，有可能存在過冷水之非積雨雲，標示中度積冰之圖示，增加駕駛員之狀況警覺。
2. 重新檢視復興對駕駛員之訓練，期能有效執行職務。
3. 評估國內民用航空器淘汰磁帶式飛航資料紀錄器，換裝為固態式飛航資料紀錄器之可行性，以利事故飛航資料紀錄器之解讀。
4. 持續審視及評估有關結冰偵測系統相關之民航通告（Advisory Circular）與適航指令（Airworthiness Directive）。

## 目 錄

摘要報告.....	I
目錄.....	IX
附錄.....	XVII
表目錄.....	XIX
圖目錄.....	XXI
英文縮寫對照表.....	XXV
第一章 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.....	3
1.5 人員資料.....	3
1.5.1 飛航組員經歷.....	3
1.5.1.1 CM-1.....	3
1.5.1.2 CM-2.....	3
1.5.2 飛航組員訓練及考驗紀錄.....	5
1.5.2.1 CM-1.....	5
1.5.2.2 CM-2.....	6
1.5.3 飛航組員地面學科定期複訓.....	6
1.5.3.1 CM-1.....	7
1.5.3.2 CM-2.....	7
1.5.4 飛航組員健康狀況.....	8
1.5.4.1 CM-1.....	8
1.5.4.2 CM-2.....	8
1.5.5 飛航組員事故前 72 小時活動.....	8

1.5.5.1	CM-1 .....	8
1.5.5.2	CM-2 .....	8
1.6	航空器資料 .....	9
1.6.1	航空器基本資料 .....	9
1.6.2	發動機資料 .....	12
1.6.3	螺旋槳資料 .....	12
1.6.4	ATR 72 防、除冰系統 .....	12
1.6.5	防、除冰系統之異常訊息 .....	17
1.6.6	ATR 72 橫向飛行操控系統 .....	19
1.6.7	ATR 72 失速保護系統 .....	21
1.6.8	自動飛行系統 .....	23
1.6.9	ATR 72 防冰/除冰系維修紀錄 .....	24
1.6.9.1	防冰/除冰系適航指令及其執行情況 .....	24
1.6.9.2	有關防冰/除冰系技術通報執行情況 .....	26
1.6.9.3	防冰/除冰系統故障紀錄 .....	27
1.6.10	復興對適航指令與技術通報作業紀錄之保存 .....	28
1.6.11	民航法規對維護紀錄之保存要求 .....	29
1.6.12	民用航空局對復興之維護與航電查核作業 .....	30
1.6.12.1	維護與航電檢查員編組 .....	30
1.6.12.2	維護／航電檢查員職責 .....	31
1.6.12.3	查核作業執行方式 .....	31
1.6.12.4	民航局對適航指令之監理 .....	31
1.6.13	載重平衡資料 .....	32
1.7	天氣資訊 .....	33
1.7.1	天氣概述 .....	33
1.7.2	地面天氣觀測 .....	34

---

1.7.3	飛航天氣資訊.....	36
1.7.4	駕駛員獲得之天氣資訊.....	40
1.7.5	氣象雷達資訊.....	40
1.7.6	GE 791 失事空域之其他航機活動及其天氣資訊.....	43
1.8	助導航設施.....	48
1.9	通信.....	48
1.10	場站資訊.....	48
1.11	飛航紀錄器.....	48
1.11.1	座艙語音紀錄器.....	49
1.11.1.1	外觀檢查及解讀結果.....	49
1.11.1.2	警報聲響.....	50
1.11.2	飛航資料紀錄器.....	52
1.11.2.1	FDR 外觀檢查.....	52
1.11.2.2	FDR 解讀.....	53
1.11.2.3	時間同步.....	53
1.11.2.4	解讀結果.....	55
1.11.2.5	飛航資料計算與修正.....	56
1.11.2.6	F800 型紀錄器之磁帶異常問題.....	57
1.12	殘骸與撞擊資料.....	58
1.13	醫學與病理.....	75
1.14	火災.....	75
1.15	生還因素.....	75
1.16	測試與研究.....	75
1.16.1	ATR42 與 ATR 72 飛航事故.....	75
1.16.2	ATR 72 飛航模擬機試驗結果.....	82
1.16.3	疲勞裂紋窗框檢驗.....	82

1.17 組織與管理.....	84
1.17.1 飛航相關之組織與管理.....	84
1.17.1.1 聯合管制中心.....	85
1.17.1.2 安全管制室.....	86
1.17.1.2.1 飛安教育訓練.....	87
1.17.1.2.2 全員飛安報告制度.....	87
1.17.1.3 航務處.....	88
1.17.1.3.1 機隊管理部.....	91
1.17.1.3.2 標準訓練部.....	92
1.17.2 機務處組織.....	96
1.18 其他資料.....	97
1.18.1 飛航管制.....	97
1.18.2 雷達.....	97
1.18.2.1 概述.....	97
1.18.2.2 次級雷達訊號.....	98
1.18.2.3 初級雷達回波.....	101
1.18.2.4 雷達紀錄系統.....	102
1.18.3 訪談摘要.....	103
1.18.3.1 簽派員.....	103
1.18.3.2 事故前一日飛航 B-22708 之駕駛員.....	104
1.18.3.3 曾與事故飛航組員同飛之駕駛員.....	104
1.18.3.4 模擬機檢定考試官及航路考驗檢定駕駛員.....	106
1.18.3.5 遭遇嚴重積冰之 ATR 72 駕駛員.....	107
1.18.3.6 民航局航務檢查員.....	108
1.18.3.7 事故時飛經附近空域之飛航組員.....	109
1.18.4 防、除冰系統之適航認證.....	109

---

1.18.4.1	除冰靴之修改	109
1.18.4.2	須改變之操作考量	110
1.18.4.3	適航認證需求之改變	110
1.18.5	殘骸打撈	112
1.18.5.1	殘骸分布	112
1.18.5.2	偵搜作業	117
1.18.5.3	打撈作業	124
第二章	分析	131
2.1	概述	131
2.2	天氣資訊	131
2.2.1	積冰嚴重程度	131
2.2.1.1	定義	131
2.2.1.2	液態水含量、小水滴大小及積冰嚴重程度估算	136
2.2.2	飛航天氣資訊發布	137
2.2.2.1	顯著危害天氣預報	137
2.2.2.2	航路顯著天氣預測圖	139
2.2.3	飛航文件	140
2.3	飛航操作	141
2.3.1	飛航組員所獲天氣資訊	141
2.3.2	嚴重積冰	141
2.3.2.1	可能形成條件	141
2.3.2.2	積冰徵兆	142
2.3.2.3	飛航組員狀況警覺	143
2.3.2.4	處置及改正程序	145
2.3.2.4.1	處置	145
2.3.2.4.2	不正常姿態改正	148

2.3.2.5	嚴重積冰偵測裝備.....	152
2.3.3	飛航組員訓練及考驗.....	153
2.3.4	飛航作業管理.....	154
2.3.4.1	不正常事件報告.....	154
2.3.4.2	飛航組員報到程序.....	154
2.3.5	飛航相關手冊編纂.....	155
2.3.5.1	加強嚴重積冰警告及記憶項目.....	155
2.3.5.2	特別說明事項編輯.....	155
2.4	積冰情況之飛航性能及飛行動力.....	156
2.4.1	ATR42 /72 過去飛航事故分析.....	156
2.4.2	GE 791 積冰性能分析.....	162
2.4.3	ATR 72 飛航模擬機試驗結果.....	170
2.4.4	GE 791 穩定度分析.....	173
2.5	積冰偵測系統及失速警告系統.....	177
2.5.1	積冰偵測系統.....	177
2.5.2	失速警報系統與低速警報.....	178
2.5.3	強化失速警告系統與積冰管理系統之研究.....	180
2.6	航空器與結構損害.....	181
2.7	技術文件及維護紀錄管理.....	183
2.7.1	技術文件評估程序.....	183
2.7.2	維修紀錄保存.....	183
2.8	F800 型紀錄器之磁帶異常現象.....	184
第三章	結論.....	185
3.1	與可能肇因有關之調查發現.....	185
3.2	與風險有關之調查發現.....	186
3.3	其它調查發現.....	187

---

第四章 飛安改善建議.....	189
4.1 改善建議.....	189
4.1.1 期中飛安通告.....	189
4.1.2 飛安改善建議.....	189
4.2 已完成或進行中之改善措施.....	192
附件 1 行政院飛航安全委員會之回覆摘要.....	193
附件 2 法國民航事故調查局對調查報告草案之回覆意見.....	195
附件 3 復興航空公司對調查報告草案之回覆意見.....	203
附件 4 交通部民用航空局對調查報告草案之回覆意見.....	211

此頁空白

## 附 錄

- 附錄 1 中正國際機場 CANDY 1 號標準儀器離場程序
- 附錄 2 GE 791 載重及平衡表
- 附錄 3 GMS-5 1731 UTC 紅外線衛星雲圖
- 附錄 4 台北航空氣象中心發布之航路顯著天氣預測圖
- 附錄 5 香港天文台發布 FL100-250，有效時間至 1800UTC 之航顯著天氣預測圖
- 附錄 6 東京航空氣象服務中心發布日本地區有效時間至 20 日 1800 UTC 及 21 日 0000 UTC，地面至 14000 公尺之航路顯著天氣預測圖
- 附錄 7 GE 791 軌跡與氣象雷達回波平面疊合圖
- 附錄 8 GE 791 軌跡與氣象雷達回波剖面圖
- 附錄 9 GE 791 CVR 錄音抄件
- 附錄 10 GE 791 FDR 紀錄參數列表
- 附錄 11 飛航資料繪圖
- 附錄 12 紀錄器原廠對 F800 型磁帶無訊號問題之回覆 (一)
- 附錄 13 紀錄器原廠對 F800 型磁帶無訊號問題之回覆 (二)
- 附錄 14 中山科學研究院檢驗報告
- 附錄 15 殘骸清單
- 附錄 16 "Penn State University" 之繪圖結果
- 附錄 17 "Lucas Aerospace"之繪圖結果
- 附錄 18 復興提出簽派員於 93 年 10 月 14 日簽名之自白書
- 附錄 19 嚴重積冰資訊
- 附錄 20 ATR 72-200: TransAsia Airways MSN 322- Accident Analysis
- 附錄 21 ATR 72 full flight simulator test report.
- 附錄 22 Simulation analysis performed by ATR in 2004
- 附錄 23 Performance and Stability Analysis of Flight GE 791 Accident
- 附錄 24 Comments on the Report to ASC on Performance and Stability Analysis of Flight GE 791 Accident
- 附錄 25 警示駕駛員之上翼面積冰通告
- 附錄 26 ATR 及法國民用航空局提供之已完成或進行中之改善措施

此頁空白

## 表目錄

表 1.5-1	駕駛員基本資料表 .....	4
表 1.6-1	航空器基本資料 .....	9
表 1.6-2	B-22708 國內外使用情況 .....	10
表 1.6-3	重大維修時程表 .....	10
表 1.6-4	重大修理/改裝紀錄 .....	10
表 1.6-5	PW124B 發動機基本資料 .....	12
表 1.6-6	806660-1 螺旋槳基本資料 .....	12
表 1.6-7	啓動操縱桿振盪器警告之對應攻角 .....	22
表 1.6-8	啓動操縱桿推桿器之對應攻角 .....	23
表 1.6-9	載重及平衡相關資料表 .....	32
表 1.7-1	雨量紀錄 .....	36
表 1.7-2	雷達波束中心高度 .....	41
表 1.7-3	GE 791 飛航軌跡之雷達回波強度 .....	42
表 1.11-1	座艙語音紀錄器警告聲響時間表 .....	51
表 1.16-1	ATR 42 與 ATR 72 型機遭遇積冰與失速之飛航事故統計表(1994~2002) .....	77
表 1.18-1	各機場搜索雷達時間和馬公機場搜索雷達時間之時間差 .....	98
表 1.18-2	GE 791 失事區域之馬公初級雷達回波 .....	101
表 1.18-3	海軍偵測之疑似殘骸點位 .....	123
表 1.18-4	海研二號偵測之疑似殘骸點位 .....	124
表 2.2-1	根據液態水含量定義之積冰嚴重程度 .....	134
表 2.2-2	根據積冰對飛機影響定義之積冰嚴重程度 .....	135
表 2.3-1	失速警告前後相關之 FDR 數據紀錄表 .....	149
表 2.4-1	飛航模擬機之初始條件 .....	170

此頁空白

## 圖目錄

圖 1.6-1	ATR 72 尺寸 .....	11
圖 1.6-2	除冰靴充氣鼓起 (翼前緣及水平安定面) .....	13
圖 1.6-3	ATR 72 防、除冰系統位置、冰跡探頭與積冰告示系統探頭 .....	14
圖 1.6-4	翼前緣除冰系統儀表板於駕駛艙之位置 .....	15
圖 1.6-5	積冰警示系統之三項警告 .....	17
圖 1.6-6	橫向飛行操控系統 .....	20
圖 1.6-7	ATR 72 副翼及平衡片 .....	21
圖 1.6-8	ATR 72 副翼平衡角板 .....	21
圖 1.6-9	ATR 72 貨艙艙位示意圖 .....	32
圖 1.7-1	GE 791 飛航軌跡上之總氣溫及靜態氣溫 .....	34
圖 1.7-2	SSR CODE 為 3533/3563 之班機經過失事空域相對航跡圖 .....	44
圖 1.7-3	SSR CODE 為 3563 之班機飛航資料 (含氣壓高度垂直加速度, 風向、 風速、總氣溫。綠色方框代表該班機通過失事空域) .....	45
圖 1.7-4	SSR CODE 為 3533 之班機飛航資料繪圖 (氣壓高度, 垂直加速度, 風向、風速、總氣溫。藍色方框代表該班機通過失事空域) .....	46
圖 1.7-5	SSR CODE 為 3533/3563 班機之飛航資料: 風向風速及總氣溫 (TAT) 和高度之關係 .....	47
圖 1.11-1	CVR 損壞外觀及磁帶 .....	49
圖 1.11-2	FDR 損壞外觀圖 .....	53
圖 1.12-1	機身蒙皮 .....	58
圖 1.12-2	窗框 .....	59
圖 1.12-3	右後艙門 .....	59
圖 1.12-4	機身尾錐 .....	60
圖 1.12-5	艙間隔帘 .....	60
圖 1.12-6	前翼根部蒙皮 (油箱底部) .....	61
圖 1.12-7	前翼尖部蒙皮 (油箱頂部) .....	61

圖 1.12-8	前翼後緣結構.....	62
圖 1.12-9	襟翼收放機構.....	62
圖 1.12-10	襟翼蜂巢結構.....	63
圖 1.12-11	襟翼前緣結構.....	63
圖 1.12-12	垂直安定面結構.....	64
圖 1.12-13	垂直安定面蒙皮.....	64
圖 1.12-14	方向舵前緣.....	65
圖 1.12-15	窗框插陷方向舵.....	65
圖 1.12-16	升降舵.....	66
圖 1.12-17	起落架支撐結構與附近蒙皮.....	66
圖 1.12-18	起落架減震支柱.....	67
圖 1.12-19	輪轂、輪軸與煞車盤.....	67
圖 1.12-20	破裂輪轂.....	68
圖 1.12-21	破裂輪胎碎片.....	68
圖 1.12-22	發動機排氣管.....	69
圖 1.12-23	發動機尾錐.....	69
圖 1.12-24	發動機螺旋槳葉.....	70
圖 1.12-25	ADF 天線.....	70
圖 1.12-26	管路.....	71
圖 1.12-27	機翼除冰調壓開關.....	71
圖 1.12-28	機翼除冰靴碎片.....	72
圖 1.12-29	RCAU 金屬外匣碎片.....	72
圖 1.12-30	貨艙載運之布料.....	73
圖 1.12-31	貨艙地板結構貫穿布料.....	73
圖 1.12-32	駕駛座椅支柱.....	74
圖 1.12-33	操作手冊.....	74
圖 1.16-1	Trans States Airlines ATR42 意外事件飛航資料繪圖 (摘自 BEA 初步調查報告).....	79

圖 1.16-2	Cottbus, Germany, ATR42 重大意外事件飛航資料繪圖 (摘自 BFU 調查報告, 報告編號: 5x011-0/98)	80
圖 1.16-3	Near Berlin-Tegel, Germany, ATR42 重大意外事件飛航資料繪圖 (摘自 BFU 調查報告, 報告編號: EX001-0/00)	81
圖 1.16-4	疑似疲勞裂紋窗框殘骸	83
圖 1.16-5	凹窩組織 (DIMPLE STRUCTURE) 痕跡	84
圖 1.17-1	復興航空公司組織圖	85
圖 1.17-2	機務處人力分配圖	96
圖 1.18-1	GE 791 Mode-C 高度與時間變化圖 (0103:31~0152:56UTC)	99
圖 1.18-2	GE 791 Mode-C 高度與時間變化圖 (0151:38~0152:48UTC)	99
圖 1.18-3	GE 791 之航跡圖 (馬公、高雄、中正機場搜索雷達)	100
圖 1.18-4	馬公初級雷達回波/次級雷達訊號及殘骸水下分佈圖	101
圖 1.18-5	台北區域管制中心 ATCAS 紀錄之初級及次級雷達訊號	102
圖 1.18-6	漂浮殘骸、疑似殘骸目標、殘骸區及雷達軌跡示意圖	113
圖 1.18-7	殘骸分布圖	114
圖 1.18-8	較大殘骸分布圖	115
圖 1.18-9	殘骸發現位置與雷達軌跡比較圖	116
圖 1.18-10	撈獲之漂浮殘骸	116
圖 1.18-11	拖網漁船打撈之沉底殘骸	117
圖 1.18-12	海軍水下偵蒐	118
圖 1.18-13	海巡署水下偵蒐	118
圖 1.18-14	海研團隊作業船隻	118
圖 1.18-15	海洋力士號水下偵蒐	119
圖 1.18-16	初始偵搜區域	120
圖 1.18-17	飛安會調查人員於海巡艇偵蒐飛航紀錄器情形	121
圖 1.18-18	中科院工程師於海巡艇偵蒐飛航紀錄器情形	121
圖 1.18-19	法國失事調查局人員協助飛航紀錄器偵蒐	122
圖 1.18-20	飛安會調查人員偵蒐飛航紀錄器情形 (一)	122

圖 1.18-21	飛安會調查人員偵蒐飛航紀錄器情形 (二)	123
圖 1.18-22	海洋力士號 ROV 作業	125
圖 1.18-23	海洋力士號 ROV 偵蒐作業	125
圖 1.18-24	ROV 聲納掃描	126
圖 1.18-25	海洋力士號 ROV 撈獲之 FDR	127
圖 1.18-26	FDR 撈獲時之外觀	127
圖 1.18-27	海洋力士號撈獲 CVR 之情形	128
圖 1.18-28	CVR 撈獲時之情形	128
圖 1.18-29	海洋力士號潛水夫下水打撈情形	129
圖 1.18-30	馬公空軍基地存放殘骸情形	129
圖 2.4-1	ATR 42/72 與積冰有關飛航事故之阻力變化 (1998~2002)	161
圖 2.4-2	GE 791 巡航至失速自動駕駛跳脫期間之阻力係數隨攻角變化圖 (藍色線：乾淨外型；綠色線：除冰靴無效；紅色線：GE 791)	162
圖 2.4-3	GE 791 機身除冰系統作動期間之空速、高度、機外溫度、阻力係數、攻角以及達嚴重積冰門檻之液態水含量 (LWC) 變化	167
圖 2.4-4	GE 791 巡航至失速自動駕駛跳脫期間之升阻比隨攻角變化圖	168
圖 2.4-5	GE 791 失速後滾轉期間之飛航資料匯繪圖	169
圖 2.4-6	GE 791 於空速遞減至失速滾轉期間之升力與真實攻角變化關係 (ATR 72 乾淨外形與 GE 791 嚴重積冰之比較圖) ATR 72GE 791...	170
圖 2.4-7	ATR 72-200 型機之縱向穩定度	176
圖 2.4-8	GE 791 之縱向穩定度 (依據 FDR 資料推導獲得)	176
圖 2.6-1	殘骸分佈圖	182

## 英文簡寫對照表

AAI	Assistant Avionic Inspector	助理航電檢查員
AAIB	Aircraft Accident Investigation Branch	英國航空器失事調查局
AAS	Anti-Icing Advisory System	積冰告示系統
AD	Airworthiness Directive	適航指令
ADF	Automatic Direction-Finding Equipment	自動定向儀
ADS	Air Data System	空氣資料系統
AFM	Airplane Flight Manual	航空器飛航手冊
AHRS	Attitude and Heading Reference System	姿態與航向參考系
AIP	Aeronautical Information Publication	飛航情報指南
AIREP	Air Report	空中天氣報告
AIRMET	Information concerning en-route weather phenomena which may affect the safety of low-level aircraft operations	可能影響低空層航機操作安全之航路天氣現象 相關資訊
AMCM	Aircraft Maintenance Control Manual	航空器維護能力冊
AMI	Assistant Maintenance Inspector	助理機務檢查員
AOA	Angle of Attack	攻角
AP	Auto Pilot	自動駕駛
ARAC	Aviation Rulemaking Advisory Committee	航空立法諮詢委員會
ASB	Alert Service Bulletin	警告技術通報
ASC	Aviation Safety Council	行政院飛航安全委員會
ATC	Air Traffic Control	飛航管制
ATCAS	ATC Automation System	航管自動化系統
ATR	AVIONS DE TRANSPORT REGIONAL	ATR 飛機製造廠
BEA	Bureau Enquetes Accidents	法國民航事故調查局
BFU	Bundesstelle fur Flugunfalluntersuchung	德國航空器失事調查局
CAA	Civil Aeronautics Administration	民用航空局
CCAS	Central Crew Alerting System	中央組員警示系統

CCD	Control Column Deflection	駕駛桿
CDR	Continuous Data Recording	連續式資料紀錄
CFIT	Controlled Flight Into Terrain	操控飛航撞地
CG	Center of Gravity	重心
CL	Coefficient of Lift	升力係數
CRC	Continuous Repetitive Chime	連續重複警示聲
CRM	Crew Resource Management	組員資源管理
CSU	Crash Survivable Unit	墜毀殘存單元
CTA	Control Area	管制區域
CVR	Cockpit Voice Recorder	座艙語音紀錄器
CWB	Central Weather Bureau	中央氣象局
CWD	Control Wheel Deflection	駕駛盤
DAFCS	Digital Automatic Flight Control System	數位自動飛行控制系統
DGAC	Director General Civil Aviation	法國民用航空局
DME	Distance Measuring Equipment	測距儀
EADI	Electronic Attitude Director Indicator	電子姿態儀
EFIS	Electronic Flight Instrument System	電子飛行儀器系統
EO	Engineering Order	工程指令
FAA	Federal Aviation Administration	美國聯邦航空總署
FAR	Federal Aviation Regulations	美國聯邦航空法規
FCOM	Flight Crew Operation Manual	飛航組員操作手冊
FDR	Flight Data Recorder	飛航資料紀錄器
FGS	Flight Guidance System	飛行導引系統
FIR	Flight Information Region	飛航情報區
FOM	Flight Operations Manual	航務手冊
FSK	Frequency Shift Key Modulation	頻率偏移調變
FTM	Flight Training Manual	飛航訓練手冊
FTMM	Flight Training Management Manual	飛航訓練管理手冊
GPS	Global Positioning System	全球定位系統

IAS	Indicated Airspeed	指示空速
ICAO	International Civil Aviation Organization	國際民航組織
IEP	Ice Evidence Probe	冰跡探頭
JAA	Joint Aviation Authority	歐洲航空總署
JAR	Joint Aviation Regulations	歐洲航空法規
LOMS	Line Operations Monitor System	飛航監視系統
LWC	Liquid Water Content	液態水含量
MAC	Mean Aerodynamic Chord	平均空氣動力弦
MCT	Maximum Continuous Throttle	最大連續推力
MEL	Minimal Equipment List	最低裝備需求手冊
METAR	Meteorological Report	飛行定時天氣報告
MFC	Multi Function Computer,	多功能電腦
MMEL	Master Minimal Equipment List	主要最低裝備需求手冊
NAGRA	Tape recorder manufacturer in Switzerland	瑞士磁帶機製造商
NTAP	National Track Analysis Program	國家航跡分析程式
NTSB	National Transportation Safety Board	美國國家運輸安全委員會
OAT	Outside Air Temperature	外界氣溫
PAI	Principal Avionic Inspector	主任航電檢查員
PMI	Principal Maintenance Inspector	主任機務檢查員
PM	Pilot Monitor	監控駕駛員
PPC	Production Planning Control	生產計劃管制
QRH	Quick Reference Handbook	快速查閱手冊
RAPS	Recovering Analysis and Presentation System	解讀分析及動畫系統
RCAU	Remote Control Audio Unit	遙控音響裝置金屬外匣
RII	Required Inspection Item	必須檢驗項目
ROV	Remote Operating Vehicle	遙控操作載具
SAT	Static Air Temperature	靜態氣溫
SB	Service Bulletins	技術通報
SC	Single Chime	單聲警示聲

SCDD	Super Cooled Drizzle Drops	過冷冰雨滴
SCR	Special Certification Review	特殊授證評估
SEM	Scanning Electron Microscope	掃描電子顯微鏡
SFC	Surface	地面
SIGMET	Significant Meteorological Information	顯著危害天氣資訊
SIGWX	Significant Weather	顯著天氣
SIL	Service Information Letter	技術通報函
SL	Service Letter	技術信函
SLD	Super-Cooled Large Droplets	大過冷水滴
SOP	Standard Operation Procedures	標準操作程序
SPS	Stall Protection System	失速保護系統
TACC	Taipei Area Control Center	台北區域管制中心
TAF	Aerodrome Forecast	機場預報
TAS	True Air Speed	真空速
TAT	Total Air Temperature	總氣溫
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System	航情警告避撞系統
ULB	Underwater Locator Beacon	水中定位發報器
UTC	Coordinated Universal Time	世界標準時間
VFE	Flaps Extended Speed	襟翼伸放速度
VHF	Very High Frequency	特高頻
VLE	Landing Gear Extended Speed	起落架伸放速度
VMO	Maximum Operating Speed	最大操控速度
VOR	VHF Omni-directional Radio Range	特高頻多向導航臺
WAFC	World Area Forecast Centre	世界區域預報中心
WX	Weather	天氣

# 第一章 事實資料

## 1.1 飛航經過

民國 91 年 12 月 21 日，臺北時間 01:52 時<sup>4</sup>，復興航空運輸股份有限公司（以下簡稱復興）GE 791 貨機，機型為 ATR 72-200，國籍標誌及登記號碼為 B-22708，於飛航中遭遇嚴重積冰（Severe Icing）後，在馬公西南方約 17 公里處墜海失事，機上駕駛員 2 人（CM-1 及 CM-2）皆失蹤<sup>5</sup>。

12 月 20 日約 2310 時，該機飛航組員到達中正國際機場之復興業務辦公室，準備執行由中正國際機場至澳門國際機場任務。

12 月 21 日約 0056 時，GE 791 於中正國際機場 508 號貨機坪開車，0104 時由中正國際機場 06 號跑道起飛，經 CANDY 1 號標準儀器離場程序（如附錄 1），0125 時到達指定之飛航空層 180，通過馬公特高頻多向導航台/測距儀（MKG VOR/DME）後加入 A-1 航路。

氣象資料紀錄<sup>6</sup>顯示：GE 791 在中正國際機場離場時之地面溫度為攝氏 20 度，事故區域高度 18,000 呎之預報溫度為攝氏零下 9 度。

解讀該機飛航資料紀錄器（Flight Data Recorder, FDR）紀錄參數：該機分別在 0134 時至 0137 時，及 0141 時至 0152 時（FDR 停止紀錄時）等兩時段，機身除冰系統（Airframe De-icing）在啟動位置。

依據該機座艙語音通話紀錄器（Cockpit Voice Recorder, CVR）抄件：0132 時，CM-2 道：「那好像結冰 看我這裡你那邊也有結冰嘛對不對」，0134 時，CM-1 道：

---

<sup>4</sup> 本報告之時間均為當地時間，採 24 小時制。

<sup>5</sup> 正駕駛員經法院宣告死亡。

<sup>6</sup> 有效期為 12 月 20 日 2000 時至 12 月 21 日 0800 時之氣象資料。

「哦 結冰囉」。0144 時，CM-1 道：「那結冰了 蠻大坨的」。

0150:29 時<sup>7</sup>，CM-1 道：「哇塞 好大一坨哦」，CM-2 接著道：「什麼冰哦」。

0150:55 時，CM-1 道：「這速度越來越小囉 本來一百 二百哦一百九現在一百七哦」。

CM-1 與 CM-2 討論後，於 0151:38 時，CM-2 道：「那你是要高還是要啊 嚴重結冰了」。再經討論，於 0151:51 時，CM-2 向航管請求於獲准後下降至飛航空層 160。FDR 資料顯示：0151:56 時，GE791 開始下降。

0152:02 時，CM-1 道：「看到沒有」，0152:08 時，CM-1 又道：「嚴重結冰了」，0152:10 時，CM-2 道：「教官」。

0152:11 時至 0152:51 時（CVR 紀錄停止）之 40 秒時間，CVR 紀錄駕駛艙中不同警告聲響。於 0152:25 時，CM-2 道：「教官拉起來」，此為駕駛員之最後通話。

另 FDR 資料顯示：

- 該機到達飛航空層 180 平飛後，指示空速最低時為 0151:12 時之 157 浬/時，最高時為 0152:50 時之 436 浬/時，即 FDR 紀錄停止時；
- 0152:12 時，該機開始有俯角，0152:23.5 時起至 FDR 紀錄停止時，俯角皆在 50 度以上，最大為 0152:41 時之 85.9 度；
- 0152:09 時，開始左坡度，2 秒後達 48.9 度，之後至 FDR 紀錄停止時，坡度皆在不停變化中，最大超過 90 度；
- 最大垂直加速度為 0152:45.375 時之 4.02G；
- 自動駕駛在 0152:11 時，有跳脫紀錄。

---

<sup>7</sup> 0150:29 時表示 01 時 50 分 29 秒，以下均同。

## 1.2 人員傷害

傷害情況	組員	乘客	其他	小計
死亡	0	0	0	0
重傷	0	0	0	0
輕傷/無傷	0	0	0	0
失蹤	2	0	0	2
總計	2	0	0	2

## 1.3 航空器損害情況

該機殘骸細碎，完全損壞。

## 1.4 其他損害情況

無。

## 1.5 人員資料

### 1.5.1 飛航組員經歷

#### 1.5.1.1 CM-1

CM-1 為中華民國籍，曾任軍用運輸機駕駛員，服役期間之總飛航時間為 3,638:45 小時。民國 80 年 2 月進入復興，擔任 ATR 42 型機副駕駛員，同年 5 月完成 ATR 42/72 型機差異訓練，民國 82 年 9 月晉升為 ATR 42/72 型機正駕駛員。事故時，ATR 42/72 型機之飛航時間為 10,608:48 小時，總飛航時間為 14,247:33 小時。

#### 1.5.1.2 CM-2

CM-2 為中華民國籍，民國 85 年 6 月至次年 7 月在美國 FlightSafety International 完成 ATR 42/72 型機駕駛員初始訓練，當時之總飛航時間為 307 小時

。民國 86 年 9 月進入復興，11 月 27 日完成 ATR 42/72 型機差異訓練，次年 7 月完訓擔任 ATR 42/72 型機副駕駛員。事故時，總飛航時間為 4,578:48 小時。

表 1.5-1 駕駛員基本資料表

項 目	CM-1	CM-2
性 別	男	男
事故發生時年齡(歲)	53	34
進入復興航空公司日期	80 年 2 月 20 日	86 年 9 月 15 日
執 業 證 書 種 類	民航業運輸駕駛員 101096	民航業運輸駕駛員 102065
檢 定 證 項 目	ATR 42/72	ATR 42/72 F/O
到 期 日	92 年 8 月 31 日	93 年 1 月 6 日
體 格 檢 查 種 類	甲類駕駛員	甲類駕駛員
到 期 日	92 年 3 月 31 日	92 年 4 月 30 日
最近一次飛航檢定	91 年 7 月 25 日	91 年 6 月 23 日
總 飛 航 時 間	14,247 小時 33 分	4,578 小時 48 分
最近 12 個月飛航時間	887 小時 37 分	873 小時 14 分
最近 90 日內飛航時間	201 小時 14 分	178 小時 44 分
最近 30 日內飛航時間	59 小時 46 分	42 小時 11 分
最近 7 日內飛航時間	8 小時 52 分	11 小時 05 分
ATR 42/72 飛航時間	10,608 小時 48 分	4,271 小時 48 分
事 故 日 已 飛 時 間	0	0
事 故 前 休 息 時 間	24 小時以上	24 小時以上

## 1.5.2 飛航組員訓練及考驗紀錄

### 1.5.2.1 CM-1

#### 機種新進訓練

民國 80 年 3 月 29 日在法國 ATR Training Center 完成 ATR 42 型機飛航組員地面學科訓練，4 月 22 日副駕駛員性能及起落檢定合格，5 月 16 日完成 ATR 42/72 型機差異訓練，5 月 21 日副駕駛員航路檢定合格。

#### 升等訓練

民國 82 年 6 月 21 日完成 ATR 42/72 型機正駕駛員升等訓練之地面學科訓練，民國 82 年 8 月 13 日正駕駛員性能及起落檢定合格，8 月 17 日正駕駛員航路檢定合格。

#### 定期複訓

民國 80 年起至 86 年間，復興之駕駛員模擬機定期複訓在美國 FlightSafety International 實施，民國 86 年 10 月起改在泰國曼谷 Asian ATR Training Center 實施，由復興教師駕駛員施訓，再由民航局委任之檢定考試官執行檢定。

定期複訓與檢定紀錄顯示：

1. 民國 87 年 10 月 18 日之「ATR 複訓檢定紀錄表」在其表定項目外，另以手寫加入「ICING CONDITION EXERCISES」等字於項目欄中，唯成績欄空白；
2. 民國 88 年 7 月 21 日至 22 日之「複訓紀錄表」之「Approaches to Stalls」項目，另以手寫加入「+ ICING」於項目欄中，成績為「S」(satisfactory)，該次複訓之「ATR 複訓檢定紀錄表」評語欄記載「WEAK SYSTEMS KNOWLEGDE BUT IS ABLE AND VERY WILLING TO LEARN」；
3. 民國 89 年 3 月 17 日至 18 日之「複訓紀錄表」之「Approaches to Stalls」項目，

另以手寫加入「INCLUDE ICING」於項目欄中，成績為「S」，該次複訓之「ATR 複訓檢定紀錄表」評語欄記載「TENDENCY TO LOSE SITUATIONAL AWARENESS—AUTOPILOT NOT ENGAGED BUT NOT AWARE AND LEAD TO STICK SHAKER STALL, SEVERE BANK >45° WITH SINGLE ENG. RE-DID EXERCISE SEVERAL TIMES WAS OK.—BUT STILL UNSTEADY.」；

4. 民國 90 年 7 月 9 日之「ATR 複訓檢定紀錄表」成績為及格；
5. 民國 91 年 2 月 20 日之「ATR 複訓檢定紀錄表」成績為及格。

### 1.5.2.2 CM-2

#### 機種新進訓練

民國 86 年 8 月在美國 FlightSafety International 完成 ATR 42/72 型機駕駛員機種訓練，民國 86 年 9 月進入復興開始 ATR 72 型機新進訓練，11 月 27 日完成 ATR 42/72 型機差異訓練，民國 87 年 2 月 18 日 ATR 42/72 型機副駕駛員性能及起落檢定合格，4 月 5 日 ATR 42/72 型機副駕駛員航路檢定合格。

#### 定期複訓

CM-2 完成機種新進訓練後，迄事故時之定期複訓與檢定皆合格，評語欄無不正常記載。

### 1.5.3 飛航組員地面學科定期複訓

復興飛航組員每年 2 次定期複訓術科實施前先進行「地面學科」複訓，訓練時間為 1 天，課程包括：

1. 民航法規 1 小時；
2. 組員資源管理（Crew Resources Management，CRM）1 小時；

3. 能操控情形中撞地/減低進場及落地失事/近地警告系統（Controlled Flight Into Terrain / Approach and Landing Accident Reduction / Ground Proximity Warning System）1 小時；
4. 航空器系統不正常操作 2 小時；
5. 教師駕駛員提示 1 小時；
6. 航情警告及避撞系統（Traffic Alert and Collision Avoidance System，TCAS）操作或寒冷天氣（Cold Weather）操作，包括穿越雷雨操作、氣象雷達等，4 月至 9 月實施航情警告及避撞系統操作，10 月至 3 月實施寒冷天氣操作 1 小時；
7. 其它需加強補充課程（如：機隊通告）等課程；及
8. 測驗 1 小時。

依據訪談紀錄：飛航組員地面學科定期複訓之課程及測驗係由該型機機隊之教師駕駛員擔任。

### 1.5.3.1 CM-1

依據復興提供之 CM-1 最近兩年地面學科訓練紀錄：實施日期及測驗成績分別為：民國 90 年 1 月 9 日為 98 分，民國 90 年 7 月 2 日為 100 分，民國 91 年 1 月 31 日為 100 分，民國 91 年 7 月 19 日為 100 分。

### 1.5.3.2 CM-2

依據復興提供之 CM-2 最近兩年地面學科訓練紀錄：實施日期及測驗成績分別為：民國 90 年 1 月 9 日為 100 分、民國 90 年 5 月 17 日為 98 分，民國 90 年 12 月 18 日為 94 分，民國 91 年 6 月 11 日為 95 分。

## **1.5.4 飛航組員健康狀況**

### **1.5.4.1 CM-1**

民航局核發 CM-1 之體格檢查及格證中之「限制」欄註明，該員：「視力需戴眼鏡矯正」。

### **1.5.4.2 CM-2**

民航局核發 CM-2 之體格檢查及格證之「限制」欄無註記事項。

## **1.5.5 飛航組員事故前 72 小時活動**

### **1.5.5.1 CM-1**

1. 12 月 18 日：前一日任務後夜宿高雄，0720 時在高雄分公司報到，執行高雄→馬公→高雄→馬公→松山任務，約 1200 時在松山機場落地後下班；
2. 12 月 19 日：休假與家人郊遊；
3. 12 月 20 日：日間在家休息，約 2310 時至中正機場復興業務辦公室報到，執行 GE 791 任務。

### **1.5.5.2 CM-2**

1. 12 月 18 日：前一日任務後夜宿花蓮，0650 時至花蓮分公司報到，執行花蓮→松山任務，於 0812 時在松山機場落地後下班；
2. 12 月 19 日：在家休假；
3. 12 月 20 日：日間在家休息，約 2140 時至復興聯管中心報到，任務提示後搭車赴中正國際機場，執行 GE 791 任務。

## 1.6 航空器資料

### 1.6.1 航空器基本資料

據復興提供之維修紀錄，該機按民航法規執行之維修作業在規定期限完成，相關適航指令亦按期完成。失事前，該機無延遲改正缺點紀錄。基本資料如表 1.6-1。

表 1.6-1 航空器基本資料

項次	項目	內容
1	國籍標誌及登記號碼	B-22708
2	機型	ATR-72-200
3	製造廠	法國 AVIONS DE TRANSPORT REGIONAL 公司
4	製造序號	322
5	製造日期	81 年第 3 季
6	交機日期	81/08/25
7	使用者	復興航空公司
8	所有者	復興航空公司
9	主客艙設計	散裝貨艙
10	適航證有效期	92/02/15
11	總飛時	19,254 : 27
12	起降次數	25,529
13	上次大修類別與日期	7C 級檢查 90/06/17
14	預計下次重大維修	8C 級檢查/ 19,501 小時前
15	C 級檢查時數	3,600 小時

該機於民國 81 年 8 月交機後，自法國飛渡台北。國籍標誌及登記號碼為 B-22708，擔任國內航線客機約六年。87 年 10 月 15 日租予英國 Gill Airways，其英國民航局註冊編號為 GBXYV。該機在英國擔任客貨兩用機 3 年後退租，飛渡返台改裝為貨機，向民航局申請適航證，國籍標誌與登記號碼仍為 B-22708。該機於國內外使用情況如表 1.6-2，重大維修時程如表 1.6-3，重大修理與改裝紀錄如表 1.6-4。

表 1.6-2 B-22708 國內外使用情況

使用情況	期間
出廠期	81 年第 3 季
自法國圖魯士開始飛渡	81/9/24
飛渡抵台北日期	81/9 /28
國內線營運期	81/10/6~87/9/18
飛渡英國 Newcastle International Airport	87/9/22
英國 Gill Airways 營運期	87/10/15~90/2/21
自英國飛渡返台	90/12/30
留台改全貨機飛航	91/2/22~91/12/21

表 1.6-3 重大維修時程表

檢查種類	完工日期	飛行時數	落地次數	執行者
1C	1993/08/31	1862:20	2746	復興
2C	1994/06/25	3569:46	5537	復興
3C	1995/08/22	5320:15	8524	復興
4C	1996/03/12	7048:49	11584	復興
5C	1997/05/13	9212:19	15293	復興
6C	1998/02/20	10784:03	17998	復興
1CFH/2CFH/2CCA	1999/11/15	13854	21037	GILL
1CFH/2CFH	2000/06/28	15054	22103	GILL
1CFH/2CFH	2001/06/21	16808	23997	GILL
7C	2002/06/17	18088:08	24974	復興

表 1.6-4 重大修理/改裝紀錄

項目	日期	內容
1	2002/02/22	ATR 72 貨機改裝 class “E”
2	2001/03/17	安裝 Collins TCAS and 2 ATC mode S 及 Sextant VSI/TCAS Collins 無線電導航系統
3	2002/10/07	修改客艙內裝

該機全長 1068 吋 (27 公尺)，寬為 1064 吋 (27 公尺)，翼高 143 吋 (3.6 公尺)，水平安定面高 301 吋 (7.6 公尺)，如圖 1.6-1。

檢視民國 91 年度該機定期檢查 (A 與 C 級) 紀錄，無重大結構修理記載。

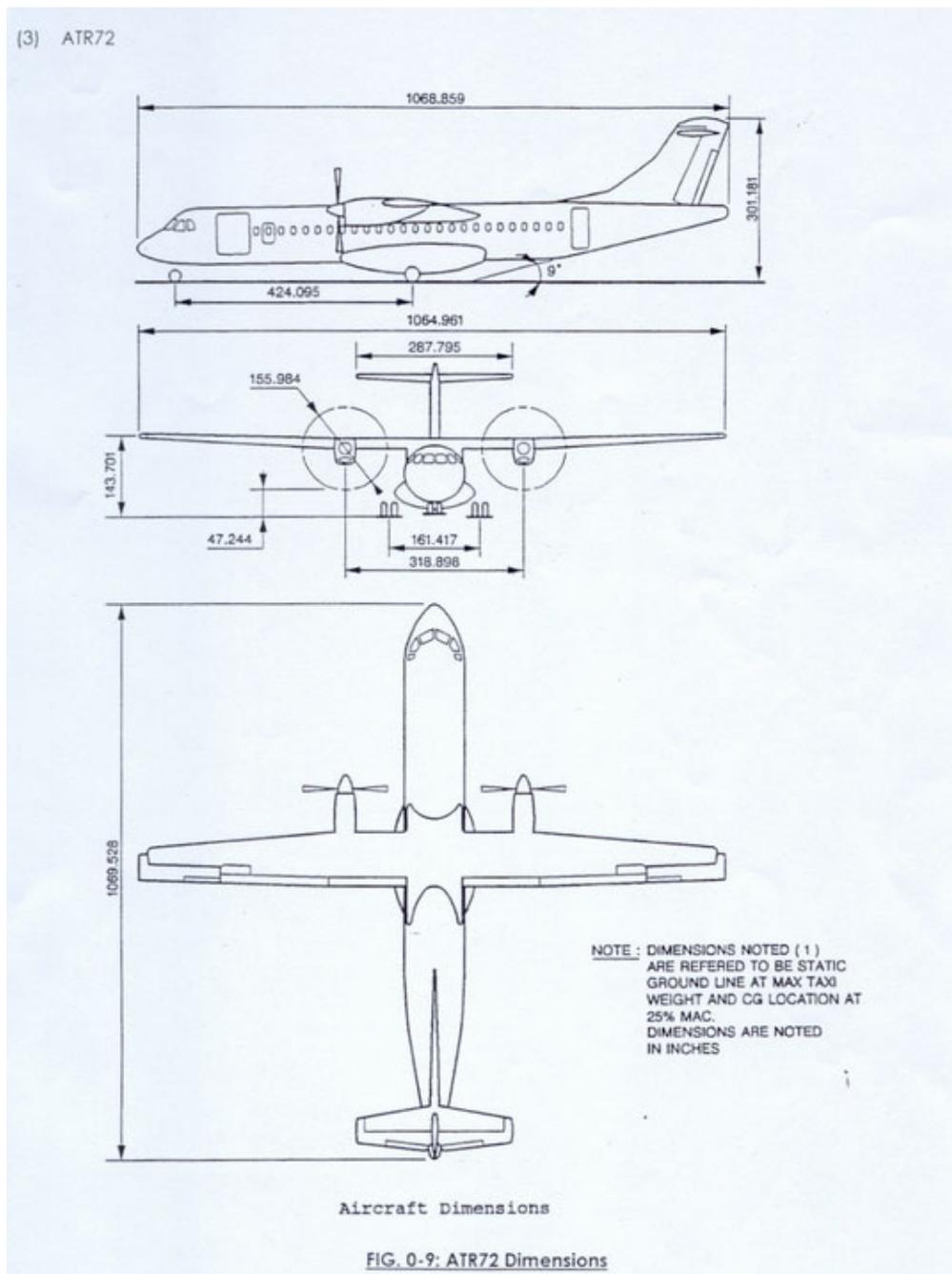


圖 1.6-1 ATR 72 尺寸

## 1.6.2 發動機資料

該機使用兩具 PWC124B 發動機，基本資料如下：

表 1.6-5 PW124B 發動機基本資料

位置	發動機序號	製造日期	最近安裝日期	安裝後使用時數	總使用時數	總使用次數
1	124636	82/03	91/01/24	1,871:39	15,638:58	23,469
2	124420	79/10	91/08/26	693:05	18,605:52	29,076

## 1.6.3 螺旋槳資料

該機使用兩具 Hamilton Standard 14SF-11 型,806660-1 螺旋槳，基本資料如下：

表 1.6-6 806660-1 螺旋槳基本資料

位置	序號	製造廠家	安裝日期	安裝後使用時間	總使用時間	總使用次數
1	MFG930320	Hamilton Standard, United Tech. Co.	90/10/15	1,871:39	6,956:00	6,477
2	MFG930321	Hamilton Standard, United Tech. Co.	90/10/15	1,871:39	1,901:51	917

## 1.6.4 ATR 72 防、除冰系統

ATR 72 防、除冰系統具有下列功能：

- 翼前緣除冰靴充氣除冰（抽取發動機壓縮段空氣），諸如機翼外緣與內緣及水平尾翼等重要區域之除冰（如圖 1.6-2）；
- 發動機進氣道唇片除冰靴充氣除冰；
- 螺旋槳槳葉、駕駛艙正面與側面風擋、動壓管、靜壓孔、全溫探針與攻角

偵測器用電熱加溫方式防冰；

- 副翼、升降舵與方向舵平衡角板電熱防冰。

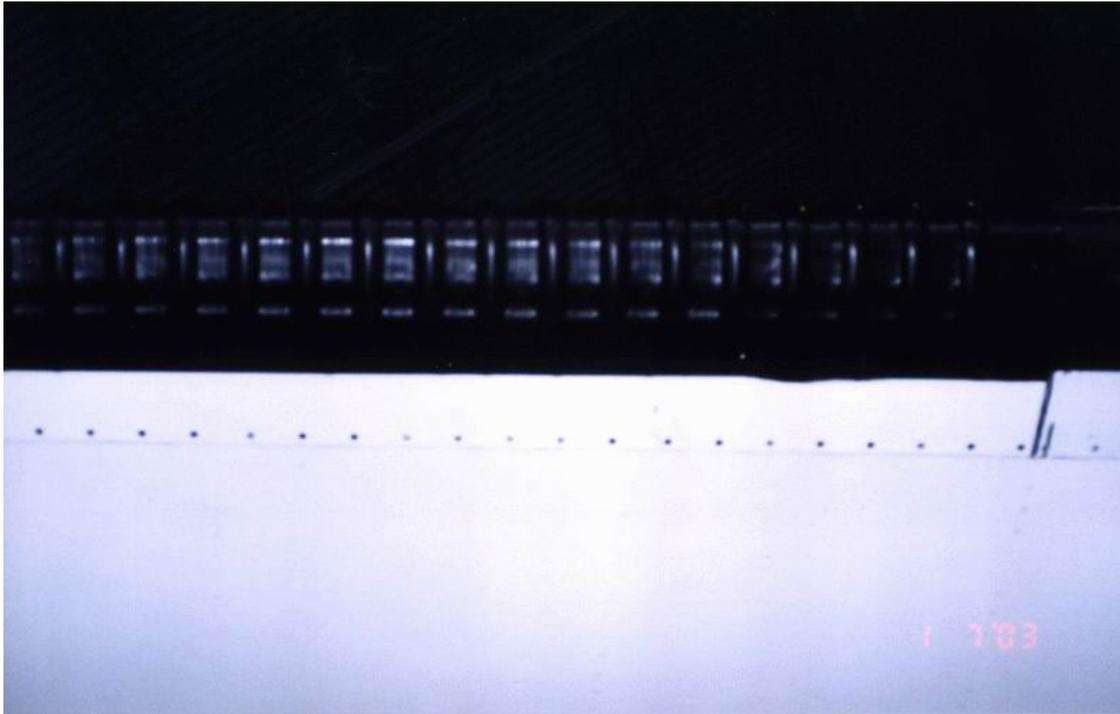


圖 1.6-2 除冰靴充氣鼓起（翼前緣及水平安定面）

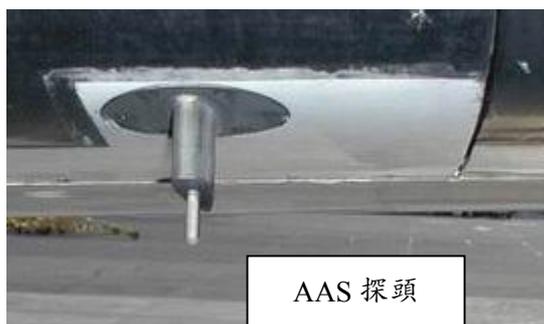
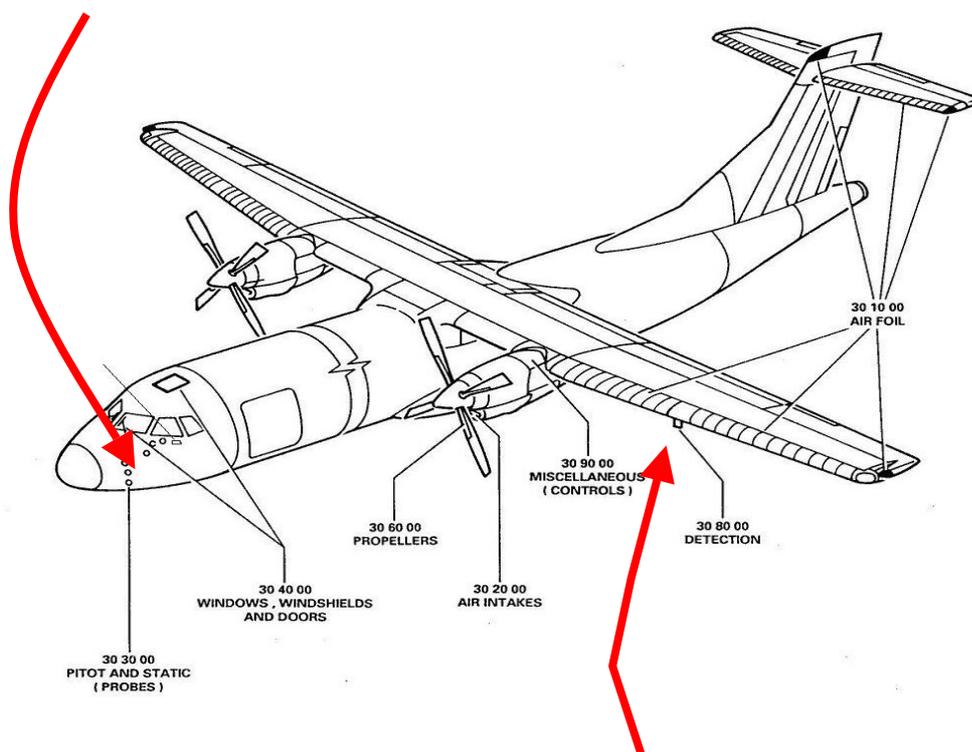


圖 1.6-3 ATR 72 防、除冰系統位置、冰跡探頭與積冰告示系統探頭

機長座位左側窗外有冰跡探頭 (Ice Evidence Probe, IEP)，如圖 1.6-3，積冰形成後，駕駛艙兩飛航組員均可目視，冰跡探頭之翼面造型使冰極易附著其上。

探頭上有小燈泡，當開啓航行燈時，此燈亦亮起。探頭本身不具防冰功能，僅提供飛航組員目視 IEP 探頭狀況以判定機身是否積冰。

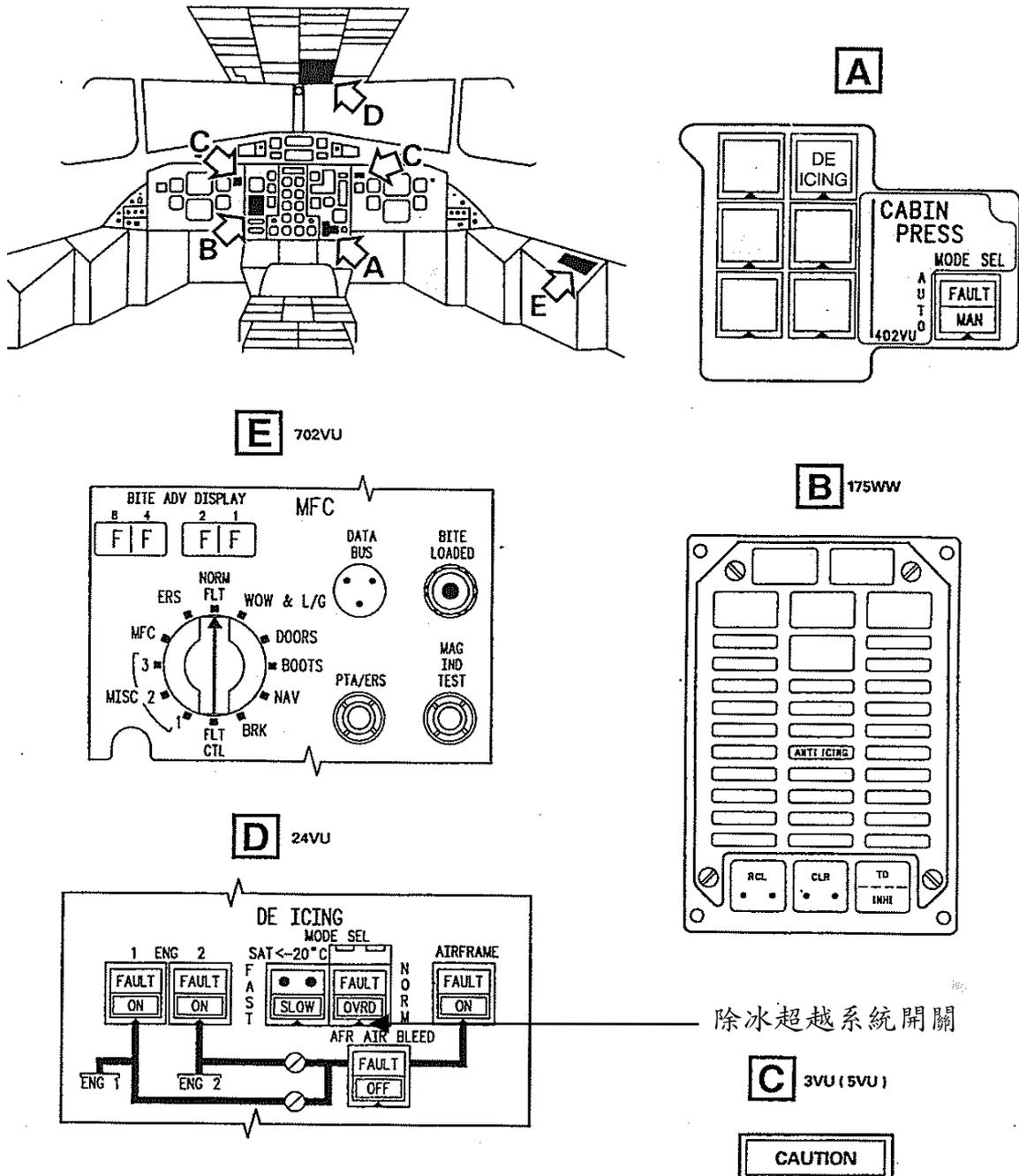


圖 1.6-4 翼前緣除冰系統儀表板於駕駛艙之位置

飛航組員經由駕駛艙內控制面板監控防冰系統，如圖 1.6-4。

此外，積冰告示系統 (Anti-Icing Advisory System, AAS) 裝有積冰共振探頭，其位置於左翼前緣除冰靴下方。積冰告示系統提供飛航組員警告燈與聲音警示，但除冰靴在作用時，無聲音警告。不論除冰靴是否在作用中，警告燈均能提供警示。

積冰告示系統使用超音波探頭偵測冰之形成。探頭直徑 1/4 吋，長 1 吋，以 40KHZ 之頻率振動，探頭積冰時震動頻率即降低，當頻率降至約 39.867Hz 時，探頭即發出訊號至駕駛艙內中央組員警示系統 (Central Crew Alerting System, CCAS)，訊號持續 60 秒，系統使儀表面板之琥珀色警告燈亮，提醒組員航空器已進入積冰區。

根據航空器維修手冊 30-81 章節內容：

*積冰偵測系統 (Ice Detection System) 的目的是在幫助組員偵測積冰狀況。偵測積冰程度的主要方法仍靠飛航組員的目視檢查。*

當系統偵測到積冰情況而翼前緣除冰功能尚未開啓，系統會發出以下警告：

1. 琥珀色警告燈 ICING 閃爍；
2. 主警告燈 CAUTION 燈閃爍；
3. 單聲警示聲 (Single Chime)。

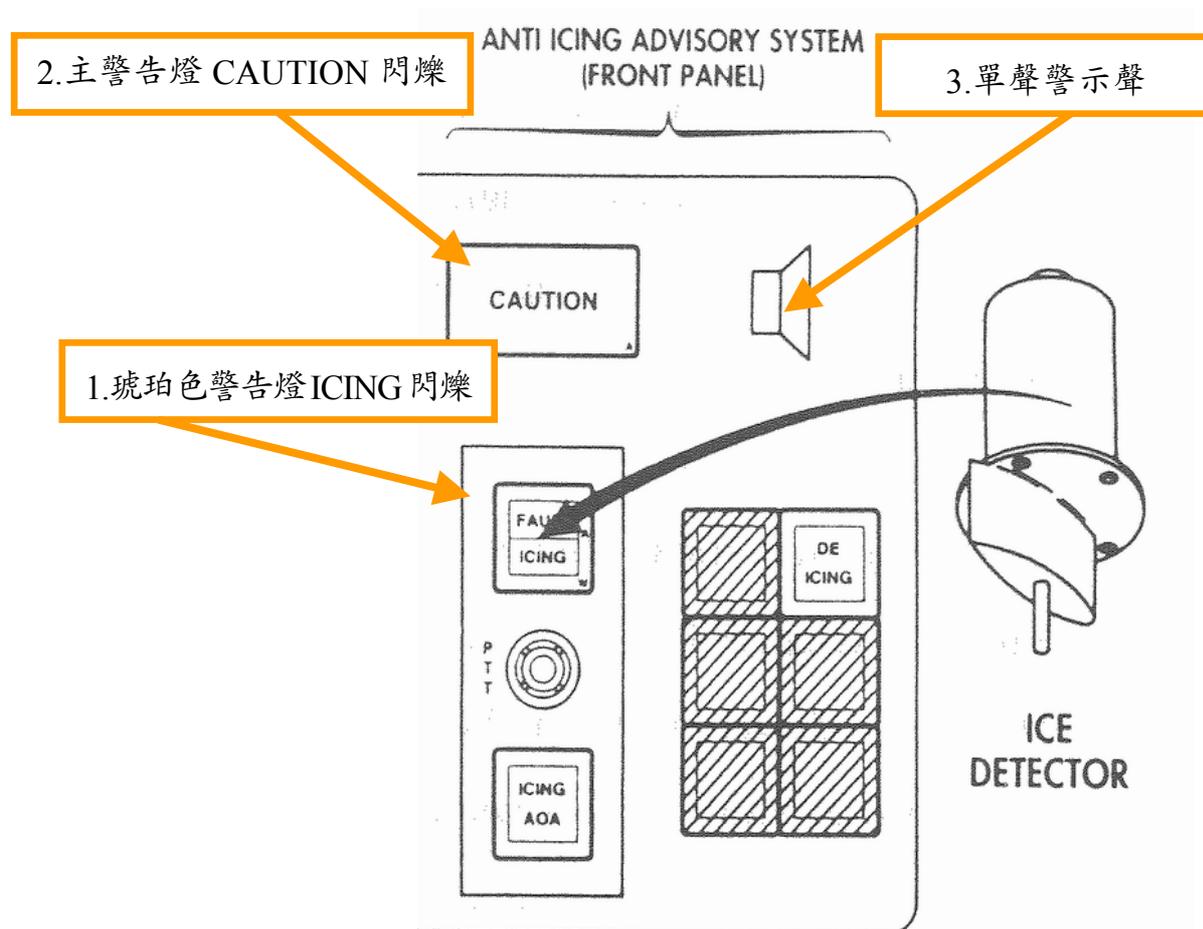


圖 1.6-5 積冰警示系統之三項警告

如積冰情況存在而除冰功能未開啓，琥珀色警告燈 ICING 將會閃爍；當除冰功能開啓後，祇要積冰情況存在，琥珀色警告燈 ICING 將持續穩定亮燈。而飛操面各平衡角板（Horn）在未選擇加熱情況下，琥珀色警告燈 ICING 將持續閃爍。

倘若 AAS 探針超過 5 分鐘偵測不到積冰情況，飛航組員會收到閃爍之 DE ICING（除冰）藍燈訊息。

### 1.6.5 防、除冰系統之異常訊息

組員啓動翼面、發動機與槳葉之防、除冰系統後，14 個獨立次系統開始監控，並提供系統運作是否異常之訊息。系統異常時經由 2 套多功能電腦 (Multi Function

Computer, MFC) 處理訊號，監控各感知器及提供組員防、除冰功能開關"FAULT" 警告燈亮、主警告燈 CAUTION 燈閃爍、中央組員警示系統 CCAS 面板 ANTI ICING 警告燈亮與單聲警示聲 (Single Chime) 等訊息。多功能電腦故障時，系統亦會提出警告，提醒組員使用除冰備份系統 (如圖 1.6-3)。

多功能電腦監控下列情況：

- 1 號發動機除冰靴供氣異常 1-1 (BOOTS AIR SUPPLY FAULT ENGINE 1-1)；
- 1 號發動機除冰靴供氣異常 1-2 (BOOTS AIR SUPPLY FAULT ENGINE 1-2)；
- 1 號發動機供氣過熱 1-1 (AIR BLEED OVHT ENGINE 1-1)；
- 1 號發動機供氣過熱 1-2 (AIR BLEED OVHT ENGINE 1-2)；
- 1 號發動機槳葉加熱碳刷異常 1-1 (BRUSH BLOCK SUPPLY FAULT PORPELLER 1-1)；
- 一號發動機槳葉加熱碳刷異常 1-2 (BRUSH BLOCK SUPPLY FAULT PORPELLER 1-2)；
- 機體除冰靴供氣異常-1 (BOOTS AIR SUPPLY FAULT AIRFRAME-1)；
- 機體除冰靴供氣異常-2 (BOOTS AIR SUPPLY FAULT AIRFRAME-2)；
- 2 號發動機除冰靴供氣異常 2-1 (BOOTS AIR SUPPLY FAULT ENGINE 2-1)；
- 2 號發動機除冰靴供氣異常 2-2 (BOOTS AIR SUPPLY FAULT ENGINE 2-2)；

- 2 號發動機供氣過熱 2-1 (AIR BLEED OVHT ENGINE 2-1)；
- 2 號發動機供氣過熱 2-2 (AIR BLEED OVHT ENGINE 2-2)；
- 2 號發動機槳葉加熱碳刷異常 2-1 (BRUSH BLOCK SUPPLY FAULT PORPELLER 2-1)；
- 2 號發動機槳葉加熱碳刷異常 2-2 (BRUSH BLOCK SUPPLY FAULT PORPELLER 2-2)。

方向舵、昇降舵與副翼之角板加熱係由兩個平衡角板防冰控制器監控，各次系統如有異常狀況，控制器即發出下列警示，提醒組員採取後續動作：

1. 琥珀色警告燈 ANTI ICING 燈亮；
2. 主警告燈 CAUTION 燈閃爍；
3. 單聲警示聲 (Single Chime)。

### 1.6.6 ATR 72 橫向飛行操控系統

ATR 72 橫向飛行操控系統含鋼繩操縱之副翼 (Aileron) 及由液壓致動輔助副翼之翼擾流板 (Wing Spoiler) (如圖 1.6-6)。副翼運用 1 套制衡鉸鏈與翼後緣平衡片 (Balance Tab) 及平衡角板組件 (Horn) 搭配。平衡角板組件自副翼沿機翼方向延伸至翼尖，扮演平衡副翼質量角色。

駕駛艙中之駕駛盤 (Control Wheels) 經由操縱鋼繩 (Control Cable) 將操縱量傳送到副翼。操縱鋼繩裝有鋼繩張力調節器 (Cable Tension Regulator) 以維持鋼繩張力在固定值範圍內。僅有 1 組電動馬達配平致動器連接到左副翼平衡片上。駕駛盤、平衡片及副翼之作用範圍分別是：左/右 65 度、上/下 4 度及上/下 14 度。左右上翼面各有 1 組液壓致動之擾流器以增強橫向操控系統之功用。副翼操縱連桿也以機械式連動至擾流器的液壓致動器。副翼後緣向上 2.5 度時，液壓致

動器即開始作用，副翼後緣向上達 14 度時，擾流器亦升起至 57 度。操作駕駛盤所需的力，與和副翼連動的駕駛盤及副翼制衡鉸鏈之力矩大小有關。副翼制衡鉸鏈之力矩大小，則視作用在副翼及其相關平衡裝置表面的空氣壓力而定。(ATR 72 之副翼、平衡片及平衡角板，如圖 1.6-7 及圖 1.6-8 所示)

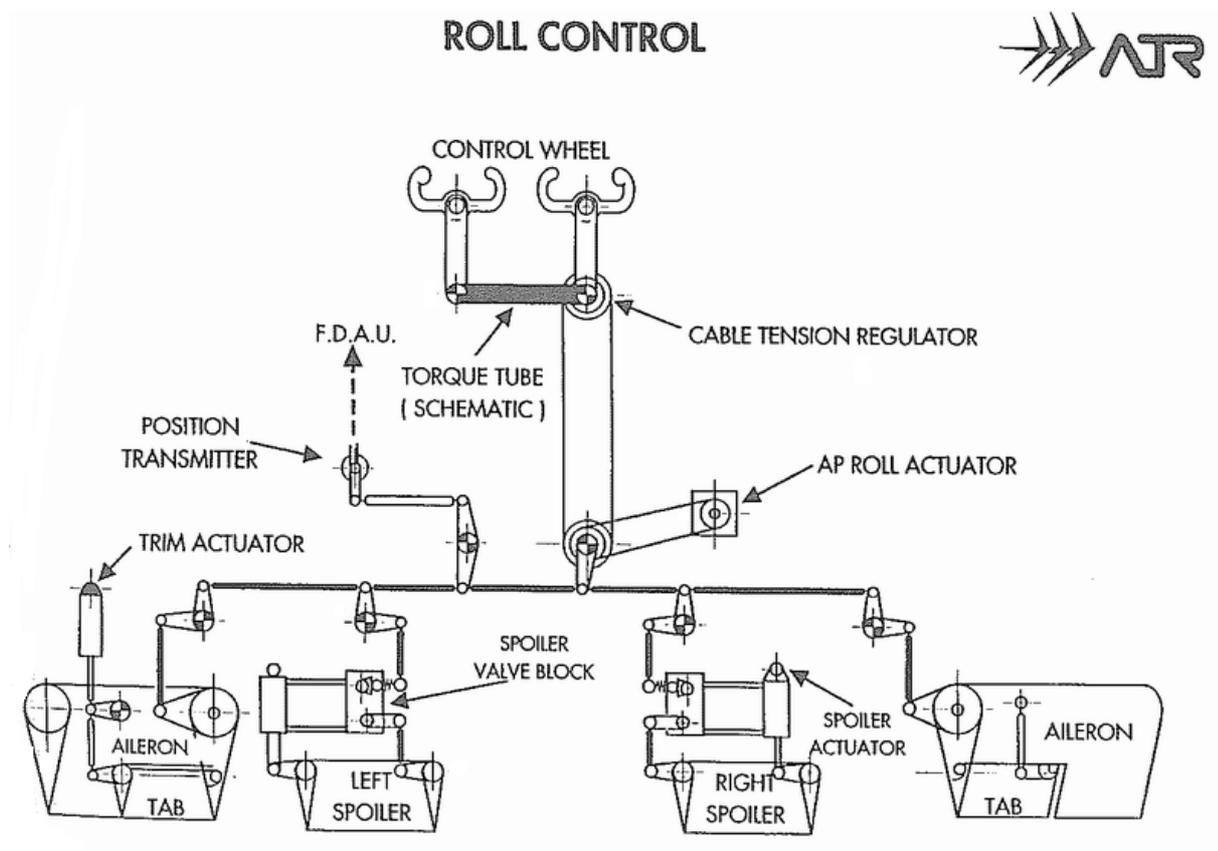


圖 1.6-6 橫向飛行操控系統

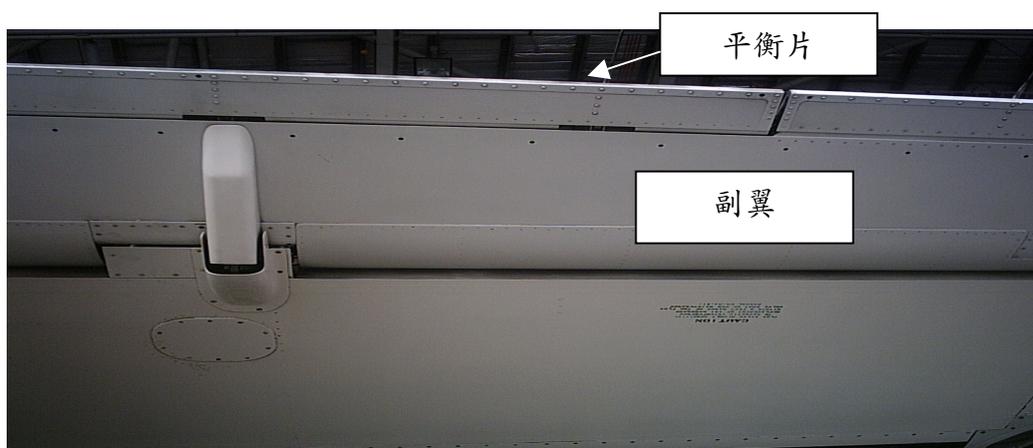


圖 1.6-7 ATR 72 副翼及平衡片



圖 1.6-8 ATR 72 副翼平衡角板

### 1.6.7 ATR 72 失速保護系統

無論是否處在積冰空層，ATR 72 失速保護系統 (Stall Protection System, SPS) 均能在航空器失速前提供飛航組員警告。失速保護系統包含下列兩種不同裝置：

- 攻角 (Angle of Attack, AOA) 角度，當攻角達到預設之安全界限前同時啟動聲音及操縱桿振盪器警告；
- 當攻角繼續升高接近失速，操縱桿推桿器 (Stick Pusher) 啟動。推桿器一啟動，操縱桿會立即強烈向下推頭。

機上 2 具多功能電腦控制失速保護系統，多功能電腦運用下列訊號來源而運

作：

- 攻角探測器；
- 襟翼位置；
- 發動機扭力；
- 航空器地/空顯示；
- 副翼平衡角板防冰情況；
- 航空器對地高度（高或低於 500 呎）；
- 翼前緣內側是否裝置除冰靴。

當正攻角快速增加時，失速保護系統也會降低啟動門檻。根據 ATR 72 航空器維護手冊，其降低門檻值可大到正 3 度，且不因是否使用防冰系統而有影響。

即使語音警告系統、操縱桿振盪器及操縱桿推桿器等次系統任一失效時，此系統仍具失速保護功能。

ATR 72 於各種襟翼角度下，無論在積冰或非積冰區域飛航時，均有其個別對應之失速保護系統啟動門檻。

襟翼角度於 0° 及 15° 時，系統對應下列攻角啟動操縱桿振盪器警告。

表 1.6-7 啟動操縱桿振盪器警告之對應攻角

襟翼角度	飛航狀況		
	正常	積冰	
		起飛 10 分鐘內	起飛超過 10 分鐘
Flap 0°	16.5°	/	11.2°
Flap 15°	16.3°	14.5°	10.3°

襟翼角度於 0° 及 15° 時，系統對應下列攻角啟動操縱桿推桿器。

表 1.6-8 啓動操縱桿推桿器之對應攻角

襟翼角度	飛航狀況		
	正常	積冰	
		起飛 10 分鐘內	起飛超過 10 分鐘
Flap 0°	20°	/	15.3°
Flap 15°	20°	16.4°	16.4°

當處於 14CFR Part 25 附錄 C 定義之積冰情況，本系統考量防冰系作用後之空氣動力改變，會在較低攻角時啓動保護功能，但此啓動門檻降低之功能，未考量 14CFR Part 25 附錄 C 定義外之更惡劣天氣狀況，如在凍雨之情況下飛航。

### 1.6.8 自動飛行系統

ATR-72 裝有 Honeywell SPZ-6000 數位自動飛行控制系統（Digital Automatic Flight Control System, DAFCS）包含下列次系統：

- 姿態與航向參考系統（Attitude and Heading Reference System, AHRS）；
- 空氣資料系統（Air Data System, ADS）；
- 電子飛行儀器系統（Electronic Flight Instrument System, EFIS）；
- 飛行導引系統（Flight Guidance System, FGS）；
- PRIMUS 800 彩色雷達系統。

DAFCS 為全自動飛行控制系統，能提供失效被動（Fail-Passive）飛行指示導引、自動駕駛、偏航阻尼與俯仰調整等多項功能。自動駕駛電腦持續監控系統並提供組員系統功能異常之警告。其傾斜角度限制器有高（預設值 27 度）、低（預設值 15 度）兩個角度控制。駕駛員可選擇自動駕駛在轉彎時之最大傾斜角度限制，其選值亦適用於自動駕駛。

電腦偵測到下列情況時，自動駕駛系統即跳脫：

- 啓動自動駕駛或偏航阻尼 (Yaw Damper) 之情況不復存在，包含副翼行程變動率過大 (每秒超過 3.6 度)；
- 兩套姿態與航向參考系統或空速指示差異過大；
- 兩套俯仰配平系統不一致；
- 航機抵達失速門檻。

倘若副翼行程變動率監視器跳脫，自動駕駛之副翼伺服馬達與伺服離合器失去電力來源，飛航組員將接收到語音與目視警示。

### 1.6.9 ATR 72 防冰/除冰系維修紀錄

據復興 ATR 72 航空器維護計劃，防冰/除冰系統之翼前緣除冰靴功能檢測列於 C 級檢查。該機上次 7C 級檢查於 90 年 6 月 21 日執行。

#### 1.6.9.1 防冰/除冰系適航指令及其執行情況

該機防冰/除冰系適航指令主要內容及執行情況如下：

1. 民航局適航指令 83-ATR-108G (法國 DGAC AD1996-207-031(B) R1/美國 FAA AD 96-09-28) 為改善航空器嚴重積冰情況，該適航指令修改操作程序與其系統設計，要求在 85 年 7 月 10 日前修訂航空器飛航手冊 (Aircraft Flight Manual, AFM) 之「使用限度」、「操作程序」等章節；並需於 85 年 12 月 11 日前完成下列工作：

- (1) 修改襟翼伸放之邏輯電路 (技術通報 ATR 72-27-1039)；
- (2) 安裝加寬之外側機翼前緣除冰靴 (技術通報 ATR 72-30-1023 & 57-1015 & 57-1016)。

復興執行該 AD 紀錄摘要如下：

- (1) B-22708 於 85 年 3 月 17 日完成技術通報 SB ATR 72-27-1039；
- (2) B-22708 於 85 年 12 月 2 日完成技術通報 SB ATR 72-30-1023、ATR 72-57-1015 與 ATR 72-57-1016；
- (3) 復興工程師室於 85 年 5 月 23 日會請航務處修訂飛航手冊 (AFM)，航務處於 85 年 5 月 31 日回覆確認修訂完成。

2. 民航局適航指令 88-ATR-146B (法國 DGAC AD 1999-015-040(B) R1) 要求修訂 ATR 72 飛航手冊有關積冰情況說明要點如下：

- (1) 在 88 年 5 月 4 日前修訂 ATR 72 飛航手冊之「使用限度」、「正常程序」、「緊急程序」等內容；
- (2) 在 88 年 5 月 16 日前將飛航手冊之修訂內容正式納入飛航組員操作手冊 (Flight Crew Operation Manual, FCOM) 內。

國內及國外對適航指令執行情況如下：

- (1) 英國 Gill Airways 於 88 年 4 月 22 日執行該適航指令；
- (2) 復興於 91 年初自英國 Gill Airways 收回 B-22708 時，向 ATR 購買第 14 版 (89 年 9 月發行) 之飛航手冊，符合適航指令要求。檢視復興修訂飛航手冊之程序包含除冰及防冰操作限制、正常程序與緊急程序等程序，符合適航指令要求；另在 89 年 7 月出版之 FCOM 2.04.05 PAGE9,10 除冰及防冰操作等程序已作修訂。

3. 民航局適航指令 88-ATR-147A (法國 DGAC AD 1999-166-041(B) R1)

該適航指令涉及與嚴重積冰有關航空器設計改善，要求在 90 年 9 月 30 日前完成下列工作：

- (1) 修改「積冰」燈號閃爍之邏輯電路 (技術通報 ATR 72-30-1034)；

- (2) 安裝加長之中段機翼前緣除冰靴（技術通報 ATR 72-30-1032R1 & 30-1033R1 或 30-1037）。

英國 Gill Airways 於 88 年 11 月 15 日完成技術通報 ATR 72-30-1032, 30-1033 & 30-1034 之執行，另該機不受技術通報 ATR 72-30-1037 之影響，不需執行。

#### 4. 民航局適航指令 90-ATR-153（法國 DGAC AD 2001-045-054(B)）

該適航指令旨在修訂航空器飛航手冊有關除冰系統之說明。要求在 90 年 2 月 18 日前以第 14 版修改航空器飛航手冊之「正常程序」章節之內容。

該適航指令執行紀錄摘要如下：

- (1) 英國 Gill Airways 於 90 年 1 月 31 日修訂 AFM；
- (2) 復興航空公司於 91 年收回 B-22708 時，向 ATR 購買第 14 版（89 年 9 月發行）之飛航手冊，符合適航指令要求。

#### 1.6.9.2 有關防冰/除冰系技術通報執行情況

防冰/除冰系技術通報執行內容摘要如下：

1. SB ATR 72-30-1032（加長除冰靴）、ATR 72-30-1033（加寬除冰靴）及 ATR 72-30-1034（修改偵測積冰顯示燈）屬民航局適航指令 88-ATR-147A（DGAC AD 1999-166-041【B】）執行項目。檢視英國 CAA 簽署該機適航證，及於 88.11.15 由 GILL AIRWAYS 以 WO NO. 000029 完工資料，確認該 3 項 SB 已執行；
2. SB ATR 72-30-1014（積冰偵測器功能修改）、ATR 72-30-1026（更換 1 號與 2 號翼前緣除冰靴）、ATR 72-30-1030（更換除冰系充氣調節與關斷閥）等 3 項屬於選擇性 SB，經復興工程師評估後，認為不需執行；
3. SB ATR 72-30-1027（防止昇降舵與方向舵角板面蒙皮油漆過熱）及 ATR 72-30-1028（防止副翼角板面蒙皮油漆過熱）等 2 項屬於建議性，經復興工程

師評估後，選擇不執行；

4. SB ATR 72-30-1020（防冰閥門加熱）與 ATR 72-30-1039（防止槳葉漏電損傷第 15 號軸承）等兩項技術通報，屬於選擇性技術通報，復興未予執行，但未提供工程師評估報告。

### 1.6.9.3 防冰/除冰系統故障紀錄

檢視民國 90 年 12 月 21 日至 91 年 12 月 21 日整年內航空器系經歷紀錄簿，下列為紀錄簿內有關防冰/除冰系統故障與改正措施紀錄：

- 91 年 1 月 2 日 1 號發動機螺旋槳加熱碳刷失效，其處理動作為將加熱碳刷更換，功能測試正常；
- 91 年 1 月 2 日 2 號發動機螺旋槳加熱碳刷失效，將加熱碳刷更換，功能測試正常；
- 91 年 1 月 2 日 1 號機體除冰分佈氣閥因工單要求更換，其處理動作為將分佈氣閥更換，功能測試正常後放飛；
- 91 年 1 月 2 日因工單要求分佈氣閥更換，其處理情形為將之更換，功能測試正常後放飛；
- 91 年 1 月 2 日因工單要求除冰調節閥/關斷閥更換，其處理動作為將之更換，功能測試正常後放飛；
- 91 年 1 月 9 日 1 號發動機螺旋槳加熱碳刷失效，其處理動作為將加熱碳刷更換，功能測試正常；
- 91 年 4 月 4 日 IEP 燈泡失效，經更換燈泡後，地面檢查功能正常；
- 91 年 5 月 11 日 2 號發動機螺旋槳加熱失效，此列為延遲缺點改正項目，根據 MEL 30-61-1 放飛；

- 91年5月13日承5月11日2號發動機螺旋槳加熱失效延遲缺點，將螺旋槳葉更換後，功能測試正常；
- 91年5月18日1號發動機螺旋槳加熱失效，此列為延遲缺點改正項目，根據 MEL 30-61-1 放飛；
- 91年5月19日承5月18日1號發動機螺旋槳加熱失效延遲缺點，將螺旋槳葉更換後，功能測試正常；
- 91年7月8日發現1號發動機進氣道束緊器箱子裝反，將之重新安裝；
- 91年8月24日於澳門發動機試車時與車輛互撞，左機翼外側翼前緣除冰靴受損，經更換整個除冰靴後，功能測試正常；
- 91年10月27日發現1號發動機進氣道唇片6點鐘方向破損，將進氣道唇片更換後，功能測試正常；
- 91年11月18日2號發動機螺旋槳加熱碳刷長度小於9mm，其處理為將加熱碳刷更換後，功能測試正常。

#### 1.6.10 復興對適航指令與技術通報作業紀錄之保存

檢視復興對上述防冰/除冰系統之適航指令與技術通報作業紀錄，該公司係依據民航局 85 年 4 月 10 日備查之航空器維護能力手冊第參章第二（七）項第 10 節「適航指令與技術通報」處理程序，執行保存各項完工簽證首頁工單 (Work Order Sheet)，未保留 SB 所列工作步驟與料件更換紀錄。據復興維護人員表示 86 年 8 月前適航指令與技術通報執行完成後均祇保留封面，其餘頁面則未予保存。

該公司 86 年 8 月 13 日版之航空器維護能力冊 (Aircraft Maintenance Control Manual, AMCM) 列有 SB、技術通報函 (Service Information Letter, SIL)、AD 等之作業流程，包括工程指令 (Engineering Order, EO) 作業流程，但無以上紀錄之保存期限說明。

復興於 86 年前之適航指令執行作業，係依據民航局於 85 年 4 月 10 日核備之航空器維護能力手冊第參章第二（七）項第 10 節「技術通報及適航指令之處理」程序，執行以下作業：

1. 工程師列印工單 (Work Order Sheet) 並附應執行之 AD 或 SB 交 PPC，PPC 安排發工交工作單位及檢驗單位執行施工。
2. 工作及檢驗人員完工並簽證後，由 PPC 登錄於經歷簿後將完工簽證之 Work Order Sheet 交予工程師存檔。
3. 當所有受影響之航空器完工後，工程師填兩份技術指令/修改表單 (Engineering Authorization/ Modification) 一份送民航局備查，1 份工程師自存。

#### 1.6.11 民航法規對維護紀錄之保存要求

依照 84 年 10 月 24 日修訂之民用航空器維護簽證程序，維護紀錄之保存期限，除有特別規定外，應視同經歷紀錄之基本資料，在航空器發動機或螺旋槳損毀，永久停用或報廢發生日起保存 2 年。

對於航空器之改裝、修改及配製，民用航空器維護簽證程序之規範為：

完成修改、改裝或配製工作後，除工作紀錄及各項證明應至少保存二年外，並應將施工內容摘要記入航空器、發動機螺旋槳之經歷紀錄簿；資料包含：工作紀錄編號、檔案索引、發工單號、件號、序號、型式、部份、名稱、改變要點等，俾供參考。

另在 85 年 3 月 25 日版之民航局適航檢查員手冊 JOB FUNCTION 1 & 2 之第 VOL III -1-2 頁針對主要或次要基地設施檢查，程序 B 與 C 列出內容如下：

B. 檢查使用人技術資料庫：確認所需之技術資料皆可取得且為適時，若以微縮影片存放，則確認具備正常可使用之讀取機。如適用，技術性資料應包含：

作業規範

使用人一般維護手冊

航空器原製造廠手冊

螺旋槳、發動機、應用裝備與緊急裝備之原製造廠手冊

原製造廠或賣主之技術通報/信函

適用之民用航空局規定

適用之適航指令適用之類形資料表單與補充類型檢定證書

經核准之飛航手冊

使用人維護紀錄

C. 檢查航空器維護紀錄表存系統以確認下列事項：

(1) 維護工作皆依據使用人維護手冊之程序完成

(2) 系統提供可讀取一合理期間之紀錄

適航檢查員手冊 JOB FUNCTION 5 航空器現場維護檢查列有執行航空器現場維護檢查之事項如下：

維護紀錄

於執行現場維護檢查之過程中，必須注意下列各項紀錄：航空器適航指令，包含遵守該管制通知之方法與程序」

程序 C. 準備檢查，查閱下列事項：

(6) 影響受檢查航空器之新法規及適航指令

## 1.6.12 民用航空局對復興之維護與航電查核作業

### 1.6.12.1 維護與航電檢查員編組

民航局將國內航空公司及維修廠劃分組進行查核，計有華航、長榮、普通航空業、維修廠與區域線等 5 個小組。復興之查核由區域線小組負責。區域線小組含小組長及三位機務檢查員（含兩主任檢查員【Principal Maintenance Inspector, PMI】與 1 助理檢查員【Assistant Maintenance Inspector, AMI】）及 2 位航電檢

查員（含主任檢查員【Principal Avionic Inspector, PAI】與助理檢查員【Assistant Avionic Inspector, AAI】），監管復興、遠東及民航局航空隊機務查核作業。

### 1.6.12.2 維護／航電檢查員職責

檢查員為復興與民航局間之適航業務介面，負有確保其維修、預防保養及改裝計畫符合相關民航法規之責任。

### 1.6.12.3 查核作業執行方式

檢查員按適航檢查員手冊執行航空公司持續性適航維護計劃之檢查，監理航空公司各階段之維護作業，包括維護、工程、品質管制、生產管制、訓練及可靠性計畫。以確保航機維護含維修手冊、航空器適航、航機簽放、定期維修、完訓合格人力與工具裝備等達到適航標準，並符合民航局法規及所核准及備查手冊與計畫程序。

### 1.6.12.4 民航局對適航指令之監理

民航局依法設立有適航驗證中心，以負責國內各型機適航指令之各項發布作業。根據適航驗證中心管理作業手冊第四篇 5.2.2 節，說明如下：

*5.2.2 原製造國之民航主管機構所發布之 AD：適航驗證中心自國外收到 AD 後進行 AD 審查，審查內容共計三項，包括：AD 之生效日期(Effective Date)、執行時限 (Compliance Time or Period)，以及使用人是否需要將 AD 執行結果向民航局提出報告。審查結論紀錄於 AD 審查表，該表經民航局核准後發布 AD。當直接採用原 AD 之內容時，AD 審查表不需經過民航局核准，即可直接轉布 AD。*

民航局適航檢查員手冊工作項目 12 (Job Function 12) 訂有適航指令檢查程序，以執行其後續適航監控作業。

### 1.6.13 載重平衡資料

該機起飛總重為 21,217 公斤，貨物總重 6,455 公斤，起飛重心為 27.9%，其重心位置限制範圍在 23%至 29%間，水平安定面設定 (Stab. Setting) 為 1.0。載重及平衡相關資料如表 1.6-9。ATR 72 貨艙位置示意圖如圖 1.6-9。載重及平衡表如附錄 2。

表 1.6-9 載重及平衡相關資料表

零油重量	11,803 公斤
貨物總重限制	6,738 公斤
裝載貨物總重	6,455 公斤
各貨艙載貨重量明細	
第 11 艙	566 公斤
第 12 艙	1,069 公斤
第 13 艙	1,035 公斤
第 21 艙	1,103 公斤
第 22 艙	1,136 公斤
第 23 艙	1,164 公斤
散貨艙	382 公斤
總油量	3,000 公斤
滑行消耗油量	41 公斤
起飛總重	21,217 公斤
起飛重心位置	27.9% M.A.C.
水平安定面設定	1.0

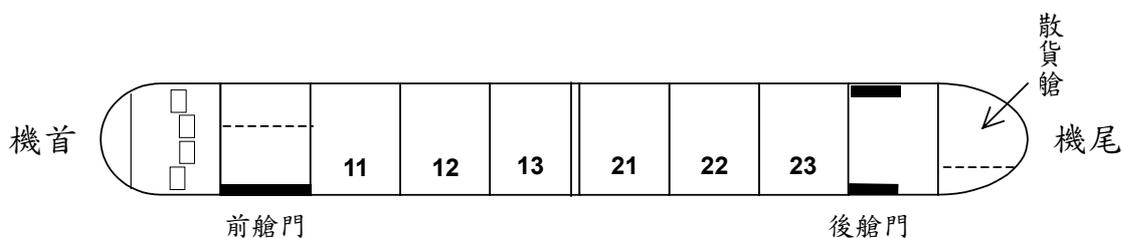


圖 1.6-9 ATR 72 貨艙艙位示意圖

## 1.7 天氣資訊

### 1.7.1 天氣概述

依據中央氣象局（CWB）91年12月20日2000及0200之地面天氣圖，低氣壓於日本九州附近海域向東移動，滯留鋒由此中心向西南延伸至台灣中部。台灣地區為多雲至陰偶小雨或陰雨天氣。

由20日2000及21日0800之850百帕（於事故地點高度約5000呎）天氣圖分析，低壓中心位於九州附近海域，鋒面向西南延伸至華南地區，溫度槽位於東經110度附近，華南、琉球及台灣皆於濕區內，台灣海峽氣溫約在11°C至13°C。

由20日2000及21日0800之700百帕（於事故地點高度約10,000呎）天氣圖分析，槽線位於華西，槽前華中至華南一帶普遍為西南風，華南沿海附近風力較強；華南、琉球及台灣北部地區皆於濕區內，台灣海峽氣溫約在2°C至4°C。

由20日2000及21日0800之500百帕（於事故地點高度約18,000呎）天氣圖分析，槽線位於華西，西南風強風軸位於華南地區；台灣海峽附近仍潮濕，氣溫約在零下9°C至零下10°C。

由20日2000及21日0800之400百帕、300百帕及200百帕（於事故地點高度分別約24,000呎、30,000呎及40,000呎）天氣圖分析，西南風強風軸位於華南地區，台灣海峽附近溼度隨時間降低，氣溫分別約在零下21°C、零下37°C及零下55°C。

依據台灣電力公司落雷偵測系統資料顯示，於21日0120至0220，台灣東部海域及東北部海域有落雷現象，台灣及台灣海峽上空無落雷紀錄。

GE 791 飛航資料紀錄器紀錄參數中之總氣溫（Total Air Temperature）以及相關紀錄參數計算而得之靜態氣溫（Static Air Temperature）如圖 1.7-1 所示。

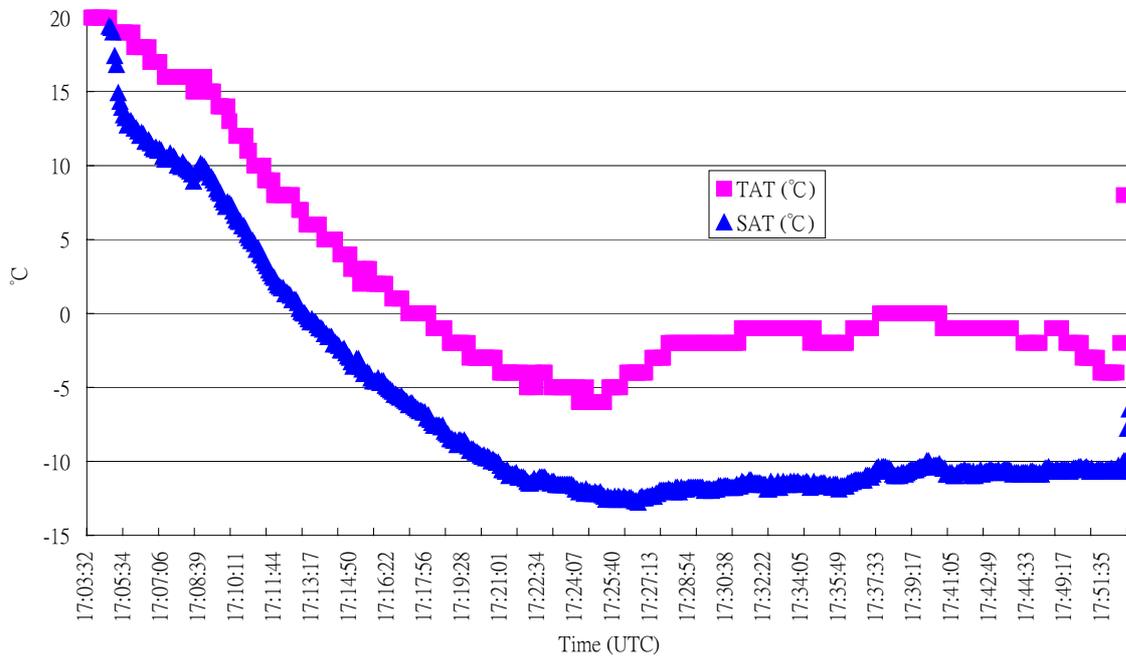


圖 1.7-1 GE 791 飛航軌跡上之總氣溫及靜態氣溫

由紅外線衛星雲圖 (21 日 0131 之雲圖如附錄 3) 及中央氣象局都卜勒氣象雷達回波分析，局部性對流發展於華南沿海附近，隨氣流移進台灣地區；東海、台灣中北部及台灣海峽有對流性雲帶分布。該機自起飛至航點"CHALI"，最高雲頂溫度約為零下 49°C，高度約為 35,000 呎；自航點"CHALI"至"SIKOU"，雲頂溫度逐漸降低至零下 25 至零下 19°C，高度約為 26,000-24,000 呎；自航點"SIKOU"至"MAKUNG"，雲頂逐漸降低至 20,000 呎，雲層並有部分間隙；航點"MAKUNG" 至失事地點雲頂逐漸升至 29,000 呎。

事故前後無航空器天氣報告 (AIREP)。

## 1.7.2 地面天氣觀測

以下為事故地點周圍及起飛機場之飛航天氣報告 (METAR)。

中正國際機場 (RCTP，距失事地點東北方 253 公里)：時間 20 日 1700 UTC；類型-整點天氣觀測；風向 040°，風速 11 浬/時；能見度大於

10 公里；疏雲 800 呎、裂雲 1,200 呎、密雲 4,000 呎；溫度 20℃，露點 20℃；高度表撥定值 1014 百帕。趨勢預報-暫時性變動，能見度 3,000 公尺；天氣現象-中度降雨；裂雲 800 呎、密雲 3,000 呎。

時間 20 日 1800 UTC；類型-整點天氣觀測；風向 040°，風速 8 浬/時；能見度 7 公里；天氣現象-小雨；疏雲 800 呎、裂雲 1,200 呎、密雲 4,000 呎；溫度 19℃，露點 19℃；高度表撥定值 1014 百帕。趨勢預報-暫時性變動，能見度 3,000 公尺；天氣現象-中度降雨；裂雲 800 呎、密雲 3,000 呎。雨量 0.5 公厘

馬公機場 (RCQC，距失事地點東北方 21 公里)：時間 20 日 1700 UTC；類型-整點天氣觀測；風向 020°，風速 16 浬/時，陣風 28 浬/時；能見度 6 公里；天氣現象-小雨；疏雲 600 呎、裂雲 1,000 呎、密雲 4,000 呎；溫度 20℃，露點 19℃；高度表撥定值 1013 百帕。趨勢預報-無顯著變化。雨量 1.3 公厘。

時間 20 日 1800 UTC；類型-整點天氣觀測；風向 040°，風速 15 浬/時，陣風 27 浬/時；能見度 7 公里；天氣現象-小雨；疏雲 600 呎、裂雲 1,000 呎、密雲 4,000 呎；溫度 20℃，露點 19℃；高度表撥定值 1012 百帕。趨勢預報-無顯著變化。雨量 0.3 公厘。

高雄國際機場 (RCKH，距失事地點東南方 137 公里)：時間 20 日 1700 UTC；類型-整點天氣觀測；風向 360°，風速 5 浬/時；能見度 6 公里；天氣現象-小雨；疏雲 800 呎、裂雲 1,500 呎、密雲 4,500 呎；溫度 20℃，露點 19℃；高度表撥定值 1012 百帕。趨勢預報-無顯著變化。雨量 0.75 公厘。

時間 20 日 1800 UTC；類型-整點天氣觀測；風向 340°，風速 6 浬/時；能見度 6 公里；天氣現象-小雨；疏雲 800 呎、裂雲 1,500 呎、密雲 4,500 呎；溫度 20℃，露點 19℃；高度表撥定值 1011 百帕。趨勢預報-無顯著變化。雨量 0.5 公厘。

嘉義機場 (RCKU，距失事地點東方 96 公里)：時間 20 日 1800 UTC；

類型-整點天氣觀測；風向 090°，風速 6 浬/時；能見度 3,200 公尺；天氣現象-小雨及靄；疏雲 1,000 呎、裂雲 2,500 呎、裂雲 5,000 呎；溫度 19°C，露點 19°C；高度表撥定值 1013 百帕。趨勢預報-無顯著變化。雨量 1.8 公厘。

金門機場 (RCBS，距失事地點西北方 151 公里)：時間 20 日 1800 UTC；類型-整點天氣觀測；風向 030°，風速 4 浬/時；能見度 4,500 公尺；天氣現象-小雨；稀雲 800 呎、裂雲 2,200 呎、裂雲 5,000 呎；溫度 17°C，露點 15°C；高度表撥定值 1016 百帕。趨勢預報-無顯著變化。雨量 2 公厘。

中央氣象局雨量紀錄如表 1.7-1：

表 1.7-1 雨量紀錄

測站/時間(UTC)	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20
台中 距失事地點東北方 146 公里	0	0	1.1(mm)	0.3(mm)	0.6(mm)
嘉義 距失事地點東方 100 公里	T	0.5(mm)	2(mm)	T	2(mm)
台南 距失事地點東南方 94 公里	0.5(mm)	0.5(mm)	0.5(mm)	0	1(mm)
澎湖 距失事地點東北方 15 公里	T	0.8(mm)	0	0.5(mm)	2.5(mm)
東吉島 距失事地點東南方 33 公里	T	1(mm)	0	1(mm)	1.5(mm)
註：T 表雨跡；mm 表公厘					

### 1.7.3 飛航天氣資訊

台北航空氣象中心負責發布低 (SFC-10,000 呎)、中 (FL100-250) 層航路顯著天氣預測圖 (SIGWX Chart) 及台北飛航情報區 (Taipei FIR) 之顯著危害天氣預報 (SIGMET)。

台北航空氣象中心曾發布事故前後有效之 SIGMET，時間為 20 日 1400 至 1800，以及 21 日 0430 至 0830，如下所示：

RCTP SIGMET 2 VALID 200600/201000 RCTP-  
TAIPEI FIR EMBD TS OBS AND FCST S OF N27 CB TOP FL 450 MOV  
ENE 10 KT NC=

[台北 SIGMET 2；台北 FIR，有效時間 20 日 0600 UTC 至 1000 UTC；  
類型-內嵌雷暴；觀測及預報位於北緯 27 度以南；積雨雲頂高度 FL450；  
朝東北東方以每小時 10 浬速度移動；強度無變化。]

RCTP SIGMET 3 VALID 202030/210030 RCTP-  
TAIPEI FIR EMBD TS OBS AND FCST N OF N23 AND E OF E118 CB  
TOP FL 400 MOV ENE 10 KT WKN=

[台北 SIGMET 3；台北 FIR，有效時間 20 日 2030 UTC 至 21 日 0030  
UTC；類型-內嵌雷暴；觀測及預報位於北緯 23 度以北、東經 118 度以  
東；積雨雲頂高度 FL400；朝東北東方以每小時 10 浬速度移動；強度減  
弱。]

台北航空氣象中心發布之低層及中層 SIGWX Chart，有效時間至 21 日 0200 及 21 日 0800（中層 SIGWX Chart 如附錄 4）。台北至澎湖地區為有雨天氣，雲量為裂至密雲，雲底高度 1,500 呎至 3,000 呎、雲頂高度大於或等於 25,000 呎、低層為層雲及層積雲、中層為高層雲及高積雲，0°C 等溫線約於 FL120，無積冰或亂流圖示（中度或以上）。台北至澎湖地區高空風及溫度為：

FL100：風向 230° ~ 250°，風速 15 ~ 30 浬/時；溫度 2°C ~ 5°C。

FL180：風向 240° ~ 250°，風速 40 ~ 50 浬/時；溫度零下 9°C 至零下 13°C。

香港天文台發布香港管制區（Control Area, CTA）於事故前後之 SIGMET 如下：

VHHK SIGMET 4 VALID 201340/201740 VHHH-  
HONG KONG CTA EMBD TS FCST IN AREA W OF E114 BTN N18 AND  
N20 CB TOP FL350 MOV NE 20 KT NC=

[香港 SIGMET 4；香港 CTA，有效時間 20 日 1340 UTC 至 1740 UTC；  
類型-內嵌雷暴；預報位於東經 114 度以西、北緯 18 度至 20 度之間；積  
雨雲頂高度 FL350；朝東北方以每小時 20 浬速度移動；強度無變化。]

VHHK SIGMET 5 VALID 201635/202035 VHHH-  
HONG KONG CTA EMBD TS FCST IN AREA (1) N OF N21 E OF E115 CB  
TOP FL350 MOV E 15 KT WKN AND IN AREA (2) E OF E113 BTN N18  
AND N20 CB TOP FL400 MOV E 20 KT INTSF=

[香港 SIGMET 5；香港 CTA，有效時間 20 日 1635 UTC 至 2035 UTC；  
類型-內嵌雷暴；預報位於 (1) 北緯 21 度以北、東經 115 度以東；積雨  
雲頂高度 FL350；朝東方以每小時 15 浬的速度移動；強度減弱。(2) 東  
經 113 度以東、北緯 18 度至 20 度之間；積雨雲頂高度 FL400；朝東方  
以每小時 20 浬速度移動；強度增強。]

VHHK SIGMET 6 VALID 202035/210035 VHHH-  
HONG KONG CTA EMBD TS FCST E OF E115 BTN N18 AND N20 CB  
TOP FL400 MOV E 20 KT NC=

[香港 SIGMET 6；香港 CTA，有效時間 20 日 2035 UTC 至 21 日 0035  
UTC；類型-內嵌雷暴；預報位於東經 115 度以東、北緯 18 度至 20 度之  
間；積雨雲頂高度 FL400；朝東方以每小時 20 浬速度移動；強度無變化  
。]

香港天文台發布有效時間至 21 日 0200，東亞地區的中層 SIGWX Chart 如附  
錄 5。台北至澎湖地區 0°C 等溫線約於 FL120，中度積冰位於 FL120 以上、中度  
亂流位於 FL220 以下。

東京航空氣象服務中心發布那霸飛航情報區（Naha FIR）於事故前後之 SIGMET 如下：

*RORG SIGMET 3 VALID 201220/201620 RJAA-  
NAHA FIR FRQ TS FCST IN AREA BOUNDED BY N27E126 N27E127  
N29E130 N30E130 N30E127 N29E126 AND N27E126 MOV NE 20 KT  
NC=*

*[SIGMET 3；那霸 FIR，有效時間 20 日 1220 UTC 至 1620 UTC；類型-  
頻密雷雨；預報位於北緯 27 度東經 126 度、北緯 27 度東經 127 度、北  
緯 29 度東經 130 度、北緯 30 度東經 130 度、北緯 30 度東經 127 度、北  
緯 29 度東經 126 度及北緯 27 度東經 126 度所圍之區域；朝東北方以每  
小時 20 浬速度移動；強度無變化。]*

*RORG SIGMET 4 VALID 202110/210110 RJAA-  
NAHA FIR MOD TO SEV TURB FCST IN AREA BOUNDED BY N24E124  
N24E127 N27E130 N30E130 N30E127 N28E126 N26E124 AND N24E124  
FL350/390 MOV ENE 20 KT INTSF=*

*[SIGMET 4；那霸 FIR，有效時間 20 日 2110 UTC 至 21 日 0110 UTC；  
類型-中度至嚴重亂流；預報位於北緯 24 度東經 124 度、北緯 24 度東經  
127 度、北緯 27 度東經 130 度、北緯 30 度東經 130 度、北緯 30 度東經  
127 度、北緯 28 度東經 126 度、北緯 26 度東經 124 度及北緯 24 度東經  
124 度所圍之區域；高度 FL350/390；朝東北東方以每小時 20 浬速度移  
動；強度增強。]*

東京航空氣象服務中心發布之日本地區地面至 14,000 公尺 SIGWX Chart（如附錄 6）如，台灣西南部及澎湖地區不在預報範圍之內。有效時間至 21 日 0200 之 SIGWX Chart，中度積冰與中度亂流位於台灣海峽北部、台灣中、北部及東北部海域，中度積冰高度 FL120 至 FL240、中度亂流高度 FL20 至 FL380；有效時

間至 21 日 0800 之 SIGWX Chart，中度積冰與中度亂流位於台灣東部及東部海域地區，中度積冰高度 FL80 至 FL220、中度亂流高度 FL20 至 FL320。

#### 1.7.4 駕駛員獲得之天氣資訊

根據訪談紀錄，復興簽派員提供該機副駕駛員之天氣資料包含中正國際機場 (RCTP)、澳門國際機場 (VMMC) 及香港國際機場 (VHHH) 20 日 1800 之飛航天氣報告及終端機場預報 (TAF)、20 日 1800 之紅外線衛星雲圖、東亞地區 FL020、FL050、FL100、FL150 及 FL200 之 0100 高空風及溫度預測圖。

中正國際機場諮詢台供應之天氣資料如下：

1. 東南亞地區有效時間 20 日 2000 至 21 日 2000 之終端機場預報 (TAF)；
2. 20 日 2130 紅外線衛星雲圖；
3. 倫敦世界區域預報中心之國際民航組織區域 G (亞洲至歐洲、高度 FL 250-630)，有效時間至 20 日 0200 之航路顯著危害天氣預測圖 (SIGWX Chart)；
4. 華盛頓世界區域預報中心之歐亞地區 FL180 及東亞地區 FL300, FL340 與 FL390 的高空風及溫度預測圖，有效時間至 21 日 0800。

由 FL 180 之高空風及溫度預測圖顯示台灣海峽氣溫為零下 10°C。

無證據顯示駕駛員是否從中正諮詢台電腦獲得更新之飛航天氣資訊。

#### 1.7.5 氣象雷達資訊

中央氣象局台北縣五分山都卜勒氣象雷達 (美製 WSR-88D，測站代碼 RCWF，距失事地點東北方 295 公里、距起飛地點東方 55 公里) 及台南縣七股都卜勒氣象雷達 (德製 METEOR 1500S，測站代碼 RCCG，距失事地點東南東方 74 公里、距起飛地點南南西方 244 公里)，仰角為 0.5、1.4 (1.45)、2.4、3.4 及 4.3 度，相對於該機所經航點之雷達波束中心高度如表 1.7-2 所示，雷達回波強度如

表 1.7-3 所示。GE 791 軌跡與氣象雷達回波平面疊合圖如附錄 7，剖面圖如附錄 8，資料時間為 20 日 0100 至 0200。

依據雷達資料，在台灣海峽北部，有一長約 200 公里、寬約 100 公里，高度約在 FL060 至 FL120 間之較強回波區域，回波強度約 25-45dBz，隨雲帶朝東北東方移動，其上方之雲頂較高，約為 35,000 呎。航點"CHALI"之前至航點"CANDY"之飛行軌跡位於此區域之上。

表 1.7-2 雷達波束中心高度

	0.5°	1.4	1.45°	2.4°	3.4°	4.3°	波束寬度
五分山雷達							
CHALI	9700 <sup>8</sup>	-	17000	24200	-	-	7200
CANDY	12500	-	21500	30500	-	-	9000
SIKOU	17200	-	28700	40200	-	-	11500
MAKUNG	24300	-	38900	53500	-	-	14600
七股雷達							
CHALI	11500	20800	-	31000	41300	50500	9800
CANDY	8400	15900	-	24200	32600	40100	7900
SIKOU	5000	10200	-	15900	21700	26900	5500
MAKUNG	2900	6400	-	10200	14000	17500	3600

<sup>8</sup> 單位英呎

表 1.7-3 GE 791 飛航軌跡之雷達回波強度

時間	高度 (ft)	回波強度 (dBZ)	備註
0113	10200	17.7	
0114	11000	18.3	
0115	11900	18.8	
0116	12700	25.3	
0117	13400	22.1	
0118	14200	14.3	
0119	14900	13.3	
0120	15600	14.7	
0121	16200	17.0	
0122	16700	20.3	
0123	17300	20.5	
0124	17700	20.2	
0125	18000	19.9	航點“CHALI”
0126	18000	19.2	
0127	18000	18.9	
0128	18000	19.6	
0129	18000	19.4	
0130	18000	18.8	
0131	18000	18.5	航點“CANDY”
0132	18000	15.8	CVR：那好像結冰...看我這裡你那邊也有結冰嘛對不對
0133	18000	22.0	CVR：外面水氣不夠 負十二度
0134	18000	15.3	CVR：哦 結冰囉 FDR：除冰裝置啓動
0135	18000	15.0	
0136	18000	10.1	
0137	18000	11.8	FDR：除冰裝置關閉
0138	18000	10.5	航點“SIKOU”
0139	18000	7.4	
0140	18000	3.7	

0141	18000	4.5	FDR：除冰裝置啓動
0142	18000	<MDS <sup>9</sup>	
0143	18000	<MDS	
0144	18000	<MDS	CVR：那結冰了 蠻大坨的
0145	18000	<MDS	
0146	18000	<MDS	
0147	18000	3.8	
0148	18000	8.9	航點“MAKUNG”
0149	18000	2.3	
0150	18000	2.0	CVR：哇塞 好大一坨哦 CVR：什麼冰哦
0151	18000	<MDS	CVR：只要不要在（再）有水氣因為我們現在有水氣 CVR：那你是要高還是要啊嚴重結冰了
0152	18000	<MDS	CVR：嚴重結冰了

### 1.7.6 GE 791 失事空域之其他航機活動及其天氣資訊

事故發生後，為收集附近空域其它航機活動及天氣狀況，經與台北區域管制中心聯絡，獲知當時有次級雷達迴波器 SSR CODE 分別為 3533、3563 之某 2 班機，依據次級雷達回波及飛航資料，經時間同步處理後，飛航軌跡如圖 1.7-2 所示。圖中方框為 GE 791 第一次解除除冰裝置（Airframe De-Icing）至馬公次級雷答訊號消失飛經之空域。SSR CODE 為 3563 之班機通過該空域時間為 0141:24 至 0145:26，其飛航軌跡與 GE 791 相似，均使用 A1 航路，高度從 35,000 呎下降至 24,000 呎，平均風向與風速分別為 260°，88 浬/時；此時總氣溫（Total Air Temperature, TAT）變化自零下 16.5°C 上升至約 3.3°C，如圖 1.7-3。

SSR CODE 為 3533 之班機(機型為 A300-600R)通過失事空域時間為 0207:55 至 0215:18，其飛航軌跡位於 A1 航路右側約 22 公里，高度從 30,000 呎下降至 22,000

<sup>9</sup> MDS 為雷達可偵測及辨別目標的最小接收訊號 (minimum discernable signal)

呎，平均風向與風速分別為  $260^{\circ}$ ，66 浬/時；此時總氣溫（TAT）約自零下  $10.5^{\circ}\text{C}$  上升至  $2.5^{\circ}\text{C}$ ，如圖 1.7-4。該機駕駛員訪談資料詳 1.18.3.10。

GE 791 航路附近空域不同高度風向、風速和總氣溫，可由此 2 班機之飛航資料提供，如圖 1.7-5。

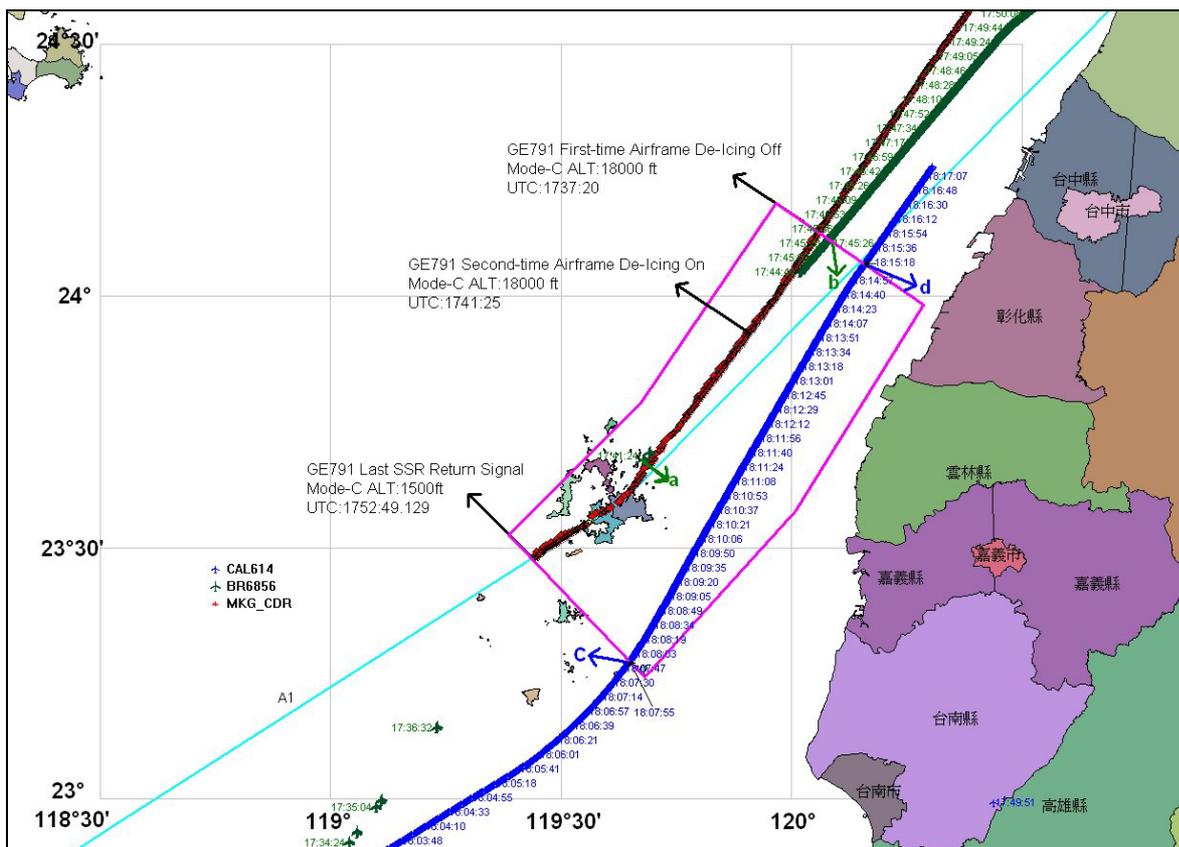


圖 1.7-2 SSR CODE 為 3533/3563 之班機經過失事空域相對航跡圖

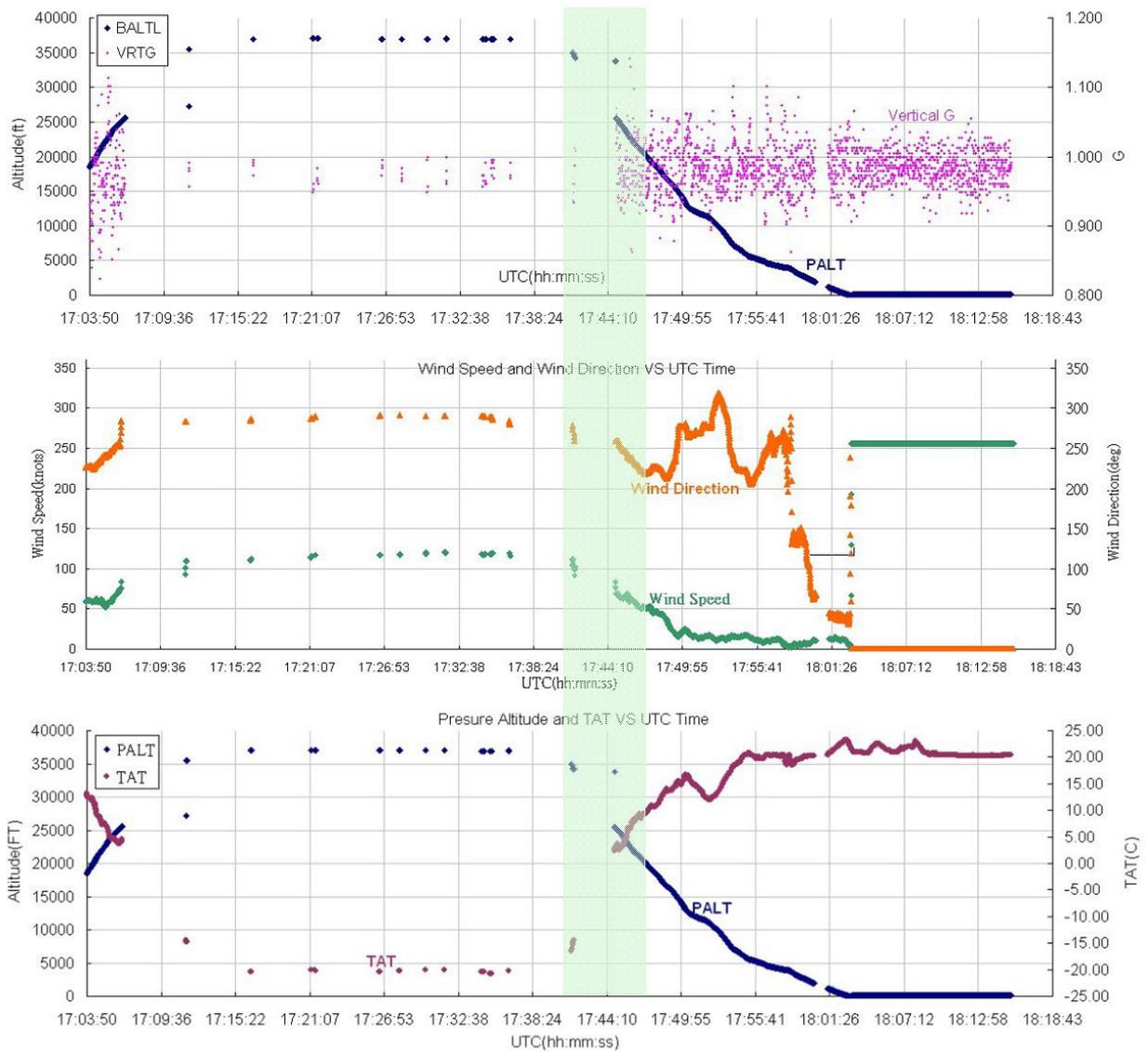


圖 1.7-3 SSR CODE 為 3563 之班機飛航資料 (含氣壓高度垂直加速度，風向、風速、總氣溫。綠色方框代表該班機通過失事空域)

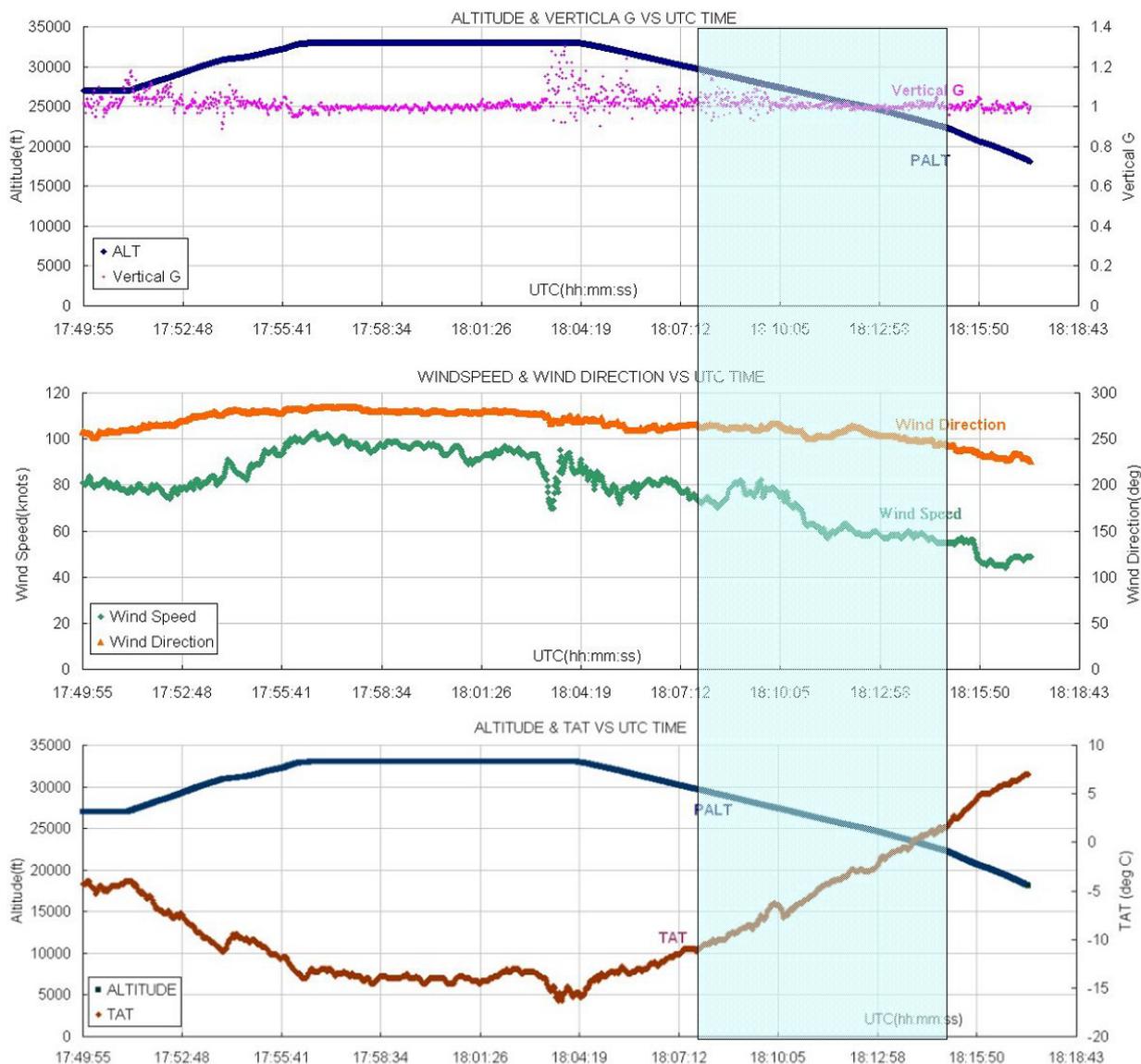


圖 1.7-4 SSR CODE 為 3533 之班機飛航資料繪圖（氣壓高度，垂直加速度，風向、風速、總氣溫。藍色方框代表該班機通過失事空域）

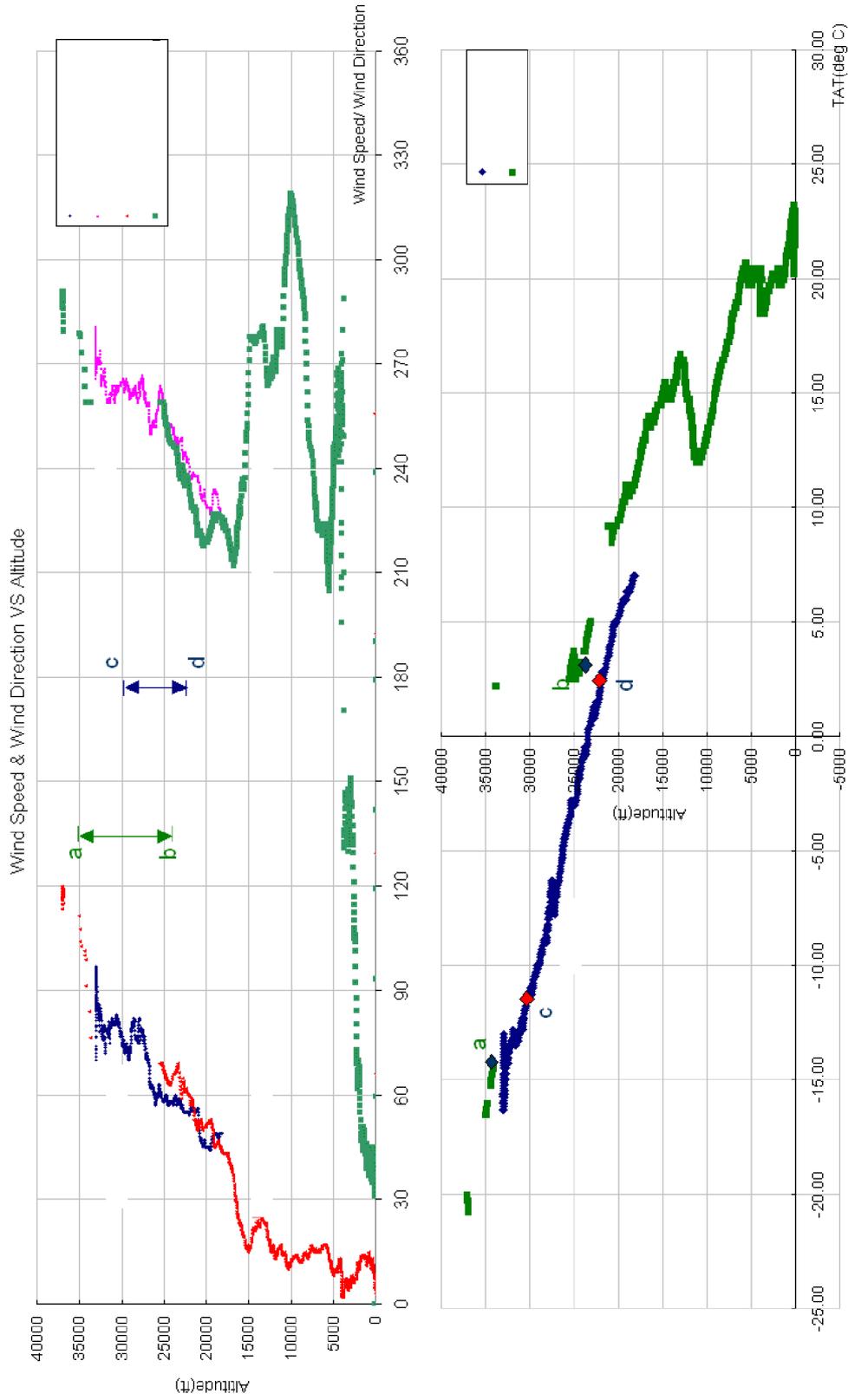


圖 1.7-5 SSR CODE 為 3533/3563 班機之飛機之飛行資料：風向風速及總氣溫 (TAT) 和高度之關係

## 1.8 助導航設施

事故期間，助航設施無異常情況。

## 1.9 通信

事故期間，除發生以下無線電干擾聲外，其餘時間陸空通信無異常。

時間	ATC 抄件	CVR 抄件
01:25:34	(ATC 與其他航機之無線電通話)	(無線電干擾聲 2.3 秒)
01:25:38	(ATC 與其他航機之無線電通話)	(無線電干擾聲 1.7 秒)
01:25:40	(ATC 與其他航機之無線電通話)	(無線電干擾聲 6.1 秒)
01:25:47	(ATC 與其他航機之無線電通話)	(無線電干擾聲 4.7 秒)
01:27:27	transasia seven niner one request elato estimated	transasia ... (間續無線電干擾聲共 14.9 秒)
01:27:44	transasia seven niner one request elato estimated	transasia seven ... (無線電干擾聲 4.1 秒)
01:28:00	transasia seven niner one affirmative request elato estimated	transasia seven niner one ... (間續無線電干擾聲共 2.2 秒)
01:30:25	(ATC 與其他航機之無線電通話)	(無線電干擾聲 12 秒)
01:31:03	transasia seven niner one please contact Taipei control one two niner point one transasia seven niner one	(無線電干擾聲 5.6 秒)

## 1.10 場站資訊

不適用。

## 1.11 飛航紀錄器

該機裝置 Fairchild A100 型座艙語音紀錄器 (CVR) 及 Loral F800 型飛航資料紀錄器 (FDR)。調查人員於失事發生後 22 日尋獲該機之 FDR，次日尋獲 CVR，兩具紀錄器皆送至本會調查實驗室進行拆解及解讀作業。

## 1.11.1 座艙語音紀錄器

### 1.11.1.1 外觀檢查及解讀結果

尋獲該具 CVR 時，外觀已嚴重損毀。橘紅色外殼脫離，前緣面板嚴重變形，上方之水下定位發報器（Underwater Locator Beacon, ULB）及資料牌（Data Plate）皆已脫落並未尋獲（如圖 1.11-1）。

當 CVR 送抵實驗室時，紀錄器仍放置於裝滿清水之水箱中，內部之防護蓋殼有些許刮痕及凹痕，經檢視內部機構，除白色塑膠捲盤破損外，其餘並無明顯損壞，而磁帶則仍然保持在原來繞捲位置，除發現些許變色及沾污部份，並無其它破損情形（如圖 1.11-1）。

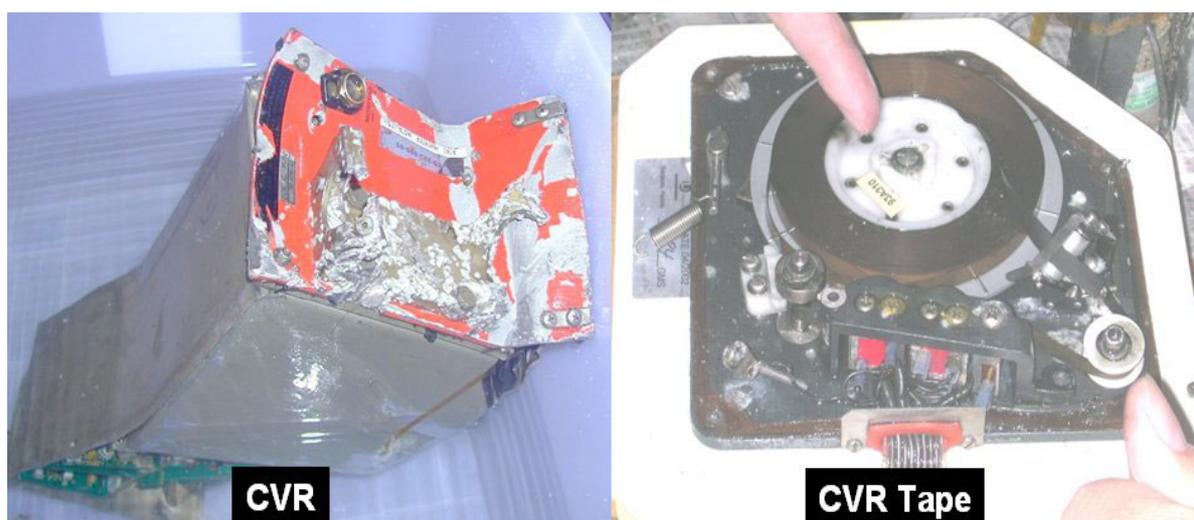


圖 1.11-1 CVR 損壞外觀及磁帶

此紀錄器包含 4 軌錄音，聲源分別來自正駕駛員麥克風、副駕駛員麥克風、座艙區域麥克風及旅客廣播系統。磁帶解讀後之錄音品質良好，30 分又 53 秒之錄音抄件如附錄 9，抄件時間乃根據該機與台北區管中心之最後 1 次通話時間（0151:59 時）為同步基準。

抄件開始紀錄時間為 0121:58 時，當時台北區管中心正指示該機爬升並保持

飛航高度 18,000 呎，之後座艙內情況正常，直至 0134:29 時第 1 次單聲警示聲 (Single Chime, SC) 出現。此為駕駛員第一次確認遭遇積冰情況。0134:32 時及 0141:21 時，出現另外 2 次相同的單聲警示聲。正駕駛員於 0144:47 時稱：「那結冰了蠻大坨的」，0150:29 時稱：「哇塞 好大一坨哦」。正副駕駛員彼此討論如何處理此情況後，副駕駛員於 0151:51 時向台北區管中心要求下降及維持飛航高度 16,000 呎，0151:55 時得到管制員允許。短暫對話之後，於 0152:10 時至 0152:51 時座艙內發生了一連串警報聲響，CVR 於 0152:51 時停止紀錄。

### 1.11.1.2 警報聲響

根據 ATR 72 飛航組員操作手冊第 1.02.10 節，用以警告飛行組員之警報聲響分為 3 類，包括：

- 連續重複警示聲 (Continuous Repetitive Chime, CRC)：用以代表所有警告 (Warnings)，並伴隨特定之警告燈指出警告類別；
- 單聲警示聲：用以代表所有警示 (Cautions)，由特定之系統指示燈指出警示類別；
- 某些操作上的重要改變並非直接由警告燈顯示，而由特定聲響或動作代表該警報：

#### 警告 (Warnings)

- 失速 (Stall) 以 cricket 聲表示；
- 超速 (Overspeed)：VMO, VFE, VLE 以 clacker 聲表示；
- 自動駕駛解除 (AP Disconnect) 以 cavalry charge 聲表示；
- 水平安定面微調 (Trim in Motion) 以 whooler 聲表示。

#### 警示 (Cautions)

- 高度警示 (Altitude Alert) 以 "c chord" 聲表示；
- 通話呼叫 (Calls) 以 door bell 聲表示；
- 自動駕駛能力降級 (AP Capability Downgrading) 以 3 個 click 聲表示。

CVR 錄音中所辨認出之警報聲響及對應時間如表 1.11-1

表 1.11-1 座艙語音紀錄器警告聲響時間表

Start Makung radartime (hh:mm:ss)	Start (CVR time) (mm:ss)	Duration (second)	Sound	Alert
01:23:04.03	01:31.03	1.92	C chord	altitude alert
01:34:28.98	12:55.98		SC	amber caution
01:34:33.13	13:00.13		SC	amber caution
01:41:21.72	19:48.72		SC	amber caution
01:52:10.45	30:37.58	00.19	similar to stick shaker	stall warning
01:52:11.05	30:38.18	pulse	similar to stick shaker	stall warning
01:52:11.55	30:38.68	01.02	similar to stick shaker	stall warning
01:52:11.67	30:38.80	01.10	cricket	stall warning
01:52:12.91	30:40.04	00.62	cavalry charge	autopilot disengage
01:52:13.97	30:41.10	00.55	similar to stick shaker	stall warning
01:52:14.98	30:42.11	01.35	cricket	stall warning
01:52:15.02	30:42.15	01.52	similar to stick shaker	stall warning
01:52:16.64	30:43.78		SC	amber caution
01:52:17.46	30:44.59	01.69	similar to stick shaker	stall warning
01:52:17.63	30:44.76	01.96	CRC	red warning
01:52:19.71	30:46.84	00.65	similar to stick shaker	stall warning
01:52:19.76	30:46.89	00.86	cricket	stall warning
01:52:20.93	30:48.06	01.36	C chord	altitude alert
01:52:22.45	30:49.58	00.46	cricket	stall warning
01:52:23.18	30:50.31	00.15	cricket	stall warning
01:52:23.48	30:50.62		SC	amber caution

Start Makung radartime (hh:mm:ss)	Start (CVR time) (mm:ss)	Duration (second)	Sound	Alert
0152:23.63	30:50.76		similar to stick shaker pulse	stall warning
0152:25.14	30:52.27	00.36	CRC	red warning
0152:26.02	30:53.15	01.65	C chord	altitude alert
0152:27.99	30:55.12		SC	amber caution
0152:29.11	30:56.24	00.22	cricket	stall warning
0152:29.46	30:56.59	01.12	clacker	overspeed
0152:30.88	30:58.01	00.23	cricket	stall warning
0152:31.17	30:58.30	19.93	clacker	overspeed

操作上獨特的聲響較容易辨認出其警報類別；但單聲警示聲及連續重複警示聲則需要其他證據輔助方可辨識其警報類別。

## 1.11.2 飛航資料紀錄器

### 1.11.2.1 FDR 外觀檢查

該 FDR 型號為 F800 型，件號為 17M800-261，序號為 3490。磁帶分為六軌，紀錄長度為 25 小時。紀錄器送抵實驗室時仍置於裝滿清水之水箱，紀錄器外表受傷嚴重；防塵外殼及所有電路板均遺失，資料牌及 ULB 則未脫落。防護盃殼完整，僅發現表面數道刮痕。打開外殼時，內部積水流出，隔熱保護外層仍完整，但白色塑膠捲盤則已破裂，磁帶呈不規則外型，外表潮濕並附著污垢，並在寫入磁頭及轉角導柱間斷裂如圖 1.11-2。磁帶經清潔、乾燥及重新繞捲後，仔細檢查發現部分磁帶已變色，並有皺折痕跡，磁帶外側與機構接觸部位受損特別嚴重。

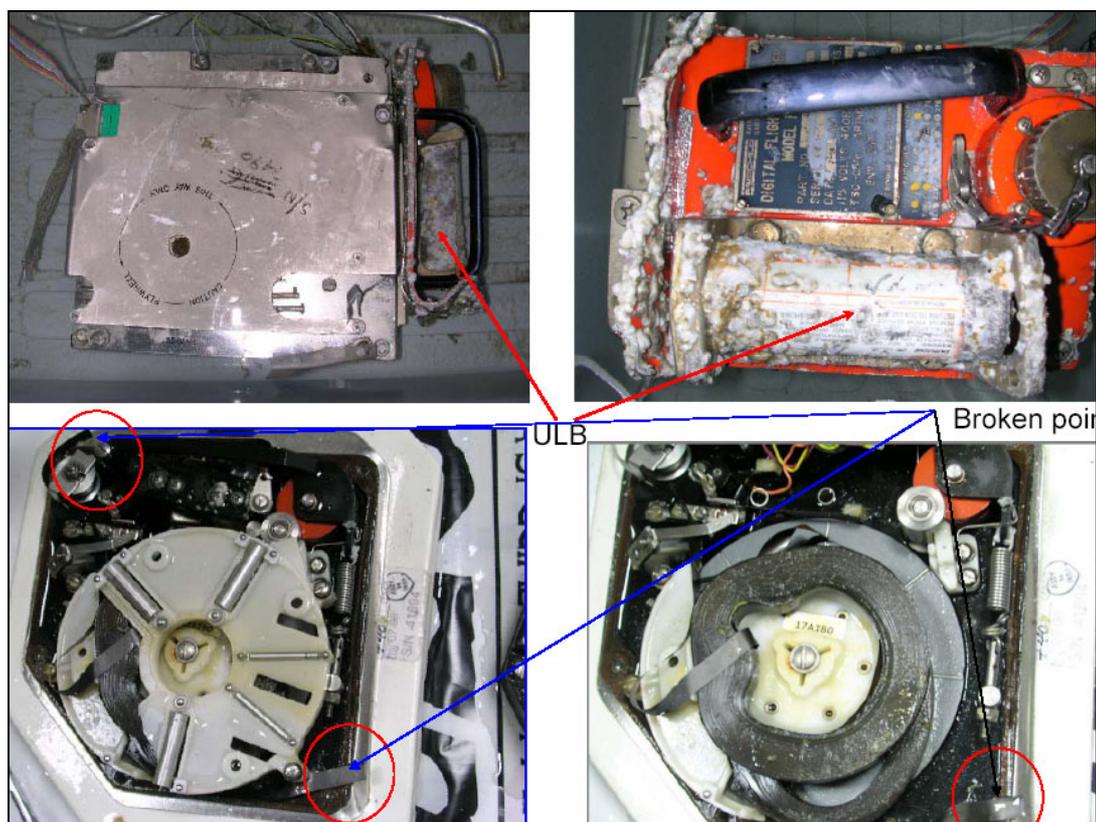


圖 1.11-2 FDR 損壞外觀圖

### 1.11.2.2 FDR 解讀

本會使用經改裝之 NAGRA-T 型磁帶機讀取 FDR 磁帶，並使用飛航資料解讀分析及動畫系統（Recovering Analysis and Presentation System，RAPS）解讀原始資料。根據 BEA 所提供之參數解讀資料，該紀錄器共紀錄 132 個工程參數，附錄 10 為 FDR 紀錄參數之列表。該機之飛航資料停止前 7 秒之原始訊號微弱，使用 RAPS 無法解讀。本會於 2003 年 3 月前往法國 BEA 並使用其研發之磁帶機與解讀系統，成功解讀最後 7 秒資料。

### 1.11.2.3 時間同步

FDR、CVR 與飛航管制錄音及雷達資料之時間同步方法，乃以各紀錄中發生之相同事件為基礎。如採用座艙組員與台北區管中心無線電通話內容，作為 CVR 與飛航管制錄音抄件之時間同步。FDR 與 CVR 之同步則以超高頻無線電發話鍵

(VHF key) 在 FDR 所紀錄之時間與 CVR 發話之時間。FDR 與雷達站之時間關聯則使用馬公雷達所接收 Mode-C 高度與 FDR 紀錄之標準大氣高度 (Pressure Altitude) 相互比對。並且此座艙語音紀錄器其中 1 軌資料包括頻率偏移調變 (Frequency Shift Key Modulation, FSK)，此資料可提供 CVR 更為精確之時間長度調整。FSK 的信號在 CVR 紀錄上每 4 秒出現 1 次，其時間與 FDR 紀錄時間相同。從 CVR 紀錄內最接近起始及結束較為穩定的 FSK 信號之時間為 17:28:47 及 17:59:23 此時為 UTC 時間，其相對的 ATC 及馬公雷達站 UTC、CVR 相對時間之對照如下：

FSK 時間 (同 FDR 紀錄時間)	ATC UTC time	馬公雷達站 UTC time	CVR 相對時間
17:28:47	17:22:02	17:22:03	00:00:32.5
17:59:23	17:52:38	17:52:39	00:31:06.1

相關時間之轉換方式如下：

1. 時間關聯建立後，同一事件在 FSK 紀錄之時間 (同 FDR 紀錄時間) 與飛航管制之雷達時間差距 00:06:44。而馬公雷達時間與台北區管中心之時間差為 1 秒，因此紀錄器組使用馬公雷達時間為 FDR 飛航資料參考時間；

馬公雷達 UTC 時間 = FSK - 00:06:44；

2. 馬公雷達時間較台北區管中心時間快 1 秒；

馬公雷達 UTC 時間 = 台北區管中心 UTC 時間 + 1 秒；

3. 馬公雷達時間較 FDR 參考時間 (SRN)<sup>10</sup> 快 59621 秒

馬公雷達時間 = SRN + 59621 秒；

<sup>10</sup> Signal Reference Number (SRN), which was based on the FDR readout system and count by synchronization words.

4. 馬公雷達當地時間＝馬公雷達 UTC 時間＋08:00:00。

#### 1.11.2.4 解讀結果

1. FDR 磁帶經數位化處理後發現，失事班機資料儲存於第四軌，磁帶斷裂處波形訊號微弱；
2. 該機之飛航資料於 0053:15 時開始紀錄，中間並無間斷一直持續至 0152:50 時；
3. 6 項非必要紀錄參數 (Nun-mandatory Parameters) 無正確訊號輸入至 FDR。包括：Anti-ice propeller no. 1 and no.2, icing AOA, icing detector status and fuel quality 1 and 2；
4. 該機於 0124:56 時爬升至巡航高度 18,000 呎，此時 "Altitude capture" activated 及 "IAS mode" deactivated；
5. 除冰參數 (Airframe De-icing) 共啟動兩次，第 1 次為 0134:29 時至 0137:20 時，第 2 次為 0141:25 時至 FDR 停止紀錄；
6. 0151:56 至 0152:12 期間，"vertical speed" activated，指示空速 (IAS) 約 158 節；
7. 於 0152:09 時之飛航資料，高度為 17,881 呎、指示空速為 158 節、仰角為 3.3 度、左坡度為 7.4 度。左右攻角分別為 8 度及 9 度，左右兩具發動機扭力比均為 69%；
8. 自動駕駛於 0152:11 時解除。高度為 17,853 呎、指示空速為 158 節、仰角為 2 度，左坡度為 48.9 度。左右攻角分別為 12 度及 9 度，左右兩具發動機扭力比均為 68.5%；
9. 主警告 (Master Warning) 作動 2 次。第 1 次於 0152:16 時至 0152:18 時，此期間之高度為 17428 呎、指示空速 164 節、俯角 22.9 度，右坡度為 58.7 度，另 1 次於 0152:44 時至 0152:47 時，此期間高度為 4,303 呎、指示空速為 406 節、

俯角為 69.2 度，左坡度為 1.4 度；

10.0152:14 時之飛航資料：高度 17,703 呎、指示空速 161 節、俯角 3.5 度、左坡度為 68.6 度、左右攻角分別為 16 度及 22 度（最大攻角）、左右 2 具發動機扭力比均為 69.5%；

11.0152:29 時之飛航資料：高度 14,085 呎、指示空速 262 節、俯角 70.1 度、左坡度為 171.9 度。左右攻角分別為 6 度及 10 度、左右兩具發動機扭力比分別為 88.5%與 89.1%；

12. 快速下降期間，垂直加速度之改變範圍在+1.3G 到+4.0G 之間；

13. FDR 停止紀錄時間為 01:52:50 時，此時紀錄高度為 484 呎、指示空速為 436.4 節、俯角為 62.5 度、右坡度為 34.8 度、左右攻角分別為-0.4 度及+0.4 度。

相關圖表如附錄 11，圖表之時間參考軸為馬公雷達 UTC 時間。

### 1.11.2.5 飛航資料計算與修正

該機之下降率可由 FDR 紀錄之大氣高度與馬公雷達紀錄之 Mode-C 高度取時間差分得之。

ATR 72 型機之 FDR 未紀錄駕駛桿（Control Column Deflection，CCD）與駕駛盤（Control Wheel Deflection，CWD）操作角度之訊號。但此 2 參數可經由升降舵與副翼 2 項參數計算得之。相關公式如下<sup>11</sup>：

$$CWD = 4.643 * \text{Aileron Deflection [deg]}, (\text{忽略空氣動力效應})$$

$$CCD = 0.5 * \text{Elevator Deflection [deg]}, (\text{忽略空氣動力效應})$$

---

<sup>11</sup>相關公式係根據 ATR 原廠提供之技術文件，編號 No 420.182/90

ATR 72 型機所紀錄之左右攻角 (LH-/RH- Local AOA、簡稱  $\alpha_{Local}$ ) 並非真實攻角，真實攻角 (True AOA、簡稱  $\alpha_{True}$ ) 可由如下之修正公式計算得之。

$$\alpha_{True} = 0.6262 * \alpha_{Local} + 0.98 \text{ [deg]}, \text{ for flap} = 0 \text{ deg}$$

ATR 原廠之駕駛桿與駕駛盤計算公式為線性關係，未考慮氣動力效應與控制鋼纜彈性。計算結果摘要如下：

1. 0152:14 時 (自動駕駛解除後 3 秒) 真實攻角最大，左右真實攻角分別為 10.8 度與 15.0 度、高度為 17,703 呎、指示空速為 161.2 節、俯角為 3.5 度、左坡度為 68.6 度、下降率為 42 呎/秒；
2. 0152:16 時真實攻角最小，左右真實攻角分別為 -4.6 度及 -5.2 度、高度為 17,428 呎、指示空速為 164.2 節、俯角為 22.9 度、右坡度為 58.7 度、下降率 204 呎/秒；
3. 0152:33 時至 0152:52 時期間下降率均大於 500 呎/秒，垂直加速度之改變範圍在 +3.08G 到 +4.02G 之間；
4. 0152:43 時至 0152:45.5 時期間之下降率，由 729 呎/秒增至 1,273 呎/秒，垂直加速度由 +3.36G 增至 +4.02G。

#### 1.11.2.6 F800 型紀錄器之磁帶異常問題

此具 FDR 不論以本會或 BEA 之磁帶機將磁帶訊號轉換為數位資料，磁帶第 1、2 軌均發現部分區段無訊號或訊號微弱，且紀錄資料異常，全為常數 14934 (15 位元編碼) 或 3622 (12 位元編碼)。磁帶第 1、2 軌無訊號部份分別為 78% (長度約 3.25 小時) 與 86% (長度約 3.58 小時)。即該 FDR 之 25 小時紀錄中，約有 6.83 小時為無訊號或訊號微弱部份。

英國航空失事調查局 (Aircraft Accident Investigation Board, AAIB) 於 2000 年 10 月 10 日一起失事調查中發現，該機裝置 F800 型 FDR，第 1 與第 2 軌均無

訊號，喪失資料長度約 8 小時。

本會詢問原廠對於 F800 型 FDR 解讀困難問題，原廠對 F800 型飛航紀錄器之磁帶無訊號問題之回覆如附錄 12 及附錄 13；該廠指出 F800 型紀錄器於 1996 年停產，為也說明 A100 及 A100A 型之 CVR，與 F800 型 FDR 之磁帶於 2002 年 7 月停產。

飛安會 2002 年例行性之飛航紀錄器普查，顯示我國仍有 6 架裝置 F800 型 FDR 之民用航空器，約有 40 架裝置 A100 或 A100A 型 CVR 之民用航空器。

## 1.12 殘骸與撞擊資料

經目視檢查 199 件殘骸，發現蜂巢結構嚴重碎裂為碎片，外表無塌陷及凹窩之硬物撞擊痕跡，斷裂邊緣呈不規則狀，結構表面纖維疊層多與夾心蜂巢脫離，纖維疊層及蜂巢無積碳或碳化現象。金屬結構殘骸嚴重彎曲、皺折，斷裂邊緣呈不規則狀，表面油漆潔淨，無積碳及熱蝕現象，斷裂面無疲勞腐蝕現象。分類如下：

### 1. 機身結構

撈獲機身部份結構包括蒙皮、窗框、艙門、尾錐等，涵蓋機身前段至後段。

- 機身蒙皮：嚴重皺折且與縱軸垂直，斷裂邊緣呈不規則狀，油漆表面無黑色積碳及熱蝕現象，斷裂面無疲勞腐蝕現象（如圖 1.12-1）。

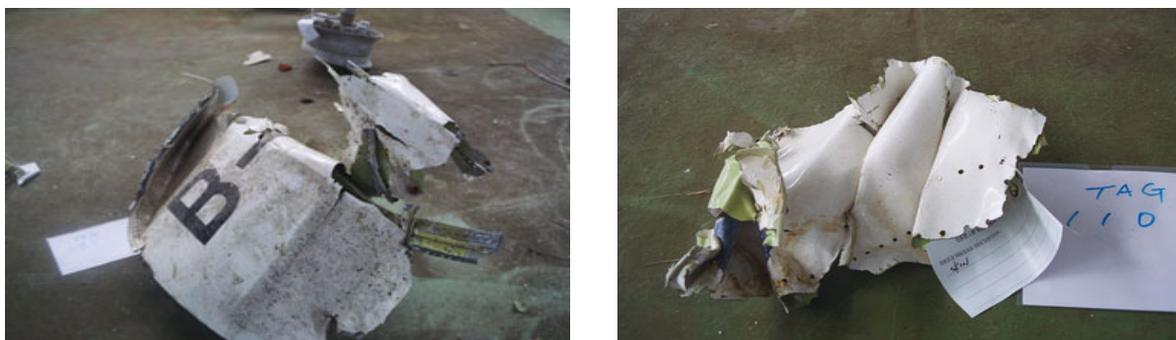


圖 1.12-1 機身蒙皮

- 窗框：與機身蒙皮脫離，窗框斷裂面與縱軸垂直（如圖 1.12-2）。



圖 1.12-2 窗框

- 右後艙門：艙門把手於關位置，前側嚴重壓擠變型與縱軸垂直（如圖 1.12-3）。



圖 1.12-3 右後艙門

- 航空器尾錐：嚴重碎裂，斷裂邊緣呈不規則狀，前側皺折與縱軸垂直（如圖 1.12-4）。



圖 1.12-4 機身尾錐

- 艙間隔帘：嚴重碎裂，金屬壓條彎曲與縱軸垂直（如圖 1.12-5）。



圖 1.12-5 艙間隔帘

## 2. 機翼結構

● 前翼結構：嚴重碎裂，破斷面彎曲不平，翼根部位與機身縱軸平行向下曲折；翼尖部位與機身縱軸夾角約 45 度向下彎曲；後緣結構向後捲曲變型（如圖 1.12-6 至 8）。



圖 1.12-6 前翼根部蒙皮（油箱底部）



圖 1.12-7 前翼尖部蒙皮（油箱頂部）



圖 1.12-8 前翼後緣結構

- 襟翼結構：收放機構斷裂，蜂巢結構嚴重碎裂，表層與核心脫離，未發現硬物撞擊之凹陷痕跡；襟翼前緣斷落，前端蒙皮斷落，斷面與航空器縱軸垂直（如圖 1.12-9 至 11）。



圖 1.12-9 襟翼收放機構



圖 1.12-10 襟翼蜂巢結構



圖 1.12-11 襟翼前緣結構

- 尾翼結構：垂直安定面、方向舵、升降舵之蜂巢結構嚴重碎裂與脫層，斷裂面不平整，表面脫漆凹陷刮痕，斷落金屬窗框插入複材方向舵（如圖 1.12-12 至 16）。



圖 1.12-12 垂直安定面結構

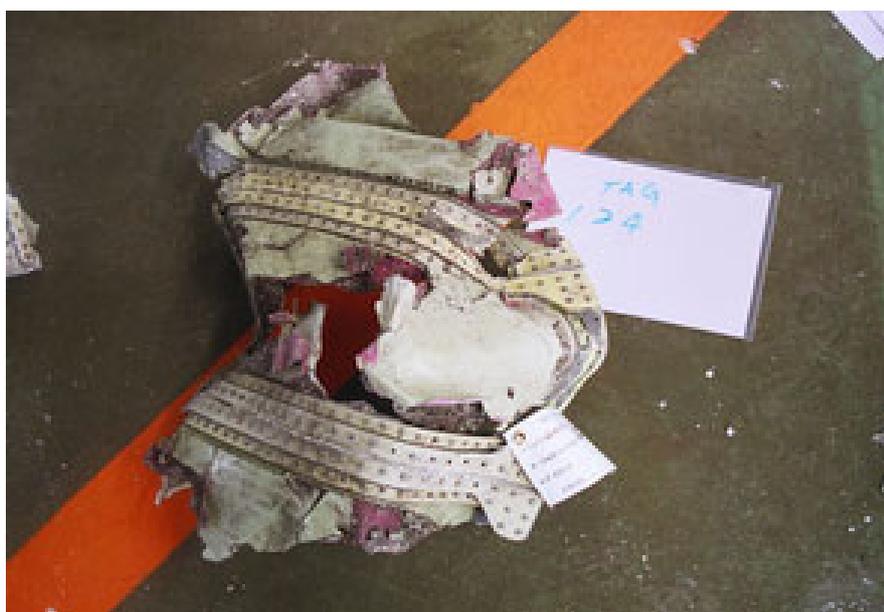


圖 1.12-13 垂直安定面蒙皮



圖 1.12-14 方向舵前緣



圖 1.12-15 窗框插陷方向舵



圖 1.12-16 升降舵

3. 機腹起落架：支撐結構斷裂，附近蒙皮皺折；起落架支柱斷折彎曲；輪轂脫離、破碎；輪胎爆裂，包心鋼絲外露（如圖 1.12-17 至 21）。



圖 1.12-17 起落架支撐結構與附近蒙皮



圖 1.12-18 起落架減震支柱



圖 1.12-19 輪轂、輪軸與煞車盤

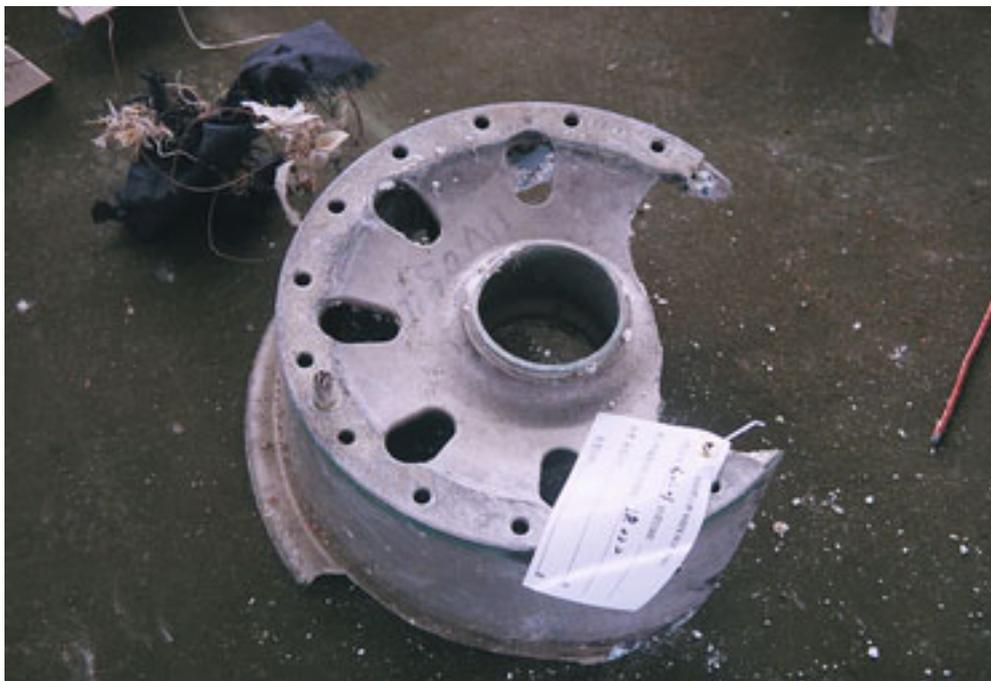


圖 1.12-20 破裂輪轂



圖 1.12-21 破裂輪胎碎片

4. 系統

- 發動機：排氣管扁平變型；尾錐斷落外型完整；螺旋槳斷落，葉尖朝機頭方向彎曲變型（如圖 1.12-22 至 24）



圖 1.12-22 發動機排氣管



圖 1.12-23 發動機尾錐



圖 1.12-24 發動機螺旋槳葉

- ADF 天線：與機身脫離，外型完整，朝機頭方向金屬蒙皮剝離，線心外露（如圖 1.12-25）。



圖 1.12-25 ADF 天線

- 管路：呈小段斷落，扁平變型（如圖 1.12-26）。



圖 1.12-26 管路

- 機翼除冰調壓開關：管路斷折，開關外型完整（如圖 1.12-27）。

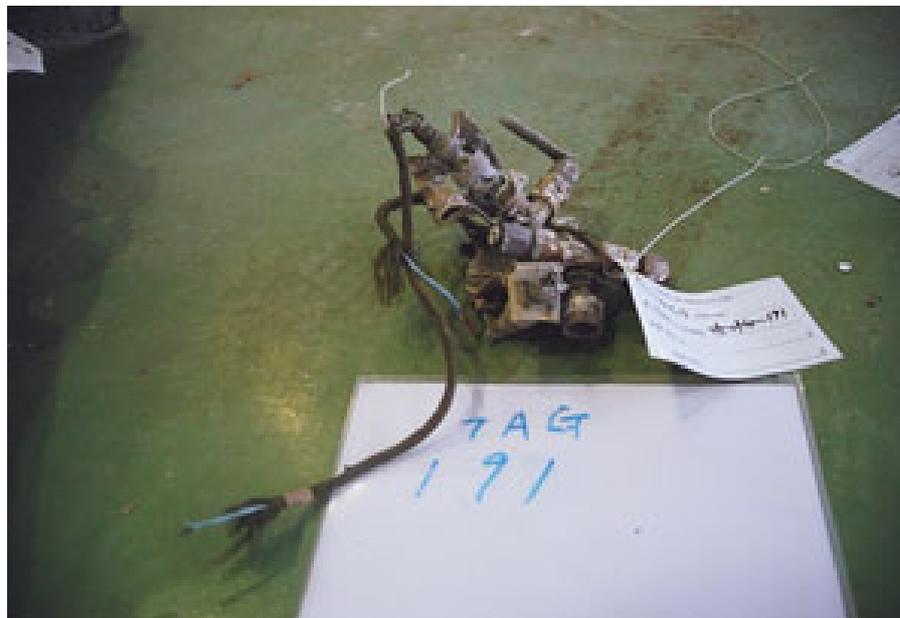


圖 1.12-27 機翼除冰調壓開關

- 機翼除冰靴：呈小片碎裂（如圖 1.12-28）。



圖 1.12-28 機翼除冰靴碎片

- Remote Control Audio Unit (RCAU) 遙控音響裝置金屬外匣：與本體脫離，金屬外匣前緣皺折變型（如圖 1.12-29）。



圖 1.12-29 RCAU 金屬外匣碎片

- 貨艙布料：外型完整，部份布料經地板結構貫穿（如圖 1.12-30 至 31）



圖 1.12-30 貨艙載運之布料



圖 1.12-31 貨艙地板結構貫穿布料

- 駕駛座椅支柱：碎裂扭曲變型（如圖 1.12-32）



圖 1.12-32 駕駛座椅支柱

- 操作手冊封面：與手冊斷離，頁面外型完整（如圖 1.12-33）。



圖 1.12-33 操作手冊

### 1.13 醫學與病理

該機正、副駕駛員過去體檢紀錄無不正常記載。事故後遺體未尋獲，無法執行藥、毒物檢測。

### 1.14 火災

本次失事無火災跡象。

### 1.15 生還因素

本次事故飛航組員失蹤。

### 1.16 測試與研究

#### 1.16.1 ATR42 與 ATR 72 飛航事故

從 1994 年至 2002 年 12 月底止，ATR42 與 ATR 72 型機共發生八件飛航事故，包括 2 件失事與 6 件意外事件。2 件失事包括：美鷹 4184 班機與復興 GE 791 貨機。

表 1.16-1 詳列 8 件飛航事故主要狀況，例如：自動駕駛、除冰裝置啓動模式、事故發生時之高度、空速、攻角、襟翼與外界溫度等資料。

8 件 ATR 42/ATR 72 型機遭遇積冰之飛航事故如下：

1. American Eagle Flight 4184, Roselawn, Indiana, USA, October 31, 1994 (失事，ATR 72-212，NTSB)；
2. 15 Km Western the Cottbus, Germany, December 14, 1998 (重大意外事件，ATR 42-300，BFU)；
3. Trans States Airlines approach to Lambert-ST-Louis International Airport, Missouri, USA, January 7, 1999 (意外事件，ATR 42-300，NTSB)；

4. Jet Airways over the Indian, June 12, 2000 (意外事件, ATR 72-212A, ATR);
5. Near Berlin-Tegel, Germany, January 28, 2000 (重大意外事件, ATR 42-300, BFU);
6. Air New Zealand over the New Zealand, May 2, 2002 (意外事件, ATR 72-212A, ATR);
7. Czech Airlines, December 12, 2002 (意外事件, ATR 42-400, ATR);
8. Trans Asia Airways at Peng Hu Island, Taiwan, December 21, 2002 (失事, ATR 72-202, ASC)。

圖 1.16-1 為 Trans States Airlines ATR42 意外事件飛航資料繪圖(摘自 BEA 初步調查報告); 圖 1.16-2 為 Cottbus, Germany, ATR42 重大意外事件飛航資料繪圖(摘自 BFU 調查報告, 報告編號: 5x011-0/98); 圖 1.16-3 為 Near Berlin-Tegel, Germany, ATR42 重大意外事件飛航資料繪圖(摘自 BFU 調查報告, 報告編號: EX001-0/00)。

表 1.16-1 ATR 42 與 ATR 72 型機遭遇積冰與失速之飛航事故統計表  
(1994 ~ 2002)

No	1	2	3	4	5	6	7	8
Occurred Date	1994/10/31	1998/12/14	1999/1/7	2000/1/28	2000/6/12	2002/5/2	2002/12/10	2002/12/21
A/C model	ATR 72-212	ATR 42-300	ATR 42-300	ATR 42-300	ATR 72-200	ATR 42-400	ATR 42-400	ATR 72-200
Investigation Agent	NTSB	BFU	NTSB	BFU	ATR	ATR	ATR	ASC
Before Event-Autopilot	ENGAGE	ENGAGE	ENGAGE	ENGAGE	ENGAGE	ENGAGE	ENGAGE	ENGAGE
Event Alt FL	80	135	30	30~60	170	160	166	180
Event Airspeed (knots)	184	155	142	----	175	153	146	157
Flap position (deg) at the event	15 ->0	0	30	0	0	0	0	0
Minimum Icing speed corresponding to A/C flight condition	157	148	118	148	155	153	154	166
Minimum Severe Icing speed corresponding to A/Ct flight conditioned	167(*)	158(*)	128(*)	158	165	163	164	176
Event AOA (deg)	5.2	11	-1.2	7	5	8	10.4	11.2
AOA/SP icing alarm threshold	11.2 / 15.3	11. / 21.55	11. / 21.55	11. / 21.55	11.2 / 15.3	11.2 / 15.3	10.4 / 13.5	11.2 / 15.3
Visual cues	N/A	Side window cue	Side window cue	Side window cue	N/A	Side window cue	Side window cue	Side window cue
Flight phase	initial descend after holding	climb	approach	climb	cruise	capture cruise FL	climb	initial descent after cruise
Ice effects on aerodynamics	aileron hinge moment reversal	asymmetric stall	Elevator pitch down	No event	asymmetric stall	asymmetric stall with moderate roll	asymmetric stall	asymmetric stall
Ice protection system	Level III	Level III	Level III	Level III	Level II	Level III	Level III	Level III
Airframe Deicing Activated	25 min	12 min	22 min	8 min	OFF	17 min	12 min	18.5 min
A/C model hardware status	BASIC	CONF=1	CONF=1	CONF=1	CONF=1+2	CONF=1+2	CONF=1+2	CONF=1+2
A/C model procedure status	BASIC	PROC.=1	PROC.=1	PROC.=1+2	PROC.=1+2	PROC.=1+2+3	PROC.=1+2+3	PROC.=1+2+3
△Drag Count due to icing cond.	40	500	500	400	150	520	480	500

No	1	2	3	4	5	6	7	8
Probable Cause	A/C loss of control, attributed to a sudden and unexpected aileron hinge moment reversal that occurred while in holding at flap 15 deg after a ridge of ice accreted beyond the deice boots.	The crew lost the control after the A/C entered and continued operation in severe icing conditions for which the A/C is not certified. The crew had failed to associate icing of the forward side windows with the severe icing phenomenon.	During approach phase the crew noticed ice shapes on the side windows and A/C deceleration. The A/C was flying in identified severe ice conditions (visual cues). A moderate pitch down and roll occurred when flap extended to 30° .	The A/C had entered atmospheric conditions of severe icing for which it is not certificated. Application of the AFM procedures implemented for such encounter, allowed the flight crew to exit these severe icing conditions and to continue a safe flight and landing.	After prolonged exposure to icing conditions with the airframe de-icing OFF, the A/C lost 25 Kts of speed followed by a mild roll of 15° .	A/C encountered the icing conditions during climb. The crew noticed ice shapes on the side windows and decreasing rate of climb. The non application of AFM severe icing emergency procedure (increase icing speed by 10 Kts and disengage autopilot) led the A/C to angle of attack where aerodynamics anomalies appeared. The subsequent crew action of quickly reducing the angle of attack recovered a normal situation.	The crew noticed ice shapes on the side windows and decreasing rate of climb continued operation in severe icing conditions and stalled with uncommanded roll excursion.	----
Level II = Anti-Ice ON and Level III = Airframe de-icing ON								
CONF 1 =	External wing boots extended + Flap extension allowed above VFE							
CONF 2 =	Median wing boots extended + AAS new flashing logic							
PROC 1 =	Side window cue + Hold prohibited in icing with flap extended + exit and recovery procedures							
PROC 2 =	Minimum icing +10kts when severe icing + new severe icing cues : Decrease of speed or ROC							
PROC 3 =	De-icing ON at first visual indication of ice accretion and as long as icing conditions are present							
(*) for reference only : introduced by DGAC AD 1999-015-040(B) R1 ( reference to Proc.2)								

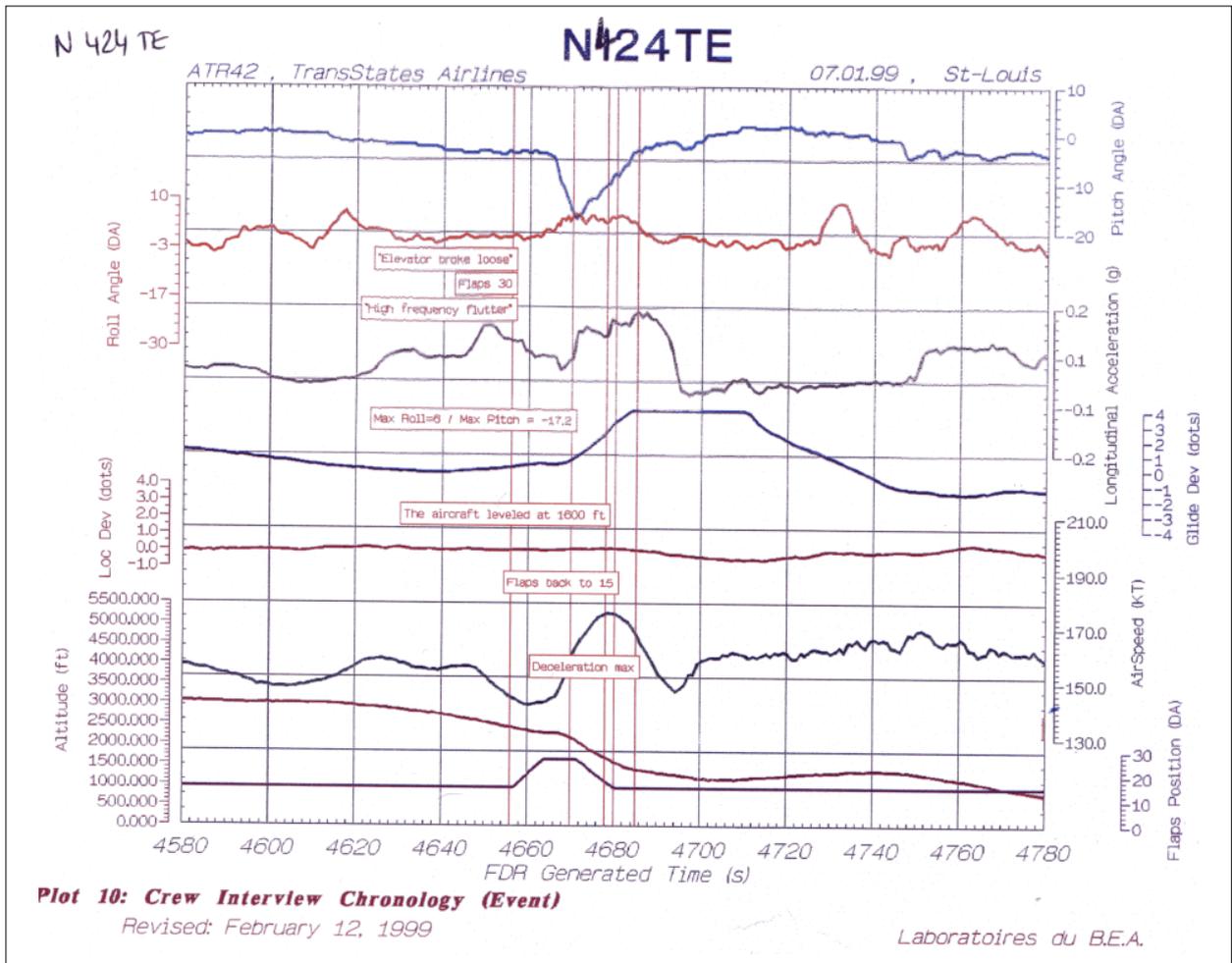


圖 1.16-1 Trans States Airlines ATR42 意外事件飛航資料繪圖  
 (摘自 BEA 初步調查報告)

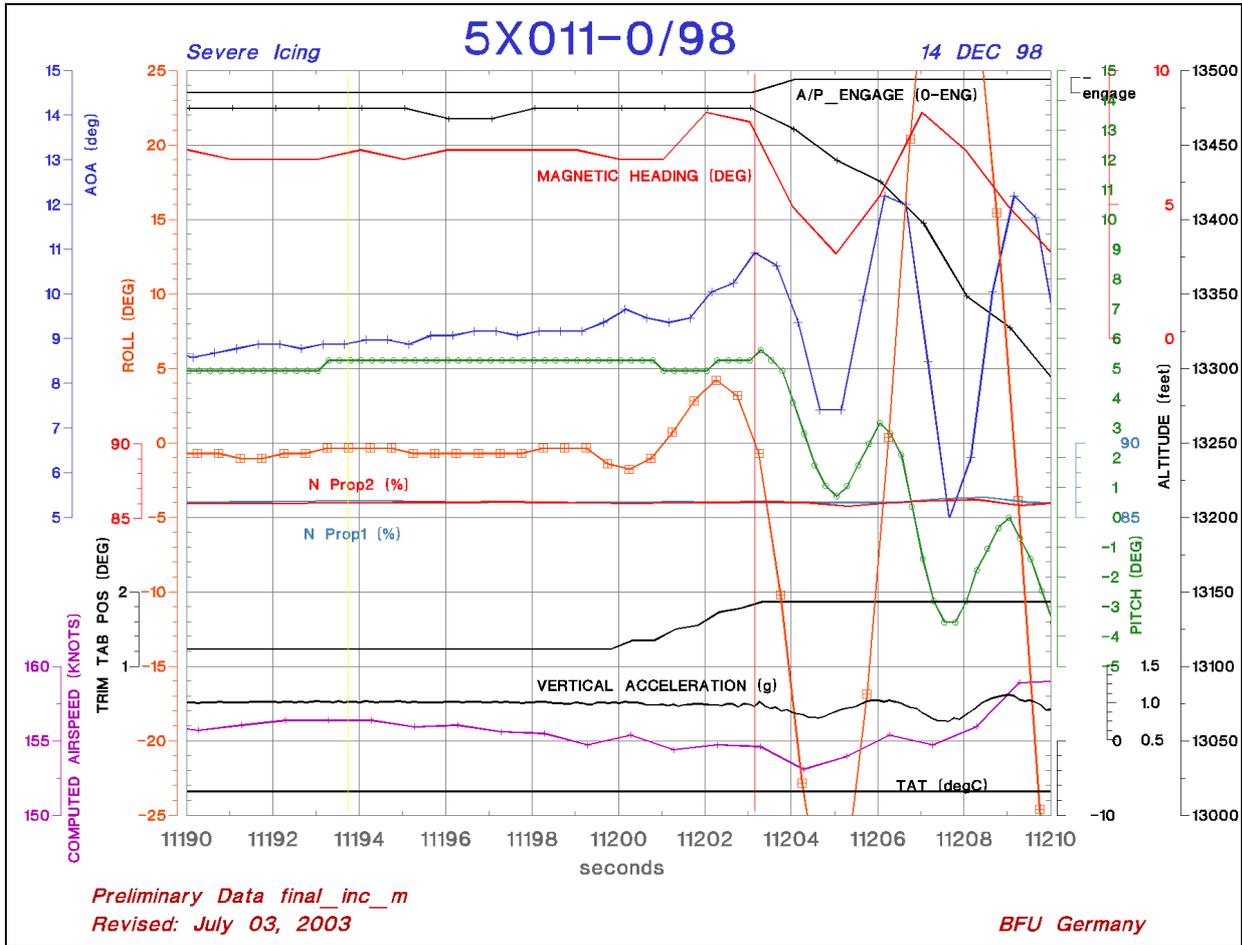


圖 1.16-2 Cottbus, Germany, ATR42 重大意外事件飛航資料繪圖  
 (摘自 BFU 調查報告，報告編號：5x011-0/98)

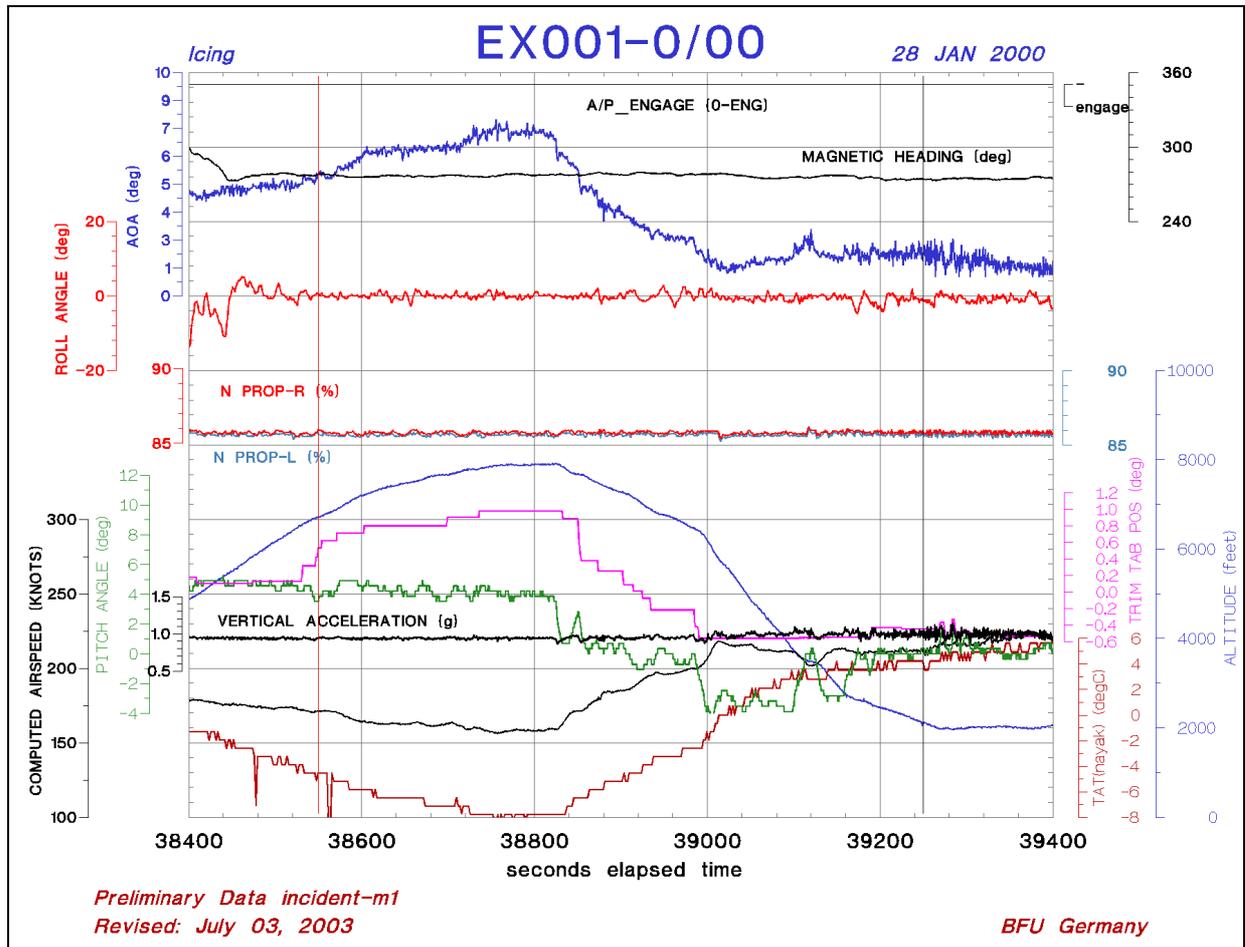


圖 1.16-3 Near Berlin-Tegel, Germany, ATR42 重大意外事件飛航資料繪圖  
(摘自 BFU 調查報告，報告編號：EX001-0/00)

## 1.16.2 ATR 72 飛航模擬機試驗結果

飛航模擬試驗及研究是為評估 GE 791 貨機之飛航性能與穩定度。2.4 節詳列試驗報告結果，相關報告如下：

本會調查人員於 2003 年 3 月 27 日至 28 日拜訪位於法國土魯斯之 ATR 72 製造廠，目的為使用原廠之 ATR 72 之飛航模擬機（Full Flight Simulator）與工程飛航模擬（Engineering Flight Simulation）評估 GE 791 貨機積冰後之飛航性能與失速改正方法。

- ATR 72-200: Trans Asia Airways MSN 322 - Accident Analysis. (October, 2003) ;
- ATR 72 full flight simulator test report. SUBJECT : Report of simulation session with ASC and BEA. (May, 2003) ;
- Simulation analysis performed by ATR in 2004. (July, 2004) ;
- Performance and Stability Analysis of Flight GE 791 Accident (March, 2004) ;
- Comments on the Report to ASC on Performance and Stability Analysis of Flight GE 791 Accident. (July, 2004) 。

## 1.16.3 疲勞裂紋窗框檢驗

疑似疲勞裂紋窗框殘骸（如圖 1.16-4）1 片，經中山科學研究院檢驗結果如下：

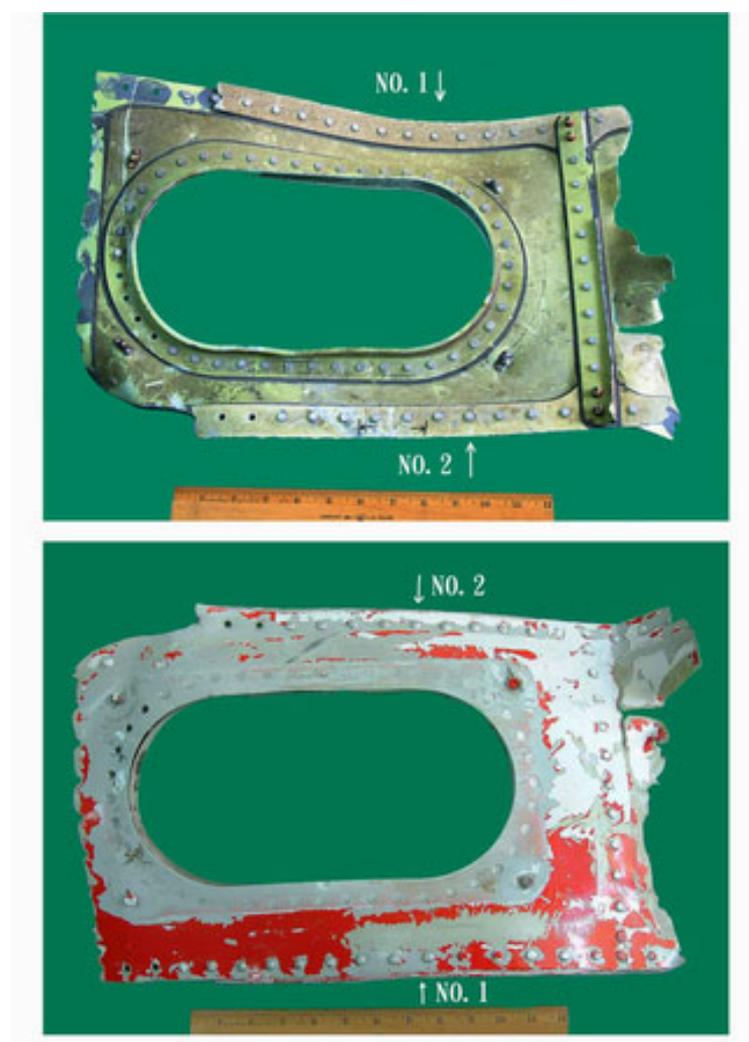


圖 1.16-4 疑似疲勞裂紋窗框殘骸

### 1. 外觀目視觀察

觀察客艙窗戶結構損壞件之內外表，其外圍輪廓斷面均呈現不規則斷面，右邊斷面呈現很大變形及撕裂破壞。

### 2. 掃瞄電子顯微鏡 SEM 觀察

本破損件係由海中撈起，表面覆蓋嚴重氧化物，不利 SEM 觀察。SEM 觀察斷面，發現凹窩組織（DIMPLE STRUCTURE）痕跡（如圖 1.16-5），屬過負荷斷裂（報告如附錄 14）。

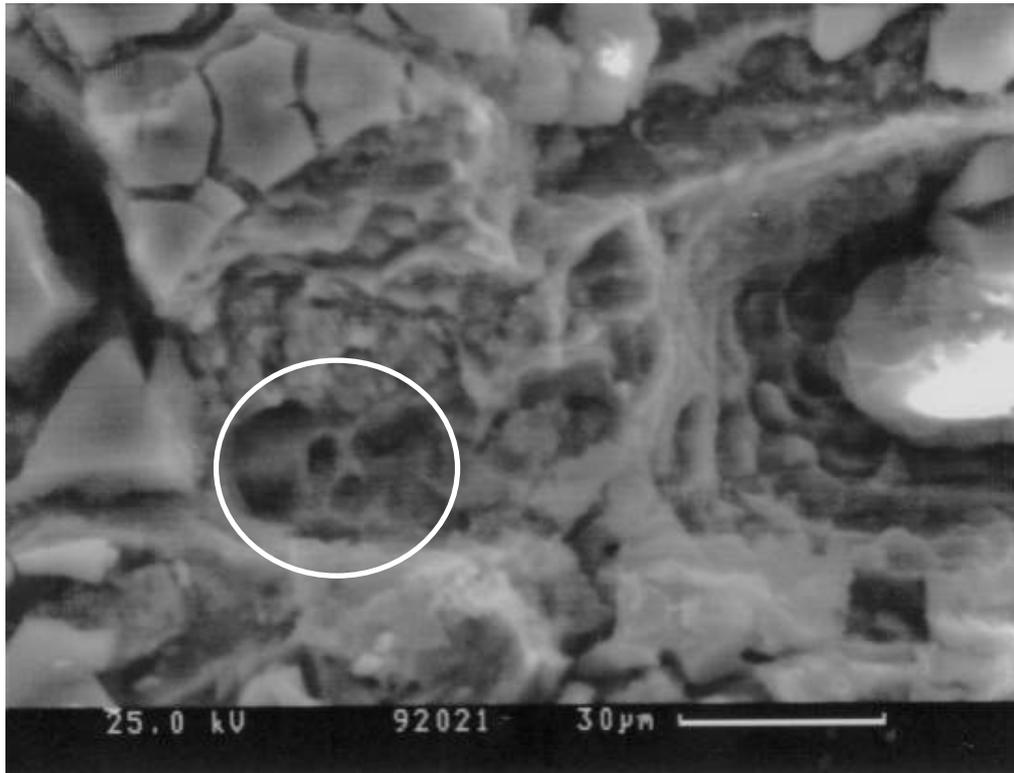


圖 1.16-5 凹窩組織 (DIMPLE STRUCTURE) 痕跡

## 1.17 組織與管理

本節所述係以民國 91 年 12 月 20 日事故發生時為準。

### 1.17.1 飛航相關之組織與管理

復興飛航相關部門包括安全管制室、聯管中心、航務處等，其組織如圖 1.17-1

。

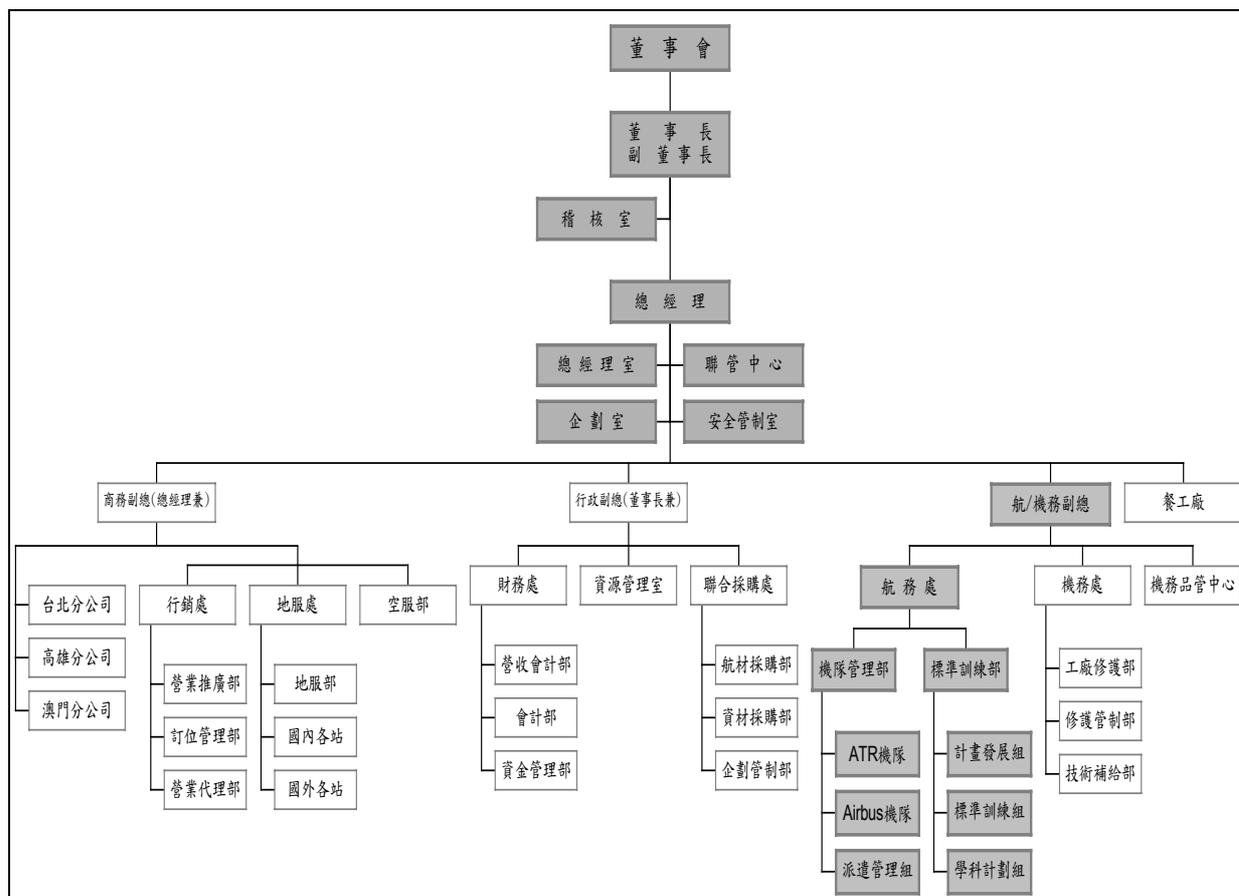


圖 1.17-1 復興航空公司組織圖

### 1.17.1.1 聯合管制中心

聯合管制中心（以下簡稱聯管中心）隸屬總經理室。依「復興航空聯合管制中心作業手冊」：

1. 聯管中心成立之目的為「在確保飛安之前提下，加強公司機場營運協調暨機隊派遣功能，推行有效之航運管理；並針對現行繁冗之空運業務，必須迅速抉擇最佳因應措施，故成立聯合管制中心。」；
2. 聯管中心職責「六、飛行組員任務提示」；聯管中心人員之簽派員職掌包括「確定組員按時報到」、「提示飛航相關的操作資料，包括…，在與機長確認飛行計畫沒有飛安顧慮後，應與機長共同簽署"飛行計畫與放行許可"，…」；

3. 聯管中心作業程序包括「國內航線組員於起飛時間前四十分鐘、中正機場起飛之國際航線組員於搭車前往中正機場前廿分鐘，向聯管中心報到」。

聯管中心編制有一位副理，一位副主任以及十二位簽派員，副主任（含）以下皆具簽派員執照，平時由簽派員輪班作業。自有夜間飛航後，副主任有時亦加入輪班。

### 1.17.1.2 安全管制室

安全管制室（以下簡稱安管室），民國 84 年 5 月復興航務處飛安室脫離航務處，改隸總經理室。民國 91 年 1 月 1 日將保安、勞工安全業務併入飛安室改為安管室。編制有主任 1 人、專員三人及資深業務員 2 人，合計 6 人。

依相關訪談紀錄：安管室作業涵蓋航務、機務、品管、地服等單位，重要工作項目為：

1. 協助航務部門進行飛航監視系統（Line Operations Monitor System, LOMS）分析與一般飛安相關業務；
2. 飛航監視系統作業分兩方面，安管室負責操作管理及整體趨勢分析，航務處指定駕駛員協助確認事件，後續則交航務處處置；
3. 參加每日機務情況晨報，藉以瞭解機務作業狀況；
4. 協請地服處及各站主管進行飛安相關程序抽檢工作，並紀錄備查；
5. 負責對全公司實施危險物品教育；
6. 組成巡迴教育小組，宣導“全員飛安”觀念，各單位自負飛安責任；
7. 航務處負責處理「組員報告」，飛安相關部分則會同安管室協辦。

### 1.17.1.2.1 飛安教育訓練

復興飛安教育訓練分新進人員飛安教育及年度飛安教育複訓 2 類。新進飛航組員飛安教育包括：

1. 專業飛安教育 2 至 4 小時；
2. 空勤組員資源管理訓練 4 至 8 小時；
3. 急救及其它訓練 16 小時（含緊急逃生、劫機、反劫機、爆裂物、危險物品、心肺復甦等）。

組員之年度飛安教育複訓每年 1 次（採一年課堂複習與討論，1 年模擬實作之輪訓方式實施），訓練時數為 2 至 6 小時，包括陸上逃生、水上逃生、各種急救逃生裝備之使用方法、緊急情況及急需撤離時之組員職責及工作、行動不便及身心障礙者處理、1 萬呎以上高空缺氧及壓力艙失效時之生理現象等。

### 1.17.1.2.2 全員飛安報告制度

全員飛安報告事件類別分「飛航組員報告」、「客艙組員報告」、「飛安異常事件報告」、「強制報告事件」等 4 類。

飛航組員報告係飛航組員執行飛航任務期間，凡發生失事、重大意外事件、意外事件及發現機務作業、場站作業、簽派作業、旅客服務、裝備設施等有危害飛安及違反飛航規定情況時，均需填寫本報告（限飛航組員使用）。報告處理權責單位為航務處。

飛安異常事件報告係公司員工於工作中，凡個人發生有危害飛安之作業，或發現他人、物等可能影響飛安之因素時，可填寫此項報告（全體員工使用）。報告處理權責單位為安管室。

### 1.17.1.3 航務處

航務處隸屬航/機務副總經理管理。依「復興航空航務處作業手冊」，航務處之職責包括：

1. 航務政策之推動；
2. 飛航安全之確保；
3. 各項作業手冊和程序之製定與實施；
4. 飛航機師之人力規劃、訓練、運用、考核及管理；及
5. 飛航機師任務之派遣與執行。

航務處下轄機隊管理部及標準訓練部，機隊管理部下有 AirBus 機隊、ATR 機隊及派遣管理組等 3 部門，該部由 AirBus 機隊總機師兼任經理。標準訓練部下有學科計畫組、標準訓練組及計畫發展組等 3 組，該部由標訓組主任代理經理。

航務處（副）協理為航務處主管，職掌為：

1. 綜理處內事務，協調聯繫其它單位；
2. 督導、策定公司飛航業務之政策與程序；
3. 督導航務業務之推行；
4. 督導飛航人員訓練；
5. 督導、策劃各項政策確保飛航安全；及
6. 督導、考核、管理所屬人員。

依相關航務相關人員訪談摘要如下：目前航務處有 2 員缺額，1 為航訓部經理，已懸缺約 1 年；另 1 為管理人員紀錄之副主任。復興常以技術人力成立機動

編組，但因人力重疊，工作負荷增大。航務處無專任地面學科教官。在航訓部經理甄選方面，過去係由主管推薦，現改為先經人資處甄選，後由人事單位徵求個人意願，再由駕駛員票選，票選結果由總經理、副總經理及航務主管評比後，簽請董事長決定。航務處下轄 2 個機隊，2 機隊之駕駛員待遇不同，AirBus 機隊待遇高；ATR 機隊薪資待遇低，民國 88 年曾經發生 ATR 機隊駕駛員罷工事件。該機隊駕駛員因薪資及人力等問題，減低參加訓練及飛安會議之意願，但復興仍要求其維持水準，希望航務管理能做得更好。但在公司人力、物力條件缺乏情況下，管理人員只有盡力而為。

年度學科訓練測驗題目並不難，教師駕駛員及檢定駕駛員在測驗前常先做提示。92 年復興將取消這種先提示後測驗方式。一般而言，考核紀錄欠詳盡，每年兩次考驗之淘汰率皆為零，受訪者認為是教師駕駛員及檢定駕駛員考核標準問題，曾考慮外聘教師來執行考核工作，但所需費用甚高而未實施。對於駕駛員之本職學能問題，一是從定期考驗講評單中發現，二是平時由航路飛航考核中發現，之後總機師協調航訓部計畫補強訓練。每月召開之機隊教師駕駛員會議分由兩個機隊總機師主持。

部份駕駛員積極性不足，單靠訓練不足以改進，而需強化教師駕駛員考核制度。飛航組員集會不易全員到齊，故以航務公告方式代之。公告多係已知且重複之事項，但仍有人漫不經心。對此問題之對策，一是由文化層著手，加強抽查，要求執行者認真、誠實。二是人力方面增加教師駕駛員及駕駛員。

航務部門當收到公司外來的通告、技術文件等先做節錄，經總機師、副協理簽字後公告，並分發駕駛員每人 1 份，其內容可能列入複訓之測驗題目。有關民國 91 年 12 月 5 日 ATR 製造廠發出之冬季操作提示公告，有位航務管理人員表示未曾聽說。

1 個月前，總公司每週 3 舉行之業務會報中，提出 ATR 貨機在遭遇天氣突變時，考量香港與澳門距離很近，以香港做為澳門的備降站不理想，以及發生單發

動機情況時之處置等風險較高。但最後僅能請總機師提高組員派遣條件因應。

駕駛員兼任管理工作時，要付出許多飛航以外之時間，駕駛員多不願意擔任，當有人接下該職務後，他人仍有微詞。航務主管之遴選辦法權責規定，過去未曾見諸文字。而復興總經理常換人，一但人事更迭，就有新作風及想法，調整期中默契難免不足。

91年3月復興經營團隊更新。過去管理階層常常在變動。管理階層變動，下面組織也跟著變動。

公司的政策是要賺錢，對股東負責，所有單位皆依此目標努力，航務是執行單位，須配合公司的企劃。預算方面，分為開源與節流以節約成本，做得很徹底，不論是人員運用、硬體設施，皆以最精簡的方式來管理。人事升遷已凍結2年，除非有必要才升遷。人事與行政之節約措施包括辦公室縮小、單位合併、正/副主管合併及人力精簡等方式。航務方面尚能保持在民航法規要求之標準。其它如國際年會、ATR年會等，為配合精簡政策，減少參加。

當民國90年底訂定91年企劃案中，預定將ATR機隊及AirBus機隊航空器數量各減低至8架，後因航空市場萎縮，航空器未能售出，反而因故多了1架貨機。該機在90年12月飛抵中正機場做完檢修後，改裝為貨機。91年2月26日開始執行台北至澳門往返航線。在90年底訂定之企劃政策發佈後，所有人力皆已配合精簡辦理優退。駕駛員因法規限制，不得超時飛航，但如標訓部經理由標訓組主任兼任，利用每月40小時飛航之外時間來辦理業務。每月班表中，駕駛員飛航時數約達80小時至85小時，但執行時因臨時減班，故實際飛航時數為65至70小時，形成困擾，同時也減低駕駛員對參加訓練或飛安會議之意願。

過去「飛航組員報告」較少，目前復興要求飛航組員有任何懷疑就應儘快填寫「飛航組員報告」。於相關單位回覆後，由總機師交該機長簽字確認，再經航/機務副總經理簽字後才能結案。飛航組員應填寫而未填寫「飛航組員報告」者將遭處分。

### 1.17.1.3.1 機隊管理部

#### 機隊

ATR 機隊有 ATR 72 型客機 10 架，ATR 72 型貨機 1 架，正駕駛員 33 人（其中包括民航局委任檢定考試官 3 人、檢定駕駛員 2 人、教師駕駛員 2 人）、副駕駛員 27 人，計 60 人。AirBus 機隊有 AirBus 320/321 型機 9 架，正駕駛員 28 人（其中包括民航局委任檢定考試官 2 人、檢定駕駛員 3 人、教師駕駛員 3 人）、副駕駛員 26 人，計 54 人。

依「復興航空航務處作業手冊」，總機師職掌為：

1. 執行駕駛員各種考核及能力評鑑；
2. 負責新進、升訓、轉訓駕駛員之甄選審核及人力規劃；
3. 參與及督導必要之課程研習；
4. 負責機隊人員之管理，包括駕駛員飛航技術、紀律及生活習慣層面；
5. 執行各項技術層面之考核與駕駛員個人年度績效之評估；及
6. 處理「飛航組員報告」。

#### 派遣管理組

派遣管理組編制有管理主任等 8 人。

依「復興航空航務處作業手冊」，派遣管理組職掌包括：

1. 飛航組員報告收發、分辦；
2. 製作飛航組員任務派遣班表及每日班機組員任務表；
3. 督導任務派遣及處理駕駛員臨時或異常情況；

4. 負責駕駛員飛時預劃、統計與調整；
5. 文書製作、翻譯與收發；
6. 航務通告與機隊通告之繕打、翻譯與發佈；及
7. 機上手冊之維護與更新。

### 1.17.1.3.2 標準訓練部

#### 標準訓練組

標準訓練組（以下簡稱標訓組）編制有主任、業務員各 1 人及任務編組之檢定駕駛員與教師駕駛員。

依「復興航空航務處作業手冊」，標訓主任職掌包括：

1. 增編、修訂各機隊標準操作程序（Standard Operations Procedurals，SOP）、航務手冊（Flight Operations Manual，FOM）、飛航訓練管理手冊（Flight Training Management Manual，FTMM）、飛航訓練手冊（Flight Training Manual，FTM）、航路手冊（Route Manual）等飛航標準作業規範；
2. 蒐集編撰各型機地面學科訓練、模擬機訓練、飛航訓練之教材及試題題庫；
3. 督導教師駕駛員執行訓練、技能檢定，負責訓練成效評估及缺點追蹤考核，並針對訓練進度落後或檢定不合格事件進行評估檢討及建議；
4. 參與新進、升訓、轉訓及教師駕駛員之甄選及評審，以及機隊人力評估會議；及
5. 負責召開有關駕駛員飛航技術能力之審查會議。

依「復興航空航務處作業手冊」，任務編組之檢定駕駛員與教師駕駛員職掌包括：

1. 執行各項駕駛員技能檢定及考驗；
2. 執行各項飛航訓練（包括有關飛航之地面學科、民航法規等相關規定）課程；
3. 反應訓練問題以改善訓練或運作程序；
4. 人員資格鑑定、審核；及
5. 參與定期教師駕駛員會議及人員技術評議會會議。

「復興航空飛航訓練管理手冊」摘要：

1. 第二章「訓練程序及規定」之第 2-9 節「ATR 與 A320/321 定期複訓」：每年兩次地面學科訓練之科目、時數配當，有關寒冷天氣程序，在每年之後半年實施，每次 1 小時；
2. 第三章「訓練及完成考核標準」之第 3-4-5 節「緊急程序」中要求，正確解釋緊急程序，評定駕駛員具備此專業知識，其中包括「積冰：1.機身；2.發動機」。

### 學科計畫組

學科計畫組編制有主任、副主任及業務員等各 1 人。

依「復興航空航務處作業手冊」，學科計畫組職掌包括：

1. 各項訓練計畫之擬定及追蹤執行情況；
2. 協調任務派遣組安排駕駛員學科複訓；
3. 各種訓練教材、書籍及訓練設備之保管、整理及補充；
4. 負責各項飛航及地面學科訓練、有關教師及訓員意見之蒐集及評估；
5. 模擬機複訓人員之編排及資料之處理；及

6. 各受訓人員之階段訓練時間及考核紀錄之追蹤。

### 計畫發展組

計畫發展組編制有主任及工程師各 1 人。

依「復興航空航務處作業手冊」，計畫發展組職掌包括：

1. 編訂航務政策、性能法規、燃油政策、飛航計畫、及相關之作業程序；
2. 提供建立新航線及包機業務時所需之相關性能資料；
3. 設計各機型手動載重及平衡表；
4. 提供電腦載重及平衡表之工程資料庫；及
5. 分析統計各機型、各航線之飛航時間及耗油量。

依訪談紀錄：標訓組主任係兼職，除擔任線上駕駛員外，兼任標訓組主任職務。標訓部經理職務，由標訓組主任兼任，但標訓組主任和學科計畫組主任位階是平行的，在業務上彼此溝通、協調運作，標訓部無專職經理領導。

ATR 模擬機訓練都在國外實施，每半年訓練及檢定各 2 小時。訓練針對需求及缺失，檢定按民航法規要求課目重點，時間緊湊，1 次完成所有課目是有困難，若有駕駛員不及格而要增加模擬機時間，重新協調非常困難。

模擬機術科訓練概依廠家提供之教材，將術科分配為 3 年一循環，包含所有正常/不正常課目，另依缺失及不同季節、環境，以及不同機隊需求重點加入訓練課目。另外包括民航局要求考核重點及必須實施課目，例如松山機場更換 28 跑道進場程序…等。每季都須將訓練成效統計及陳報民航局，並列為年度考核。類似課目如風切操作、雷雨天氣操作、航情警告避撞系統 (Traffic Alert and Collision Avoidance System, TCAS)、操控飛航情形中撞地 (Controlled Flight Into Terrain, CFIT)，基本操作包括小轉彎 (Step Turn)、失速 (Stall) 等都是年度考驗必考課

目。模擬機訓練時間 3 年合計 12 小時，要在此時段內實施所有的課目訓練是有困難的。

學科考核如非嚴重缺失，因涉及人力不足問題，航務處對一般缺失之後續處理確有疏失之處。模擬機訓練課目由教師駕駛員及考試官決定，教師駕駛員會議中曾經討論訓練課目，每半年必須完成必要課目，所有教師駕駛員均瞭解科目重點及標準。最近 1 年模擬機考驗沒有不及格情形，但有 3 位機長（不包含 CM-1）及 1、2 位副駕駛員基本學科考驗成績為及格但需加強。

ATR 機隊駕駛員在 89 年及 90 年未到年底前，當年總飛航時間已接近 1 千小時之飛航限度，駕駛員人力明顯不足，現今稍有改善，若有駕駛員生病或請假都會影響到訓練。這也是民航局深度檢查時特別關切的部份，並要求復興在這方面要改進。近幾年 ATR 機隊招募許多駕駛員，但水準不一。90 年招募了 5 梯次，某梯次 6 人中僅 1 人合格，無法滿足人力需求。

積冰（Icing）是隨著環境情況而定，不是一個單獨的課目，遭遇積冰時端賴駕駛員的警覺性。在學科、模擬機試題中，幾乎沒有出現有關積冰狀況題目。模擬機訓練及考驗亦未包括嚴重積冰（Severe Icing）課目，因為台灣位處亞熱帶，發生可能性低，但 91 年曾發生過嚴重積冰。在學、術科訓練方面也未特別針對嚴重積冰訓練加以強調。模擬機無法模擬嚴重積冰現象，只能實施對積冰狀況處置程序，因此有關嚴重積冰之定義及現象，不敢確定是否所有駕駛員均了解。學科訓練考試題目係由學科計畫組主任負責，種類很多，ATR 製造廠提供英文試題，中文試題則是復興自行增訂的試題。學科考試試題係以英文為準，如有特別需要，則另行出題來取代原來英文試題，這些都是由學科計畫組負責。

載重及平衡表格式由計畫發展組設計完成後，經聯管中心簽派人員覆核無誤後，頒定施行。

### 1.17.2 機務處組織

復興航空公司機務處於 91 年之組織與人力如圖 1.17-2 說明。

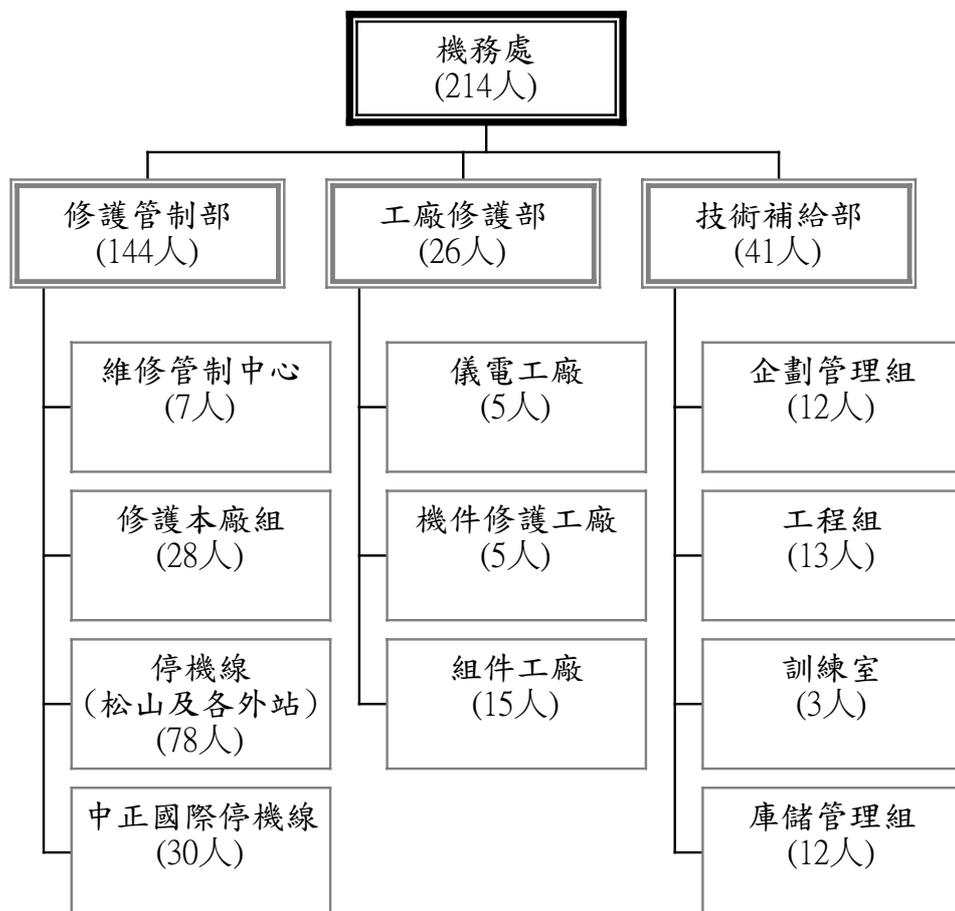


圖 1.17-2 機務處人力分配圖

## 1.18 其他資料

### 1.18.1 飛航管制

失事發生時，中正近場管制塔台及台北區域管制中心之飛航管制作業正常。當日凌晨 01:21:30 時，復興 GE 791 貨機之管制作業由中正近場台轉移至台北區域管制中心。

### 1.18.2 雷達

#### 1.18.2.1 概述

GE 791 由桃園中正機場起飛至失事墜海期間，共有 5 座雷達偵測到該機之次級雷達訊號 (Secondary Radar Return) 包括：中正機場搜索雷達、高雄機場搜索雷達、馬公機場搜索雷達、軍方長程雷達及廈門機場搜索雷達。此外，馬公機場搜索雷達亦偵測到事故發生期間鄰近空域之初級雷達回波 (Primary Radar Return)。

GE 791 失事後，民航局應本會要求提供台北區域管制中心所有雷達資料。次級雷達回波資料儲存格式包含：NTAP (National Track Analysis Program) 及 CDR (Continuous Data Recording)，初級雷達回波以 CDR 格式儲存。NTAP 格式資料欄位包括：時間 (Time)、貨機 SSR (Code)、Mode-C 高度 (ALT)、經度 (Longitude) 及緯度 (Latitude)。CDR 格式儲存資料欄位包括：時間 (Time)，斜距/修正斜距 (Slant Range)，方位角 (Azimuth) /修正方位角 (ACPs<sup>12</sup>)。根據已知雷達陣地坐標及初級雷達回波資料計算航空器之軌跡，航跡角 (Track Angle) 及地速 (Ground Speed)。

廈門機場搜索雷達紀錄次級雷達訊號。由於系統限制，該系統僅能提供錄像，此錄像系統提供：時間、Mode-C 高度、及地速。

---

<sup>12</sup> ACP (Azimuth Change Pulses)，將方位角 (0° ~360°) 等距分成 4096 個單位，1 ACP=360° /4096 = 0.08789°。

### 1.18.2.2 次級雷達訊號

前述 5 座雷達原始資料涵蓋 GE 791 從桃園中正國際機場起飛直至該機次級雷達訊號消失。由於各雷達陣地之時間誤差，為統一雷達時間系統，概以馬公機場搜索雷達站時間為準。表 1.18-1 為各機場搜索雷達時間和馬公機場搜索雷達時間差表，表中包括：雷達掃描速率、各機場搜索雷達開始與停止紀錄時間、Mode-C 高度、時間差等。

如圖 1.18-1 所示之次級雷達訊號從 0103:31 (100 呎) 開始紀錄，最後 1 筆次級雷達訊號高度為 1,500 呎，時間 0152:49.129。根據馬公終端雷達資料，GE 791 於 0152:04.780 開始下降高度至 17,900 呎，如圖 1.18-2。廈門雷達紀錄最後 1 筆次級雷達訊號為 0152:38，高度 2,740 公尺 (8,989 呎)。圖 1.18-3 顯示馬公、高雄、中正機場搜索雷達航跡圖。

表 1.18-1 各機場搜索雷達時間和馬公機場搜索雷達時間之時間差

雷達陣地	雷達轉速	開始時間	停止時間	馬公終端雷達 時間差(秒)
		高度(呎)	高度(呎)	
台北區域管制中心 (TACC-NTAP)	12 秒/次	0147:11	0152:10	0
		18000	17900	
軍用雷達 (DAHANSAN-NTAP)	12 秒/次	0151:38	0152:46	-0.2
		18000	3600	
中正機場搜索雷達 (CCC-CDR)	4.6 秒/次	0103:31.777	0152:22.129	0
		100	16600	
馬公機場搜索雷達 (MKR-CDR)	5 秒/次	0109:58.78	0152:49.129	0
		6800	1500	
高雄機場搜索雷達 (KHR-CDR)	4.6 秒/次	0150:04.130	0152:34.582	-0.56
		18000	11200	
廈門機場搜索雷達 (Xiaman-雷達錄像)	4 秒/次	0150:11	0152:38	-4
		18011.59	2740m(8989ft)	

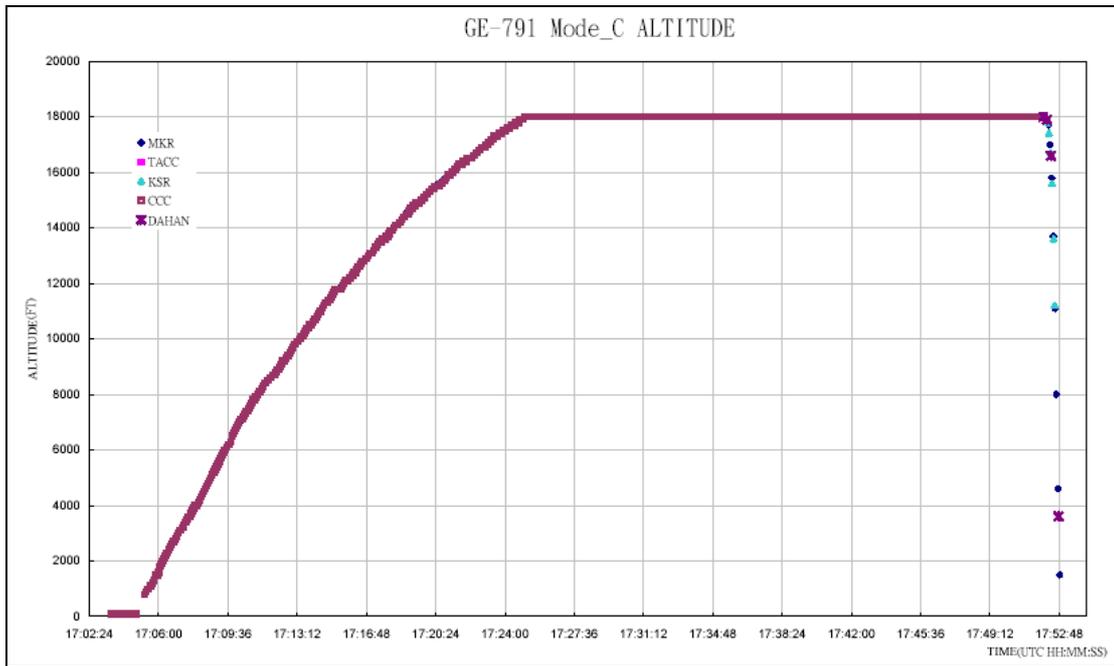


圖 1.18-1 GE 791 Mode-C 高度與時間變化圖 (0103:31~0152:56UTC)

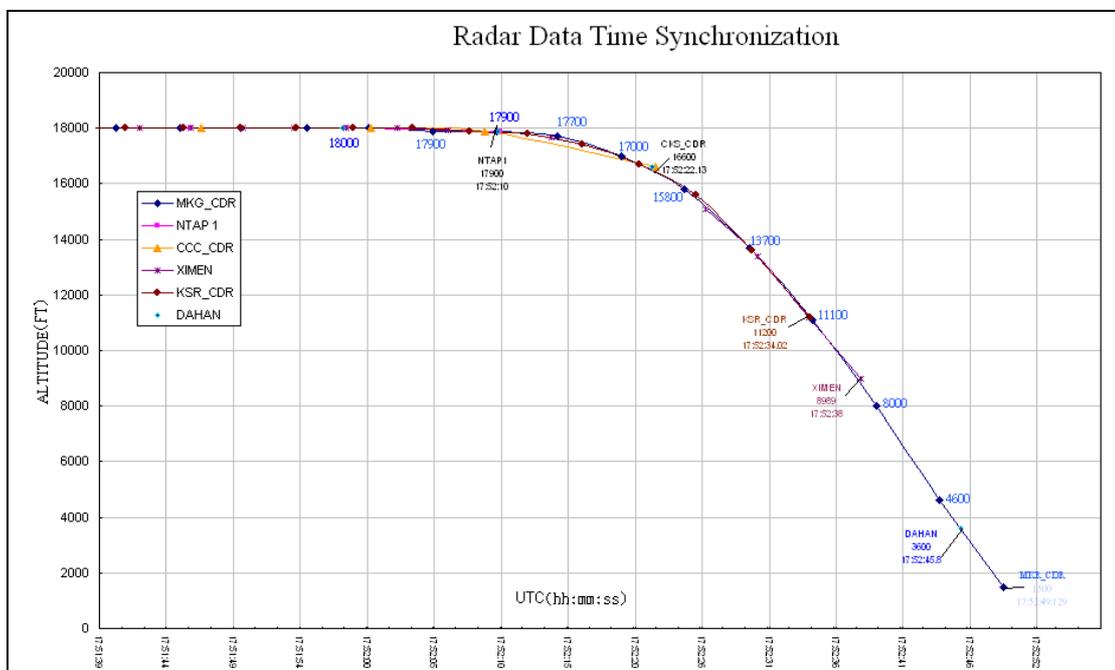


圖 1.18-2 GE 791 Mode-C 高度與時間變化圖 (0151:38~0152:48UTC)

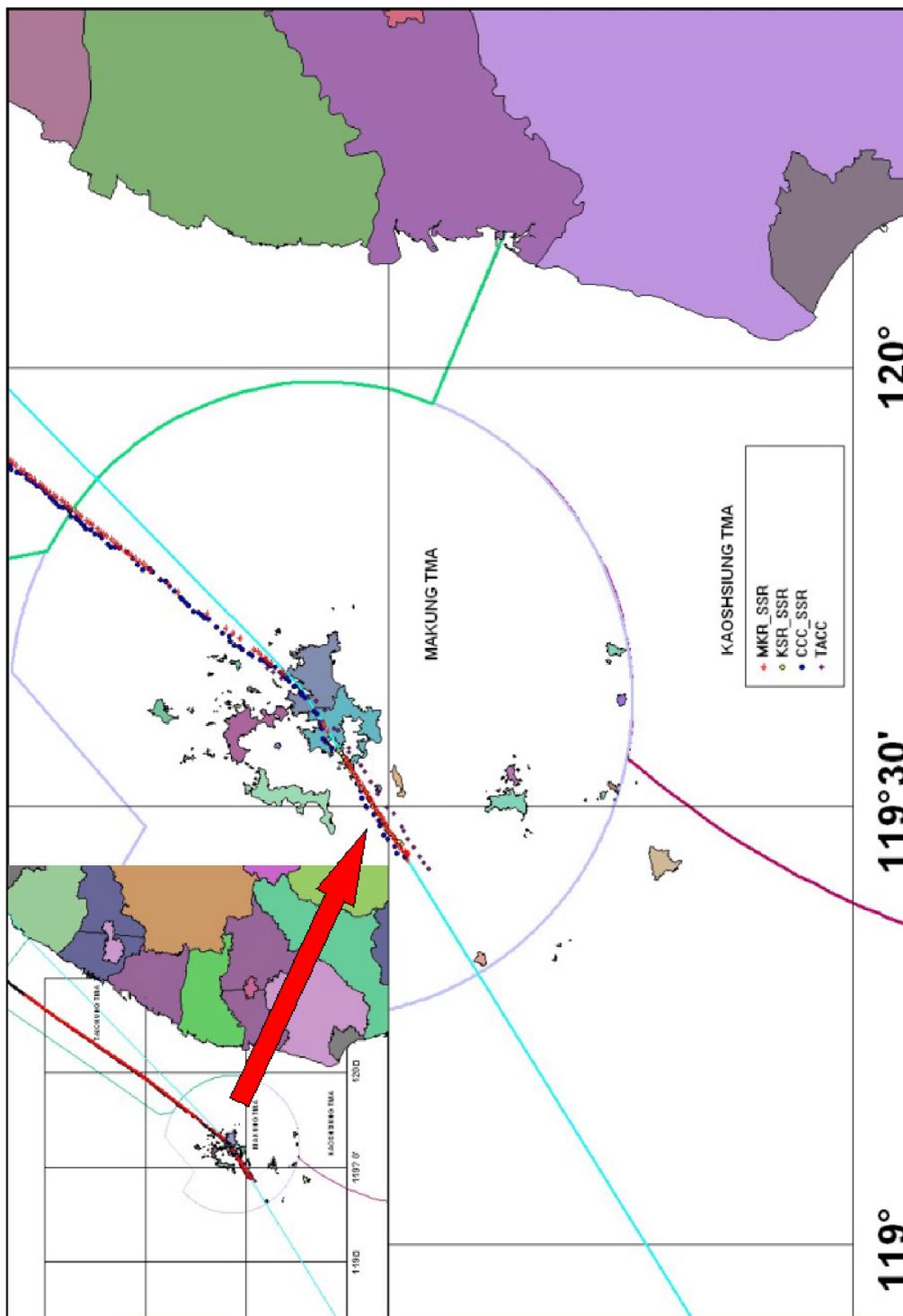


圖 1.18-3 GE 791 之航跡圖 (馬公、高雄、中正機場搜索雷達)

### 1.18.2.3 初級雷達回波

經計算馬公初級雷達回波資料後，與次級雷達軌跡結合，並套合水下殘骸分佈圖（如圖 1.18-4），該圖顯示馬公最後次級雷達訊號位置（N23° 28'47.89"、E119° 26'23.04"、1,500 呎），與失事現場殘骸分布區水平距離約 186 公尺。圖 1.18-4 顯示於 0152:49.130 至 0200:00 期間，共有 6 初級雷達回波出現於失事區域，其出現之位置、時間以及與次級雷達回波之最後位置相對距離如表 1.18-2 所示。

表 1.18-2 GE 791 失事區域之馬公初級雷達回波

	SSR 最後一點出現時間	經度	緯度	距離(m)
	0152:49.129	119° 26'23.04"	23° 28'47.89"	
編號	PSR 出現時間	經度	緯度	距離(m)
1	0152:49.129	119° 26'21.33"	23° 28'54.53"	206
2	0152:54.130	119° 26'37.32"	23° 28'53.84"	442
3	0152:59.000	119° 26'39.29"	23° 28'49.86"	463
4	0153:04.000	119° 26'30.67"	23° 28'49.86"	225
5	0153:13.776	119° 26'37.32"	23° 28'53.84"	442
6	0153:58.453	119° 26'27.72"	23° 28'55.92"	281

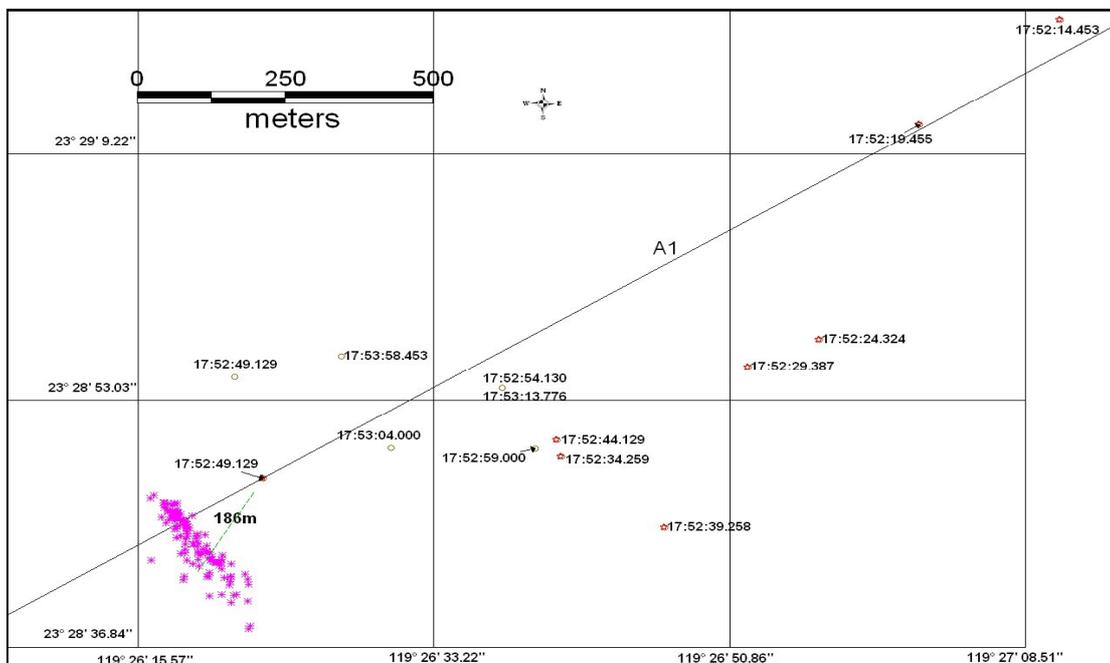


圖 1.18-4 馬公初級雷達回波/次級雷達訊號及殘骸水下分佈圖

### 1.18.2.4 雷達紀錄系統

台北區域管制中心共有兩套雷達紀錄系統；其中 1 套紀錄次級雷達訊號訊號-ATCAS (ATC Automation System)，另 1 套紀錄初級和次級雷達訊號，稱為 Micro-ARTS。本會將民航局雷達紀錄系統利用數位攝影機 (DV) 轉錄並截取相關影像，如圖 1.18-5 所示；GE 791 之雷達軌跡於 0151:54.970，其雷達高度為 18,000 呎；次級雷達訊號消失於 0152:49.129；初級雷達回波則持續顯示至 0153:12。



圖 1.18-5 台北區域管制中心 ATCAS 紀錄之初級及次級雷達訊號

### 1.18.3 訪談摘要

#### 1.18.3.1 簽派員

受訪者於民國 91 年 12 月 20 日輪值夜班，負責製作 GE 791 飛航計畫書及任務提示。當晚約 1900 時，聽到前面席位同事回答 CM-2 電話稱不清楚家居桃園之 CM-1 是否會到松山機場報到。受訪者於 1918 時電詢 CM-1，得知其將於 2310 時逕赴中正機場報到，隨後在電話中向 CM-1 實施任務提示。

之後電知 CM-2 稱 CM-1 將逕赴中正機場，並告知已向 CM-1 做過簡報。CM-2 約於 2140 時抵聯管中心報到、聽取簡報及代簽任務提示單後，於 2200 時攜飛航相關資料搭車前往中正機場。

聯管中心作業手冊規定，無論執行國際或國內任務，駕駛員均須在松山機場聯管中心報到，完成任務提示後，由機長及簽派員共同簽署飛航計畫書，表示達到共識。

受訪者表示：由同事告知 CM-2 約於 12 月 21 日 0200 時，曾以無線電報告聯管中心該機位置通過馬公附近，當時高度為飛航空層 180，一切狀況良好。

受訪者稱：簡報內容包括中正機場及澳門機場天氣狀況與能見度，當日 1800 時之 6 小時天氣預報，並說明中正機場及澳門機場可能都會下雨，預報最低能見度為 3,000 公尺、BR<sup>13</sup>；飛航公告（Notice to Airman，NOTAM）無特殊情況，並告知 CM-1 屆時可再看 1 次。同時附有衛星雲圖及由諮詢台「多元化氣象產品顯示」（Multi-dimensional Display）系統中印出台北至澳門間，高度分別為 2,000 呎、5,000 呎、10,000 呎、15,000 呎及 20,000 呎之高空風資料。其中註有該高度之溫度資料，當天中正機場地面溫度為攝氏 20 度，10,000 呎約為攝氏 0 度，18,000 呎約為攝氏零下 16 度。往澳門之航路頂頭風大，告知 CM-1 可要求多加一點油。

---

<sup>13</sup> BR 係輕霧之代號

CM-1 表示知道後，便結束電話簡報。

### 1.18.3.2 事故前一日飛航 B-22708 之駕駛員

民國 91 年 12 月 20 日執行 GE793 與 GE794（中正—澳門往返）之飛航組員 2 人受訪時表示：

GE 794，約於 2100 時起飛，載貨約 3,200 餘公斤，計劃飛航高度為飛航空層 190，後因雲層情形影響，申請爬高至飛航空層 230，該高度之靜態氣溫（Static Air Temperature, SAT）約為攝氏零下 18 度至 19 度。通過馬公後，於下降過程中進雲，但水氣量不大。沿途遭遇積冰狀況，機上雷達幕無明顯水氣顯示。

受訪者表示：積冰處置課目近年曾在模擬機施訓，但學科訓練不足，學科師資不夠專業，宜外聘專業師資或對師資加強培訓。有關 QRH（Quick Reference Hand Book）之嚴重積冰部份，最好以 Memory Item<sup>14</sup>方式規範。

民國 91 年 12 月 20 日執行 GE 791 與 GE 792（中正—澳門往返）之飛航組員 2 人受訪時表示：

本次事故前，曾聽說 B-22078 遭遇天氣不佳情況，在除冰系統及「-20oC 電門」等裝備皆致動後，仍發生嚴重積冰，當時造成航空器仰角增大、空速下降，駕駛員要求由飛航空層 180 下降至飛航空層 140，下降後情況正常。B-22708 一般在飛航空層 180 平飛時，使用自動駕駛及巡航馬力，指示空速約在 200 浬/時左右。航務處 91 年未特別發通告提醒 ATR 型機駕駛員可能發生積冰及處置程序，但 Airbus 機隊曾因首航寒冷天候地區而發特別通告。

### 1.18.3.3 曾與事故飛航組員同飛之駕駛員

事故前最後 1 次與 CM-1 同組飛航之駕駛員表示：

---

<sup>14</sup>緊急處置程序中必須熟記且能背誦之程序項目。

民國 91 年 12 月 17 日下午執行松山→馬公→高雄→馬公→高雄之載客任務，到達高雄時約 2000 時，當日在高雄過夜。18 日 0810 時，執行高雄→馬公→高雄→馬公→松山載客任務，約 1200 時下班。該 2 日之飛航狀況正常，無特別情形，CM-1 情緒和操作都正常。

事故前最後第 2 次與 CM-1 同組飛航之駕駛員表示：

民國 91 年 12 月 14 日下午執行松山—花蓮 4 次往返之載客任務，操作正常，受訪者認為 CM-1 飛航操作謹慎，在以往合作，未曾遭遇不正常狀況。

事故前曾與 CM-1 同組執行中正—澳門往返貨機任務之駕駛員表示：

民國 91 年 12 月 10 日，當日天氣良好，操作正常，未使用防冰及除冰裝置。另 1 位事故前曾與 CM-1 同組執行中正—澳門往返貨機任務之駕駛員表示：民國 91 年 11 月 21、22 日受訪者在松山機場報到後，聯管中心告知 CM-1 將直接到中正機場報到，於是簽派員就向受訪者簡報，抵達中正機場後，再由其向 CM-1 簡報，並將整套飛航計畫書交給 CM-1，CM-1 在休息室閱讀所有資料。當業務員告知貨已裝滿後，CM-1 及要求將燃油量加到上限，約 2,800 公斤，往返航程一切正常。

事故前最後一次與 CM-2 同組飛航之駕駛員表示：

民國 91 年 12 月 17 日 2000 時，執行松山→花蓮之載客任務，到達花蓮後夜宿當地。18 日執行花蓮→松山載客任務，2 次飛航皆由 CM-2 擔任操控駕駛員，操作正常合乎要求，仍由 CM-2 擔任操控駕駛員，空中及落地操作正常合乎要求，精神及情緒方面無異常，於松山落地後下班。受訪者認為 CM-2 聰明、細心、飛航能力穩定。

事故前最後第 2 次與 CM-2 同組飛航之駕駛員表示：

民國 91 年 12 月 18 日執行松山—花蓮來回 4 航次，計 8 個班次載客任務，其

中 CM-2 有 6 航班擔任操控駕駛員，操作正常。

事故前曾與 CM-2 同組執行中正—澳門往返貨機任務之駕駛員表示：

民國 91 年 11 月 22、23 日，當日天氣情況穩定，受訪者於任務提示時，特別針對貨的載重及加油情況提示，天氣方面特別要求掌握高空風、氣流不穩定區域及積冰高度等之資訊，CM-2 在這方面準備良好，功夫扎實。對航路認知較一般副駕駛員更清楚，航路中及航路附近各點能完全掌握，在任務全程中，始終不斷檢查飛航計畫及航行圖，對於航管許可抄收及應答沒有問題。任務途中之狀況警覺及航空器操控能力亦無問題。受訪者認為 CM-2 本職學能符合標準，待人接物謙和。

#### 1.18.3.4 模擬機檢定考試官及航路考驗檢定駕駛員

最近 1 次對 CM-1 執行模擬機檢定之民航局委任檢定考試官，同時也是最近 1 次對 CM-2 執行相同檢定考試官表示：

91 年 6 月 23 日及 7 月 25 日分別執行對 CM-1 及 CM-2 之模擬機檢定考試，2 位駕駛員於模擬機中的表現雖不是最好，但在考試時是合乎檢定規範，成績及格的。

CM-1 在模擬機複訓時，對緊急狀況反應稍慢；對基本操作飛航 (Raw Data)、單發動機重飛 (Single Engine Go-around)、及儀表交互檢查 (Instruments cross Check and Scanning) 等課目之表現都不太理想。

CM-2 則是對系統知識以及標準呼叫 (Standard Call Out) 較為不熟。譬如在「滑油壓力低 (Low Oil Pressure)」的項目中，未能辨別及測試其是否為假訊號。

受訪者參考訓練紀錄，回憶 CM-1 在模擬機之訓練情形及科目如下：1. 自動駕駛 (Autopilot) 進場沒問題；2. 基本操作飛行時，航跡明顯偏側，不理想，但經監控駕駛員 (Pilot Monitor, PM) 提醒後，能逐步改善；3. 交互檢查 (Scanning)

慢；4.單發動機進場時與上述基本操作飛行時的情況一樣；5.單發動重飛時之情況也是一樣。CM-2 則是：程序上的呼叫（Call Out）及系統上會遺漏，但重新瞭解後就沒問題。對 CM-1 及 CM-2 的反應評價分別為慢及正常。CM-1 雖在訓練時的操作有缺點，但在 PM 的提醒後，沒有超出標準範圍。

最近 1 次對 CM-1 執行航路考驗的檢定駕駛員表示：

91 年 6 月 11 日對 CM-1 執行航路考驗，對雷雨天氣之掌握、處置良好，成績及格。在 90 年 2 月 19 日亦曾對 CM-1 執行航路考驗，曾開具缺點通知單。受訪者亦記得 CM-1 在模擬機訓練之基本操作飛行及低能見度之單發動機狀況操控不穩定，後來由受訪者與 CM-1 研討操作要領並特別陪同實施模擬機飛航訓練，表現漸趨穩定。

最近 1 次對 CM-2 執行航路考驗的檢定駕駛員表示：

91 年 6 月 3 日對 CM-2 執行航路考驗，航路考驗成績合格。

### 1.18.3.5 遭遇嚴重積冰之 ATR 72 駕駛員

受訪者敘述該次飛航經過摘要：

於民國 91 年 11 月下旬執行 GE793（台北→澳門）貨機任務時，約 11:00 時，當時高度已爬升至飛航空層 180，在 ELATO<sup>15</sup>之前遭遇嚴重積冰，當即向航管請求下降至飛航空層 140。該次飛航該機係滿載，由中正機場起飛後，以指示空速 170 浬/時爬昇，通過飛航空層 140 以上就有積冰現象，在飛航空層 150 至 160 間，爬升率約為 500 呎/分，當爬升率即將低於 500 呎/分時，將發動機動力管理系統（Power Management）改置於 MCT（Maximum Continuous）位置。

爬高時在雲層中進進出出，到達 ELATO 之前雲層很厚。平飛後，持續注意

---

<sup>15</sup> A-1 航路上，在台北與香港飛航情報區邊界之定點，位於馬公導航台西南方 140 浬。

除冰靴工作狀況，一切正常；一段時間後發現機頭上仰，速度下掉，巡航速度由指示空速 200 哩/時往下降至快接近但未低過紅色指標 (Red Bug)。當指示空速低於 190 哩/時，已向航管請求下降高度，即解除自動駕駛以手動操作該機下降，將發動機動力管理系統置於 MCT 位置，下降率約為 1,400 呎/分，當高度下降至飛航空層 160 時，指示空速達 220 哩/時，駕駛盤操控正常，雖未出雲，但已能維持速度，故向航管請求並獲同意保持飛航空層 160 飛航。

受訪者回憶當時情形表示：當從機頭上仰、速度遞減到向航管請求下降的過程，時間約 15 秒至 20 秒左右。這是其第 1 次碰到嚴重積冰情況，認為是有價值的經驗，值得分享，曾將該情況告訴幾乎每 1 位所遇到的同事，在組員待命室亦曾提及，但未填寫任何報告。

### 1.18.3.6 民航局航務檢查員

民國 90 年初，民航局派遣擔任復興之航務檢查員。約於事故前兩個月曾對 CM-1 實施駕駛艙航路查核，飛航操作正常，能遵守標準作業程序及公司相關規定。受訪者回憶「...在參加復興之教師駕駛員會議中曾論及 CM-1 模擬機考驗有進步...」。

航務檢查員之國內查核方式多為隨機查核，因國內目前無 ATR 模擬機設施，故每年赴泰國實施委任檢定考試官考驗 2 次，另藉由每月參加教師駕駛員會議來瞭解前 1 月模擬機考驗情形。隨機查核係檢查駕駛員在操作過程是否合乎標準作業程序，包括操作程序、技術等項目，對駕駛員之年度航路考驗另包括口試項目。

完訓駕駛員每半年實施 1 次考驗，一般學科包括法規、飛航資訊、JEPPESEN 航圖...等，至於異常及緊急狀況處理之學科複訓部分，因無法涵蓋全部，則應隨模擬機術科分配，在 3 年內涵蓋全部科目。對駕駛員學科查核方式，係檢查其是否按課表上課？課目內容是否合於要求？是否有測驗？以及是否合格？

### 1.18.3.7 事故時飛經附近空域之飛航組員

兩位受訪者係某航空公司班機之正、副駕駛員，於受訪時表示：

民國 91 年 12 月 21 日 0119 時，由香港國際機場起飛，沿 A-1 航路爬升至飛航空層 270，目的地為中正國際機場，於 ELATO 前約 20 哩，因天氣情況申請並獲許可爬高高度至飛航空層 330，同時加入 M-750 區域航行航路，飛航空層 330 時之風向約為 260 度，風速約為 90 哩/時，飛經 TONGA<sup>16</sup>前聽到求救訊號，即告知台北區管中心。之後開始下降進場。當時雲頂高度約在 30,000 呎，下降過程遭遇亂流、進雲及下雨等狀況，但無閃電，機上氣象雷達皆為綠色之顯示，無紫、紅或黃色顯示，下降通過約 800 呎後出雲。

### 1.18.4 防、除冰系統之適航認證

#### 1.18.4.1 除冰靴之修改

美國國家運輸安全委員會第 AAR-96/01 號失事調查報告<sup>17</sup>指出，Aerospatiale 公司對於 ATR 72 航空器機翼之除冰靴，採取增大面積做法，使其自原佔翼弦 7% 提昇至 12.5%。增大後之除冰靴在風洞裡進行乾燥空氣和積冰情況下之密集測試，隨後由該公司與美國聯邦航空總署（FAA）試飛員在乾燥空氣和自然積冰之空層進行試飛後獲得認證。此外，FAA 並在愛德華空軍基地上空，以空中加油機對跟隨在後之 ATR 72 試驗機製造積冰情況。測試結果顯示 ATR 72 增大除冰靴後確能符合 FAR PART 25 部份附件 C 對在積冰空層運作之要求。其後，所有於西元 1995 年 6 月 1 日前在美國註冊之 ATR 72 航空器，均完成增大除冰靴面積之修改。

增大除冰靴面積之後，由於其操作界限增加，可讓飛航組員於遭遇冰雨空層、

<sup>16</sup> M-750 區域航行航路在飛航情報區邊界之定點，約位於馬公 187 度方位、25.3 哩。

<sup>17</sup> National Transportation Safety Board, Safety Report, NTSB-AAR-96/01, at Roselawn, Indiana on Oct 31, 1994.

認知外界情況後，有較充裕時間作出反應，使航空器儘早脫離該空層。但增大除冰靴面積，ATR 72 機仍然未能獲得可在凍雨空層中運作之驗證。

#### 1.18.4.2 須改變之操作考量

對渦輪螺旋槳運輸類航空器而言，許多操作考量建議諸如：飛航組員和簽派員訓練、更詳盡之飛航組員報告、航管人員和組員之合作提報惡劣天候、訓練航空器不正常姿態之操作技巧、航空器系統設計和人為因素與主要最低裝備需求手冊（Master Minimal Equipment List, MMEL）內容修改等。

#### 1.18.4.3 適航認證需求之改變

GE 791 與其他遭遇積冰之失事或意外事件航空器，在適航認證需求上不夠周詳。為此，FAA 航空立法諮詢委員會（Aviation Rulemaking Advisory Committee, ARAC）推動立法。由 ARAC 組成工作小組，成員包括美國國內航空工業、工業支持團體、外國製造廠及監理機關，制訂在積冰情況下，適航認證之政策和相關法規用語。

FAA 之特殊授證評估（Special Certification Review, SCR）報告結論如下：

1. ATR-42 與 ATR-72 符合美國 CFR PART 21、25 與法國引用 JAR 25 之基本需求；美國與法國簽定的 BAA 條款中，FAR 25 與 JAR 25 之附錄 C 條文內，對於積冰情況之適航認證需求已有詳述規範。
2. 美國 Roselawn 失事案例顯示過冷冰雨滴（Super Cooled Drizzle Drops, SCDD）情況超出 14 CFR PART 25 及 JAR 25 中積冰情況下之適航認證規範。調查發現失事當時空層含水量和氣象預報之過冷冰雨滴 SCDD 情況可能不儘吻合；飛航組員也缺乏足資判斷是否已遭遇比當初適航認證飛行條件下更惡劣之天候的方法。

因此，SCR 團隊做出以下建議：

現有運輸類機隊飛行操控面未裝置除冰靴之航空器應先行檢視確保其在遭遇大過冷水滴 (Super-Cooled Large Droplets, SLD) 時不會有致命性航空器失控情況產生。下列兩點也須列入考慮：

1. 在遭遇 SLD 天候狀況時，不論期間多久，航空器均不至於有危險產生；
2. 每架航空器必須查核下列情況，且其操作程序或限制必須在航空器飛行手冊 (Airplane Flight Manual, AFM) 載明：
  - a. 航空器在 SLD 情況之下，組員必須能夠予以辨別，且能安全脫離該區域；
  - b. 當航空器進入 SLD 情況時，飛航組員必須要有明確的方法來辨別其已經進入該區域；
  - c. 要提供飛航組員安全脫離程序，其中必須包含操作限制與規範；
  - d. 要提供飛航組員能夠辨別其原來在 SLD 情況下，其機身重要部位之積冰已經減少或融掉。

FAR 25.1419 附錄 C 內容應該重新審視，必須包含已知天候條件下，最常出任務之通勤航空器其運作條件等內容。

立法與相關文宣材料中應加上在 SLD 環境下，鋼繩式飛行操控系統如果失控，將有可能會發生致命飛航事故。適航需求將會加列新增的要求。

目前自動駕駛失效後之評估標準，其亦將用來評量副翼失控擺動後航空器動態反應之可接受能力。而由於先前兩個失事案例 (副翼失效與操縱困難)，飛航組員事先均不瞭解其所處情況，因此組員在巡航時，事發之前 3 秒必須要能夠認知情況。

人機介面上，組員使用機上任何系統來拯救航空器時，機上配備電腦將

不能妨礙組員操作。

航空器飛行手冊必須修訂有關積冰操作限制之敘述。

FAA/JAA 對於航空器航行於積冰區域時，航空器操縱品質及性能考量，兩方之共識協調必須加速進行。

目前適航認證法令在評估新型積冰偵測器科技後，法令需適度修改，使得日後新型航空器均須依該法令認證。

飛航組員與簽派員於惡劣天候下，其相關之操作訓練內容和妥適性應重新評估。

飛航組員之訓練應該包含不尋常姿態改正之認知與恢復技巧。

鼓勵飛航組員提供航管單位及時、精確之惡劣天候報告。至於淡化其情況則不值得鼓勵。

航空業者之冬季操作規範中，必須要解釋飛行操控面失控之現象及航行至 SLD 情況之危險性。

主要最低裝備需求手冊其第 30 章內容中對於各項延遲缺點改正，其寬限期應該審慎評估。

對於飛航組員提供之 SLD 氣象預測報告，其內容必須準確與及時，現行之機制必須再加強。

## 1.18.5 殘骸打撈

### 1.18.5.1 殘骸分布

事故發生後當日，海巡署派遣船隻由海面進行搜救行動，失事海域附近漁船亦加入搜救，發現漂浮殘骸在東經 119.26 度、北緯 23.25 度，東經 119.35 度、北

緯 24.55 度及東經 119.26 度、北緯 23.25 度附近。軍方以側掃聲納及聽音裝置偵測疑似殘骸點位分布如圖 1.18-7 之藍色區。海研二號以側掃聲納發現疑似殘骸點位分布如圖 1.18-7 之綠色區。海洋力士號根據以上偵搜團隊得到之目標點位，以水下遙控操作載具（Remote Operating Vehicle, ROV）搭載攝影機進行檢視，發現殘骸區域在東經 119 度 26 分 16 秒至 119 度 26 分 23 秒，北緯 23 度 28 分 38 秒至 23 度 28 分 47 秒，60 公尺水深之海床上，如圖 1.18-6 紅色區所示。殘骸分布區域東西距離約為 170 公尺，南北距離約為 280 公尺，如圖 1.18-7 所示。殘骸最集中區在圖 1.18-7 之紅色線區內，較大殘骸如發動機、起落架及機翼油箱，以及 2 具飛航紀錄器均在此區發現，如圖 1.18-8。介於紅線與橙線間為殘骸次集中區，橙線與藍線間之殘骸破碎細小，分布稀疏。

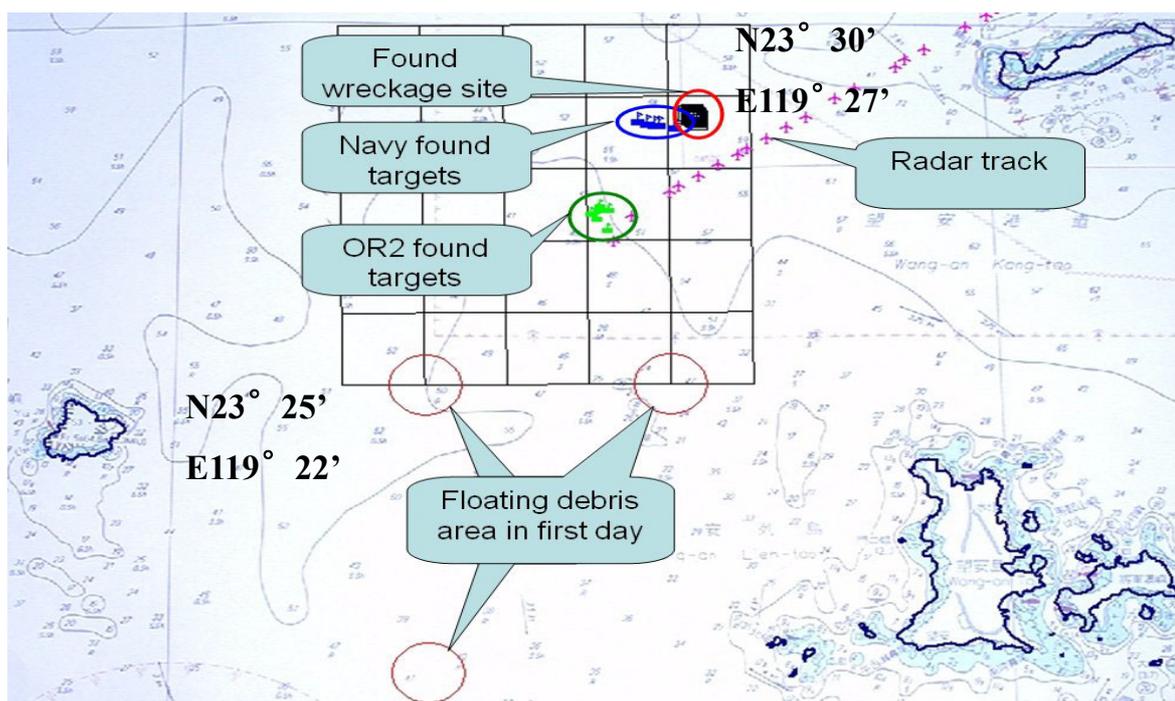


圖 1.18-6 漂浮殘骸、疑似殘骸目標、殘骸區及雷達軌跡示意圖

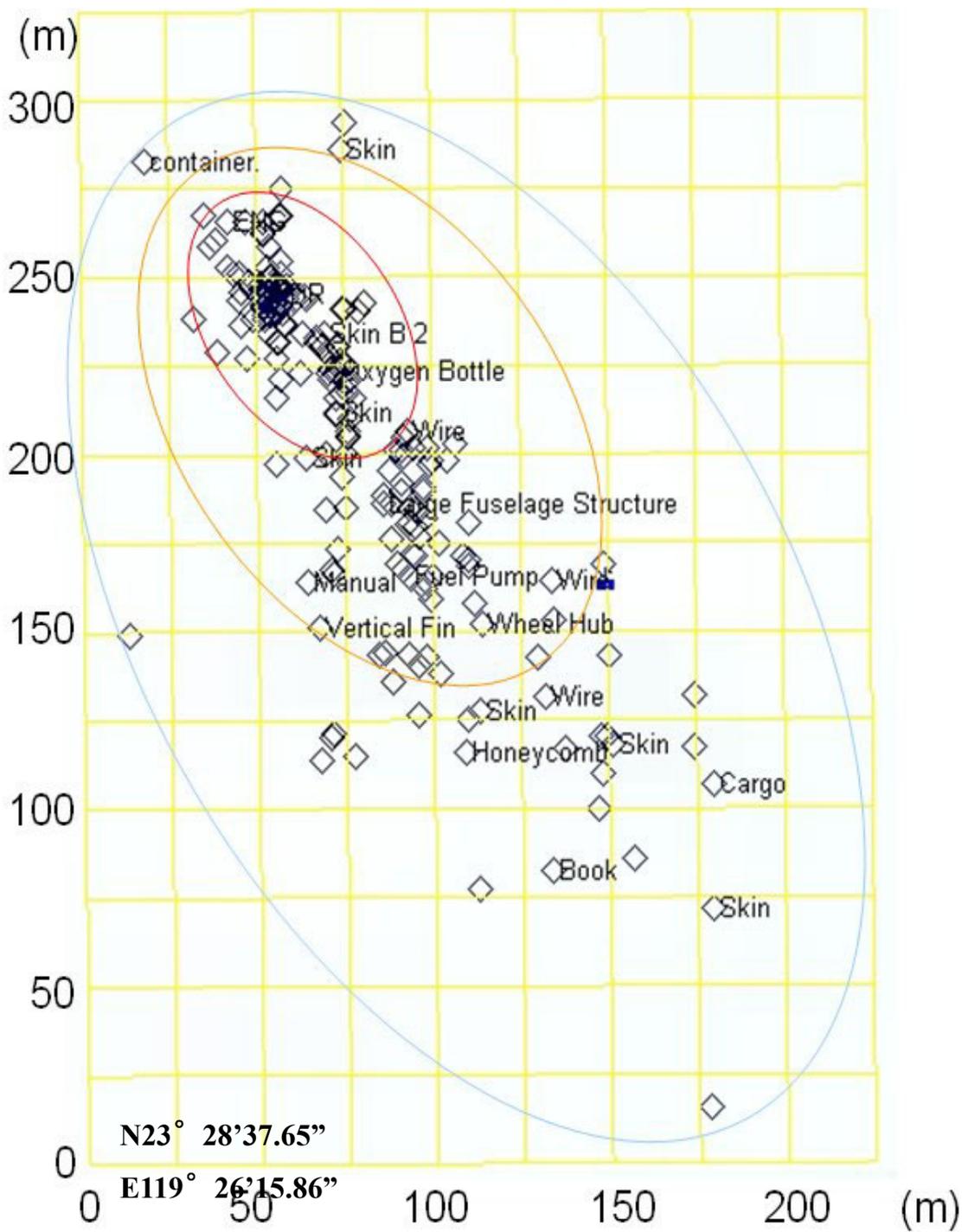


圖 1.18-7 殘骸分布圖

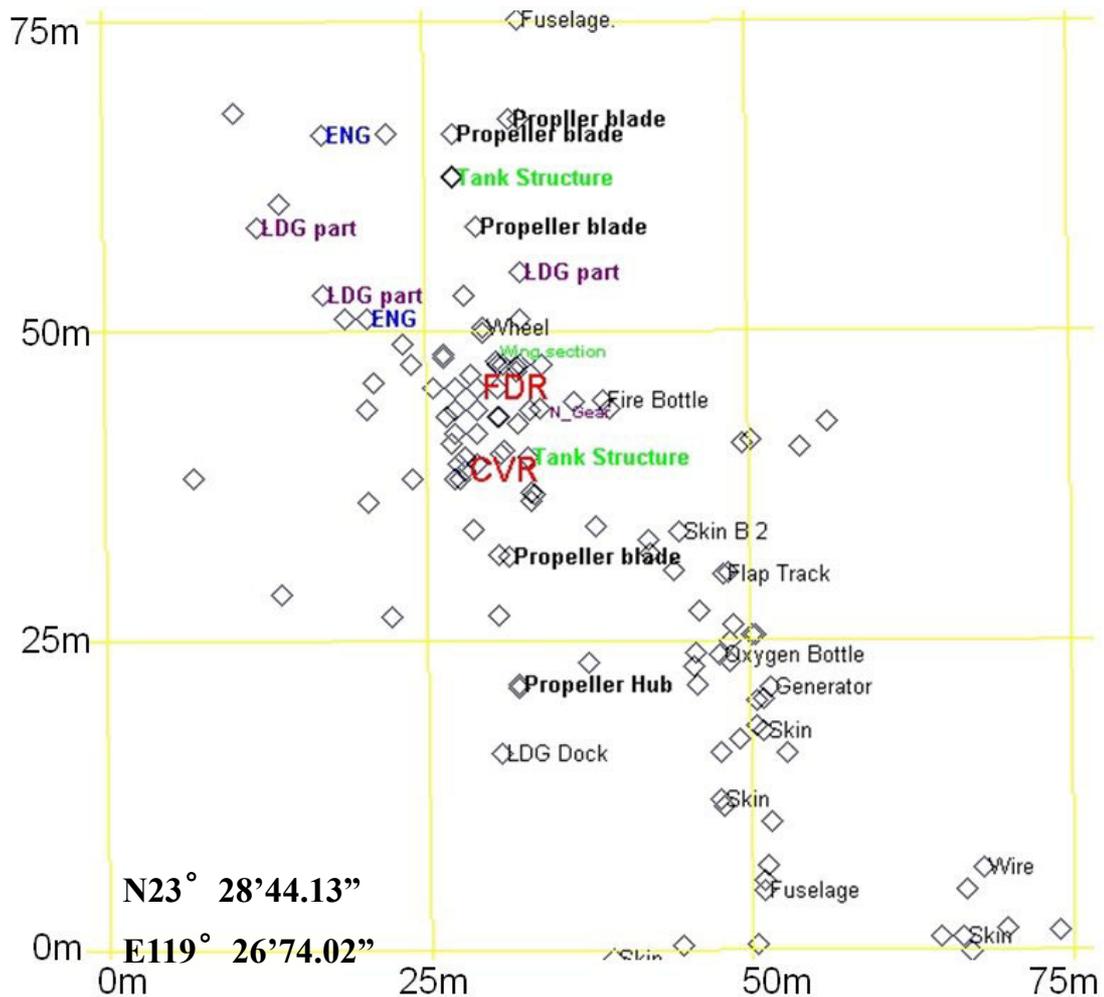


圖 1.18-8 較大殘骸分布圖

### 殘骸偵搜與雷達軌跡

由於發現殘骸與規劃時使用雷達軌跡（如圖 1.18-6 紫色軌跡）最後 1 次雷達回波位置間約有 3.6 公里之距離，進一步考慮地球陀螺效應，精確計算雷達軌跡如圖 1.18-12 紅色星號軌跡所示，其最後 2 次雷達回波位置與發現殘骸間約有 186 公尺之距離。

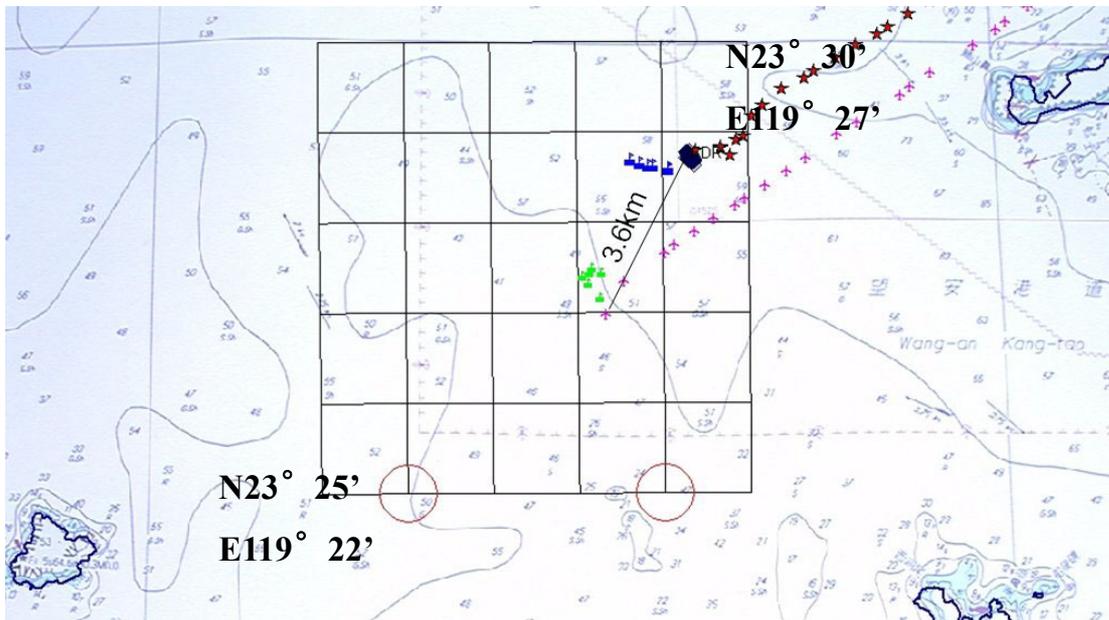


圖 1.18-9 殘骸發現位置與雷達軌跡比較圖

海軍與海巡署撈獲之漂浮殘骸 87 件（如圖 1.18-10），多為機翼後緣、襟翼、方向舵、升降舵等航空器操控翼面機身、整流罩之蜂巢結構及布料，尺寸最大件為編號 55 布料，210 cm × 17 cm，最小件為編號 96 螺旋槳轉速表，尺寸 10 cm × 10 cm，平均尺寸約 50 cm × 30 cm。



圖 1.18-10 撈獲之漂浮殘骸

海洋力士號撈獲沉底殘骸 10 件，包括兩具飛航紀錄器、1 只起落架及機身結構、螺旋槳及其他機身結構。

拖網漁船打撈沉底殘骸 102 片（如圖 1.18-11），多為機翼結構、機身蒙皮樑框及輪轂、起落架等，最大件為編號 198 貨艙地板，尺寸 205 cm × 135 cm × 6 cm，最小件為編號 152 機身蒙皮，尺寸 24 cm × 8 cm × 0.2 cm，平均尺寸約 60 cm × 30 cm × 5 cm。總共尋獲殘骸 199 件。



圖 1.18-11 拖網漁船打撈之沉底殘骸

### 1.18.5.2 偵搜作業

GE 791 事故次日，專案調查小組即於馬公航空站設置指揮中心，展開殘骸搜尋作業。

偵搜團隊來包括海軍、海巡署、中科院、國科會及後續加入之史密特打撈公司海洋力士號（SMIT Salvage Company, Ocean Hercules）（如圖 1.18-12~15）。偵搜團隊視天氣狀況，適時召開協調會議，擬定偵搜與打撈計畫。



圖 1.18-12 海軍水下偵蒐



圖 1.18-13 海巡署水下偵蒐



圖 1.18-14 海研團隊作業船隻



圖 1.18-15 海洋力士號水下偵蒐

### 偵搜規畫

偵搜計畫首先規劃搜尋區域，設定以 GE 791 雷達光點消失位置為參考點，並涵蓋海巡署撈獲漂浮殘骸位置及海巡署空中偵巡隊發現海面漂油地點。配合當地海域潮流方向、海床地勢，考慮航機落水可能的速度與航向以及風向風速。依據船隻與偵搜裝備特性，規劃偵搜範圍（如圖 1.18-16），即南北及東西向各 5 哩之 25 平方哩範圍為初始偵搜區域。

事故發生後，搜尋作業初期由海軍召集偵搜協調會，提報當日搜尋結果、天氣與海象預報、及下次作業計畫。參與會議單位包括澎防部、海軍、飛安會、復興航空公司、海巡署及民航局馬公航空站。本會提供雷達資訊及草擬之打撈區域供海軍參考，海軍再就本會規劃之偵蒐區域，安排船艦進行海面及水下偵蒐作業。

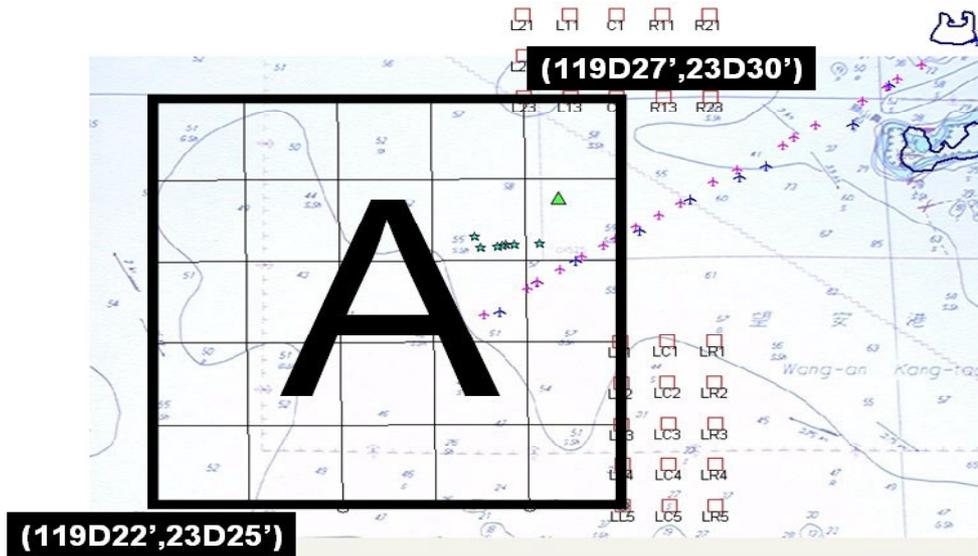


圖 1.18-16 初始偵搜區域

### 偵搜單位作業

海軍船艦具備聲納偵搜與聽音作業能力，在偵搜協調會後即依計畫獨立作業，海巡署艦艇則搭配本會與中科院人員作業（如圖 1.18-17 至 18）。國科會海研二號以側掃聲納進行大區域偵搜為主，海洋力士號則以水下攝影機進行目標物確認，各單位作業內容與時間如下：

作業單位	起訖時間	作業方式
海軍艦隊單位一	91/12/21 至 92/01/09	水下聽音
海軍艦隊單位二	91/12/21 至 92/01/09	聲納掃描
飛安會與海巡隊	91/12/21 至 92/01/09	水下聽音
中科院與海巡隊	92/01/05 至 92/01/11	水下聽音
國科會海研二號	92/01/05 至 92/01/13	聲納側掃
海洋力士號	92/01/10 至 92/01/22	聲納側掃 遙控操作載具攝影作業



圖 1.18-17 飛安會調查人員於海巡艇偵蒐飛航紀錄器情形



圖 1.18-18 中科院工程師於海巡艇偵蒐飛航紀錄器情形

### 偵搜結果

海軍於作業期間，偵得疑似飛航紀錄器水下定位信標訊號 2 處，後又偵獲疑似殘骸之水下目標 8 處。本會、中科院及海巡署艦艇確認有 1 處水下定位信標發出之訊號，無法確認第 2 處（如圖 1.18-19 至 21）。海軍同時協助本會人員以 3 點定位方式標定飛航紀錄器音源位置。

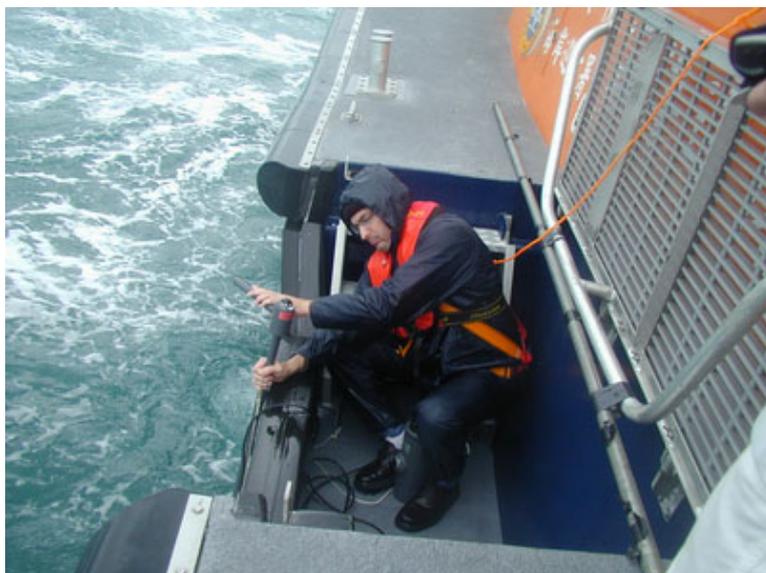


圖 1.18-19 法國失事調查局人員協助飛航紀錄器偵蒐



圖 1.18-20 飛安會調查人員偵蒐飛航紀錄器情形（一）



圖 1.18-21 飛安會調查人員偵蒐飛航紀錄器情形 (二)

發現疑似殘骸位置及飛航紀錄器水下定位信標訊號位置如表 1.18-3 與 1.18-4

。

表 1.18-3 海軍偵測之疑似殘骸點位

代號	說明	尺寸(mxm)	北緯	東經
NP-1	大量散佈殘骸	8x5	23D28.716'	119D26.352
NP-2	大型金屬反應	9x5	23D28.582	119D26.07
NP-3	斷成三節	10x4	23D28.644	119D25.733
NP-4	斜插入海底成 15 度	7x2	23D28.683	119D25.626
NP-5	水下撞擊點	8x6	23D28.592	119D26.067
NP-6	水下撞擊或磨擦痕跡	15.9x10.3	23D28.617	119D25.883
NP-7	不明凹陷痕跡	7.5x6	23D28.624	119D25.826
BB-1	疑似飛航紀錄器信號 1		23D28.298	119D25.449
BB-2	疑似飛航紀錄器信號 2		23D28.77	119D26.33

表 1.18-4 海研二號偵測之疑似殘骸點位

Target	Priority	尺寸 (m x m)	北緯	東經
A	2	5x2 4x3, 4x3, 4x2, + F	23D28.757	119D26.299
B	2	6x2, 3x1	23D28.743	119D26.325
C1	2	5x2, 6x1, + F + 5x3 (50m to N)	23D28.417	119D26.203
C	2	5x1, 3x3 + F	23D28.764	119D26.292
D	1	4x3	23D28.466	119D26.202
E	1	5x2, 4x1	27.997	119D26.113
F	1	4x1, 3x2	23D28.459	119D26.202
G	2	10x4, 10x1, 7x2, 5x2, 5x1	23D28.455	119D26.007
H	2	4x2, 3x3	23D28.570	119D26.006
I	1	5x4, 5x3	23D28.467	119D26.007
J	2	11x3 + F	23D28.307	119D25.848
K	2	6x3, 5x1	23D28.453	119D25.957
L	2	4x2 +F	23D28.328	119D25.915
M	1	8x3	23D28.600	119D25.823
N	2	9x5	23D28.457	119D25.820
O	2	5x1, 3x2	23D28.404	119D25.748
P	2	6x1	23D28.261	119D25.682

### 1.18.5.3 打撈作業

史密特打撈公司海洋力士號於 92 年 1 月 09 日上午抵達高雄港報關與補給，於當天下午駛往澎湖海域失事現場，於 92 年 1 月 10 日凌晨抵達馬公外港待命。當日 0900 時，本會與復興人員由海巡署船艇接駁登上海洋力士號開始作業（如圖 1.18-22）。

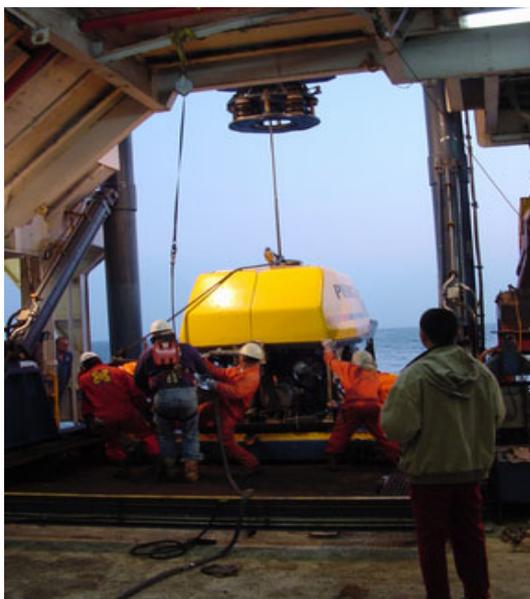


圖 1.18-22 海洋力士號 ROV 作業

92 年 1 月 10 日，海上風力七級陣風九級，浪高 4 公尺，水下潮流流速 5 節，最高 6 節，海洋力士號仍駛往現場企圖以動力定位後施放 ROV 進行水下搜索，因風大浪高，曾數度船隻動力定位系統承受過大負荷以致過負荷保護裝置將電力切斷，使動力定位系統無法繼續使用，ROV 亦因潮流速度過高而無法操作。1600 時風力漸減，開始 ROV 偵蒐作業。完成 NP-1、NP-2、NP-3、NP-5、NP-6 之 ROV 偵蒐作業（如圖 1.18-23），僅於 NP-1 有小型殘骸發現。



圖 1.18-23 海洋力士號 ROV 偵蒐作業

92年1月11日凌晨，潮流速度趨緩，ROV開始至海軍提供之8處點位進行攝影作業。發現NP1有細碎殘骸，其餘點位除珊瑚礁岩外皆無其他發現。0900時海象轉劣，ROV無法繼續作業，討論後決定使用水下聲納側掃作業。側掃聲納之拖魚裝有信標發射器，可將測得精準之點位顯示於座標系統。

再以海研二號提供之水下目標，規劃聲納側掃範圍，12小時後偵得水下目標數處，其散佈範圍與海研二號提供之目標範圍相似。潮流流速趨緩後，規劃一350公尺×350公尺範圍，25公尺間距，派遣ROV下水作業，以其聲納裝備進行50公尺直徑掃描（如圖1.18-24）。



圖 1.18-24 ROV 聲納掃描

92年1月12日0626時，ROV發現FDR前段與信標發射器，橘紅色外殼脫落。0800時ROV機械手撈起FDR（如圖1.18-25及26），並陸續發現殘骸如：Brake disk、Engine mounting、Engine casing、Landing gear#2、Large engine part、Generator等。繼續作業至1630海流轉急而暫停作業。FDR由海巡署船艇接駁上岸，由主任調查官護送搭乘遠航188班機送回本會實驗室。

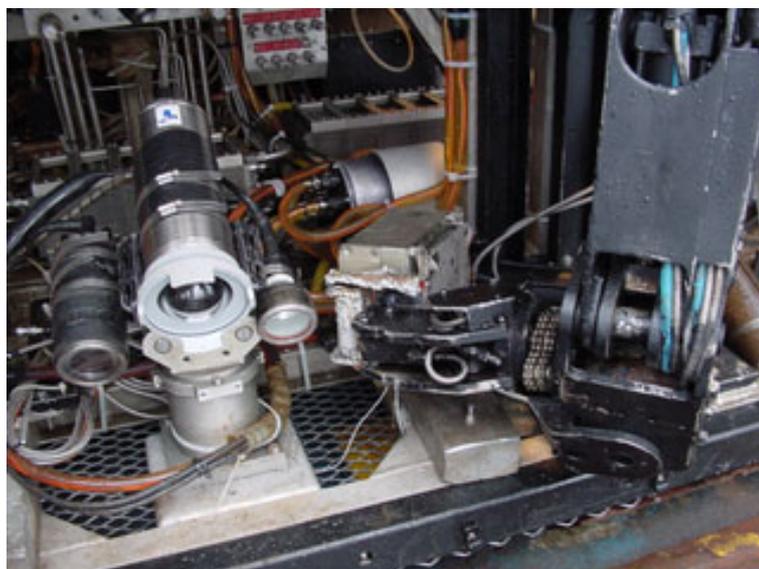


圖 1.18-25 海洋力士號 ROV 撈獲之 FDR



圖 1.18-26 FDR 撈獲時之外觀

92 年 1 月 13 日 1740 時，ROV 發現 CVR 前段 (Crash Survivable Unit, CSU)，信標發射器遺失，橘紅色外殼脫落。1900 時 ROV 機械手撈起 CVR (如圖 1.18-27 及 28)，同時陸續亦有殘骸發現。



圖 1.18-27 海洋力士號撈獲 CVR 之情形



圖 1.18-28 CVR 撈獲時之情形

92 年 1 月 14 日至 92 年 1 月 24 日，海洋力士號以海研二號側掃目標進行地毯式搜索，無進一步發現。

92 年 1 月 21 日至 92 年 1 月 24 日 1200，海洋力士號進行打撈作業（如圖 1.18-29），撈獲起落架結構及發動機螺旋槳等殘骸 10 件。



圖 1.18-29 海洋力士號潛水夫下水打撈情形

92年1月24日1200，海洋力士號終止打撈作業，暫置甲板殘骸由海巡署船艇接駁上岸，再由陸上運輸轉運至馬公空軍基地存放（如圖1.18-31）。



圖 1.18-30 馬公空軍基地存放殘骸情形

海洋力士號打撈作業期間，本會即已規劃漁船底拖作業。海洋力士號打撈作業終止後，本會與復興商議底拖作業，因中科院曾協助打撈華航 CI611 打撈作業，

故聘其提供技術支援，包括計畫擬定、裝備支援及操作。過程中中科院在漁船及控制中心裝置了導航系統，包括全球定位系統、底拖軌跡紀錄、底拖航線管制及現場位置回報等。這對管制中心監督海上所有底拖漁船之作業有非常大的幫助。自 92 年 2 月 18 日至 92 年 3 月 24 日之漁船底拖作業期間，撈獲殘骸 102 片，連同海洋力士號撈獲之 10 件，海巡署撈獲之 89 件，共計撈獲殘骸 199 件，殘骸清單如附錄 15。

## 第二章 分析

### 2.1 概述

GE 791 飛航組員依民航法規持有合格有效證照，事故前 72 小時內之工作及休息正常，無證據顯示在事故發生時，受到生理、心理、藥物或酒精之影響。該機已執行全部適航指令，處於適航狀況，載重與平衡在限制範圍內。

本會認為此事故之發生與相關航管儀器設備無關。根據座艙語音紀錄器資料顯示，0127:27 至 0131:03 時航管與該機通話之無線電干擾聲，係發生於 0132:35 時飛航組員第一次發現該機結冰、0134 時與 0141 時兩度啓動機身除冰系統、0144:47 時飛航組員發現「那結冰了，蠻大坨的」及 0150:29 時飛航組員發現「哇塞，好大一坨哦」等情形之前，故通信與本事故無關。

針對本次事故調查蒐獲證據，分別按天氣資訊、飛航操作、積冰情況之飛航性能及飛行能力、積冰偵測系統及失速警告系統、航空器與結構損害、技術文件及維護紀錄管理以及 F800 型紀錄器之磁帶異常現象等節分析如後。

### 2.2 天氣資訊

#### 2.2.1 積冰嚴重程度

##### 2.2.1.1 定義

以下為現行及研擬中之積冰嚴重程度定義方法<sup>18</sup>。

1. 根據駕駛員所遭遇之積冰情況及/或應採取行動

---

<sup>18</sup> A History and Interpretation of Aircraft Icing Intensity Definitions and FAA Rules for Operating in Icing Conditions. DOT/FAA/AR-01/91, Final Report, Nov. 2001

國際民航組織對飛機天氣報告中，積冰嚴重程度定義為 3 級( ICAO DOC 4444 APP.1 )：

- Light ( 輕度 ) : Conditions less than moderate icing ;
- Moderate ( 中度 ) : Conditions in which change of Heading and/or altitude may be considered desirable ;
- Severe ( 嚴重 ) : Conditions in which immediate change of Heading and/or altitude may be considered essential °

1960 年代以來，美國 FAA 出版之航空情報手冊 ( Aeronautical Information Manual ) 提供駕駛員 4 級積冰嚴重程度的定義，作為飛機天氣報告之依據：

- Trace ( 微量 ) : Ice becomes perceptible. The rate of accumulation is slightly greater than the rate of sublimation. It is not hazardous even though deicing/anti-icing equipment is not utilized, unless encountered for an extended period of time - over 1 hour ;
- Light ( 輕度 ) : The rate of accumulation may create a problem if flight is prolonged in this environment ( over 1 hour ) ). Occasional use of deicing/anti-icing equipment removes/prevents accumulation. It does not present a problem if the deicing/anti-icing equipment is used ;
- Moderate ( 中度 ) : The rate of accumulation is such that even short encounters become potentially hazardous and the use of deicing/anti-icing equipment or flight diversion is necessary ;
- Severe ( 嚴重 ) : The rate of accumulation is such that deicing/anti-icing equipment fails to reduce or control the hazard. Immediate flight diversion is necessary °

為反應過去渦輪螺旋槳飛機發生之飛行中積冰的失事及意外事件，美國 FAA 的飛行中航空器積冰計畫及法國 DGAC (Direction Generale de l'Aviation Civile) 的積冰委員會曾分別進行相關研究。其研究包含重新定義積冰的術語及更新飛行作業中積冰報告的準則。以下為美國 FAA 提議修改後的積冰術語<sup>19</sup>：

- Light (輕度) : The rate of ice accumulation requires occasional cycling of manual deicing systems to minimize ice accretions on the airframe. A representative accretion rate for reference purposes is 1/4 inch to one inch (0.6 to 2.5 cm) per hour on the outer wing. The pilot should consider exiting the condition ;
- Moderate (中度) : The rate of ice accumulation requires frequent cycling of manual deicing systems to minimize ice accretions on the airframe. A representative accretion rate for reference purposes is 1 to 3 inches (2.5 to 7.5 cm) per hour on the outer wing. The pilot should consider exiting the condition as soon as possible ;
- Heavy (重度) : The rate of ice accumulation requires maximum use of the ice protection systems to minimize ice accretions on the airframe. A representative accretion rate for reference purposes is more than 3 inches(7.5)per hour on the outer wing. Immediate exit from the conditions should be considered ;
- Severe (嚴重) : The rate of ice accumulation is such that ice protection systems fail to remove the accumulation of ice and ice accumulates in locations not normally prone to icing, such as areas aft of protected surfaces and areas identified by the manufacturer °

---

<sup>19</sup> Introduction of New Terminology for The Reporting and Forecasting of In-Flight Icing. Meteorological Information Data Link Study Group Seventh Meeting, Montreal, 26 to 29 August 2003.

## 2. 根據液態水含量

約於 1950 年代，氣象預報人員將液態水含量分成 4 個等級，定義相對之積冰嚴重程度為微量、輕度、中度與嚴重積冰。1956 年美國空軍訂定 5 個等級之液態水含量，以及每飛行 10 哩，0.5 英吋圓柱累積積冰之厚度，定義積冰嚴重程度為微量、輕度、中度、嚴重與強烈積冰，如表 2.2-1。

## 3. 根據積冰速率

此方法是以飛機主翼或尾翼遭遇積冰厚度達 0.25 吋所需的時間為條件，提出其所需時間在 5 分鐘內、5 至 15 分鐘、15 至 60 分鐘，以及大於 60 分鐘，分別代表積冰嚴重程度為嚴重、中度、輕度與微量。

## 4. 根據積冰對航空器之影響

1997 年美國聯邦航空總署提出之空中航空器積冰計畫（FAA inflight aircraft icing plan）指出，駕駛員報告（PIREP）遭遇積冰情況，可根據航空器遭遇積冰後造成航空器空速之衰減而分為 4 種不同嚴重程度（Level I ~ IV），並提出積冰引起發動機推力、操控及震動之相關徵候（Characterizations of Aircraft Icing Conditions）<sup>20</sup>，如表 2.2-2。

表 2.2-1 根據液態水含量定義之積冰嚴重程度

Icing Severity Scale for forecasters		Icing Severity Scale used by the U.S. Air Force in 1956			
Icing Severity	LWC (g/m <sup>3</sup> )	Icing Severity	LWC (g/m <sup>3</sup> )	Ice collection rates	Aircraft Performance Criteria
				Inches per 10 miles	
Trace	0.0 - 0.1	Trace	0.0 - 0.125	0.0 - 0.09	Barely perceptible ice formations on unheated aircraft components
Light	0.1 - 0.6				

<sup>20</sup> Characterizations of Aircraft Icing Conditions. SAE Report No. AIR5396, issued March, 2001.

		Light	0.125 – 0.25	0.09 – 0.18	Evasive action unnecessary. (No perceptible effects on performance)
		Moderate	0.25 – 0.60	0.18 – 0.36	Evasive action desirable. (Noticeable effects on performance)
Moderate	0.6 – 1.2	Heavy	0.6 – 1.0	0.36 -0.72	Eventual, evasive action necessary. (Aircraft is unable to cope with icing situation and extended operation is not possible)
Severe	> 1.2	Severe	> 1.0	> 0.72	Immediate evasive action is required. (Aircraft uses climb power to hold altitude, and continued operation is limited to a few minutes.)

表 2.2-2 根據積冰對飛機影響定義之積冰嚴重程度

Aircraft Effect	Speed Loss (see note 1)	Power Required (see note 2)	Loss of Climb rate (see note 3)	Control (see note 4)	Vibration (see note 5)
Level 1	< 10 knots	< 10 %	< 10 %	No effect	No effect
Level 2	10 ~ 19 knots	10 ~ 19 %	10 ~ 19 %	No effect	No effect
Level 3	20 ~39 knots	20 ~ 39%	> 20%	Unusually slow or sensitive response from control input	Controls may have slight vibration
Level 4	> 40 knots	Not able to maintain speed	Not able to climb	Little or no response to control input	May have intense buffet and / or vibration

Notes:

- 1 Speed: loss of speed due to icing. It is based on the indicated airspeed which was being maintained prior to encountering ice on aircraft and before applying additional power to maintain original speed.
- 2 Power: additional power required to maintain aircraft speed / performance that was being maintained before encountering icing on aircraft. Refer to primary power setting, i.e., torque, rpm, or manifold pressure.
- 3 Climb: Estimated decay in rate of climb due to aircraft icing, example 10% loss in rate of climb.
4. Control: Effect of icing to aircraft control inputs.
5. Vibration/Buffer: May be felt as a general airframe buffet or sensed through the flight controls. It is not intended to refer to unusual propeller vibration in icing conditions.

### 2.2.1.2 液態水含量、小水滴大小及積冰嚴重程度估算

依據 1.16.3.1 之液態水含量估算方法，可得到 GE 791 於結冰高度以上飛行時，可能遭遇之液態水含量如下：

TIME	LWC (g / m <sup>3</sup> )	
	Mean	Max
01:15 - 01:25	0.35	-
01:25 - 01:31	0.40	0.70
01:31 - 01:35	0.30	0.45
01:35 - 01:38	0.25	-
01:38 - 01:48	0.25	0.30
01:48 - 01:50	0.10	1.00
01:50 - 01:52	0.10	1.00

由"Penn State University diagram and formula" (如附錄 16) 以及氣象雷達回波強度、液態水含量，推算小水滴大小於 01:15-01:40，最大約為 500  $\mu\text{m}$ ；01:40-01:48，最大約為 200  $\mu\text{m}$ ；01:48-01:52，最大約為 150  $\mu\text{m}$ ，但大部分小於 50  $\mu\text{m}$ 。

另外由"Lucas Aerospace diagram" (如附錄 17)，並假設總聚集效率 ( $\rho$ ) 為 0.6，得到積冰之累積速率如下：

TIME	IAS (kt)	TAS (kt)	Ice Accretion Speed (mm/min)	
			Mean	Max
01:15 - 01:25	160	215	0.81	
01:25 - 01:31	180	240	1.02	1.89
01:31 - 01:35	195	260	0.84	1.32
01:35 - 01:38	195	260	0.75	
01:38 - 01:48	190	250	0.70	0.81
01:48 - 01:50	186	250	0.27	2.7
01:50 - 01:52	170	225	0.24	2.55

1998 年，美國聯邦航空總署技術中心提出飛行中積冰厚度的線性計算方法<sup>21</sup>。由 LEWICE 積冰累積模式<sup>22</sup>，任何飛機機翼的積冰累積厚度達 0.25 英吋所需的時間，可以由液態水含量 (LWC)、飛機運動速度 (VTAS) 與局部聚集效率 ( $\beta$ ) 獲得，符號 "A" 為經驗常數：

$$dD/dT=A*LWC*\beta*VTAS \text{ 或 } LWC=dD/(dT*A*\beta*VTAS)$$

其中 ATR-72 型機於 -10°C、小水滴中量直徑 (Median Volume Diameter) 為 15-20  $\mu\text{m}$ 、高度 10,000 呎至 15,000 呎情況下， $\beta$  約為 0.3-0.4、A 約為 0.0011。

因此，對於事故前 4 分鐘，GE 791 之嚴重積冰門檻 (2.2.1.1 第三點提議之條件) 液態水含量介於 0.45 至 0.67 g/m<sup>3</sup>，而當時該機所遭遇最大可能液態水含量為 1.00 g/m<sup>3</sup>。

根據上述液態水含量估算，GE 791 遭遇積冰強度屬於中度至嚴重等級。另根據積冰對該機之影響，GE 791 遭遇積冰期間空速由 200 浬/時減為 158 浬/時，屬於第四級積冰強度。

本會認為，GE 791 第二次機身除冰系統啟動後遭遇中度至嚴重積冰，液態水含量及最大的小水滴尺寸超過 FAR/JAR 25 附錄 C 的積冰適航範圍。

## 2.2.2 飛航天氣資訊發布

### 2.2.2.1 顯著危害天氣預報

依據台北飛航情報區飛航指南 (AIP - Taipei FIR)，交通部民用航空局飛航服

<sup>21</sup> A workable, Aircraft Specific Icing Severity Scheme. AIAA-98-0094, 1998. (R. Jeck,, FAA William J. Hughes Technical Center)

<sup>22</sup> 美國太空總署積冰部門發展了一套稱為 LEWICE (LEWIS ICE accretion program) 的程式，可提供飛機積冰累積及覆蓋範圍的資訊。它廣泛被應用於航空上以預測積冰形狀、聚集效率及防冰系統的熱需求。大氣及氣象參數如氣溫、氣壓、速度、液態水含量、小水滴直徑及相對溼度皆具體用於積冰外型的估算。

務總台台北航空氣象中心負責台北飛航情報區內之民航氣象服務，其服務程序及標準，按照下列國際民航組織文件實施：

1. 國際民航組織第 3 號附約 (ICAO ANNEX 3, Meteorological Service for International Air Navigation)
2. 區域輔助程序 (氣象程序) (ICAO DOC 7030, Part 4 Regional Supplementary Procedures - MET Procedures)
3. 航空氣象作業手冊 (ICAO DOC 8896, Manual of Aeronautical Meteorological Practices)

依據國際民航組織第 3 號附約，第三章－世界區域預報系統與天氣室 (World Area Forecast System and Meteorological Offices)，第 3.5 節－天氣守視室 (Meteorological watch offices)，航空氣象中心負責準備、提供及發布所屬飛航情報區之顯著危害天氣預報 (Significant Meteorological Information, SIGMET)。

依據國際民航組織第 3 號附約第七章－顯著危害天氣預報與低空危害天氣資訊、機場警報及風切警報 (SIGMET and AIRMET Information, Aerodrome Warnings and Wind Shear Warnings)，航空氣象中心應對已觀測到或預期將發生，影響飛航操作之特定航路天氣現象，對於離場前航空器與在空航空器發布 SIGMET，其中包含該天氣現象發展之時間及位置。特定航路天氣現象，即顯著危害天氣現象，為雷暴、熱帶氣旋、積雨雲、冰雹、中度或嚴重亂流、嚴重積冰、嚴重山岳波、重度塵暴、重度沙暴及火山灰。發布之 SIGMET 於每日 00:01 世界標準時間 (UTC) 起，依數字順序編號 (1、2、3、...)，每一 SIGMET 有效時間不超過 4 小時，最多不超過 6 小時。

事故前後，滯留鋒雲帶由日本經台灣延伸至香港，由 GMS-5 紅外線衛星雲圖及中央氣象局都卜勒氣象雷達回波分析，對流發展於華南沿海附近，隨氣流移進台灣地區。東海、琉球附近海域、台灣中北部及台灣海峽有對流性雲帶分布。那

霸及台北飛航情報區及香港管制區皆發布與積雨雲相關之 SIGMET，但因無嚴重積冰之航空器報告（AIREP）或預報，均未發布與嚴重積冰相關之 SIGMET。

### 2.2.2.2 航路顯著天氣預測圖

依據國際民航組織第3號附約第9章—航空器使用人及飛航組員服務(Service For Operators And Flight Crew Members)，第9.6節—飛航文件—航路顯著天氣預測圖(Flight Documentation- Significant Weather Charts, SIGWX Chart)，天氣室提供之飛航文件，應以固定有效時間之顯著天氣預測圖，離場前提供飛航組員圖示之顯著航路天氣現象，如下所述：

雷暴、熱帶氣旋、重度飈線、雲中/晴空之中度或嚴重亂流、中度或嚴重積冰、大範圍之沙暴/塵暴、雲（飛航空層 100 至 250，與前述天氣現象相關）、積雨雲（飛航空層 250 以上，與前述天氣現象相關）、明確輻合區之地面位置、與顯著航路天氣現象有關之鋒面的地面位置、移動速度及方向、對流層頂高度、噴射氣流、火山爆發及意外溢散至大氣中之輻射性物質。

依據國際民航組織第3號附約第3章第3.3節—地區預報中心(Regional Area Forecast Center)，顯著天氣預測圖每天發布4次，其有效時間固定於0200、0800、1400及2000，每個SIGWX Chart並應於有效時間前9小時完成。SIGWX Chart依高度分為飛航空層100至250及飛航空層250至630兩種，飛航空層250至630之SIGWX Chart由華盛頓及倫敦兩個世界區域預報中心(WAFC)提供。

香港天文台及東京航空氣象服務中心，對於位在結冰高度以上，有可能存在過冷水雲層，標示中度積冰之圖示，提供簽派員及駕駛員對航路上，可能發生積冰的警覺。

航空器積冰嚴重程度受到溫度、液態水含量及水滴直徑等三個重要氣象參數，以及翼剖面大小及形狀、速度、攻角、襟翼位置、防/除冰裝置等影響。對於大型客機，積冰情形可能很輕微，但是該天氣情況對小型航空器，尤其是渦輪螺

旋槳航空器，或許是嚴重問題。

### 2.2.3 飛航文件

復興聯管中心提供駕駛員有關「台北航空氣象中心發布之中層（FL100-250）航路顯著天氣預測圖」之情形如下：

1. 92 年 10 月 20-24 日召開，包括復興代表及各相關機關（構）出席之事實資料確認會議中，共同依程序完成確認之事實包括：事故發生後，對簽派員之訪談紀錄及其提供之書面資料。該訪談紀錄及書面資料顯示：簽派員並未提供該預測圖給副駕駛員。
2. 復興收到本調查報告草案後，93 年 11 月 9 日提出簽派員於 93 年 10 月 14 日簽名之自白書中，說明 GE 791 之飛航文件包含該預測圖，如附錄 18。
3. 根據聯管中心作業手冊，對於每日國際線班機，飛航計畫管制席應完成下列飛航準備文件：
  - a. Schedule and Crew List (Flight Clearance)；
  - b. Operational Flight Plan；
  - c. SIGWX (FL250-450)；
  - d. TAF and METAR；
  - e. Upper Wind (300Hpa, 250Hpa, 200Hpa)；
  - f. NOTAM；
  - g. Satellite Picture；
  - h. Flight Plan (ATC)。

該手冊要求提供高層（FL250 以上）的航路顯著危害天氣預測圖及高空風預測圖，其提供之天氣資訊不適用於 GE 791。

## 2.3 飛航操作

本節針對飛航操作部分，按飛航組員所獲之天氣資訊，嚴重積冰可能形成條件、積冰徵兆、飛航組員狀況警覺、處置及改正，飛航組員之訓練及考驗，飛航作業管理，飛安資訊傳遞及飛航相關手冊編纂等分析如下。

### 2.3.1 飛航組員所獲天氣資訊

該機飛航組員獲得之天氣資訊（如 1.7.4 節）中，有效期限至 21 日 0800 時之「高空風及溫度預測圖」（Wind and Temperature Aloft）顯示：A-1 航路附近飛航空層 180 之溫度為攝氏零下 10 度。

ATR 72 型機操作手冊第 2.02.08 節積冰（Icing）敘述：

在地面或起飛時，外界氣溫（*Outside Air Temperature, OAT*）為攝氏 5 度或以下，或飛航時，總氣溫（*Total Air Temperature, TAT*）為攝氏 7 度或以下，同時存在任何形式之可見水氣情況（如：雲、能見度為 1 哩或以下時之霧，雨、雨夾雪或冰晶等），將存在「積冰」。

該機飛航組員所獲天氣資料顯示，台灣海峽附近巡航高度（飛航空層 180）之預報溫度為攝氏零下 10 度。但無法查證，飛航組員在事故前，對巡航高度之預報溫度可能遭遇積冰是否有所警覺。本會認為，上述預報溫度，應足供飛航組員對可能遭遇積冰情況產生警覺。

### 2.3.2 嚴重積冰

#### 2.3.2.1 可能形成條件

ATR 72 型機飛航手冊第 4.05.05 節嚴重積冰（*Severe Icing*）敘述：

可能造成飛行中「嚴重積冰」之天氣情形如下：溫度接近攝氏零度，同時有可見之雨。週遭氣溫度接近攝氏零度，同時有雨滴濺濕或飛濺。

該機 FDR 無靜態氣溫 (Static Air Temperature, SAT) 參數紀錄，惟駕駛員可藉按鈕讀出 SAT 溫度，自 21 日 0134 時首次啟動機身除冰系統至其失速時，TAT 皆在攝氏零下 1 度至零下 4 度間。該機事故時之外界溫度，符合嚴重積冰可能形成條件。

### 2.3.2.2 積冰徵兆

ATR 72 型機飛航手冊第 2.06.01 節積冰情況-嚴重積冰 (Icing Conditions - Severe Icing) 敘述 (ATR 72 型機操作手冊第 2.02.08 節及第 2.04.05 節敘述亦同)：

飛航中，超出該航空器適航認證之嚴重積冰狀況可經下述情形察覺：

23

藉目視任一未加溫之前側窗全部或大部分受冰覆蓋，且可能在擋風玻璃上有濺水與水流，來識別嚴重積冰。

及/或

不預期之速度或爬升率減小

及/或

其次之跡象如下述：

- 發現冰不尋常的在機體非正常積冰區域擴展。
- 在機翼保護區之後下方積冰。

<sup>23</sup> AFM 4.01.01 說明：The framed items correspond to actions performed by memory by the crew within a minimum period of time. FCOM 2.04.01 說明：Memory items are BOXED for identification.

- 觀察螺旋槳槳帽之積冰較正常情形更加延伸。

ATR 72 型機操作手冊第 2.06.01 節積冰中，另有相關敘述：

附註：在產生後很短之時間（約 30 秒）就能目視該徵兆。在夜間，可藉由駕駛員之閱讀燈照向側窗看見。

依 CVR 紀錄：0144 時，CM-1 道：「那結冰了 蠻大坨的」。0150 時，CM-1 道：「哇塞 好大一坨哦」。0150 時，CM-1 道：「這速度越來越小囉 本來一百二百哦一百九現在一百七哦」，符合「不預期之速度或爬升率減小」之嚴重積冰徵兆。

本會認為，該機空速表之「不預期之速度減小」，係為嚴重積冰徵兆。

### 2.3.2.3 飛航組員狀況警覺

0132 時，即該機到達飛航空層 180 後平飛約 7 分鐘，CM-2 告知 CM-1 發現該機有結冰現象。

ATR 72 型機飛航手冊第 3.04.01 節積冰情況（Icing Conditions）敘述：

附註：對嚴重積冰偵測有所警惕。

ATR 72 型機快速查閱手冊（Quick Reference Handbook, QRH）第 3.05 頁之項目中包括：進入積冰情況（Entering Icing Conditions）及第一次目視顯示積冰存在及增長（At First Visual Indication of Ice Accretion and as Long as Icing Conditions exist）如附錄 19，其中第一次目視顯示積冰存在及增長敘述：

對嚴重積冰偵測有所警惕。

如果發生嚴重積冰則查閱第 1.09 頁。

ATR 72 型機飛航手冊第 2.06.01 節積冰情況-嚴重積冰（Icing Conditions - Severe Icing）中之警告：

警告：嚴重積冰不包括在該航空器認證之飛航環境情況中。飛航在凍雨、凍毛雨或混雜之積冰狀態（過冷水與冰晶）等情形，可能超出防冰系統能力而致防護面積冰，或可能致防護面後方積冰。使用防冰系統可能不能使這種冰脫落，並且可能嚴重減低飛機之操控性能。

ATR 72 型機操作手冊第 2.02.08 節嚴重積冰-偵測（Severe Icing - Detection）敘述：

附註：在產生後很短之時間（約 30 秒）就能目視該徵兆。在夜間，可將駕駛員之閱讀燈照向側窗。

依 CVR 及 FDR 紀錄：

1. 0132:35 時飛航組員第 1 次發現該機結冰及 0134 時與 0141 時 2 度啓動機身除冰系統後，飛航組員皆未使用快速查閱手冊第 3.05 頁之「進入積冰情況」及「第一次目視顯示積冰存在及增長」處置程序，致飛航組員未獲該程序中對「嚴重積冰偵測有所警惕」之提示；
2. 0144:47 時至 0150:29 時，飛航組員在發現「…蠻大坨的」及「…好大一坨哦」等情形後，未就嚴重積冰情形進行討論或提示；
3. 自 2 度啓用機身除冰系統迄指示空速減至 157 浬/時（0152:12 時）期間，TAT 皆在攝氏零下 1 度至零下 4 度間，飛航組員除多次與本次飛航無關談話外，並無對前述之警惕、警覺、檢查或任何有關嚴重積冰之談話，無證據顯示飛航組員「對嚴重積冰偵測有所警惕」；
4. 0148:34 時至 0150:50 時，指示空速及仰角之增減情形為：
  - 0131:43 時（FL180），指示空速達巡航空速 200 浬/時之機身仰角約 1 度；
  - 0148:34 時，指示空速減至 190 浬/時以下；
  - 0149:04 時，機身仰角增至 2 度；
  - 0149:35 時，指示空速減至 185 浬/時以下；
  - 0150:04 時，機身仰角增至 2.5 度；

0150:17 時，指示空速減至 180 浬/時以下；

0150:19 時，機身仰角增至 3 度；

0150:28 時，指示空速減至 175 浬/時以下；

0150:32 時，機身仰角增至 3.5 度；

0150:48 時，機身仰角增至 4 度；

0150:50 時，指示空速減至 170 浬/時；

0150:55 時，CM-1 發現速度越來越小後，飛航組員間，仍在討論「空速管」、「autopilot」、「飛高或飛低」等，未按緊急程序採取處置行動；

5. 0151:38 時，CM-2 發現「…嚴重結冰了」後，未提醒 CM-1 應按緊急程序採取處置行動。

本會認為：飛航組員對該型機可能遭遇「超出該型航空器認證範圍，並可能嚴重減低飛機操控性能」之嚴重積冰狀況，欠缺應有之警惕（Alert）及狀況警覺（Situation Awareness）不足。飛航組員曾發現該機結冰並 2 度啓動機身除冰系統，但未使用快速查閱手冊進行處置程序，致飛航組員未獲該程序中對「嚴重積冰偵測有所警惕」之提示。

### 2.3.2.4 處置及改正程序

#### 2.3.2.4.1 處置

ATR 72 型機操作手冊第 2.04.05 節嚴重積冰（Severe Icing）之緊急程序：

#### 嚴重積冰

- 如確認遭遇上述嚴重積冰，完成下述程序：
  - 立即將積冰之最小操控度增加 10 浬/時。視需要，將推力增至 MAX CONT（最大持續）。
  - 向航管請求優先協助改變航路或高度，脫離嚴重積冰

情況。

- 避免可能造成操控困難之突然或過量之操作。
- 勿接合自動駕駛。
- 若已接合自動駕駛，穩定握住駕駛盤，再解除自動駕駛。
- 若襟翼已伸放，勿收起，直至機體之冰已清除。
- 若發現不正常或非因操控之側滾，採取下述程序，以保持控制側滾在所需位置，並減低攻角：
  - 視要推駕駛盤。
  - 襟翼伸放至 15。
  - 視需要，將推力增至 MAX CONT。
- 若航空器積冰未清除：
  - 在近場及落地保持襟翼 15，使用「減低襟翼之積冰近場/落地速度」加 5 哩/時。
  - 依襟翼 30 之落地距離乘 1.91。
  - 將積冰情況告知航管

#### 注釋

- 自動駕駛將使駕駛員無法感覺到人工操控時能察覺之反向改變特點。故當遭遇上述嚴重積冰現象存在、需異常之橫向配平 (Trim) 或當航空器在積冰情況中發生自動駕駛配平警告時，禁止使用自動駕駛。
- 由於大氣中發生嚴重積冰現象之範圍有限，下述任一項為可能之脫離方法：
  - 爬升 2,000 呎或 3,000 呎；
  - 若地形許可，下降至高於積冰之氣溫層以下；
  - 依據航管提供之資訊改變航路。

依 CVR 及 FDR 紀錄：

1. 0150:55 時，CM-1 道：「這速度越來越小囉 本來一百 二百哦一百九現在一百七哦」，該機攻角已增加至約 4 度、仰角已增加至約 4 度。於此之前，無證據顯示飛航組員對「嚴重積冰」有相關處置；
2. 0151:47 時，即指示速度減至 170 浬/時後之 52 秒，CVR 紀錄：「低低低低低 趕快通知」，此係飛航組員首度展現其下降高度決心。當時該機指示空速為 162 浬/時、攻角約 5.5 度、仰角為 4.4 度。雖該機指示空速快速遞減、仰角及攻角快速增加，飛航組員仍未按「嚴重積冰緊急程序」進行處置。俟 0151:55 時，飛航組員向航管請求下降至飛航空層 160 時，該機開始下降，當時指示空速為 159 浬/時、攻角約 6.5 度、仰角 4.7 度；

0152:10 時，CVR 有類似操縱桿震動器聲響，0152:11 時，CVR 有失速警告聲響。襟翼保持在收上位置；油門角度保持在同一位置。

ATR 72 型機嚴重積冰緊急程序敘述：若確認遭遇嚴重積冰，立即增加並將最低積冰操控速度設定增加 10 浬/時。操作手冊第 2.02.01 節最低操作速度-保守操作速度（Minimum Maneuver/Operating Speeds - Conservative Maneuvering Speeds）敘述：考量性能情況，可不使用限定之「最低操控速度」。在包括各種重量、正常操作及飛航狀況（正常及積冰狀況）中，於襟翼收上時之最低操控速度為 180 浬/時。

依 CVR 紀錄，該機啓動機身除冰系統後，未發現飛航組員有計算或重設「最低積冰操控速度」之談話。若依該機起飛重量設定，其最低積冰操控速度約為 169 浬/時。若依該機平飛時重量計算，其最低積冰操控速度約為 165 浬/時。無證據顯示事故當時設定之最低積冰操控速度為何，惟通常情況下，以保持在起飛時設定之 169 浬/時之可能性較高。

該型機在積冰情況中飛航，速度不可低於「最低積冰操控速度」，當指示空速低於該速度時，應立即採取增加空速之有效行動。若確認遭遇嚴重積冰時，應按上述緊急程序，立即將最低積冰操控速度增加 10 浬/時，惟該機除下降高度外，

未執行其它緊急程序項目。

本會認為：飛航組員發現該機嚴重積冰狀況時機過晚，發現嚴重積冰後未立即改變高度，亦未執行其它「嚴重積冰緊急程序」項目。

#### 2.3.2.4.2 不正常姿態改正

依 FDR 及 CVR 紀錄：0152:08 時起 3.5 秒間，該機姿態由向左傾側 1.4 度續增至 72 度，攻角由約 8 度增加至 11 度，副翼及方向舵等操縱面位置皆無明顯變動。0152:10 時起，CVR 紀錄有類似操縱桿震動器及失速警告等聲響。0152:08 時該機進入「不正常或非因操控之滾轉」狀態，隨後呈現失速狀況。

0152:12 時至 FDR 停止紀錄，該機持續不穩定之滾轉姿態，包括連續之左右來回變化滾轉及連續之快速滾轉（最多高達 720 度）。

各操縱面之位置及仰角、指示空速與垂直加速度等變動情形（如表 2.3-1）如下：

- 副翼位置：0152:12 時至 0152:14 時，產生左坡度方向之角度約 12 度至 14 度。0152:16 時至 0152:19 時，角度轉至反方向，約 6 度至 9.5 度。之後仍有角度方向相反之變動；
- 方向舵位置：0152:12 時，產生機頭向左方向之角度為 5.8 度，之後 1 秒增為 23.6 度。0152:15 時起之 5 秒，角度轉至反方向，約 2 度至 8 度。之後仍有角度方向相反之大量變動；
- 升降舵位置：0152:12 時起約 20 秒間，有週期為 1 秒至 3 秒之不規則變動，之後多保持在使機頭向下之角度位置。其中分別於 0152:15 時、0152:19 時、0152:22 時 3 次使機頭向下之角度達約 5 度；
- 仰角位置：0152:16 時至 0152:20 時之 4 秒間，俯角角度在 15 度至 26 度之間，之後俯角快速增加。0152:24 時至紀錄停止，俯角皆保持在 50 度以

上，最大為 0152:41 時之 86 度；

- 指示空速：最低時為 0152:12 時之 157 浬/時，之後開始持續增加。0152:28 時，超出最大操作空速限制（250 浬/時），達 255 浬/時並繼續加速；最大為 0152:50 時（紀錄停止前最後 1 秒）之 436 浬/時；
- 垂直加速度：0152:16 時，垂直加速度紀錄值為-0.27G，其它所有紀錄皆為正值；0152:27 時至紀錄停止，皆保持在 2G 以上，最大值為 3.819G；
- 襟翼及油門位置：0131:43 時，到達巡航高度（飛航空層 180）及巡航空速（指示空速 200 浬/時）起至 FDR 停止紀錄（0152:50 時），襟翼皆保持在收上位置，油門角度皆保持在同一角度。

表 2.3-1 失速警告前後相關之 FDR 數據紀錄表

Time (HHMM:SS)	Left Aileron Position (Deg>0 Turn Right)	Rudder Position (Deg>0 Turn Left)	Left Elevator Position (Deg>0 Nose Down)	Pitch Angle (Deg>0 Nose Up)	IAS (kts)	Vertical Accel (G>0 =Up)
0152:09	-4.4	0.2	-3.68	3.3	158	0.912
0152:10	-2.3	0.7	-2.362	3.6	158	0.9
0152:11	-1.6	2.3	-1.835	2	158	0.974
0152:12	-12.3	-5.8	-2.275	-4.9	157	0.827
0152:13	-13.7	-23.6	-0.342	-10.4	158	0.864
0152:14	-13.7	-0.6	1.932	-3.5	161	1.294
0152:15	-3.2	4.4	4.831	-6.5	163	1.187
0152:16	8.4	3.6	-2.362	-23	164	-0.27
0152:17	4.5	1.3	-2.801	-25.6	171	0.227
0152:18	9.5	2.3	-1.923	-20.9	178	1.322
0152:19	6.1	8.3	4.392	-15.1	182	1.425
0152:20	-2.3	3.7	-2.011	-21.5	185	1.065
0152:21	1.9	-0.6	-0.782	-34.9	190	1.518

0152:22	-5.9	-7	5.534	-47.2	195	1.548
0152:23	-5.1	-0.9	-0.869	-48.6	201	0.818
0152:24	2.4	0.3	-0.957	-52.9	211	1.164
0152:25	1.8	-1	-1.133	-59.1	221	1.665
0152:26	6.3	5.2	1.054	-65.1	235	1.992
0152:27	3.5	3.2	0.264	-59	245	2.109
0152:28	4.4	6.4	-0.079	-55.8	255	2.567
0152:29	4.3	2.3	0.351	-70.1	262	2.516
0152:30	4.4	0.9	-0.782	-64.8	273	3.034
0152:31	3.7	0.8	0.527	-59.9	279	2.94
0152:32	5.3	-0.8	-1.396	-71.6	288	2.848
0152:33	4.8	-1	0.264	-71.8	299	3.011
0152:34	4.3	-1.2	-0.167	-65.6	310	3.052
0152:35	1.4	0.2	-0.167	-64.4	320	3.068
0152:36	-0.6	-1.1	-1.484	-6.87	330	3.08
0152:37	5.7	1.6	-1.396	-72.3	341	3.199
0152:38	3.2	2.7	-0.869	-76.1	356	3.123
0152:39	5.1	1.3	-1.045	-79.4	368	3.029
0152:40	0.8	1.6	-1.045	-83	377	3.386
0152:41	1.2	2.7	-0.869	-86	384	3.503
0152:42	-1.3	1.2	0.088	-84	393	3.324
0152:43	-3.5	3.3	-0.167	-76.7	402	3.382
0152:44	0.6	2.9	-2.187	-69.2	406	3.405
0152:45	-11.4	20.6	0.791	-60.7	411	3.819
0152:46	0.5	4	-5.26	-55.7	415	2.78
0152:47	0.9	1.5	-5.875	0	421	2.475
0152:48	-0.1	2.7	-1.309	-67.1	426	2.997
0152:49	-9.3	2.6	-0.694	-69.6	426	2.944
0152:50	1.1	1.7	-1.484	-62.5	436	3.35

方向舵之功能係用於：

1. 正常操作時之方向操控（包括起降滾行、落地平飄之側風修正、轉彎時防止側滑之協調操控）；
2. 抵消不對稱推力；
3. 其它不正常情況（如：方向舵配平失控、副翼卡住、落地或起落架不正常時）。

機頭低、大坡度或無坡度、速度快速增加等情況之「不正常姿態改正程序」為：

1. 收油門至怠速，同時將機翼改平；
2. 柔和向後帶桿；
3. 機頭帶至平飛後，保持並調整動力。

當航空器無失速現象並產生俯角後，應收油門、改平機翼、同時保持「柔和向後帶桿」。但該機之升降舵操縱面角度，多在不規則之俯仰變化中，且其中升降舵操縱面角度，曾有3次約5度之俯角，使該機俯角增大，以「不正常姿態改正」而言，係不當之俯仰操作。正常情況下，在飛機遭遇失速產生俯角後，應改平機翼、帶起機頭至平飛，同時配合空速調整油門角度。

本次事故發生於午夜時間，依 CVR 紀錄，飛航組員之談話未顯示精神不濟情況。該型機電子姿態儀（Electronic Attitude Director Indicator, EADI）之顏色，「天空區域」（Sky Zone）為藍色，「地面區域」（Earth Zone）為棕色，俯角達30度以上時，將出現紅色箭頭。該機於夜間儀器天氣情況，失速後6秒，俯角達23度，再經6秒後，俯角達47度，之後皆在50度以上，最大達86度。以上情況顯示，0152:22時後，姿態儀之顯示無藍色，而係全部為顯示對地之棕色。此乃駕駛員極少遭遇之姿態儀顯示，而失速後之坡度持續大幅度變動，駕駛員可能對航

空器姿態產生混淆。

該機發生失速及進入不正常姿態後，FDR 紀錄之方向舵及副翼操縱面位置顯示有突然或/及過量操作現象，其改正操控，不符「不正常姿態改正」操作程序與技術。當時該機之操控性能可能已嚴重減低。但無法確認，若飛航組員之操控符合相關操作程序與技術，是否能改正該機當時之不正常姿態。

### 2.3.2.5 嚴重積冰偵測裝備

ATR 72 型機之冰及雨防護系統 (The Ice and Rain Protection System) 包含：

1. 積冰偵測系統 (The Ice Detection System)，包括與警告燈系統連結之積冰偵測器 (Ice Detector)；
2. 積冰跡象探示器 (Icing Evidence Probe)。

Ice Detector 測知積冰情況後，將致動警告燈及聲響。積冰跡象探示器由飛航組員目視檢查發現積冰情況，該顯示器具有照明燈。對該型機之「嚴重積冰」情況，無任何偵測或警告裝備，全賴飛航組員依 2.3.2.2 節所述之目視徵兆判斷。

然而嚴重積冰之目視徵兆中，「不預期之速度或爬升率減小」較為明確。其它如「在擋風玻璃上有濺水與水流」在雲雨中飛航亦可能遭遇同樣現象，不易據此徵兆判斷嚴重積冰。另 3 項「其次之跡象」之觀察，由於駕駛艙與機翼或發動機之相對位置及距離影響，雖有夜間照明設備，即使駕駛員密切注意，仍未必能清晰觀察機翼及螺旋槳積冰跡象。且由 ATR 72 型機駕駛艙難以目視螺旋槳槳帽，故「觀察螺旋槳槳帽之積冰較正常情形更加延伸」不易執行。另外，使用駕駛員之閱讀燈，照向側窗觀察積冰發展情形，亦須駕駛員付出密切且大量注意力。

雖然嚴重積冰係超出 ATR 型機適航認證範圍，但在雖屬該型機認證範圍之積冰情況中，仍有發展為嚴重積冰情況之可能。本會認為：雖然該型機飛航手冊或/及操作手冊中，有觀察嚴重積冰徵兆之敘述，但在夜間不利天氣中，飛航組員不易持續密切注意觀察上述之嚴重積冰徵兆。

### 2.3.3 飛航組員訓練及考驗

復興每年對駕駛員實施 2 次地面學科定期複訓，其內容及測驗如 1.5 節及 1.17.1.3.2 節。每半年實施 1 次之地面學科複訓中，有關「飛機系統不正常操作」之時數為 2 小時，係配合每 3 年循環 1 次之術科複訓科目分配，合計每 3 年 12 小時。以 12 小時之時間實施「飛機系統不正常操作」複訓，難以完全涵蓋不正常操作相關課程，例如：「嚴重積冰」之徵兆、察覺、緊急程序等。地面學科定期複訓測驗雖有題庫可供參考，每次測驗題目係由授課教師自題庫中選擇或自定考題，有限之測驗題，難以涵蓋所有不正常操作。

航空器使用人應訂定地面學科及飛航訓練計畫，「以確保每一飛航組員皆經過適合之訓練，勝任其職務」<sup>24</sup>。訓練計畫應包括飛航組員資源管理、航空器故障、火災及其它不正常情況下緊急程序之地面學科或飛航訓練。航空器機長「應確保程序檢查表之每一細節皆予履行」<sup>25</sup>。

依 2.3.2 節分析，顯示該機飛航組員：

- 在可能造成嚴重積冰之天氣條件中飛航，未保持飛航手冊要求之「對嚴重積冰偵測有所警惕」；
- 未依組員資源管理要領，對嚴重積冰保持狀況警覺及對嚴重積冰徵兆觀察、進行提示與分工；
- 未能適時發現嚴重積冰徵兆；
- 未能適時依緊急程序採取處置，且多項程序未執行；
- 未依操作要領改正不正常姿態。

<sup>24</sup> 航空器飛航作業管理規則第 145 條。

<sup>25</sup> 航空器飛航作業管理規則第 140 條第 2 項。

綜上所述，該機飛航組員對 ATR 72 型機嚴重積冰情況之徵兆、觀察、狀況警覺、組員資源管理、緊急程序及不正常姿態改正等，未達應有之熟悉程度。本會認為：復興對該機駕駛員有關航空器嚴重積冰之訓練及考驗等未能有效掌握。該機駕駛員對飛航手冊及/或操作手冊中之 Note<sup>26</sup>、CAUTION<sup>27</sup>及 WARNING<sup>28</sup>等，未達能勝任其職務之熟習程度。

## 2.3.4 飛航作業管理

### 2.3.4.1 不正常事件報告

本次事故前約 1 個月，某 ATR 機隊飛航組員於執行相同任務時，曾遭遇嚴重積冰徵兆（如 1.18.3.5 節）。該飛航組員於事後，僅將遭遇嚴重積冰徵兆情況告知遇見之同事，惟未填寫飛航組員報告。

復興雖有飛安報告制度，如 1.17.1.3 節所述，惟該飛航組員未將所遭遇之嚴重積冰徵兆情況及處置情形填寫「飛航組員報告」。

本會認為：遭遇嚴重積冰徵兆之飛航組員，若填寫「飛航組員報告」並經復興妥善運用宣導，應能提昇該機隊駕駛員對嚴重積冰之狀況警覺。

### 2.3.4.2 飛航組員報到程序

CM-1 於任務前逕赴中正機場報到，位於松山機場之簽派員僅係以電話實施任務提示（如 1.18.3.1 節）。

復興「聯合管制中心作業手冊」規定，中正機場起飛之國際航線或松山機場起飛之國內航線任務，駕駛員均須至松山機場復興聯管中心報到，完成任務提示

---

<sup>26</sup> An operating procedure, technique etc... considered essential to emphasize

<sup>27</sup> An operating procedure, technique etc... which may result in damage to equipment if not carefully followed

<sup>28</sup> An operating procedure, technique etc... which may result in injury or loss of life if not carefully followed

程序後，由機長及簽派員共同簽署飛航計畫書。CM-1 未遵照規定程序報到，顯示飛航作業在管理方面之疏失。無證據顯示，本次事故肇因與未遵照上述規定執行有關。

### 2.3.5 飛航相關手冊編纂

#### 2.3.5.1 加強嚴重積冰警告及記憶項目

本次事故中，飛航組員對「由積冰發展至嚴重積冰狀況警覺不足」、「發現嚴重積冰時機晚」及「對嚴重積冰處置不當」，未能適時發現航空器嚴重積冰情況，且嚴重積冰之發展係受當時天氣情況而定。因應類似事故，以免飛航組員未能適時發現嚴重積冰肇致失事，應考慮在 ATR 型機飛航手冊、操作手冊及快速查閱手冊等，所有與「嚴重積冰」相關之章節加註「警告」以警惕駕駛員。

本會認為，為爭取處置時效，應考慮將嚴重積冰之緊急程序改為記憶項目，以防止駕駛員未能適時發現嚴重積冰情況，尚需查閱手冊而延誤處置時機。

#### 2.3.5.2 特別說明事項編輯

ATR 72 型機飛航手冊第 2.06.01 節嚴重積冰中之「警告」及操作手冊第 2.02.08 節嚴重積冰察覺中之「附註」，於相關手冊之記載情形如下：

- 在飛航手冊第 2.06.01 節嚴重積冰限制中，未註明上述之「附註」；
- 在飛航手冊第 4.05.05 節嚴重積冰緊急程序中，未註明上述之「警告」及「附註」；
- 在操作手冊第 2.02.08 節 P13 不利天氣之嚴重積冰察覺中，未註明上述之「警告」；
- 在操作手冊第 2.04.05 節 P9 嚴重積冰緊急程序中，未註明上述之「警告」及「附註」；

- 在 QRH 1.09 嚴重積冰緊急程序中，未註明上述之「警告」及「附註」。

ATR 型機之飛航及操作手冊未在其相關章節中註明相關之「警告」及「附註」等重要事項。

## 2.4 積冰情況之飛航性能及飛行動力

依據 CVR 及 FDR 紀錄，GE 791 於 18,000 呎巡航時遭遇積冰情況，本節依據該機外型及飛航資料探討積冰之空氣動力效應。

GE 791 之飛航性能分析報告（如附錄 20）顯示，其巡航期間前 25 分鐘阻力約增加 100 counts<sup>29</sup>（相當於正常飛行狀況<sup>30</sup>之阻力增加 35 %），造成指示空速減少 10 浬/時。自動駕駛跳脫前 4 分鐘內阻力增加約 500 counts（相當於正常飛行狀況之阻力增加 170 %），指示空速減為 158 浬/時。

### 2.4.1 ATR42 /72 過去飛航事故分析

從 1994 年至 2002 年 12 月底止，ATR 42 與 ATR 72 型機共發生 7 件與積冰有關之飛航事故，包括 1 件失事與 6 件意外事件，如表 1.16-1。

上述 ATR 型機與積冰有關之飛航事故之阻力變化如圖 2.4-1。調查報告中就積冰對航空器之空氣動力影響及事故肇因摘要如下：

1. American Eagle Flight (AMR) 4184, Roselawn, Indiana, USA, October 31, 1994 (失事，ATR 72-212，NTSB)

除冰裝備：標準除冰靴。

該機於盤旋及開始下降階段（襟翼 15 度，10,000 呎）遭遇嚴重積冰，駕駛員使用第三級除冰裝置約 25 分鐘。因為航空器襟翼展開且低攻角（AOA）外型下，

<sup>29</sup> (Aerodynamic Drag) counts: 1/10000 的阻力係數

<sup>30</sup> 正常飛行狀況：無積冰，重量 20800 公斤；巡航速度 200 浬/時；真實攻角 2 度。

積冰因素造成阻力增加約 40 counts。當航空器開始下降高度，駕駛員收回襟翼，機翼上表面後緣之積冰造成氣流分離（Airflow Separation），並產生副翼鉸鏈力矩連動反轉（Aileron Hinge Moment Reversal）致使自動駕駛跳脫。

原因：積冰情況超過除冰靴之除冰能力，積冰造成機翼凸起產生突然的副翼鉸鏈力矩連動反轉致航空器失控墜毀。

NTSB 於 AMR 4184 失事調查報告中，對 ATR 72 型機遭遇嚴重積冰作出詳盡之探討與研究，最終報告亦提出航空器改裝之建議。

AMR 4184 失事後，ATR 製造商作出以下決定：

- 加大除冰靴覆蓋區域，以防止冰脊（Ridge Ice）於副翼前緣形成。
- 提供飛航組員對航空器進入嚴重積冰情況之認知（如：座艙側窗、IEP 冰跡探頭及空速衰減）。
- 更新遭遇嚴重積冰之操作程序，諸如：解除自動駕駛及使用最大可用推力脫離積冰環境。
- 提供飛航組員適當之航空器異常姿態改正程序。

所有 ATR 機隊包括 GE 791 班機在內，均具備改良除冰靴，IEP 冰跡探頭，更新版飛航程序/手冊，包括偵測嚴重積冰情況及飛航程序。

## 2. Near Cottbus, Germany, December 14, 1998（重大意外事件，ATR 42-300，BFU）

除冰裝備：改良除冰靴。

該機於爬升階段（13,500 呎）遭遇積冰，駕駛員使用第 3 級除冰裝置約 12 分鐘。積冰因素造成阻力增加約 500 counts，並造成機翼不對稱失速（Asymmetric Stall）致使自動駕駛跳脫。

原因：駕駛員持續於非適航之嚴重積冰環境下飛行致使航空器失控。駕駛員未能根據駕駛艙窗外之積冰聯想到航機已遭遇嚴重積冰。

### 3. Trans States Airlines approach to Lambert-ST-Louis International Airport, Missouri, USA, January 7, 1999 (意外事件, ATR 42-300, NTSB)

除冰裝備：改良除冰靴。

該機於進場階段（高度 3,000 呎）遭遇積冰，駕駛員使用第 3 級除冰裝置約 22 分鐘。積冰因素造成阻力增加約 500 counts，並造成升降舵產生俯衝（Elevator Pitch Down）致使自動駕駛跳脫。

原因：進場期間駕駛員注意到駕駛艙窗外的積冰與空速衰減。該機於嚴重積冰環境下飛行，於襟翼置於 30 時發生俯衝與滾轉。

### 4. Near Berlin-Tegel, Germany, January 28, 2000 (重大意外事件, ATR 42-300, BFU)

除冰裝備：改良除冰靴。

該機於進場階段（高度 6,000 呎至 3,000 呎間）遭遇積冰，駕駛員使用第 3 級除冰裝置約 8 分鐘。積冰造成阻力增加約 400 counts，積冰期間駕駛員採手動飛行離開積冰環境。

原因：航空器於非適航之嚴重積冰環境下飛行。組員根據航空器飛行手冊之程序，脫離嚴重積冰環境安全降落。

### 5. Jet Airways over the Indian, June 12, 2000 (意外事件, ATR 72-212A, ATR)

除冰裝備：改良除冰靴，並具積冰告示系統（AAS）之閃燈裝備<sup>31</sup>。

該機於 17,000 呎巡航中遭遇積冰，因航空器持續於積冰環境中飛行，事故發

---

<sup>31</sup> Amber caution light & Icing AOA light

生時除冰裝置關閉。積冰造成阻力增加約 150 counts，並造成機翼不對稱失速致使自動駕駛跳脫。

原因：航空器長時間處於嚴重積冰情況及機身除冰系統（Airframe De-Icing System）關閉下，致航空器空速減少 25 浬/時並產生滾轉 25 度。

#### 6. Air New Zealand over the New Zealand, May 2, 2002（意外事件，ATR 72-212A, ATR）

除冰裝備：改良除冰靴，並具積冰告示系統之閃燈裝備。

該機 16,000 呎巡航時遭遇積冰，駕駛員使用第 3 級除冰裝置約 17 分鐘。積冰因素造成阻力增加約 520 counts，並造成機翼不對稱失速及滾轉，致自動駕駛跳脫。

原因：該機於爬升階段遭遇積冰。駕駛員注意到駕駛艙窗外的積冰與航空器爬升率變小。然未立即按照航空器飛行手冊之嚴重積冰程序（增加積冰速度 10 浬/時且解除自動駕駛）改正，致航空器攻角達臨界狀態。最後駕駛員快速改正，使攻角減小至正常狀態。

#### 7. Czech Airlines, December 12, 2002（意外事件，ATR 42-400，ATR）

除冰裝備：改良除冰靴，並具積冰告示系統之閃燈裝備。

該機爬升階段(16,600 呎)遭遇積冰，駕駛員使用第 3 級除冰裝置約 12 分鐘。積冰因素造成阻力增加約 480 counts，並造成機翼不對稱失速致自動駕駛跳脫。

原因：駕駛員注意到駕駛艙窗外的積冰與爬升率變小，然持續於嚴重積冰下飛行，致產生失速並伴隨著非操控性滾轉（Un-commanded Roll Excursion）。

從 1994 年至 2002 年，ATR 42/72 型機共發生 7 件飛航事故與遭遇嚴重積冰有關。經分析後發現如下：

- 除代號 5 之事故外，其餘事故中之飛航組員皆透過座艙側窗線索識別嚴重積冰情況。代號 5 之事故雖無完整調查報告，惟依據飛航資料分析及阻力增加程度可確認該機進入嚴重積冰狀況。
- 所有飛航事故均於嚴重積冰情況下使用自動駕駛，該操作程序與航空器飛行手冊規定不符。
- 除代號 1 (AMR4184 阻力增加量小) 及代號 3 (近場階段遭遇嚴重積冰，空速未衰減) 之事故外，代號 2/4/6/7 之事故中，航空器均發生爬升率或空速減少，該徵候即為嚴重積冰情況。
- 代號 5 之事故航空器可能於遭遇嚴重積冰下未啟動機身除冰系統飛行。
- 除代號 1 之事故外，航空器均裝配改良除冰靴，以防止冰脊於副翼前緣形成，冰脊為造成 AMR 4184 失事之肇因。

圖 2.4-1 中並未包括 AMR 4184 事故時之阻力變化，因該機遭遇嚴重積冰時只增加少量阻力。其積冰只累積於副翼前緣，形成冰脊後導致異常滾轉與副翼鉸鏈力矩連動反轉。其它飛航事故均出現阻力大幅增加及空速銳減現象。

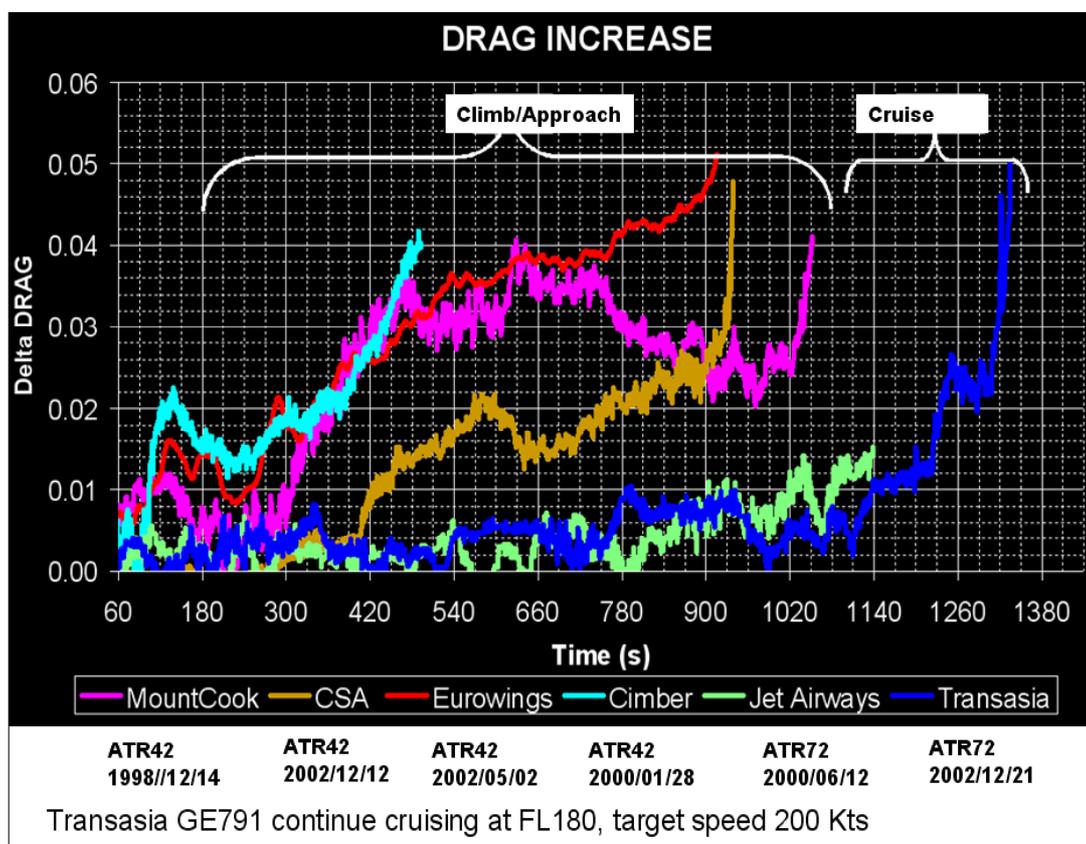


圖 2.4-1 ATR 42/72 與積冰有關飛航事故之阻力變化 (1998~2002)

本會認為，ATR 42/72 型機長時間暴露於嚴重積冰情況下，即使持續使用機身除冰系統，阻力仍可能增加 500 counts，並導致航空器產生不正常或非因操控滾轉或失速。

#### 8. Trans Asia Airways at Penghu, Taiwan, December 21, 2002 (失事，ATR 72-202，ASC)

除冰裝備：改良除冰靴，並具積冰告示系統之閃燈裝備。

該機巡航階段 (18,000 呎) 遭遇積冰，駕駛員使用第 3 級除冰裝置約 18.5 分鐘後，機身積冰因素造成阻力約增加 500 counts，並造成機翼不對稱失速及左滾轉致自動駕駛跳脫。

原因：待定。

## 2.4.2 GE 791 積冰性能分析

根據飛航資料紀錄器紀錄之飛航參數，及 GE 791 載重平衡資料，計算該機巡航階段之升力與阻力。該機於巡航時可有兩種方式使其升力與重量平衡：一為增加油門來增大空速；二為增加攻角使升力係數（CL）增加。其中增加升力係數亦會造成阻力係數之增加，兩者關係如式（1）所示。

$$W = L = 0.5\rho V_{ias}^2 C_L \text{-----(1a)}$$

$$C_L = C_{L,0} + C_{L\alpha}\alpha$$

$$C_D = C_{D,0} + \frac{C_L^2}{\pi e AR}; AR = \frac{b^2}{S} \text{----- (2b)}$$

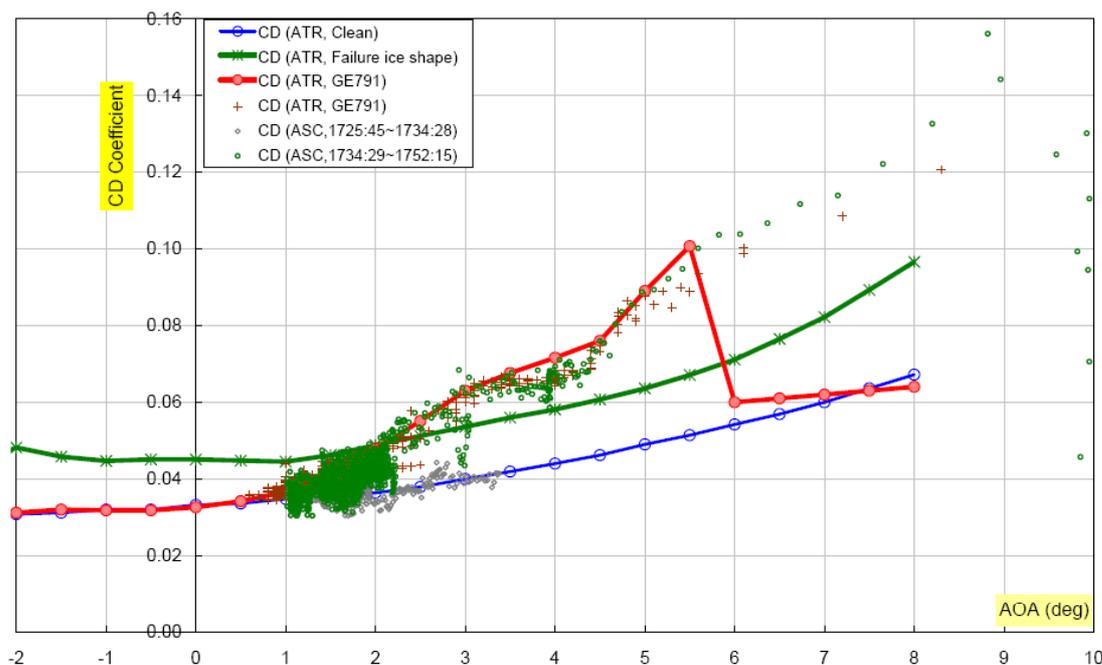


圖 2.4-2 GE 791 巡航至失速自動駕駛跳脫期間之阻力係數隨攻角變化圖

(藍色線：乾淨外型<sup>32</sup>；綠色線：除冰靴無效；紅色線：GE 791)

從 18,000 呎巡航至自動駕駛跳脫期間，阻力係數隨攻角變化情形如圖 2.4-2

<sup>32</sup> 乾淨外型 (clean configuration) 機身外型光整。

。圖中 3 條粗線為 ATR 原廠提供之資料，藍色線代表航空器為乾淨外型下之阻力係數與攻角變化情形；綠色線為除冰靴失效 (Fail Ice Shape<sup>33</sup>) 之情況；紅色線則為 GE 791 實際之情況。另外，由於該 3 條粗線之精確度較低，本會及 ATR 原廠又分別根據飛航資料，計算並驗證相關之阻力係數，圖中顯示 ATR 原廠及本會之計算結果吻合。

0125:00 至 0152:12 巡航期間，機身除冰系統作動狀況、空速、高度、機外溫度、阻力係數、攻角如圖 2.4-3 (a)至(c)。該機巡航至失速自動駕駛跳脫期間之升阻比隨攻角變化如圖 2.4-4。

該機遭遇積冰後之升力與阻力變化分 3 階段探討如下：

### **第一階段：0125:00 至 0134:28 時**

根據 ATR 飛航性能分析報告，此階段該機重量約 20,800 公斤，自動駕駛模式之指示空速為 202 浬/時。

該機於 0124:56 時爬升至巡航高度 18,000 呎。0132:34 時，指示空速為 201 浬/時。第 1 次機身除冰系統作動前，指示空速緩慢遞減為 197 浬/時，機外溫度約為攝氏零下 12 度，垂直加速度約有(0.12G 的振動變化。圖 2.4-3 顯示約 0131 時阻力開始微幅增加，圖中顯示該機於 0132:30 至 0134:28 期間可能進入雲層，遭遇輕度至中強度亂流。此期間指示空速為 1992 浬/時，升阻比約 11.4，真實攻角與仰角分別為 1.0 度與 1.5 度。

本會認為，該機約於 0131 時開始遭遇積冰且持續於雲中飛行，故有亂流造成垂直加速度約(0.12G 之振動變化。

### **第二階段：0134:29 至 0141:24 時**

---

<sup>33</sup> Failure Ice shape: aircraft polluted with ice shapes due to boots not operating as per certification requirements FAR/JAR 25 Appendix C.

根據座艙語音紀錄，0134:29 時有 1 單聲警示 (Single Chime)，FDR 顯示飛航組員立即啓動除冰系統。第 1 次機身除冰系統作動 30 秒後，指示空速減至 194 浬/時(0135:03)，升阻比約 14.3，真實攻角與仰角分別為 1.4 度與 1.9 度。於 0136:19 時，指示空速由 194 浬/時回復為 199 浬/時，顯示機身除冰系統有效。

0138:08 時，指示空速達 200 浬/時，且持續至 0138:22 時。0138:22 至 0141:24 時，機身除冰系統關閉，機外溫度約為攝氏零下 11 度。垂直加速度變化約(0.1G 的振動變化，該機可能再度進入雲層並遭遇中強度亂流，指示空速由 200 浬/時減為 195(2 浬/時，升阻比約為 11.6，真實攻角與仰角分別為 1.3 度與 1.2 度。此期間積冰造成 GE 791 之升阻比減少約 5%。

圖 2.4-3 顯示機身除冰系統關閉後，阻力略高於乾淨外型約 20 counts。於 0140 時，阻力約增加 50 counts。

本會認為該機第 1 次機身除冰系統關閉後，航空器可能仍有殘冰 (Residual Ice) 覆著於機翼，致使阻力係數略高於乾淨外型，且積冰造成阻力約增加 50 counts，升阻比減少約 5%。

### 第三階段：0141:25 至 0152:12 時

#### 1. 0141:25 至 0145:20 時

根據座艙語音紀錄，0141:21.7 時有一單聲警示；0141:25 時 (單聲警示後 3 秒) 飛航組員第 2 次啓動除冰系統，機外溫度約為攝氏零下 10 度。第 2 次機身除冰系統作動約 4 分鐘後，指示空速由 196 浬/時減為 186 浬/時，升阻比為 11.3，真實攻角與仰角分別為 1.8 度與 2.1 度，此期間積冰造成 GE 791 之升阻比減少約 20%。

#### 2. 0145:20 至 0150:30 時

0144:47 時 (單聲警示後 3 分 25 秒) 指示空速 188 浬/時，CM1 道：「那積冰

了蠻大坨的」，座艙語音紀錄顯示其後 4 分鐘內飛航組員未討論積冰問題。

0145:20 至 0147:30 期間，機身除冰系統持續作動，指示空速由 188 浬/時恢復至 192 浬/時，接著直至 0148:26 時指示空速約維持於 189 至 192 浬/時。0148:27（單聲警示後約 7 分鐘）至 0150:30 期間，指示空速由 191 浬/時減至 174 浬/時，此時 CM-1 道：「哇塞 好大一坨哦」。圖 2.4-3 顯示於 0149 時，積冰造成阻力增為約 100 counts，且呈現快速增加趨勢直到自動駕駛跳脫。

圖 2.4-4 顯示，真實攻角大於約 2.2 度（0150:07 時）後，積冰造成 GE 791 升阻比小於除冰靴失效之升阻比。0150:30 時（單聲警示後約 9 分鐘後），該機指示空速為 174 浬/時，積冰造成阻力約增為 200 counts，升阻比為 10.0，真實攻角與仰角分別為 3.0 度與 3.5 度，此期間積冰造成 GE 791 之升阻比減少約 39%。

ATR 原廠之飛航性能分析報告<sup>34</sup>亦指出，該機真實攻角達於 3 度至 4.5 度期間（0150:33 至 0151:51 時），積冰造成 GE 791 之升力減少約與除冰靴失效相等，阻力增力為除冰靴失效之兩倍。兩者差異即代表 GE 791 遭遇之積冰超過除冰靴失效之情況。

### 3. 0150:30 至 0152:11 時

0151:21 時，指示空速減為 166 浬/時，積冰造成阻力約增為 210 counts，升阻比為 10.0，真實攻角與仰角分別為 3.9 度與 4.0 度，此時積冰造成 GE 791 之升阻比減少約 42%。

0151:49 時，CM-1 道：「一萬六」，2 秒後 CM2-連絡區管中心，道：「taipei control transasia seven niner one request descend maintain flight level one six zero」。

依據 FDR 資料，飛航組員於 0151:56 時開始下降（如圖 2.4-5），該機開始下降高度（約 6 呎/秒），指示空速減為 159 浬/時，積冰造成阻力增為約 360 counts，

---

<sup>34</sup> ATR 72-200:TransAsia Airways MSN 322 - Accident Analysis, page 12.

升阻比為 8，真實攻角與仰角分別為 5.0 度與 4.8 度，且仰角開始減小。此時積冰造成 GE 791 之升阻比減少約 50%。

該機下降率於 0152:06 時增為 12 呎/秒，然指示空速仍為 158 浬/時。顯示該下降率阻止空速減小但仍無法增加空速。

0152:07 時，FDR 資料顯示：

Local AOA = 8 度

Pitch attitude = 3 度

Elevator deflection = -2 度（負值代表升降舵翼後緣向上，產生機鼻上仰）

Elevators trim = -0.5 度

Vertical load factor = 0.9 g

Left Aileron deflection = 1.55 度（正值代表左側副翼後緣向下，產生右滾轉）。

從 0152:07 至自動駕駛跳脫（0152:10.5）期間，該機開始出現左滾轉（滾轉率約 5.6 度/秒）。此期間自動駕駛操控副翼抗衡左滾轉，副翼位置先增為 4.4 度，再減為 2.5 度。

0152:10.5 時（單聲警示後約 11 分鐘後），第 1 級失速警告作動。指示空速為 158 浬/時，積冰造成阻力約增為 500 counts，升阻比為 5.5，真實攻角與仰角分別為 8.3 度與 2.0 度。此時積冰造成 GE 791 之升阻比減少約 64%。

指示空速低於 176 浬/時後約 1 分 50 秒，積冰造成 GE 791 之阻力增加至 500 counts，升阻比快速遞減 64%，並致使空速減為 158 浬/時。

本會認為該機於第 2 次機身除冰系統作動後遭遇之嚴重積冰情況，可能超過美國聯邦/歐盟航空法規 FAR/JAR 25 Appendix C 之規範，致阻力增加 500 counts，空速及升阻比快速遞減。

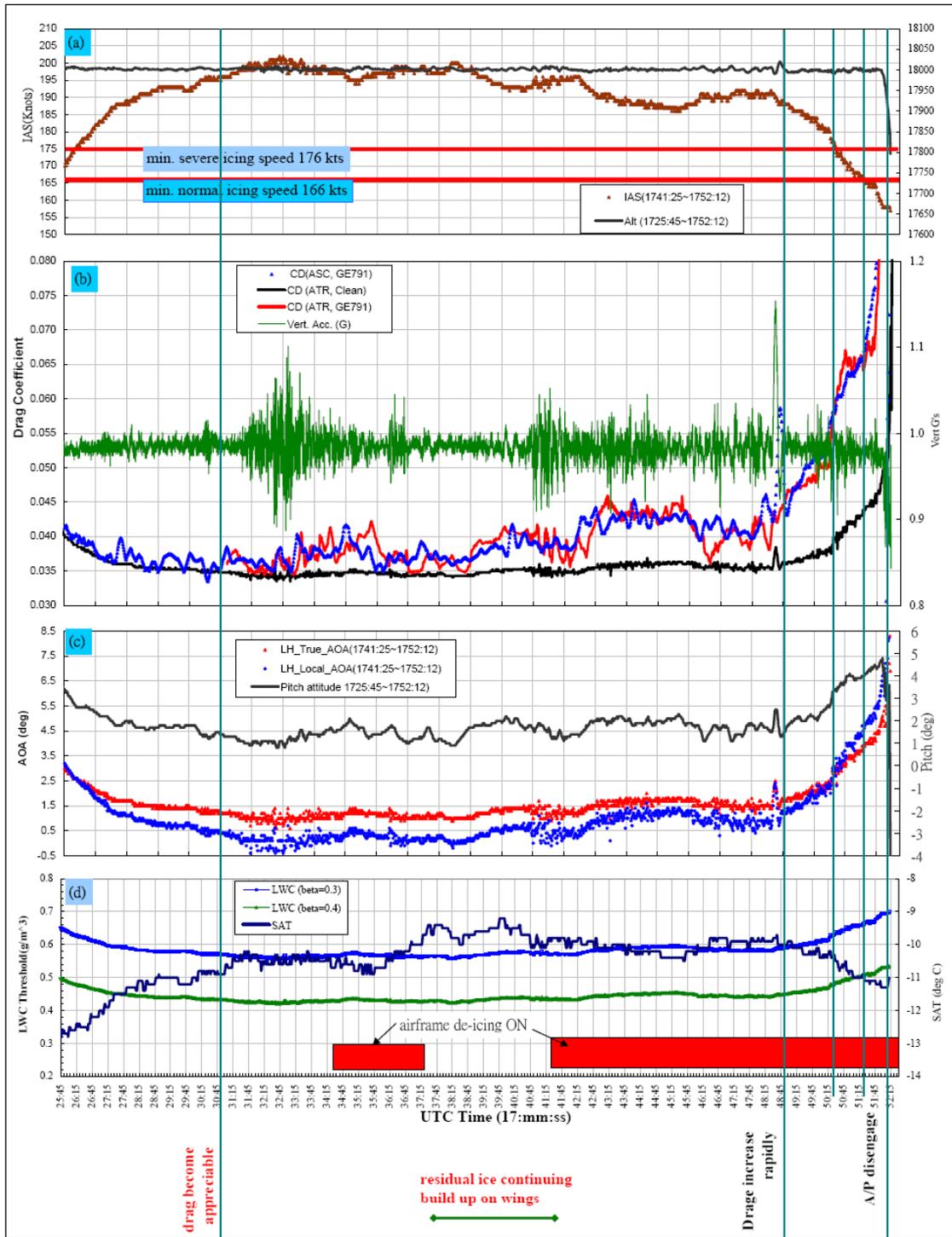


圖 2.4-3 GE 791 機身除冰系統作動期間之空速、高度、機外溫度、阻力係數、攻角以及達嚴重積冰門檻之液態水含量 (LWC) 變化

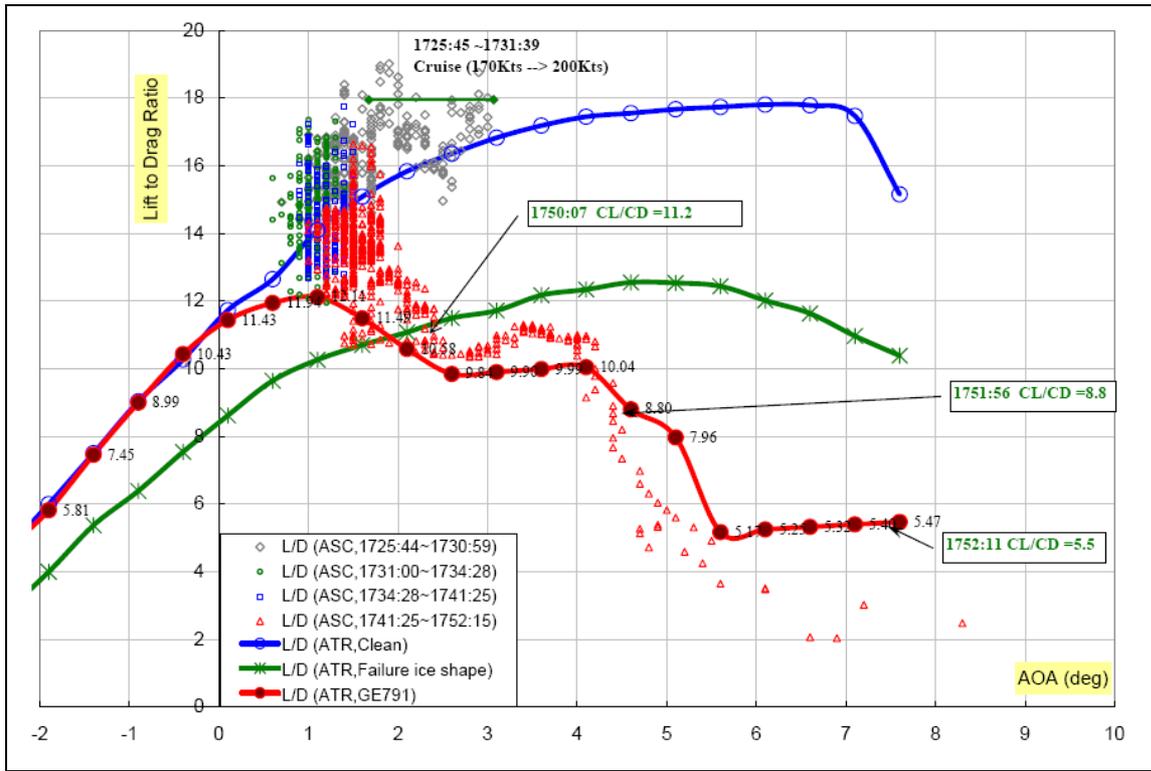


圖 2.4-4 GE 791 巡航至失速自動駕駛跳脫期間之升阻比隨攻角變化圖

### 失速後滾轉期間之飛航性能

自動駕駛跳脫後，GE 791 隨即進入滾轉與快速下降動作，如圖 2.4-5。該分析結果係由 FDR 紀錄參數，以及飛機原廠之飛航模擬參數調整後計算獲得（該飛航模擬參數之調整，係添加升力及阻力於乾淨空氣動力模型中以吻合該機之 FDR 資料）。

圖 2.4-6 顯示該機於空速遞減至失速滾轉期間之升力與真實攻角變化關係。真實攻角約為 4.5 度時，嚴重積冰使機翼發生氣流分離，並導致升力減少及阻力增加。

真實攻角達 5.5 度至自動駕駛跳脫期間，左翼之升力減少且阻力增加情形更為嚴重，亦即 GE 791 之左翼先失速 (Stall)。自動駕駛跳脫後，該機之升力及阻力持續增加至最大攻角 (0152:14 時，局部攻角 22.5 度；真實攻角 15.07 度)，隨後因第二級失速警告 (stick pusher) 作動使攻角快速減少。但因延遲改正，使得機翼持續氣流分離致使失速後滾轉期間之阻力額外增加 600 counts。

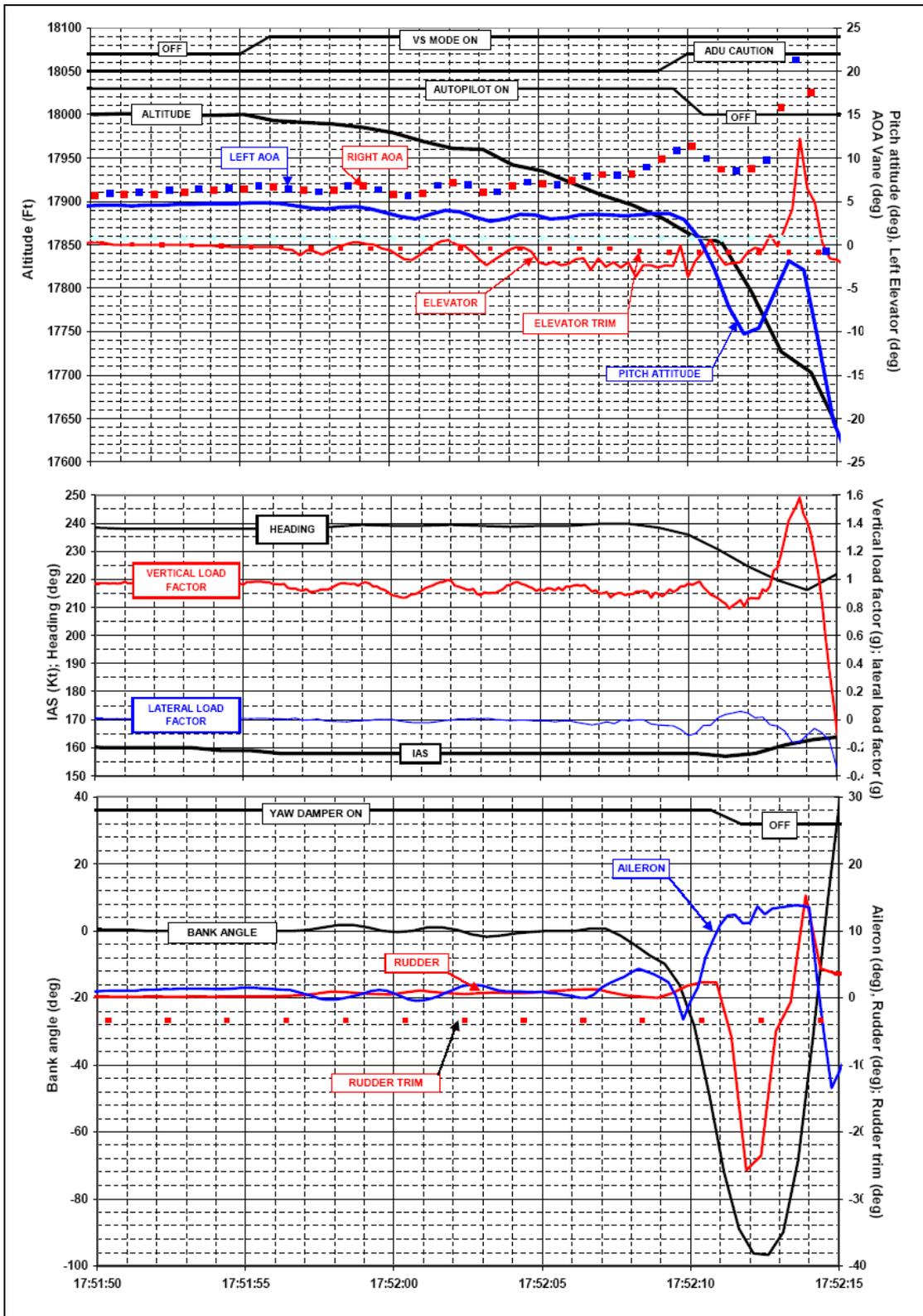


圖 2.4-5 GE 791 失速後滾轉期間之飛航資料匯繪圖

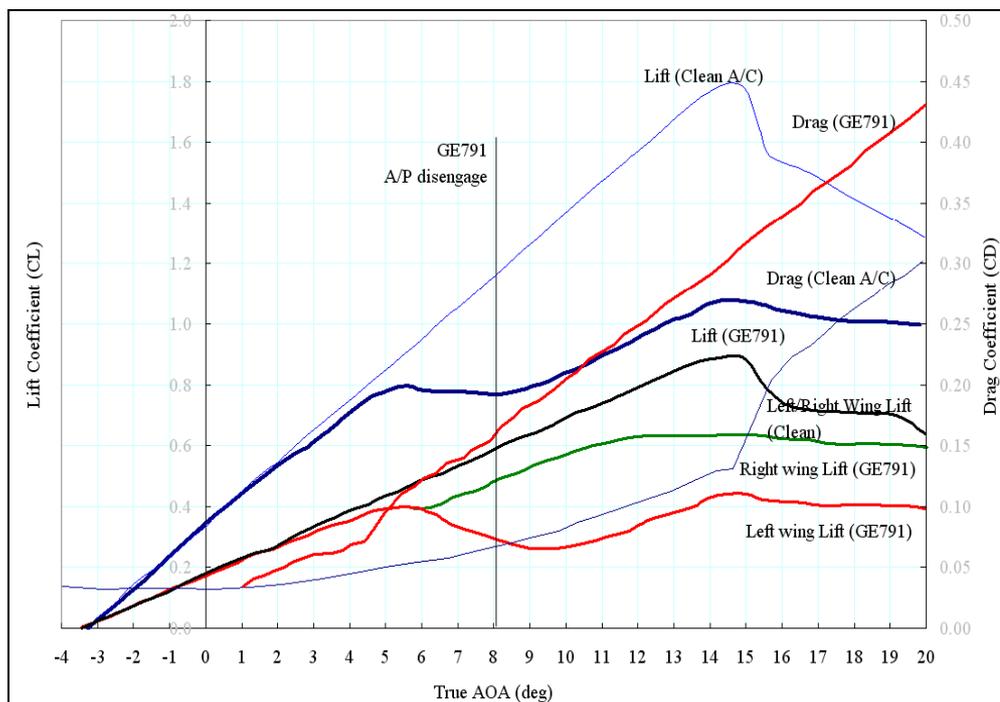


圖 2.4-6 GE 791 於空速遞減至失速滾轉期間之升力與真實攻角變化關係 (ATR 72 乾淨外形與 GE 791 嚴重積冰之比較圖) ATR 72 GE 791

### 2.4.3 ATR 72 飛航模擬機試驗結果

飛航模擬機之初始條件如表 2.4-1 所示，ATR 原廠提供之試驗報告如附錄 21。

表 2.4-1 飛航模擬機之初始條件

航空器重量 (W)	20,600 kg
重心 (CG)	28% Mac
指示空速 (IAS)	200 Kts
巡航高度 (Alt)	18,000 ft
積冰條件 (Icing)	Before stall, 7 minute Severe icing condition <sup>35</sup>
自動駕駛 (AP)	Engage
旋槳轉速比 (NP)	86%
風向風速 (wind)	0 deg/0 kts

<sup>35</sup> 該 Severe icing condition 為 ATR 72 之飛航模擬機內設值。

ATR 試飛員執行失速改正 (Stall Recovery) 的條件為，航空器第 2 級失速警告作動 (Stick Pusher Active) 且自動駕駛跳脫，航空器由平飛變成滾轉約 45 度時介入操控。以下為 4 種不同試驗程序與結果。

#### 1. 試飛員不介入操控

本項試飛旨在展示 ATR 72 飛航模擬機在試飛員不介入操控下之失速行為。結果為當航空器失速後其姿態逐漸變成大坡度，且仰角也改為俯角。

#### 2. 僅以橫向操控改正

GE 791 之 FDR 資料顯示該機於第 2 級失速警告作動後，駕駛桿 (Stick) 僅短暫時間有輸入訊號，其他失速下墜期間駕駛桿幾乎位於中位點 (Neutral Position)，駕駛員僅以滾轉輸入嘗試將航空器姿態改平。

本項試驗旨在展示類似 ATR 72 失速後，僅做橫向操控，結果航空器無法改平。

#### 3. 使用縱向與橫向操控改正

本項試驗旨在展示航空器於第 2 級失速警告作動後，馬上推桿使攻角變小並使空速增加。先使航空器脫離失速狀態，再拉桿改平。

結果為當航空器失速後約 5 秒，高度降到 16,500 呎時，空速增加至 170 節，俯角約 20 度。此 5 秒之改正著重於先推桿再拉桿。失速後約 10 秒，試飛員以縱向與橫向操控，約 10 秒至 20 秒可以將航空器改平。

#### 4. 使用縱向與橫向及襟翼操控改正

本項試驗旨在展示航機於第 2 級失速警告作動後，馬上推桿使攻角變小並使空速增加，並將襟翼放置於 15。使航空器脫離失速狀態，再拉桿且將航機改平。

結果為當航空器失速後約 5 秒，高度降到 16,500 呎時，空速增加至 165 節，俯角約 8 度。此 5 秒之改正著重於先推桿再拉桿。失速後約 8 秒，試飛員將襟翼放置於 15，並以縱向與橫向操控，約 10 秒至 15 秒可以改平。

上述 4 種模擬試驗之發現如下：

- 嚴重積冰致使空速減少；
- 駕駛員若未觀察飛航操作程序所建議之最小速度，可能發生失速並伴隨著非操控性滾轉運動；
- 駕駛員若保持駕駛桿於中位點附近左右轉動則失速會持續存在。

ATR 原廠於 2004 年再次實施飛航模擬研究(如附錄 22)如，係為模擬 GE 791 紀錄之飛航及參數狀態，並提供較佳之方式以瞭解該機失速滾轉及失控現象。

附錄 22 中圖 1 至圖 4 顯示 2 組飛航模擬機試驗之對照結果，2 組試驗均使用相同初始條件，圖中粗線及虛線分別代表 GE 791，以及遵照飛航操作程序改正後之飛航姿態。(飛航模擬機中之 GE 791 飛航參數係依據 FDR 紀錄參數，並於乾淨空氣動力模型中添加嚴重積冰後之升力及阻力後獲得)。

#### 1. 不使用放下襟翼之改正

縱向改正結果顯示以推桿操控航空器之俯角姿態，攻角變小且易於達到改正後之姿態。

橫向改正結果顯示以副翼操控航空器之滾轉姿態，該動作結合推桿以減少攻角使達到完全改正。

#### 2. 使用放下襟翼之改正

縱向改正結果顯示以推桿操控航空器之俯角姿態，並且使用襟翼來增加升力，攻角變小後且更易於達到改正後之姿態。

橫向改正結果顯示以副翼操控航空器之滾轉姿態，該動作結合推桿及襟翼可於減少攻角後較短時間內完全改正。

飛航模擬機試驗及飛航紀錄器分析結果發現，GE 791 第 2 次機身除冰系統作動後，該機持續使用自動駕駛於積冰環境飛行約 11 分鐘。該機於嚴重積冰情況下飛行過久致使左/右主翼升力不對稱，並導致異常左滾轉 (Left Roll Upset) 及自動駕駛跳脫。該機於滾轉期間大量操控方向舵，導致攻角更為增大，並導致第 2 級失速警告作動。

#### 2.4.4 GE 791 穩定度分析

爲了研究 GE 791 自動駕駛跳脫前 4 分鐘之飛航性能及穩定度，本會依據美國肯薩斯大學航太系分析報告 (附錄 23)，以及 ATR 原廠於 2004 年提供之穩定度分析報告 (附錄 24)，該報告亦列出 ATR 72 型機乾淨外型之空氣動力與穩定度導數 (Nominal Aerodynamic and Stability Derivates)。分析結果說明如下：

##### 縱向穩定度 (Longitudinal Stability)

依據固定翼航空器之空氣動力特性，水平尾翼之攻角比機翼小約 3 度至 5 度。亦即於嚴重積冰情況及正值大攻角下，機翼會發生氣流分離<sup>36</sup>；反之，負值大攻角下，水平尾翼會發生氣流分離。

1. 0147:57 至 0150:51 時 (如圖 2.4-7 及 2.4-8)

依據 FDR 紀錄參數分析後獲知，此期間 GE 791 之空氣動力中心位於 50.6% MAC (Mean Aerodynamic Chord, 平均空氣動力弦)。ATR 72-200 型機於相同外型之飛行試驗<sup>37</sup>結果顯示，空氣動力中心位於 49% MAC。因此，此期間 GE 791 之縱向穩定度與乾淨外型機一樣穩定。而此期間主翼之嚴重積冰使升力導數 (CL)

<sup>36</sup> 航空器翼面發生氣流分離 (Flow Separation)，會導致升力減少及失速 (Stall)

<sup>37</sup> ATR 72-200 develop flight test records- longitudinal stability clean A/C flap 0 powered. (Flight 268 A/C98)

則由正常值 5.95 rd-1 減為 4.7 rd-1。

## 2. 0150:51 至 0151:57 時 (如圖 2.4-7 及 2.4-8)

此期間 GE 791 之空氣動力中心位於 73.5% MAC。因為空氣動力中心後移，證明水平尾翼運作正常。一般而言，若空氣動力中心前移會導致水平尾翼效能降低，並且減少縱向穩定度。事實上，此期間嚴重積冰導致機翼之氣流分離，使升力進一步減小，升力導數減為 2.86 rd-1。

## 3. 0151:57 至 0152:10 (如圖 2.4-7 及 2.4-8)

該機於攻角約 6 度時無滾轉，左右機翼均發生氣流分離，不對稱升力 (Asymmetrical Lift) 產生異常左滾轉，並接著導致自駕駕駛跳脫。

此期間 GE 791 之空氣動力中心印證困難。異常左滾轉前，升力導數變為 -2.86 rd-1 (負值表升力隨攻角增加而減少)。異常左滾轉發生後 (0152:07 時)，升力導數為 2.86 rd-1 (正值表升力隨攻角增加而增加，但仍低於正常值 (5.95 rd-1))。

自駕駕駛跳脫前四分鐘，嚴重積冰致使 GE 791 之空氣動力中心由 50.6% 後移至 73.5% MAC (意即遠離重心)。此外，升力導數約減少 50% (5.95 rd-1 減為 2.86 rd-1)。

## 橫向穩定度 (Lateral Stability)

ATR 72-200 型機乾淨外型之滾轉阻尼導數 ( $Clp$ )，副翼操控效能導數 ( $Cl\delta a$ )，滾轉穩定度導數 ( $Cl\beta$ ) 分別為 -34.9rd-1、-2 rd-1 及 -1.45rd-1。

### 1. 0147:57 至 0150:51 時

此期間 GE 791 之滾轉阻尼導數為 -34 rd-1 (穩定)。

### 2. 0150:51 至 0151:57 時

此期間 GE 791 之滾轉阻尼導數為 $-20.7 \text{ rd-1}$ ，低於乾淨外型但仍穩定。

### 3. 0151:57 至 0152:07 時

此期間因機翼氣流分離致使升力減小（升力導數  $CL$  為 $-2.8 \text{ rd-1}$ ）且無滾轉動作。GE 791 之滾轉阻尼導數為  $20.7 \text{ rd-1}$ （不穩定）。

### 4. 0152:07 至 0152:10 時

發生異常左滾轉期間，GE 791 之滾轉阻尼導數為 $-20.7 \text{ rd-1}$ （穩定）。

該機進入失速滾轉前，滾轉阻尼導數之穩定度約減少 40%（ $-34.7 \text{ rd-1}$  減為 $-20.7 \text{ rd-1}$ ）。該機進入失速滾轉前，副翼操控效能導數及滾轉穩定度導數與乾淨外型一致。

該機發生異常滾轉 10 秒前（0151:57 至 0152:07 時），機翼表面之嚴重積冰造成氣流分離並導致航空器之縱向及橫向穩定度改變。該機若遵照 AFM 改正程序，推桿使攻角小於 3 度並放置襟翼於 15 度外型可使航空器之空氣動力參數回復正常值。

所有飛航性能分析結果均指出，GE 791 之空氣動力模型於 0131:05 時出現明顯變化，此為開始遭遇積冰時間。本會認為，GE 791 可能於 0131 時開始遭遇積冰，飛航組員於 90 秒鐘後察覺遭遇積冰，3 分鐘後，起動機身除冰裝置。0132:35 時，座艙語音紀錄顯示 CM-2 道：「那好像結冰 看我這裡你那邊也有結冰嘛對不對」；0133:32 時，CM-1 道：「外面水氣不夠 負十二度」。

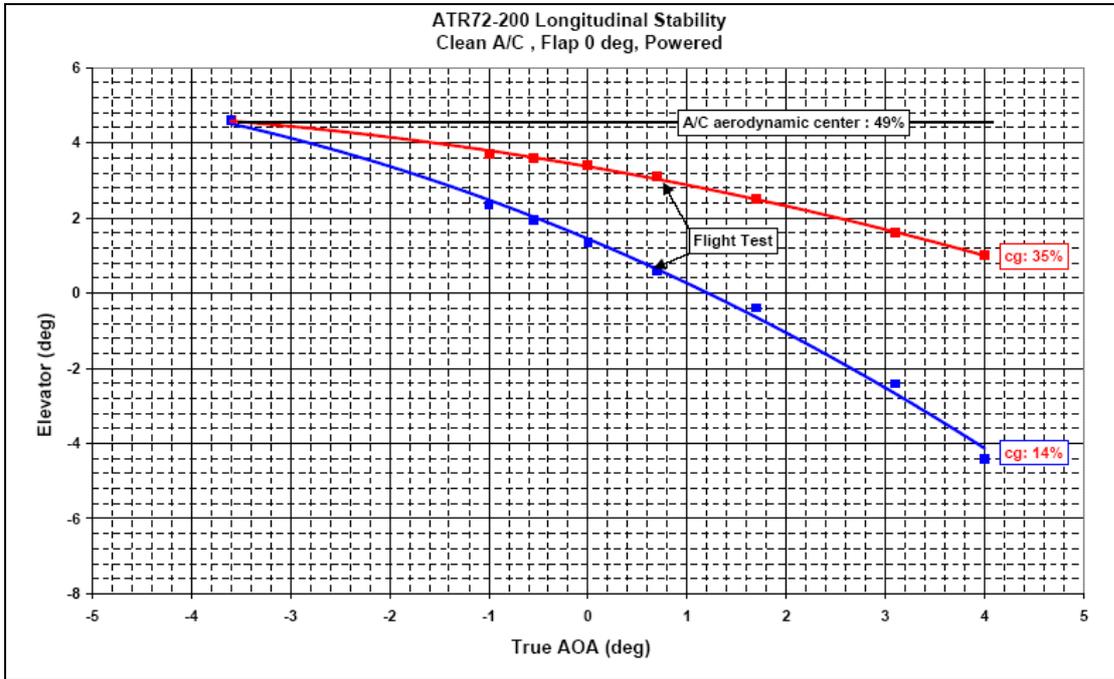


圖 2.4-7 ATR 72-200 型機之縱向穩定度

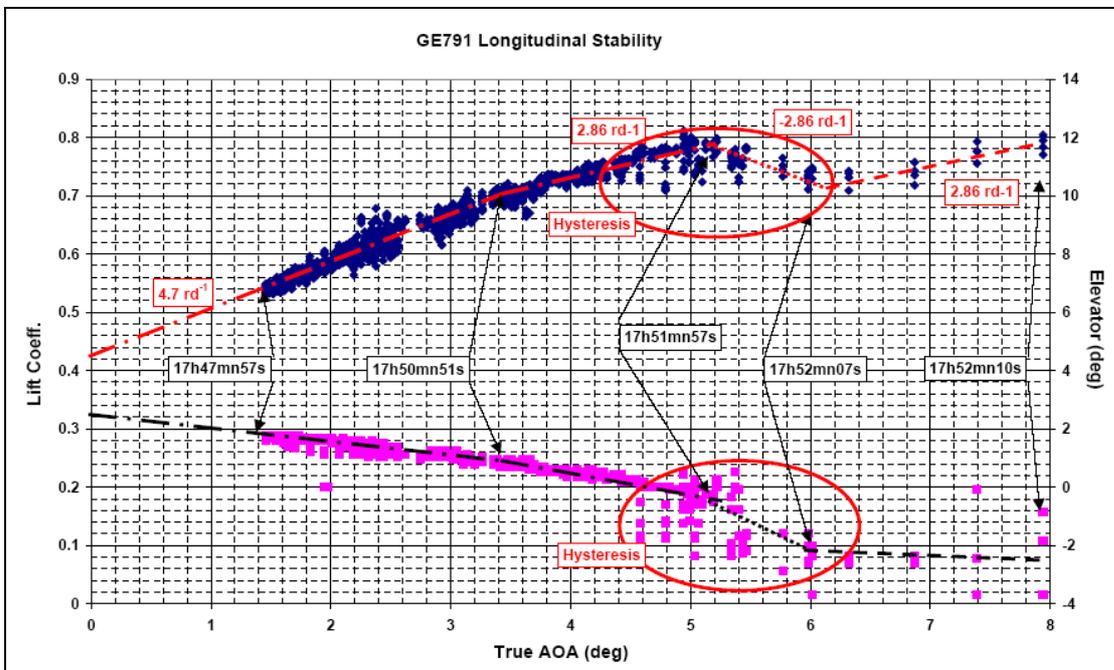


圖 2.4-8 GE 791 之縱向穩定度 (依據 FDR 資料推導獲得)

## 2.5 積冰偵測系統及失速警告系統

### 2.5.1 積冰偵測系統

根據 ATR-72 維修手冊第 30.80 節，積冰情況之偵測主要基於駕駛員之目視檢查，機載積冰偵測系統目的乃在協助駕駛員偵測積冰情況。

座艙語音紀錄顯示，分別在 0134:29 及 0134:32 出現單一警示聲（Single Chime）。雖然造成單一警示聲的原因甚多，0134:29 時，CM1 道：「哦 結冰囉」，本會認為此警示聲係積冰偵測系統作動。

飛航資料紀錄顯示機身除冰系統（Airframe De-icing System）在 0134:29 時首度啓動。據此除冰系統啓動之紀錄，與 0132:35 至 0134:32 間座艙語音紀錄飛航組員之對話及警示聲，本會認為積冰偵測系統已偵測到積冰情況，駕駛員已認知機外積冰且啓動除冰系統。

依據飛航資料紀錄，除冰系統於第 1 次啓動後 2 分 52 秒，即 0137:21 時被關閉。由於積冰情況主要依據駕駛員目視判斷，且依 0137:24 時，CM-1 道：「又沒有啦」之座艙語音紀錄，本會推論此時駕駛員認為已無積冰情況，故關閉除冰系統。在除冰系統關閉後，積冰偵測系統亦未發出積冰警示聲，此時機外可能已無積冰，但亦可能係積冰位置在積冰偵測系統無法偵測處。0141:21 時，即除冰系統關閉後 4 分鐘，單一警示聲再次響起，飛航資料紀錄顯示 0141:25 時除冰系統再次啓動，因此 0141:21 時之單一警示聲應為積冰警示聲。從除冰系統關閉（0137:21 時）至單一警示聲再次響起（0141:21 時）間，依 2.4.2 節分析指出機翼可能仍有殘冰，然積冰偵測系統未有任何警示。雖然積冰情況之偵測主要依據駕駛員之目視檢查，但本報告第 2.1.2 節指出：夜間不利天氣下，駕駛員不易根據手冊所述，判斷嚴重積冰情況。因此，本會認為目前之積冰偵測系統及目視積冰指示器無法提供駕駛員完全掌握積冰情況，亦無提供積冰嚴重程度之警告系統。而美國國家運輸安全委員會調查 1994 年美鷹航空（American Eagle Flight 4184）飛航事故及 1997 年 COMAIR（Flight 3272）飛航事故時，亦有類似發現。

為解決結冰相關飛安議題，1998 年初 ARAC (Aviation Rulemaking Advisory Committee) 即指定 IPHWG (Ice Protection Harmonization Working Group) 工作小組進行結冰相關議題之研究。該小組之組成包括監理機關，如：美國聯邦航空總署 (FAA)、加拿大運輸部 (Transport Canada) 及歐洲航空總署 (JAA)；製造廠如：Boeing、Bombardier、Embraer、Cessna、Saab、BAe、Airbus 及 ATR；研究單位如美國國家航太總署 (NASA) 及加拿大國家研究委員會 (National Research Council)，小組成員定期舉行會議並執行指定工作。其中第一項工作係關於結冰偵測系統，包括考慮安裝結冰偵測裝置、空氣動力性能監視裝置、或其他可接受的方法以警告駕駛員重要的航空器表面已積冰，及駕駛員必須採取的行動（不論天氣是否在 Appendix C of 14 CFR Part 25 之規範內）。並考慮結冰偵測裝置與空氣動力性能監視裝置之設計及其最低性能規範所需之技術標準指令 (Technical Standard Order)。若此裝置之需求達成共識，則應發展適當的規則、應用標準及其建議事項。有關結冰偵測及防護計畫，目前已接近完成階段。監理相關之資訊會於 2005 年發給相關單位以徵求各方建議<sup>38</sup>。規則草案亦由適航驗證機關 (FAA、JAA 及 Transport Canada) 在 2006 年擇期提出<sup>39</sup>。本會認為，目前國際上對於航空器安裝嚴重積冰偵測系統所需之相關定義、技術及規則尚未成熟。為增進駕駛員瞭解積冰情況及結冰所造成的影響，繼續研發精良的積冰偵測系統仍有強烈的需要。

## 2.5.2 失速警報系統與低速警報

失速警告系統係航空器接近失速時，使用警報聲 (Aural Warning)、震盪桿 (Stick Shaker) 及自動推桿 (Sticker Pusher) 以警告駕駛員及時控制航空器，避免進入失速狀態。座艙語音紀錄顯示 GE 791 第 1 次失速警告於 0152:10.45 時作動，飛航資料紀錄顯示該機於 0152:11 時攻角為 11.7 度。根據 ATR 72 維修手冊

---

<sup>38</sup>資料由 IPHWG 成員 (航空器製造商, ATR) 所提供。

<sup>39</sup>美國聯邦航空總署空中積冰與地面除冰研討會 2003 年 (Update on SLD Engineering Tools Development by Dean R. Miller, Mark G. Potapczuk, and Thomas H. Bond. Glenn Research Center, Cleveland, Ohio. Presented at FAA In-Flight Icing/Ground De-Icing International Conference sponsored by the Society of Automotive Engineers Chicago, Illinois, June 16-20, 2003)

第 27.36 章，此型機於積冰情況下，失速警告系統之啓動條件為攻角大於/等於 11.2 度。本會認為，攻角紀錄在飛航資料紀錄器之取樣率為每秒 2 次，在條件限制為 11.2 度之情況下，失速警告系統作動時之攻角紀錄值為 11.7 度，此些微差異可被接受，亦顯示失速警告系統運作正常

0152:08 時，GE 791 開始向左滾轉，失速警告作動時滾轉角已達 48.9 度，此時該機已進入難以控制狀態。換言之，失速警告系統之震盪桿、警報聲及自動推桿於航空器開始向左滾轉時並未作動。此時機上亦無其他系統對航空器將進入滾轉不穩定<sup>40</sup> (Roll Upset) 狀態提出警告。本會認為，在此嚴重結冰造成航空器性能嚴重降低之情況下，僅有失速警告系統不足以提供駕駛員足夠之資訊。

當進入積冰環境後，若機翼上有不對稱之積冰會造成不對稱之升力及阻力，若仍使用自動駕駛，會造成滾轉控制困難。為避免進入此種情況，系統設計上若能提供適當警告以提醒駕駛員及早採取適當行動，該機或許可以避免進入難以控制狀態。在巡航階段，自動駕駛保持高度 (Altitude Hold) 操作模式，當航空器進入積冰環境，由於阻力增加，明顯的變化為空速慢慢下降。在自動駕駛操作下，駕駛員並未直接操作航空器，因此亦較難發現積冰對航空器性能造成的影響。飛航操作手冊第 2.02.01 節雖訂有積冰最低操作速度及嚴重積冰最低操作速度之操作程序，但須由駕駛員持續監視空速變化並採取行動。由於巡航速度降低是機翼積冰時較為明顯之徵兆，若在自動駕駛情況下航機能提供「低速警告」功能，當駕駛員未能及時發覺空速持續降低時，低速警告則可適時提供警告，給予駕駛員較長之反應及處置時間。GE 791 之空速低於最低積冰操控速度 (Minimum Normal Icing Speed) IAS=166 浬/時為 0151:21 時；空速低於最低嚴重積冰操控速度 (Minimum Severe Icing Speed) IAS=176 浬/時為 0150:23 時，分別早於失速警報系統作動時間 (01:52:10 時) 達 49 秒及 107 秒。根據座艙語音紀錄，0150:55 時 CM-1 提及：「這速度越來越小囉 本來一百 二百哦一百九現在一百七哦」，顯示

<sup>40</sup> 參考本文 2.4.4 穩定度分析

駕駛員發現空速降低時，已比航機空速低於最低積冰操控速度時晚 34 秒。本會認為在航機遭遇積冰及自動駕駛操作情況下，「低速警告」功能將有助於減少駕駛員未能維持應有速度所造成之事故。

### 2.5.3 強化失速警告系統與積冰管理系統之研究

一般定翼機之失速警告乃參考航空器攻角 (Angle Of Attack, AOA)，攻角達到該機型之預設警告角度時即致動失速警告。由於機翼上積冰將會改變航空器性能，因此在不改變航空器外型下，不同嚴重程度之積冰，失速攻角亦隨之改變。例如 GE 791 在襟翼為 0 情況下，啟動失速警告之失速攻角為 16.5 度；但同樣是襟翼為 0 情況下，在積冰條件時 (啟動機身除冰裝置時)，啟動失速警告之失速攻角則降為 11.2 度。但此係預設角度，無法隨實際積冰情況而變化。2.4.4 節穩定度分析述及：「GE 791 於 0151:56 時，即自動駕駛跳脫前 15 秒，機翼表面積冰可能已造成局部氣流分離而產生失速前的顫震 (Buffeting) 現象，並且引發縱向穩定性驅於不穩」，由上述發現顯示，實際失速警告系統作動之時間 (0152:10 時) 較可能已發生失速之時間晚。

由於過去 10 年來電腦科技大幅進步，使得即時運算空氣動力特性得以實現。當機翼受到污染時，航空器空氣動力特性亦隨之改變。因此，即時取得各相關參數，運算當時航空器氣動力特性，並與應有之氣動力特性 (如乾淨外型) 進行比較，即能了解整體航空器性能之變化。由此變化亦可掌握航空器整體性能及機翼受到污染物之影響程度，並及時提出適當的警告。應用此原理而研發中之系統如：1998 年美國航空太空總署積極推動研發的系統「智慧型積冰偵測系統 (Smart Icing System<sup>41</sup>)」，它能夠提供駕駛員積冰對航空器性能、穩定性及控制之影響，並自動啟動及管理積冰防護系統。本會認為航空器製造廠，民航監理機關與國家研究

---

<sup>41</sup> Smart Icing Systems (SIS) project is a joint venture between the University of Illinois, the University of Ohio, and the NASA Glenn Research Center. This system is intended to measure environmental and performance parameters to determine if ice accretion is occurring before warning the pilot or independently taking action to prevent the aircraft from entering a potentially critical situation.

機關應積極支持與從事類似智慧型積冰偵測系統之研究，以期降低嚴重積冰之危害事故。

## 2.6 航空器與結構損害

事故發生時，殘骸分布區之洋流流向為東南向，較重殘骸如發動機及起落架因受洋流影響較小，與落水點較近。其他結構或零件由落水處隨體積之大小與輕重，由近而遠漂至海底。

撈獲殘骸包括：駕駛員座椅支柱、機身部位之艙門、蒙皮與天線、水平安定面、機翼部位之上、下油箱蒙皮、螺旋槳、起落架等共計 199 件。由遙控操作載具監視器觀察到之殘骸有縱軸向之駕駛艙座椅及手冊、機身結構、垂直與水平安定面等。遙控操作載具監視器觀察到結構與零件碎片集中於面積約為 200×300 公尺之海底（如圖 2.3-1）。

遙控操作載具水下搜尋發現兩具發動機，但因海象惡劣，打撈作業無法進行。散佈於海床之結構殘骸破裂嚴重而無法辨識。由遙控載具傳回之影像及 GPS 定位圖，可知殘骸分布範圍。

由機身蒙皮之縱向皺褶、右後艙門之縱向壓擠及窗框之縱向斷裂，顯示該機沿機身縱軸方向發生撞擊，研判係該機與水面撞擊時造成，當時機身縱軸與水面約呈直角。

機翼蒙皮及油箱結構嚴重碎裂，翼根與翼尖蒙皮結構向下彎曲，機翼油箱後緣結構向後捲曲變形，研判機翼與水面撞擊時，機頭向下且俯角超過 90°。

駕駛員座椅之圓柱形金屬支柱、起落架輪轂、輪胎呈開放性斷裂損害，研判係因該機高速墜落時與水面劇烈撞擊所致。

由 199 片殘骸檢視及中科院航材實驗室檢驗結果，未發現結構金屬疲乏之緩慢成長破壞現象。所有殘骸損壞係因撞擊水面所致之超負荷損害。

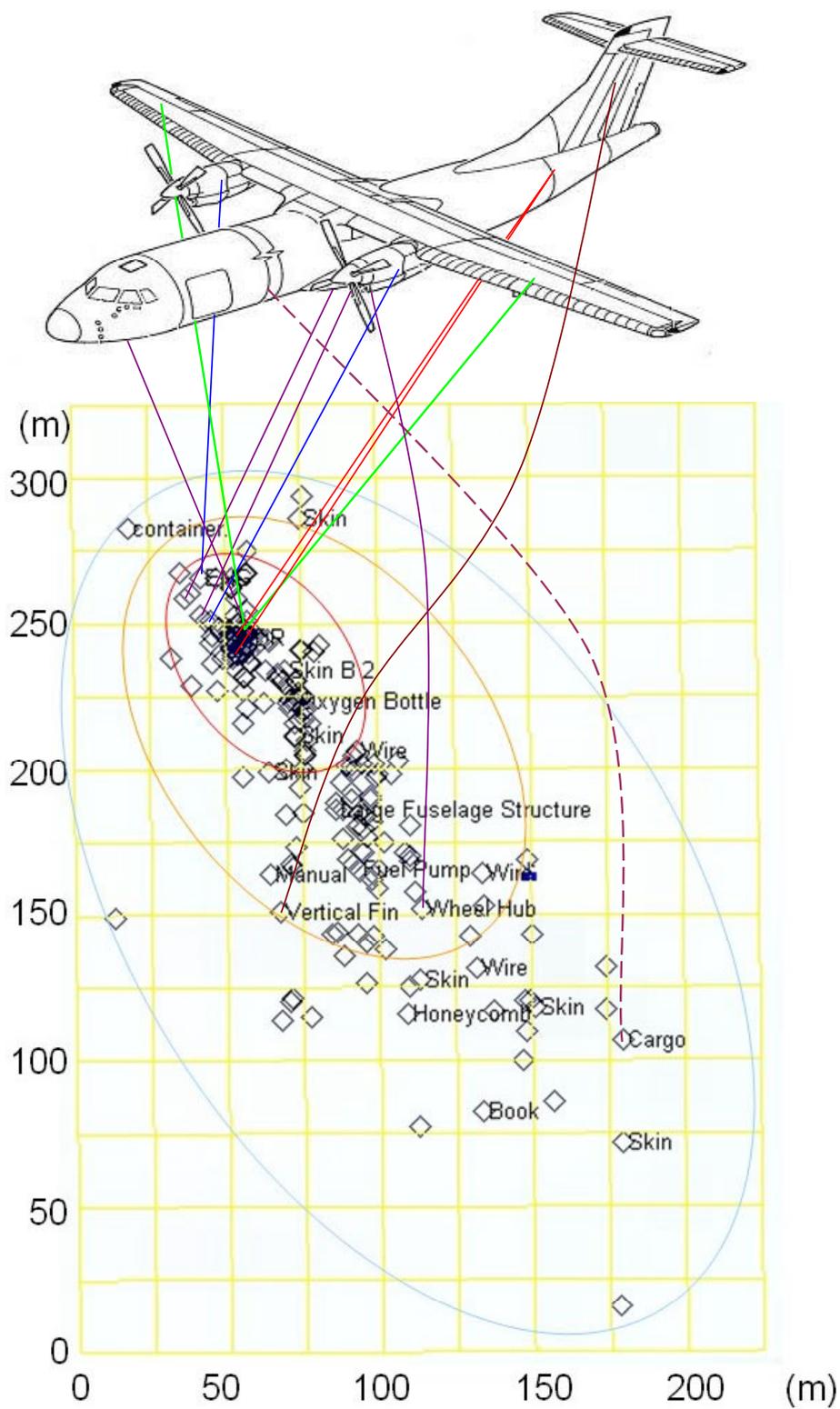


圖 2.6-1 殘骸分佈圖

## 2.7 技術文件及維護紀錄管理

### 2.7.1 技術文件評估程序

調查發現復興有兩項 ATR 72 型機技術通報 (Service Bulletin, SB) 無評估紀錄。民國 86 年 8 月以前，復興係按民航局核備之航空器維護能力手冊 (民國 85 年版) 執行。復興當時收到該兩項技術通報時認為可不執行即予歸檔，而未留書面評估紀錄。

技術通報、技術資料信函 (Service Information Letter, SIL) 及技術信函 (Service Letter, SL) 等攸關航空器之適航與安全，嚴謹及完善之評估制度可避免執行之疏漏而影響飛航安全。本會認為，復興當時之評估程序欠嚴謹。

目前，復興依據民國 90 年 8 月 13 日民航局核備之航空器維護能力手冊執行各項維護作業。復興收到後適航指令 (Airworthiness Directives, AD) / 警告技術通報 (Alert Service Bulletin, ASB) 後會立即評估處理；對技術通報、技術資料信函與技術信函等，則於收到後 6 個月內完成評估作業，且評估單隨相關之技術文件併案歸檔。

### 2.7.2 維修紀錄保存

依照民國 65 年民用航空局所頒之民用航空器適航檢定給證規則第 19 條第 2 項：

「航空器、發動機或螺旋槳經歷紀錄簿應自其損毀或停用起保存二年。」

另民用航空局於民國 65 年頒布之航空器飛航作業管理規則第 46 條：

「除法令另有規定外，所有紀錄必須在航空器永久停用後至少保留九十天。」

查閱復興 ATR 72 維修紀錄，發現民國 86 年 8 月前所完成之適航指令或技術通報，僅保存其完工簽證工單 (Work Order Sheet) 之首頁，並未保留其工作步驟與料件更換紀錄。

民國 86 年 8 月，民航局建立查核制度後，要求民航業者按所規定之 5 階段認定程序建立完整維護作業計劃。復興全面建立維護作業計劃後，對收到之技術通報加以評估並建立評估紀錄。對需執行之技術通報訂定執行期限並轉為工程指令 (Engineering Order, EO)。工程指令列有可供工作人員參照之執行步驟與簽署欄位，並附圖解說明。完成之工程指令由有關部門主管審查後，交品管中心審核並訂定必須檢驗項目 (Required Inspection Item, RII)，並轉相關修護單位憑辦。完工後，工程指令正本及回報表均送相關部門歸檔。本會認為復興自民國 86 年後，對完工維修紀錄已按民航局要求建立其管理制度。

## 2.8 F800 型紀錄器之磁帶異常現象

根據 1.11.2.6 節，有部分之 FDR 磁帶訊號無法解讀，其中第 1 軌有 78% (長度約 3.25 小時)，第 2 軌有 86% (長度約為 3.58 小時)，即該 FDR 之 25 小時紀錄中，約有 6.83 小時無訊號或訊號微弱。以同樣解讀方法處理磁帶第 5 及 6 軌發現，約 99% 資料解讀正常，因此本會認為問題不在解讀裝備。英國航空器失事調查局 (Aircraft Accident Investigation Branch, AAIB) 於 2000 年 10 月 10 日 1 起失事調查案中亦發現，該機裝置 F800 型 FDR 之第 1 與第 2 軌均無訊號，喪失資料長度約 8 小時。由於磁帶式紀錄器於事故調查中之資料復原不易，且固態式飛航紀錄器之資料解讀可靠度比傳統磁帶式飛航紀錄器優異甚多，製造廠商已於 1996 年停產 F800 型之飛航紀錄器。因此本會認為，淘汰現有磁帶式飛航資料紀錄器，換裝為固態式飛航資料紀錄器將有助於事故發生後之飛航資料紀錄器解讀。

## 第三章 結論

本章依據調查期間所蒐集之事實資料以及綜合分析，總結以下3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「其它調查發現」。

### 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。其中包括：不安全作為、不安全狀況或造成本次事故之安全缺失等。

### 與風險有關之調查發現

此類調查發現係涉及飛航安全之風險因素，包括未直接導致本次事故發生之不安全作為、不安全條件及組織與整體性之安全缺失等，以及雖與本次事故無直接關連但對促進飛安有益之事項。

### 其它調查發現

此類調查發現係屬具有促進飛航安全、解決爭議或澄清疑慮之作用者。其中部份調查結果為大眾所關切，且見於國際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之用。

### 3.1 與可能肇因有關之調查發現

1. 由調查結果推斷出該機遭遇嚴重積冰。液態水含量及最大的小水滴尺寸超過美國聯邦/歐盟航空法規FAR/JAR 25附錄C之積冰適航範圍。(2.2.1, 2.3.2.1, 2.4.2, 2.4.4)
2. 復興對該機駕駛員有關航空器嚴重積冰之訓練及考驗等未能有效掌握。該機駕駛員對飛航手冊及/或操作手冊中之附註 (Note)、注意 (CAUTION) 及警告 (WARNING) 等，未達能勝任其職務之熟習程度。(2.3.3)
3. 飛航組員曾發現該機結冰並兩度啟動機身除冰系統，但未使用相關手冊進行處

置程序，致飛航組員未獲該程序中對「嚴重積冰偵測有所警惕」之提示。  
(2.3.2.3)

4. 該機空速表「不預期之速度減小」係為嚴重積冰之徵兆。(2.3.2.2)
5. 飛航組員對該型機可能遭遇「超出該航空器認證，並可能嚴重減低航空器操控性能」之嚴重積冰狀況，應有之警惕及狀況警覺不足。(2.3.2.3)
6. 飛航組員未能適時發現該機嚴重積冰狀況，發現嚴重積冰後未立即改變高度，亦未執行其它「嚴重積冰緊急程序」項目。(2.3.2.4.1)
7. 該機進入「不正常或非因操控之滾轉」狀態，隨後呈現失速狀況。(2.3.2.4.2)
8. 該機發生失速及進入不正常姿態後，其改正操控，不符「不正常姿態改正」操作程序與技術。但無法確認若飛航組員之操控符合相關操作程序與技術，是否能改正該機當時之不正常姿態。(2.3.2.4.2)
9. 巡航期間前 25 分鐘，積冰造成阻力約增加 100 counts，及指示空速減少 10 哩/時。(2.4.1)
10. 第 1 次機身除冰系統關閉後，該機可能仍有殘冰覆著於機翼。(2.4.2)
11. 自動駕駛跳脫前 4 分鐘，積冰造成空速驟減為 158 哩/時，阻力約增加 500 counts，及升阻比快速遞減 64%。(2.4.2)
12. 異常滾轉發生 10 秒前，機翼表面之嚴重積冰造成氣流分離，並導致航空器之縱向及橫向穩定度改變。自動駕駛跳脫前，該機之空氣動力及穩定度導數約降低 40%。(2.4.4)

### 3.2 與風險有關之調查發現

1. 台北航空氣象中心發布之中層航路顯著天氣預測圖顯示，台灣海峽於 FL180 有雲層分佈，氣溫為零下 9° C。中正國際機場諮詢台供應之華盛頓世界區域預報中心 FL180 高空風/溫度預測圖，顯示台灣海峽於 FL180 氣溫為零下 10° C。(1.7.3, 1.7.4)
2. 復興聯管中心飛航計畫管制席負責國際線班機飛航文件，聯管中心作業手冊僅

- 要求提供高層（FL250 以上）之航路顯著危害天氣預測圖及高空風預測圖，並不適用於 ATR 42/72 型機。(2.2.3)
3. ATR 遭遇嚴重積冰徵兆之飛航組員，未填寫「飛航組員報告」。(2.3.4.1)
  4. ATR 型機之飛航手冊及操作手冊，未在其相關章節中註明相關之「警告」及「附註」等重要事項。(2.3.5.2)
  5. 渦輪螺旋槳航空器之「嚴重積冰」情況，無任何偵測或警告裝備，全賴飛航組員依目視徵兆判斷。(2.3.2.5)
  6. 夜間不利天氣中，不易持續保持密切注意力觀察嚴重積冰徵兆。(2.3.2.5)
  7. 近年 ATR 72 型機遭遇嚴重積冰事故顯示持續使用第 3 級除冰裝置，阻力仍可能增加 500 counts，並導致航空器發生異常姿態或失速。(2.4.1)
  8. 該機可能於 0131 時開始遭遇積冰，飛航組員於 1 分半鐘後察覺遭遇積冰，於 3 分鐘後根據積冰警示系統啟動機身除冰裝置。(2.4.4)
  9. 積冰偵測系統作動正常並已偵測到積冰情況，駕駛員亦認知機外積冰而啟動除冰系統。但目前並無機載之積冰偵測系統能夠明確偵測嚴重積冰，並提供駕駛員足夠積冰情況及積冰所造成的影響。(2.5.1)
  10. 失速警告系統運作正常，但在嚴重結冰造成航空器性能嚴重降低情況下，現有失速警告系統不足以提供足夠之資訊。(2.5.2)

### 3.3 其它調查發現

1. 此事故與飛航管制及通信無關。(2.1)
2. 該機飛航組員依中華民國民航法規持有合格有效證照。(2.1)
3. 該機飛航組員在事故前 72 小時內之工作及休息正常；無證據顯示在事故發生時，受到生理、心理或藥物、酒精等影響。(2.1)
4. 據該機之維修紀錄，該機之適航、裝備及維修情況符合我國民航法規及檢查程序之要求。無證據顯示該機失事前有航機結構、飛操系統、發動機或防/除冰系統等之機械故障。(1.6.9.1, 1.6.9.3)

5. 該機載重與平衡在限制範圍內。(2.1)
6. 無證據顯示駕駛員是否從中正國際機場諮詢台的電腦獲得更新的飛航天氣資訊。(1.7.4)
7. ATR 72 型機駕駛艙難以目視螺旋槳槳帽，故「*Accumulation of ice on the propeller spinner farther aft than normally observed*」不易執行。(2.3.2.5)
8. 台北航空氣象中心發布之中層航路顯著天氣預測圖，係依據國際民航組織第三號附約之規定，對於非積雨雲的雲區預測有中度或以上積冰時才標示中度或以上積冰之圖示。香港天文台及東京航空氣象服務中心，對位在結冰高度以上，有可能存在過冷水雲層，於中層航路顯著天氣預測圖標示中度積冰之圖示，提供簽派員及駕駛員對航路上可能發生積冰之警覺。(2.2)
9. CM-1 之報到程序未遵照相關規定執行，顯示飛航作業管理疏失。(2.3.4.2)
10. 該機翼表面之嚴重積冰造成不對稱失速、異常左滾轉、失速警告作動，並致使自動駕駛跳脫。(2.4.3)
11. 遙控操作載具監視器觀察到結構與零件碎片集中於面積約為 200×300 公尺之海底。(2.6)
12. 該機與水面撞擊時機頭向下且俯角超過 90°。(2.6.1)
13. 該機係高速度墜落並與水面劇烈撞擊。(2.6.1)
14. 未發現結構金屬疲乏之緩慢成長破壞現象，所有殘骸損壞係因撞擊水面所致之超負荷損害。(2.6.2)
15. 民國 86 年 8 月前，復興航空器維護能力手冊有關技術通報評估、工程指令作業與紀錄保存等程序之建立未臻完善。(1.6.9.2, 1.6.10, 1.6.11, 2.7.1, 2.7.2)
16. 該機裝置之 F800 型磁帶式飛航資料紀錄器，磁帶第 1 軌及第 2 軌約有 6.8 小時無訊號，惟未影響本航班之飛航紀錄。(2.8)

## 第四章 飛安改善建議

### 4.1 改善建議

#### 4.1.1 期中飛安通告

本會於民國 92 年 1 月 24 日發布編號 ASC-IFSB-03-01-001「事故調查期中飛安通告」其中建議事項如下：

建議所有渦輪螺旋槳航空器使用人檢視訓練課程，確保其涵蓋駕駛員能辨識各種「積冰」情況及有效處置之訓練。並建議加強駕駛員對積冰狀況警覺之訓練。

#### 4.1.2 飛安改善建議

##### 致復興航空公司

1. 重新檢視對聯管中心作業手冊之管理程序，適時修訂以因應相關作業因素（環境）之變動。-ASC-ASR-05-04-001

##### 復興航空公司回覆

已於 93 年 9 月 25 日完成初稿修訂，並於 10 月 12 日定稿並呈核。預計於 10 月底報局。

2. 要求駕駛員確認由簽派員獲得之天氣資料符合飛航需求。-ASC-ASR-05-04-002

##### 復興航空公司回覆

聯管簽派員已執行。

3. 檢討與改善駕駛員地面學科、飛航訓練及考驗之執行及管理，確保飛航組員皆能勝任其職務。-ASC-ASR-05-04-003

##### 復興航空公司回覆

- a. 自 2003/1/1 至 2003/12/31 ATR 機隊實施共每人 71 小時，總計 640 人次。Airbus

機隊實施共每人 69 小時，總計 504 人次。

- b. 本公司於 93 年上半年完成兩機隊委外評鑑。AIR BUS 機隊 (GECAT) 自 93 年 2 月 22 日起至 5 月 11 日止共實施 47 人次 (含一人次補考)。ATR 機隊 (AATC) 自 93 年 1 月 6 日起至 5 月 18 日止共實施 49 人次。
  - c. 93 年建置 E-Learning 網站，實施飛行員例行性線上測驗每月舉行一次，月初公布 e-L 主題，月底執行測驗，不及格者需親臨航務處補考，補考不及格則停飛至補考及格為止。
  - d. 運用 LOMS 審查會機制，自安管室接獲 LOMS 統計資料後，由機隊總機師召集 IP 會分析趨勢並提出改善建議，每月製作檢討報告周知全體機師注意，以達飛航品質保證 (FOQA) 之效。
4. 要求駕駛員於遭遇不正常及緊急情況時，確實使用檢查表執行檢查程序。  
-ASC-ASR-05-04-004

#### 復興航空公司回覆

由飛航主管及航務工程師隨機執行 Standard Operation Audit (SOA)，平均每  
周實施 8 次，持表逐項檢查飛航駕駛員是否確實按照 SOP 持表操作。

5. 加強 ATR 型機駕駛員對「嚴重積冰」狀況警覺、徵兆觀察、提示與分工、緊急處置及不正常姿態改正等之訓練與考驗。-ASC-ASR-05-04-005

#### 復興航空公司回覆

- a. 於 92/01/03 日起至 92/01/07 止，人員分批次實施地面學科 4 小時 (包含測驗)。  
。
  - b. 列入年度模擬機與學科複習之訓練與考驗項目。研究改善公司內部溝通機制，建立以飛航安全為核心、良好無礙之溝通文化。
6. 重新檢視「飛航組員報告」相關規定及程序。-ASC-ASR-05-04-006

#### 復興航空公司回覆

- a. 修訂飛航組員飛航相關事件強制報告期限，由事發後 24 小時內改為立即。
  - b. 另要求組員於飛行中遭遇異常狀況（如本公司航務手冊第九章之各種惡劣天候狀況），應立即回報機隊，如有影響安全之顧慮，應通報塔台、航管及相關單位參考應變，機隊在必要時立即公告在網站上，隨時提醒機組員注意。特殊狀況爭取時效須通知組員注意時，則請聯管中心立即轉告。
7. 評估淘汰現有磁帶式飛航資料紀錄器，換裝為固態式飛航資料紀錄器之可行性，以利事故飛航資料紀錄器之解讀。-ASC-ASR-05-04-007

#### 復興航空公司回覆

本公司將購買固態電子式 DFDR，陸續淘汰三架 ATR72-201/202 現今所裝之磁帶式 DFDR。如此將可使本公司所有航空器均配備固態電子式 DFDR。

#### **致 ATR 型機製造公司**

1. 研究將相關手冊中，遭遇嚴重積冰之處置程序改為記憶項目。  
-ASC-ASR-05-04-008

#### ATR 型機製造公司回覆

嚴重積冰緊急程序已更新，記憶項目已於 2003 年 9 月列入。

2. 對 ATR 型機相關手冊中，與「嚴重積冰」相關之章節加註「警告」以警惕駕駛員。-ASC-ASR-05-04-009
3. 積極研發先進積冰偵測系統，以增進駕駛員對於積冰情況及其嚴重程度之瞭解與警覺，降低航空器在嚴重積冰情況中飛航之危害。評估新增一警告系統，以警告駕駛員在自動駕駛情形下，遭遇積冰未保持應有速度之潛在危險。積極支持與從事類似智慧型積冰偵測系統（Smart Icing System）之研究，以降低嚴重積冰之危害事故。-ASC-ASR-05-04-010

#### **致法國民用航空局**

1. 積極研發先進積冰偵測系統，以增進駕駛員對於積冰情況及其嚴重程度之瞭解與警覺，降低航空器在嚴重積冰情況中飛航之危害。評估新增一警告系統，以

警告駕駛員在自動駕駛情形下，遭遇積冰未保持應有速度之潛在危險。積極支持與從事類似智慧型積冰偵測系統（Smart Icing System）之研究，以降低嚴重積冰之危害事故。-ASC-ASR-05-04-011

#### 致交通部民用航空局

1. 除國際民航組織規定外，參考香港天文台及東京航空氣象服務中心對於顯著天氣預測圖做法，在結冰高度以上，有可能存在過冷水之非積雨雲，標示中度積冰之圖示，增加駕駛員之狀況警覺。-ASC-ASR-05-04-012

#### 交通部民用航空局回覆

- a. 參考香港天文及東京航空氣象服務中心對於顯著天氣預測圖做法，在結冰高度以上，有可能存在過冷水之非積雨雲，標示中度積冰之圖示，增加駕駛員之狀況警覺
  - b. 為提昇服務品質，民航局已於 93 年 8 月 1 日起，比照香港與日本的做法配合實施。
2. 重新檢視復興對駕駛員之訓練，期能有效執行職務。-ASC-ASR-05-04-013

#### 交通部民用航空局回覆

本局已依貴會建議執行完畢。

3. 評估國內民用航空器淘汰磁帶式飛航資料紀錄器，換裝為固態式飛航資料紀錄器之可行性，以利事故飛航資料紀錄器之解讀。-ASC-ASR-05-04-014
4. 持續審視及評估有關結冰偵測系統相關之民航通告（Advisory Circular）與適航指令（Airworthiness Directive）。-ASC-ASR-05-04-015

## 4.2 已完成或進行之改善措施

除 4.1.2 節中各機關（構）對相關飛安改善建議之回覆說明外，ATR 型機製造公司及法國民用航空局另提供一份其已完成或進行之改善措施，詳見附錄 26。

附件一 行政院飛航安全委員會之回覆摘要

<p>表例說明：                  A-接受                  R-不接受                  PA-部份接受                  AC-同意</p>		
編號	章節或頁次	回覆摘要
法國民航事故調查局		
1	Section 1.1	A
2	Section 1.9	R
3	Section 1.17.1.3.2	PA
4	Section 1.18.3.1	PA
5	Section 2.2	PA
6	Section 2.3.2.1	PA
7	Section 2.3.2.3	R
8	Section 2.3.2.4.2	PA
9	Section 2.3.2.5	A
10	Section 2.3.4.2	R
11	Section 2.3.5.1	PA
12	Section 2.3.5.2	PA
13	Section 2.4.1	A
14	Section 2.5.2	AC
15	Section 2.8	A
16	Section 3.1 finding 12	R
17	Section 3.1 finding 15	A
18	Section 3.2 finding 3	R
19	Section 3.2 finding 4	A
20	Section 3.2 finding 9	A
21	Section 3.3 finding 10	R
22	Section 4.1.2, To ATR, Recommendation 1	PA
23	Section 4.1.2, To ATR, Recommendation 2	PA
24	Section 4.1.2, To CAA	R
復興		
1	Section 3.1 finding 1	A
2	Section 3.1 finding 2	PA
3	Section 3.1 finding 4	PA
4	Section 3.1 finding 6	R
5	Section 3.1 finding 7	R
6	Section 3.2 finding 1	A
7	Section 3.2 finding 2	R
8	Section 3.3 finding 7	R
9	Page xiv	A

10	Page xv	A
11	Page 26	A
12	Page 30	A
13	Page 35	A
14	Page 50	A
15	Page 106	A
16	Page 171	A
17	Page 171	A
18	Page 171	A
19	Page 179	A
民航局		
1	Page 32	R
2	Page 32	R
3	Page 32	R
4	Page 32	R
5	Page 32	R
6	Page 32	PA
7	Page 33	PA
8	Page 33	PA
9	Page 34	PA
10	Page 34	PA
11	Page 34	PA
12	Page 34	PA
13	Page 34	PA
14	Page 34	PA
15	Page 35	A
16	Page 35	R
17	Page 35	PA
18	Page 35	A
19	Page 35-36	PA
20	Page 37	R
21	Page 38	PA
22	Page 38	PA
23	Page 38	A
24	Page 39	PA
25	Page 132	R
26	Page 133	PA
27	Page 174	A
28	Page 174-175	A
29	Page 175	A
30	Page 177	PA
31	Section 4.1.2, To CAA, Recommendation 1	A
32	Section 4.1.2, To CAA, Recommendation 2	A
33	Section 4.1.2, To CAA, Recommendation 4	A

## 附件二 法國民航事故調查局對調查報告草案之回覆意見

The BEA appreciates the invitation extended to it by the ASC, as required by Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation, to comment on the Draft Final Report on the accident to Flight GE 791 on December 21, 2002. This will serve as the BEA's Comments on that Draft Final Report, along with the BEA Contribution dated July 21, 2004 ("Study of weather conditions with associated procedures in use and their interaction on the management of the flight as a contribution to the ASC Investigation"), which is also the basis of the attached comments. We understand that the Board, as required by Section 6.9 of Annex 13, will either amend the Draft Final Report to include the substance of these Comments, or append these comments to the Final Report.

First of all, the BEA wishes to express its thanks to the ASC for its total participation in the investigation, the factual data collection and elaboration of facts, as well as the analysis phase, findings determination and writing of recommendations. This has led to significant agreement between our two investigative Authorities on facts, analysis and accident causes, as well as the safety recommendations to be properly taken into account by all the parties in the aviation community.

I understand that the official language of the Final Report will be Chinese. Thus the BEA is aware that slight differences could be perceptible between the meaning of certain words in English and in Chinese. This is the reason why some of the BEA's comments or remarks could appear to the ASC as non relevant. However, in such cases and before considering these comments or remarks as non relevant, the BEA wishes to ask the ASC to verify as clearly as possible meaning of the English wording which was chosen in its Draft final report.

Our comments address mainly two points.

The first one concerns the efficiency of the crew who identified the ice accretion, did not react and did not apply the correct and complete procedure.

The second one concerns the meteorological aspect in regard the geographical position of the country. In this region, icing is not in fact considered as a daily concern or anxiety. But in the winter season, between FL100 and FL200, it is always present.

Thank you once more for your confidence and please accept my best regards,

Accredited representative

### **COMMENTS ON THE PART 1: FACTUAL INFORMATION**

#### ***"1.1 History of Flight"***

In quoted CVR excerpt use the wording of the Appendix 9 (CVR transcript).

### **"1.9 Communications"**

As expressed -very briefly- during TRM 2, there were *"known difficulties with ... external communications"*: Radio garble was long enough, from 17:25:30 to 17:31:21, to disturb the crew and to delay their radio contact with ATC.

That phase of flight including partial radio contacts between ATC and other flights, changes of frequency and conversation not related to the flight, could also be interesting to be analysed in part 2. The flow of crew conversation and the long periods of crew silence show that they were overloaded by the situation.

### **"1.17 Organizational and Management information"**

#### **"... 1.17.1.3.2 Standard Training Department"**

In the last but one paragraph: *"... Taiwan is located in subtropical zone with low possibility of icing..."*. Indeed, even if Taiwan is located in a subtropical zone, to assume that there is a *"low possibility of icing"* is not true, in altitude because :

- 1- within one month of year 2002 there were two cases of severe icing conditions which were encountered by flight crews of the only ATR fleet;
- 2- within every subtropical area, in winter season, particularly in this zone characterised by a frequent struggle between cold and dry air masses from the Sino-Siberian continent and warm and wet air masses from the western Pacific Ocean: above flight level 100 and especially between FL 100 and FL 200, there is a high possibility and even occurrences of severe icing conditions.

### **"1.18 Additional Information"**

#### **"... 1.18.3.1 A Summary of interview with Dispatcher":**

Second paragraph: *"The SOC operating manual stipulates that all pilots have to report to SOC."* . There are also quotations of the operations manual.

According to the meaning of that excerpts, the attendance of the captain on time at the SOC seems to be mandatory. Since he did not attend, this should appear in the findings.

Secondly, there is no analysis about that flaw. In order to inform flight crews and every Personnel involved in flight preparation to be present on time and aware of the importance of their task.

## **COMMENTS ON THE PART 2: ANALYSIS**

### **"2.2 Weather Information"**

Several "Definitions" are reported.

Since new proposal of definitions are under discussion and even adopted in daily operations:

- cf the BEA Contribution to the ASC Investigation (July 21, 2004): *"7.1 General procedures requirements and new JAA-FAA plans"*;
- cf Meteorological Information data Link Study group, 7th Meeting, Montreal August 26-29, 2003 (report 31/7/03).

It would be useful to quote this definition also.

In this chapter link between paragraph 2.2.2 and *"2.2.3, Weather information given to the crew "* does not exist.

### ***"2.3 Flight Operation"***

#### ***"... 2.3.2.1 Conditions of Potential Severe Icing"***

Second paragraph: *"The FDR had no Static Air Temperature (SAT) parameter record"*. Right, only the TAT was recorded, (Please cancel this part :*"because TNA Company did not choose that option, which was also offered"*).

It should be added that the crew had the opportunity to know the SAT by manually switching the TAT button. At 17 h 33 min 32, just after the crew visualised the ice covering the side windows, the captain switched the TAT button and directly read the SAT: -12° C (see Appendix 9, CVR transcript). That action should be reported and analysed, just as all the captain's remark (*"There's not enough moisture outside, minus twelve degrees"*), of which the meaning is interesting, considering the weather conditions in flight at that time.

#### ***"... 2.3.2.3 Flight Crew's Situational Awareness"***

In this paragraph, it would have been interesting to point out that the crew was not aware of "normal procedures" as well as "emergency procedures" and that their attention was only drawn by aural warnings in the cockpit. Even visual information or warnings did not draw their attention (rapid growing of ice accretion on the IEP, amber, blue and green lights on the panel). An analysis about the information given by these devices is proposed in our contribution § *"6. ATR aircraft icing protection devices" and "Appendix 12" and "Appendix13"*).

#### ***"... 2.3.2.4.2 Unusual Attitudes Recovery"***

The rudder is not designed to function properly outside of the flight envelope and it

should be added that the recovery procedures do not include use of the rudder. The recovery procedures are detailed in :

- AFM 4.05.05 page6 (SEP 99), AFM 4.05.05 page 5 (SEP 03)
- FCOM 2.04.05 page9 (JUL 00), FCOM 2.04.05 page9 (SEP 03)
- QRH 1.09 (JUL 00), QRH 1.09 (SEP 03).

Those procedures should be given in the report.

***"... 2.3.2.5 Severe Icing detection Equipment" ( Please cancel "turboprop")***

In the sentence : "*There was not any detection of warning.....on this type of aircraft*", change the end in : "*on any type of turboprop aircraft*". Note that ice detection devices are only advisory. The main cues to identify a severe icing are the ice accreting the unheated forward side windows and the ice rapidly growing on the IEP (lighted at night) up to a huge chunk. The crew observed both cues. Would you add also with the cues : the speed decay and the decrease of rate of climb

***"... 2.3.4.2 Flight crew Reporting procedures"***

As seen above, the captain did not join the SOC. So, the flight file was not studied by both pilots together. This may have contributed to the accident.

***"... 2.3.5.1 Enhancing warning and Memory Items about severe Icing"***

Any non appliance of an emergency procedure, "can result in injury or loss of life". It's true for any of aircraft (piston, turboprop, jet...).

***"... 2.3.5.2 Compilation of Special Remarks"***

Note that multiplication of notes and warning remarks, repeated all over the documentation, may decrease the clarity of this documentation all over by overloading the procedure. They should not replace basic airmanship.

To improve the understanding of the procedures, wished by the ASC, the DGAC and ATR emitted a new AD (No F-1999-015-040 R2, December 10, 2003) concerning the AFM and ATR updated emergency procedures of AFM, FCOM and QRH (see above § 2.3.2.4.2) approved by DGAC.

***"2.4 Performance and Flight Dynamic of the flight in Ice accretion"***

***"... 2.4.1 Analysis of Previous ATR 42/72 Incidents/Accidents"***

Regarding the first reported event (Roselawn), we suggest to rephrase the second sentence as follow : modify please the "low AOA"

*"During holding and beginning of descent phase, from 10,000 feet, the aircraft was flying at flaps extended 15 degrees in severe icing conditions, airframe de-icing equipment activated for 25 minutes. Because of flaps extended, with a low AOA, airframe icing only caused a drag increase of about 40 counts. When they began to descent the flight crew retracted the flaps to 0 degrees. An air stream separation due to a ridge of ice, which accreted behind the boots while the aircraft was flying at flaps 15, induced an aileron hinge moment reversal".*

### ***"2.5 Icing Detection System and Stall warning System"***

#### ***"... 2.5.2 Stall Warning System and Low-Speed Alert"***

§ 3 describes a situation which is out of the certification envelope. No warning system is implemented to be used outside of the certification envelope. An alert system is efficient when the aircraft is reaching a beginning of graded situation as designed . In this event, the procedures had not been applied neither before the degradation, nor after and the crew did not monitor the situation.

The aircraft was very largely ice polluted before reaching the critic AOA which activates the stick shaker. The warning reacted indeed when the AOA reached the critic value but the aircraft was already stalled.

### ***"2.8 The Anomaly of Non-Recorded Tracks"***

*Change "Aircraft Accident Investigation Board (AAIB British)" into "Air Accident Investigation Branch".*

## **COMMENTS ON THE PART 3: CONCLUSION**

### ***"Findings Related to Probable Causes"***

In the chapter 2.3.2.4, it had been shown during the simulated checks within ATR with participation of ASC and BEA investigators, that the recovery is always possible. The study of all others events show that the procedure has been always efficient. So, the finding 12 is not relevant.

On finding 15, The sentence should begin with :*"During the four minutes up to the auto pilot disengaged,...." In spite of "Four minutes prior..."*.

### ***"Findings Related to Risk"***

The finding 3 should be deleted. This is not addressed as such in the report and icing situation handling is basic airmanship.

In the finding 4, "*...on this type of aircraft.*" must be changed into : "*on any type of aircraft*"

In finding 9, the comment : "However the icing detection... icing severity." The comment should be amended. The system of alert reacted as requested by the certification. According to the procedure, the crew role was to monitor the ice accretion of ice and evaluate continuously the situation and the aircraft speed. Presently, no system is able to identify severity of icing.

### **"Other Findings"**

In finding 10, "The aircraft pitch down angle over 90° ...", the right angle is 86° .

## **COMMENTS ON THE PART 4: SAFETY RECOMMENDATIONS**

### **"4.1 Recommendations"**

#### **"... 4.1.2 safety recommendations"**

##### **"... To ATR Aircraft manufacturer"**

As seen above, § 2.3.2.4.2, severe icing emergency procedures were updated and memory items were included in September 2003. The recommendation 1 should be deleted.

As explained above, § 2.3.5.1, any non compliance to normal and emergency procedures surely "*may result in injury or loss of life*". The recommendation 2 is useless there and should be amended and included in recommendation to the operator in order to increase crews awareness on the risks due to icing.

##### **"... To Civil Aeronautics administration"**

Different optional FDR parameters were not, and are not still, included in the choice made by TNA to fit its ATR aircrafts, particularly parameters directly linked to the flight environment or attitude (Cancel please : Mach number, SAT an others) (all regarding the icing).

I suggest that the ASC may recommend or suggest to the CAA to discuss with TNA, as well as others Taiwanese companies, about selected parameters on

## 附件三 復興航空公司對調查報告草案之回覆意見

## 一、與可能肇因有關之調查結果

項次	原紀錄內容	建議修改行動	事證及說明	附件
1	由駕駛員對積冰的觀察及調查的結果推斷出該機遭遇嚴重積冰。液態水含量及最大的小水滴尺寸超過美國聯邦/歐盟航空法規 FAR/JAR 25 附錄 C 的積冰適航範圍。(2.2.1, 2.3.2.1, 2.4.2, 2.4.4)	修改為： 從調查的結果推斷出該機可能遭遇嚴重積冰。液態水含量及最大的小水滴尺寸超過美國聯邦/歐盟航空法規 FAR/JAR 25 附錄 C 的積冰適航範圍。(2.2.1, 2.3.2.1, 2.4.2, 2.4.4)	刪除「由駕駛員對積冰的觀察」之原因： 從駕駛員之談話尚不足以推斷積冰大小。 易讓閱讀本報告者誤解駕駛員能從對積冰的觀察推斷出水滴尺寸。	無
2	台北航空氣象中心發布之中層航路顯著天氣預測圖顯示，台灣海峽於飛航空層 180 有雲層分佈，氣溫為負 9°C。位於松山機場的復興航空聯管中心，並未提供此圖予該機副駕駛員。(1.7.3, 2.2.3)	刪除	本公司中正-澳門貨機航線自 91 年 2 月奉核准營運至 91 年 12 月 21 日止，飛航計 915 航次，每航次本公司聯管中心於飛行前，簽派員均提供 SIGWX 中層 FL100-FL250 航路顯著天氣預測圖給駕駛員。曾飛航該貨機航線之本公司約 50 位 ATR 駕駛員皆可以佐證此項。 91 年 12 月 20 日聯合管制中心值勤人員，確實提供適當天氣資訊及 SIGWX FL100-FL250 資料給 GE 791 副駕駛。所提供之天氣資料足供飛航組員對可能遭遇積冰情況產生警覺，再加上衛星雲圖資料使飛航組員瞭解航路風向、風速、溫度及雲量分佈狀況，故機長才會考量天氣狀況後補油至 3000 公斤(原飛航計畫機坪油量為 2812 公斤)，以作必要之航路避讓天氣的準備。 當時聯管中心作業手冊雖然未及時修訂(僅要求提供高層 FL 250 以上的航路顯著危害天氣預測圖及高空風預測圖)，但 GE 791 為 ATR 72 機型且當日飛航計劃之巡航高度為 FL180，故值班簽派員按實際狀況準備正確之飛航文件，亦確實提供 FL100-FL250 SIGWX CHART。 若駕駛員拿到不適用之天氣資料，也必定要求修正，不可能近 50 人均未發現所持天氣資料僅適用於 FL250 以上。	GE 791 班次尚保留有部份飛航文件含 SIGWX 中層 FL100-FL250 有效期間 20/1200~21/0000UTC 資料如附件一。 另當日值班簽派員提供 FL100-FL250 SIGWX CHART 之確認文件，參閱如附件二。 提供本公司隨機查驗既有之 93 年 6 月 11 日 GE371/372 國際航班飛航文件均有提供 SIGWX 涵蓋 SFC-FL630 資料，參閱如附件三，飛安委員會可至本公司查證澄清。該班次於中正機坪補充油量證明文件如附件三之一。
4	復興航空聯管中心的飛航計畫管制席負責國際線班機的飛航文件，聯管中心作業手冊僅要求提供高層 (FL 250 以上) 的航路顯著危害天氣預測圖及高空風預測圖，並不適用於 ATR 的班機。(2.2.3)	刪除	同項次 2 之事證及說明	

6	復興對駕駛員有關航空器嚴重積冰之訓練及考驗等未能有效掌握。駕駛員對飛航手冊及/或操作手冊中之 Note、CAUTION 及 WARNING 等，未達能勝任其職務之熟習程度。(2.3.3)	刪除	<p>重中：復興航空對駕駛員之訓練及考驗確實有所掌握，舉證如下：</p> <p>84 年復興航空聘請 ATR 原廠檢定機師對全體 ATR 機師執行航路檢定，結果僅正駕駛乙員降為副駕駛。</p> <p>93 年委聘國外訓練機構 (Third Party) 之檢定機師對全體機師執行模擬機學、術科檢定，全員及格。</p> <p>以上委外鑑定之結果足以證明本公司任用之機師均符合標準。</p> <p>對於 Page 171「綜上所述，該機飛航組員對 ATR 72 型機嚴重積冰情況之徵兆、觀察、狀況警覺、組員資源管理、緊急程序及不正常姿態改正等，未達應有之熟悉程度。」之說，可自潘員與劉員歷年訓練紀錄與統計資料，得知駕駛員接受之訓練及考驗次數應足以達到熟悉程度。</p> <p>除以上重中內容外，另說明如下：</p> <p>僅以「個案」視為「通案」或以「結果論」來推斷本公司未能有效掌握駕駛員訓練及考驗狀況，並不適宜。</p> <p>舉例來說，若要以「結果論」來推斷，則從 91 年 11 月底曾有駕駛員順利脫離嚴重積冰的案例而言，應表示本公司對駕駛員訓練確有掌握，與本項調查結果說法完全相反。</p> <p>故不建議以上述「個案」做出結論。</p>	相關紀錄於本報告發佈前已函送 ASC
7	飛航組員曾發現該機結冰並兩度啓動機身除冰系統，但未使用快速查閱手冊進行處置程序，致飛航組員未獲該程序中對「嚴重積冰偵測有所警惕」之提示。(2.3.2.3)	修改為： 飛航組員曾發現該機結冰並兩度啓動機身除冰系統，但現有積冰偵測系統無法提供駕駛員對於全面的積冰情況及積冰嚴重程度之警告，以致飛航組員未使用快速查閱手冊進行處置程序，故未獲該程序中對「嚴重積冰偵測有所警惕」之提示。(2.3.2.3)	「結冰」狀況非屬緊急或不正常狀況，並不要求飛航組員使用快速查閱手冊進行處置程序。 依據「與風險有關之調查結果」第 9 項「現有積冰偵測系統無法提供駕駛員對於全面的積冰情況及積冰嚴重程度之警告」，以致組員無法從飛機警示系統獲知積冰狀況已達到需查閱 QRH 並執行緊急程序之程度。	無

## 二、與風險有關之調查結果

項次	原紀錄內容	建議修改行動	事證及說明	附件
1	復興未能為其機隊駕駛員營造良好無礙之溝通環境。(2.3.4.3)	刪除	事實報告 (2.3.4.3) 已不存在，本項調查結果應對應刪除。	
2	ATR 遭遇嚴重積冰徵兆之飛航組員，未填寫「飛航組員報告」。(2.3.4.1)	改列為「其他調查結果」或刪除	「其他調查結果」第 7 項：「台北航空氣象中心發佈之中層航路顯著天氣預測圖並未提供給該機駕駛員...相關做法」與本事故更直接且相關，卻被歸為「其他調查結果」，本項係其他班次駕駛員未填報告，反被歸為「與風險有關之調查結果」，相較之下，不甚合理。	無

### 三、其它調查結果

項次	原紀錄內容	建議修改行動	事證及說明	附件
7	雖然台北航空氣象中心發布之中層航路顯著天氣預測圖並未提供給該機駕駛員，但飛安會指出其缺少部份有益的資訊。香港天文台及東京航空氣象服務中心，對於位在結冰高度以上，有可能存在過冷水雲層，標示中度積冰之圖示，提供簽派員及駕駛員對航路上，可能發生積冰警覺，台北航空氣象中心對於非積雨雲的雲區並無相關做法。(2.2)	1. “雖然台北航空氣象中心發布之中層航路顯著天氣預測圖並未提供給該機駕駛員，但飛安會指出其缺少部份有益的資訊”請刪除。 2. “香港天文台...並無相關做法”。此部份應改列為“可能肇因有關之調查結果”。	本公司聯合管制中心當日值勤人員，自民航局飛航服務總台台北航空氣象中心取得所需台北飛航情報區天氣資料，提供飛航組員作業，當日提供該機駕駛員之台北航空氣象中心發佈之中層航路顯著天氣預測圖 SIGWX 於計畫航路並無積冰或任何危害天氣圖示(請參閱『與可能肇因有關之調查結果』第 2 項之事證及說明)。 另有關當日 SIGMET 資料部份，台北航空氣象中心其第 2 至第 3 報間之十個半小時(如 1.7.3)，即 91 年 12 月 20 日 18 時至 21 日 04:30 時，民航局台北航空氣象中心未對「台北飛航情報區」空域發佈「SIGMET」故未提供予本公司簽派員及飛航組員相關警告訊息，但與台北飛航情報區相鄰的「那霸飛航情報區」及「香港管制區」，當時針對鄰接台北飛航情報區周邊的區域，於事故前後皆有發佈「SIGMET」，台北航空氣象中心直至 21 日凌晨 4 時 41 分，方發出第三報 SIGMET，其內容未有提到積冰狀況。 依調查報告顯示當時 GE 791 係遭遇嚴重積冰狀況，台北航空氣象中心未按 AIP 程序(如附件三之二)發佈 SIGMET，且當時台北航空氣象中心定時發佈之 SIGWX CHART 中亦未標示任何積冰圖示。 備註:以上時間為台北當地時間	如附件三之二

### 四、錯別字訂正

頁次	原紀錄內容	建議修改行動
xiv	EO 工程指令	刪除此行
xv	SIL 技術通報函	刪除此行
26	檢視民國 90 年 12 月 21 日至 91 年 12 月 21 日整年內航空器系經歷紀錄簿，下列為紀錄簿內有關防冰/除冰系統故障與施紀錄：	檢視民國 90 年 12 月 21 日至 91 年 12 月 21 日整年內航空器系經歷紀錄簿，下列為紀錄簿內有關防冰/除冰系統故障與改正措施紀錄：
30	民航局適航檢查員手冊工作項目 12 (Job Function 12)訂有適航指令檢查程序，以執行期後續適航監控作業。	民航局適航檢查員手冊工作項目 12 (Job Function 12)訂有適航指令檢查程序，以執行其後續適航監控作業。
35	2.5(mm)	2.5(mm)
50	紀錄器送抵實驗室時仍置於裝滿清水之水箱，紀錄器外表受傷嚴重；防塵外殼及所有電路板均遺失，資料牌及 ULB 則未脫落。防護蓋殼完整，僅發現表面數道刮痕。	紀錄器送抵實驗室時仍置於裝滿清水之水箱，紀錄器外表受傷嚴重；防塵外殼及所有電路板均遺失，資料牌及 ULB 則未脫落。防護蓋殼完整，僅發現表面數道刮痕。
106	主要最低裝備需求手冊其第 30 章內容中對於各項延遲缺點改正，其寬限週期應該需慎評估。	主要最低裝備需求手冊其第 30 章內容中對於各項延遲缺點改正，其寬限週期應該審慎評估。
171	調查發現兩項 ATR 72 型機技術通告(Service Bulletin, SB)無評估紀錄。民國八十六年八月以前，復興係按民航局核備之航空器維護能力冊(民國八十五年版)執行	調查發現兩項 ATR 72 型機技術通報(Service Bulletin, SB)無評估紀錄。民國八十六年八月以前，復興係按民航局核備之航空器維護能力冊(民國八十五年版)執行

	<p>。復興當時收到該兩項技術通告認為可不執行即予歸檔，而未留書面評估紀錄。</p> <p>技術通告、技術資料信函(Service Information Letter, SIL)及技術信函(Service Letter, SL)等攸關航空器之適航與安全，嚴謹及完善之評估制度可避免執行之疏漏而影響飛航安全。本會認為，復興當時之評估程序欠嚴謹。</p>	<p>。復興當時收到該兩項技術通報認為可不執行即予歸檔，而未留書面評估紀錄。</p> <p>技術通報、技術資料信函(Service Information Letter, SIL)及技術信函(Service Letter, SL)等攸關航空器之適航與安全，嚴謹及完善之評估制度可避免執行之疏漏而影響飛航安全。本會認為，復興當時之評估程序欠嚴謹。</p>
171	<p>目前，復興依據民國九十年三月一日民航局核備之航空器維護能力冊執行各項維護作業。復興收到後適航指令(Airworthiness Directives, AD)／警告技術通報(Alert Service Bulletin, ASB)後立即評估處理；對技術通告、技術資料信函與技術信函等，則於收到後六個月內完成評估作業，且評估單隨相關之技術文件併案歸檔。</p>	<p>目前，復興依據民國九十年八月十三日民航局核備之航空器維護能力冊執行各項維護作業。復興收到後適航指令(Airworthiness Directives, AD)／警告技術通報(Alert Service Bulletin, ASB)後立即評估處理；對技術通報、技術資料信函與技術信函等，則於收到後六個月內完成評估作業，且評估單隨相關之技術文件併案歸檔。</p>
171	<p>查閱復興 ATR 72 維修紀錄，發現民國八十六年八月前所完成之適航指令或技術通告，僅保存其完工簽證工單(Work Order Sheet)之首頁，並未保留其工作步驟與料件更換紀錄。</p>	<p>查閱復興 ATR 72 維修紀錄，發現民國八十六年八月前所完成之適航指令或技術通報，僅保存其完工簽證工單(Work Order Sheet)之首頁，並未保留其工作步驟與料件更換紀錄。</p>
179	<p>持續審視及評估有關結冰偵測系統之技術服務指南(Service Bulletin)、相關之民航通告(Advisory Circular)與適航指令</p>	<p>持續審視及評估有關結冰偵測系統之技術通報(Service Bulletin)、相關之民航通告(Advisory Circular)與適航指令</p>

## 復興航空公司對飛安會 GE791 調查報告

### 申訴意見 日期：94年3月1日

首先，本公司非常感謝以及肯定飛安會在 GE791 貨機失事事件調查作業中所付出的努力與辛勞，在這漫長的時間裡以及龐大的資料中完成這本調查報告。也感謝飛安會於本公司在調查報告草案所提之意見有所接受並於調查報告中更改。但本公司對於本調查報告之四條結論仍有諸多的意見，特於此提出我們的看法及理由說明。

其次我們公司的基本立場是面對事實絕不規避，沒有事証之結論亦堅持不接受。

壹、首先提報我們對下列四條調查結論的看法：

- 一、
- |  |
|--|
| 3.1.2 復興對駕駛員有關航空器嚴重積冰之訓練及考驗等未能有效掌握。駕駛員對飛航手冊及/或操作手冊中之附註 (Note)、注意 (CAUTION) 及警告 (WARNING) 等，未達能勝任其職務之熟習程度。(2.3.3) |
|--|

本公司看法為此條文中「未能有效掌握」之結論係調查官憑訓練方式推論之結論，對『未達能勝任其職務之熟習程度』之結論亦缺乏客觀的衡量標準及事証，另「復興對駕駛員」由個案變通案，本公司不接受並建議刪除。

- 二、
- |   |
|---|
| 3.2.1 台北航空氣象中心發布之中層 (FL100-250) 航路顯著天氣預測圖顯示，台灣海峽於 FL180 有雲層分佈，氣溫為零下 9°C。位於松山機場之復興航空聯管中心，並未提供此圖予 CM-2。(1.7.3, 2.2.3) |
| 3.2.3 復興聯管中心飛航計畫管制席負責國際線班機飛航文件，聯管中心作業手冊僅要求提供高層 (FL250 以上) 之航路顯著危害天氣預測圖及高空風預測圖，並不適用於 ATR 42/72 型機。(2.2.3)            |

以上兩項條文為相互關聯之事件，於此合併提報。此二項條文我們看法為調查官僅憑手冊內容所做之結論，對於本公司之手冊制定之原因及臺北航空天氣中心作業環境的不甚了解所致。對此兩項條文本公司不接受並建議刪除。

- 三、 3.3.8 雖然臺北航空氣象中心發布之中層(FL100-250)航路顯著天氣預測圖，復興聯管中心並未提供給該機駕駛員，但此預測圖缺少部份有益資訊。香港天文台及東京航空氣象服務中心，對於位在結冰高度以上，有可能存在過冷水雲層，標示中度積冰之圖示，提供簽派員及駕駛員對航路上可能發生積冰之警覺。臺北航空氣象中心依據國際民航組織（ICAO）第三號附約之規定，對於非積雨雲的雲區預測有中度或以上積冰時才標示中度或以上積冰之圖示。(2.2)

此條文中所述『復興聯管中心並未提供給該機駕駛員』已在第 2 及 3 項條文之看法中所述，於此不再重複說明。因本條疑係闡述臺北航空氣象中心作業情況，不宜將本句併同列入，且本公司簽派員有提供該 SIGWX 圖予駕駛員。

飛航組員在飛航前若能獲得航路上的天氣資訊，本公司相信此天氣資訊能給組員一個先前的心理準備，且警覺心也相對的提高，故此項條文本公司認為應刪除『復興聯管中心並未提供給該機駕駛員』之詞句，並把修訂之條文提列為與可能肇因有關之調查發現之項目內。

貳、針對以上四項調查發現本公司提出以下理由請各位委員予以重新評定：

- 一、 3.1.2 復興對駕駛員有關航空器嚴重積冰之訓練及考驗等未能有效掌握。駕駛員對飛航手冊及/或操作手冊中之附註（Note）、注意（CAUTION）及警告（WARNING）等，未達能勝任其職務之熟習程度。(2.3.3)

本公司建議刪除此條文。理由如下：

- (1) 對調查報告草案本公司先前所提報之事証及說明繼續有效。
- (2) 『駕駛員對嚴重結冰訓練及考驗未能有效掌握及對飛航手冊及/或操作手冊中之 Note、Caution 及 WARNING 等，未達能勝任其職務之熟悉程度』之事係調查官依本公司訓練課目、時程、方式所作之結論，而本公司飛航人員訓練係依民航局規定訂立，人員訓練要求極為嚴格，所有不正常課目操作必須達到熟悉且經過檢查員檢定及格而任用。僅依 2.3.3 所述『每三年以十二小時之時間循環一次實施「飛機系統不正常操作」複訓，難以完全涵蓋不正常操作相關課程』之推論並不適當。另於 2.3.3 分析一文中述及『地面學科定期複訓雖有題庫可供參考，每次測驗題目係由授課講師自題庫中選擇或自訂考題，難以涵蓋所有不正常操作』

並不適當，各課目之題庫全部涵蓋所有課程範圍，駕駛員對題庫需全部熟悉、了解才能通過抽測方式之考驗。

- (3) 本公司早期訓練(民國 78 年至 85 年)皆委聘法國 ATR 原廠教官及美國 Flight Safety 合格教官直接負責，經多年施訓後，各項資格均經合法認證，適職能力毋庸置疑，其中包含本次任務之正、副機師在內。
- (4) 本公司為瞭解所屬 ATR 機師適職能力，亦分別於民國 84 及 93 年與今年下半年委請法國原廠檢定機師對全體飛航機師實施能力檢定，為公司不計成本重視訓練之具體表現。
- (5) ATR 機隊每年均經冬季天候，在冬季天候中飛航，遭遇結冰狀況係屬「經常狀況」。飛航機師保持狀況警覺，適時採取行動，皆不會有安全顧慮。本案發生之前後，天候狀況雷同，公司每日 ATR 任務派遣幾十批，均無任何飛安異常現象。本案調查結果不宜以「個案」視為「通案」或以「結果論」來推斷本公司未能有效掌握駕駛員訓練及考驗狀況。另依 2.3.4.1 本事故前一個月，某飛航組員於執行相同任務曾遭遇嚴重積冰徵兆，但因處置正確而未發生事故，是否可因本次事件視為復興航空公司訓練足夠之明證。且依 2.3.3 文所述均係對 GE791 之駕駛員所作之結論，在無確切之證據下將「該機飛航組員」變成「復興對駕駛員一」之詞顯有以一蓋全之指控，本公司不接受本調查結論，建議刪除。

二、

- |   |
|---|
| <p>3.2.1 臺北航空氣象中心發布之中層(FL100-250)航路顯著天氣預測圖顯示，臺灣海峽於 FL180 有雲層分佈，氣溫為零下 9℃。位於松山機場之復興航空聯管中心，並未提供此圖予 CM-2。(1.7.3, 2.2.3)</p> <p>3.2.3 復興聯管中心飛航計畫管制席負責國際線班機飛航文件，聯管中心作業手冊僅要求提供高層(FL250 以上)之航路顯著危害天氣預測圖及高空風預測圖，並不適用於 ATR 42/72 型機。(2.2.3)</p> |
|---|

此二項條文有其相關聯性，本公司共同申訴並建議刪除，理由如下：

- (1) 對前調查草案本公司提報之事証及說明繼續有效。
- (2) 復興航空聯合管制中心作業手冊 Page5 正文內容明訂簽派員應提供之飛行前相關資料條文如(附件一)，調查報告中僅引用附件作為結論依據如(附件二)而非引用上項正文，結論與事實差異甚大。

本調查報告結論與聯管中心之作業實際事實差異為：

- 1、該條文為附件，其目的係規範及提醒人員作業項目，非為僅

提供該空層天氣資料而訂立。

- 2、依調查報告 1.7.3 飛航天氣資訊所述『臺北航空氣象中心負責發布低 (SFC-10,000 呎)、中 (FL100-250) 層航路顯著天氣預測圖 (SIGWX Chart) 及臺北飛航情報區 (Taipei FIR) 之顯著危害天氣預報 (SIGMET)』。

聯管中心簽派員之實際作業情況為：

聯合管制中心值勤人員每日均自臺北航空氣象中心取得其製作之 SIGWX CHART:SFC-FL100 及 FL100-FL250 資料，並於國際航線執行任務提示時複印提供飛航組員。原作業手冊中飛航計劃管制席位任務執行要項中特別註明 SIGWX (FL250-450) 高度部份，係因臺北航空氣象中心僅製作臺北飛行情報區內低空層 SFC-FL100 及中空層 FL100-FL250 之 SIGWX CHART 之資料，為考量松山機場僅提供國內航班飛航空層 FL250 以下之 SIGWX CHART，故國際航班所飛航有超過 FL250 空層之班機，特以括號加註 FL250 以上空層，提醒非由臺北航空氣象中心製作而須另行取自另一辦公室所轉發自倫敦區域預報中心 WARC 製作之高層 FL250 以上 SIGWX CHART 之資料，與原提供之 SFC-FL250 資料銜接。

- (3) 本公司規定簽派員應提供離場、目的地機場及航路天氣資料，所有飛航機師所獲得之天氣資料完全符合該批飛航任務所使用，且簽派員均遵此規定執行此一任務。
- (4) 本公司聯管中心確依規定提供該圖予副駕駛員，該圖係由臺北航空氣象中心人工繪製提供飛航使用，每批飛行前聯管中心簽派員必須取回提供駕駛員飛行使用，當晚松山機場僅本公司有夜間飛航任務，如未前往拿取資料，如何會有備用資料存檔備查。
- (5) 調查條文中僅依聯管中心手冊之註腳 (FL250-450) 所述高度已超越 ATR 之運作空層與『僅要求及並不適用於 ATR 的班機』之說詞(2.2.3)，未能查証括號之使用原因即予以判定『聯管中心未提供 FL180 高度天氣圖予該機副駕駛員』之說詞與事實不符，且機師於執行任務前，天氣提示為固定及必要之程序，澳門貨機已執行將近十個月計飛航達 852 架次，如何判定固定飛航於 FL160 至 FL200 之間的機師僅獲得 FL250 至 FL450 之相關天氣資料。

- 三、 3.3.8 雖然臺北航空氣象中心發布之中層 (FL100-250) 航路顯著天氣預測圖，復興聯管中心並未提供給該機駕駛員，但此預測圖缺少部份有益資訊。香港天文台及東京航空氣象服務中心，對於位在結冰高度以上，有可能存在過冷水雲層，標示中度積冰之圖示，提供簽派員及駕駛員對航路上可能發生積冰之警覺。臺北航空氣象中心依據國際民航組織 (ICAO) 第三號附約之規定，對於非積雨雲的雲區預測有中度或以上積冰時才標示中度或以上積冰之圖示。(2.2)

本公司建議應刪除文中『復興聯管中心並未提供給該機駕駛員』之詞句，因本公司簽派員確有提供該 SIGWX 圖予該機副駕駛，且本條文所述之臺北航空氣象中心作業情況不應併入上項無關聯之詞句。並把修訂之條文提列為與可能肇因有關之調查發現之項目內。理由如下：

- (1) 本公司對前調查草案提供之事証及說明繼續有效。
- (2) 臺北飛航情報區發布之 SIGWX (顯著航路天氣預測圖) 僅提到高空溫度及雲頂高度，未有危害飛航之其他重要天氣資訊，依調查報告 2.2.2.2 所述『顯著天氣預測圖應包含---中度或嚴重積冰』，民航局發布之航空氣象規範 9.5 亦有此規定，本條調查結論飛安會亦指出『缺少部份有益資訊』，此為重要之飛航資訊，且臺北航空氣象中心於該 GE791 班機之前後時段未發布 SIGMET 之顯著危害天氣資訊，致該班機駕駛員未能適時獲得該有益之天氣資料提醒及增加其警覺性，做好防範措施而避免事件發生。
- (3) 依調查報告 2.2.2.2 最後一段指出『航空器嚴重結冰程度受到溫度、液態水含量及水滴直徑等三個重要氣象參數，以及翼剖面大小及形狀、速度、攻角、襟翼位置、防／除冰裝置等影響。對於大型客機，積冰情形可能輕微，但是該天氣情況對小型航空器，尤其是渦輪螺旋槳航空器，或許是嚴重問題』。依此段所述證明天氣因素確為此事件之主要肇因之一，且 ATR 型機七次之嚴重結冰事件更證明天氣因素之直接影響。
- (4) 依 1.7.3 文中所指出臺北航空氣象中心 20 日發布之 SIGMET 2 有效時間為 1400 至 1800，而 SIGMET 3 係於 21 日 0430 發布，期間約 10 個半小時未有任何有效之 SIGMET 之天氣發布，對於可能遭遇惡劣天候之警訊氣象單位應適時提醒飛行組員，有關惡劣天氣因素應詳述分析並增列入主要肇因項目內。

本頁空白

## 附件四 交通部民用航空局對調查報告草案之回覆意見

項目	章節	內容	建議	附註
1	1.7.1 天氣概述 (P32)	依據中央氣象局 (CWB) 91 年 12 月 20 日 2000 及 0200 之地面天氣圖	依據中央氣象局 (CWB) 民國 91 年 12 月 20 日 <u>1200UTC</u> 及 <u>1800UTC</u> 之地面天氣圖	建議氣象資料以 UTC 註記，以符合現行民航作業方式。
2	(P32)	由 20 日 2000 及 21 日 0800 之 850 百帕	由 20 日 <u>1200UTC</u> 及 21 日 <u>0000UTC</u> 之 850 百帕	同上
3	(P32)	由 20 日 2000 及 21 日 0800 之 700 百帕	由 20 日 <u>1200UTC</u> 及 21 日 <u>0000UTC</u> 之 700 百帕	同上
4	(P32)	由 20 日 2000 及 21 日 0800 之 500 百帕	由 20 日 <u>1200UTC</u> 及 21 日 <u>0000UTC</u> 之 500 百帕	同上
5	(P32)	由 20 日 2000 及 21 日 0800 之 400 百帕、300 百帕及 200 百帕	由 20 日 <u>1200UTC</u> 及 21 日 <u>0000UTC</u> 之 400 百帕、300 百帕及 200 百帕	同上
6	(P32)	依據台灣電力公司落雷偵測系統資料顯示，於 0120 至 0220	依據台灣電力公司落雷偵測系統資料顯示，於 <u>20 日 1720UTC</u> 至 <u>1820UTC</u>	建議加註日期，時間以 UTC 註記。
7	(P33)	由紅外線衛星雲圖 (0131 之雲圖如附錄 3)	由紅外線衛星雲圖 ( <u>20 日 1731UTC</u> 之雲圖如附錄 3)	同上
8	1.7.2 (P33)	中正國際機場 (RCTP, 距失事地點東北方 253 公里) : 時間 1700 UTC 時間 1800 UTC ; 類型-整點...	中正國際機場 (RCTP, 距失事地點東北方 253 公里) : 時間 <u>20 日 1700 UTC</u> 時間 <u>20 日 1800 UTC</u> ; 類型-整點...	建議加註日期
9	(P34)	馬公機場 (RCQC, 距失事地點東北方 21 公里) : 時間 1700 UTC	馬公機場 (RCQC, 距失事地點東北方 21 公里) : 時間 <u>20 日 1700 UTC</u>	同上
10	(P34)	時間 1800 UTC	時間 <u>20 日 1800 UTC</u>	同上
11	(P34)	高雄國際機場 (RCKH, 距失事地點東南方 137 公里) : 時間 1700 UTC	高雄國際機場 (RCKH, 距失事地點東南方 137 公里) : 時間 <u>20 日 1700 UTC</u>	同上
12	(P34)	時間 1800 UTC	時間 <u>20 日 1800 UTC</u>	同上
13	(P34)	嘉義機場 (RCKU, 距失事地點東方 96 公里) : 時間 1800 UTC	嘉義機場 (RCKU, 距失事地點東方 96 公里) : 時間 <u>20 日 1800 UTC</u>	同上
14	(P34)	金門機場 (RCBS, 距失事地點西北方 151 公里) : 時間 1800 UTC	金門機場 (RCBS, 距失事地點西北方 151 公里) : 時間 <u>20 日 1800 UTC</u>	同上
15	1.7.3 飛航天氣 資訊 (P35)	台北航空氣象中心負責發布航路顯著天氣預測圖	台北航空氣象中心負責發布低 ( <u>SFC-10,000 呎</u> )、中 ( <u>FL100-250</u> )、高 ( <u>FL250 以上</u> ) 層航路顯著天氣預測圖	建議加註「低、中、高層航路顯著天氣預測圖及其高度」。
16	(P35)	台北航空氣象中心……, 時間為 20 日 1400 至 1800, 以及 0430 至 21 日 0830	台北航空氣象中心……, 時間為 20 日 <u>0600 UTC</u> 至 <u>1000 UTC</u> , 以及 <u>20 日 2030 UTC</u> 至 21 日 <u>0030 UTC</u>	建議時間以 UTC 註記。

17	(P35)	[台北 SIGMET 2; 台北 FIR, 有效時間 0600 UTC 至 1000 UTC	[台北 SIGMET 2; 台北 FIR, 有效時間 <u>20 日</u> 0600 UTC 至 1000 UTC	建議加註日期
18	(P35)	[台北 SIGMET 3; 台北 FIR, 有效時間 20 日 2030 UTC 至 21 日 0030 UTC; 類型—內嵌雷暴; 觀測及預報位於北緯 23 度以南...	[台北 SIGMET 3; 台北 FIR, 有效時間 20 日 2030 UTC 至 21 日 0030 UTC; 類型—內嵌雷暴; 觀測及預報位於北緯 23 度以 <u>北</u> ...	北緯 23 度以南翻譯錯誤, 應為北緯 23 度以北...
19	(P35-36)	台北航空氣象中心發布之 SIGWX Chart 有效時間至 21 日 0200 及 21 日 0800, ... 台北至澎湖地區高空風及溫度為: ... 香港天文台發布香港管制區...	台北航空氣象中心發布中層 (FL100-250) 航路顯著天氣預測圖 (SIGWX Chart), 其有效時間至 <u>20 日 1800 UTC</u> (如附錄 4a)。台北至澎湖地區為有雨天氣, 雲狀為高層雲及高積雲, 雲量為裂至密雲, 雲底高度低於 <u>10,000 呎</u> , 雲頂高度大於 <u>25,000 呎</u> , <u>0°C 等溫線之高度約於 12,000 呎</u> , 惟預報未達中度或以上之積冰或亂流, 故不標示中度或以上之積冰或亂流圖示。台北至澎湖地區高空風及溫度為: FL100: 風向 230° ~ 250°, 風速 <u>25 ~ 30 浬/時</u> ; 溫度 2°C ~ <u>4°C</u> 。FL180: 風向 240° ~ 250°, 風速 40 ~ 50 浬/時; 溫度零下 <u>13°C</u> 至零下 <u>12°C</u> 。 台北航空氣象中心發布中層 (FL100-250) 航路顯著天氣預測圖 (SIGWX Chart), 其有效時間至 <u>21 日 0000 UTC</u> (如附錄 4b)。台北至澎湖地區為有雨天氣, 雲狀為高層雲及高積雲, 雲量為裂至密雲, 雲底高度低於 <u>10,000 呎</u> , 雲頂高度 <u>25,000 呎</u> , <u>0°C 等溫線之高度約於 12,000 呎</u> , 惟預報未達中度或以上之積冰或亂流, 故不標示中度或以上之積冰或亂流圖示。台北至澎湖地區高空風及溫度為: FL100: 風向 <u>250°</u> , 風速 <u>15 ~ 20 浬/時</u> ; 溫度 <u>4°C ~ 5°C</u> 。FL180: 風向 240° ~ 250°, 風速 <u>45 ~ 50 浬/時</u> ; 溫度零下 <u>11°C</u> 至零下 <u>9°C</u> 。	依據附錄 4, 建議修改文字內容。
20	(P37)	香港天文台發布有效時間至 21 日 0200	香港天文台發布有效時間至 <u>20 日 1800UTC</u>	建議時間以 UTC 註記。
21	(P38)	台灣西南部及澎湖地區不在預報範圍之內。有效時間至 21 日 0200 之 SIGWX Chart, 台灣中、北部及東北部海域中度積冰位於 FL120 至 FL240、中度亂流位於 FL20 至 FL380; 有效時間至 21 日 0800 之 SIGWX Chart, 台灣東部及東部海域地區之中度積冰位於 FL80 至	台灣西南部及澎湖地區不在預報範圍之內。有效時間至 <u>20 日 1800UTC</u> 之 SIGWX Chart, 台灣中、北部及東北部海域中度積冰位於 FL120 至 FL240、中度亂流位於 FL20 至 FL380; 有效時間至 21 日 <u>0000UTC</u> 之 SIGWX Chart, 台灣東部及東部海域地區之中度積冰位於 FL80 至 FL220、中度亂流	建議時間以 UTC 註記。另加入「台灣海峽上空預測並無積冰或亂流。」

		FL220、中度亂流位於FL20至FL320。	位於FL20至FL320。 <u>台灣海峽上空預測並無積冰或亂流。</u>	
22	1.7.4 駕駛員獲得之天氣資訊 (P38)	根據訪談紀錄…香港國際機場(VHHH) 1800之飛航天氣報告…及FL200之0100高空風及溫度預測圖。	根據訪談紀錄…香港國際機場(VHHH) <u>20日1800UTC</u> 之飛航天氣報告…及FL200之 <u>20日1700UTC</u> 高空風及溫度預測圖。	建議加註日期，時間以UTC註記。
23	(P38)	中正國際機場諮詢台提供該機駕駛員之天氣資料如下：  東南亞地區有效時間 20日2000至21日2000之終端機場預報(TAF)。 2130紅外線衛星雲圖。 倫敦世界區域預報中心之國際民航組織區域G(亞洲至歐洲、高度FL250-630)，有效時間至0200之航路顯著危害天氣預測圖(SIGWX Chart)。 華盛頓世界區域預報中心之歐亞地區FL180及東亞地區FL300, FL340與FL390的高空風及溫度預測圖，有效時間至21日0800。 由FL180的高空風及溫度預測圖顯示台灣海峽氣溫為負10°C。 無證據顯示駕駛員未從中正諮詢台電腦，獲得更新之飛航天氣資訊。	中正國際機場諮詢台 <u>供應</u> 之天氣資料如下：  東南亞地區有效時間 20日 <u>1200UTC</u> 至21日 <u>1200UTC</u> 之終端機場預報(TAF)。 <u>20日1330UTC</u> 紅外線衛星雲圖。 倫敦世界區域預報中心之國際民航組織區域G(亞洲至歐洲、高度FL250-630)，有效時間至 <u>20日1800UTC</u> 之高層(FL250-630)航路顯著危害天氣預測圖(SIGWX Chart)。 華盛頓世界區域預報中心之歐亞地區FL180及東亞地區FL300, FL340與FL390的高空風及溫度預測圖，有效時間至21日 <u>0000UTC</u> 。由FL180的高空風及溫度預測圖顯示台灣海峽氣溫為 <u>零下10°C</u> 。 無證據顯示駕駛員是否從中正諮詢台 <u>電腦</u> 獲得更新之飛航天氣資訊。	建議將「該機駕駛員」刪除。 建議將「提供」改為「供應」。 建議加註日期，時間以UTC註記。 「負10°C」改為「零下10°C」。 並修改部分文字。
24	1.7.5 氣象雷達資訊 (P39)	附錄8，資料時間為0100至0200。	附錄8，資料時間為 <u>20日1700UTC至1800UTC</u> 。	建議加註日期，時間以UTC註記。
		其上方之雲頂較高，約為35,000呎。航點“CHALI”之前至航點“CANDY”之飛行軌跡位於此區域之上。	其上方之雲頂較高，約為35,000呎。 <u>惟澎湖及其附近並無雷達回波</u> 。航點“CHALI”之前至航點“CANDY”之飛行軌跡位於此區域之上。	建議插入「惟澎湖及其附近並無雷達回波。」
25	2.3.1 飛航組員所獲天氣資訊 (p132)	該機飛航組員獲得之天氣資訊(如1.7.4節)中，有效期限至21日0800時之「高空風及溫度預測圖」	該機飛航組員獲得之天氣資訊(如1.7.4節)中，有效期限至21日 <u>0000UTC</u> 之「高空風及溫度預測圖」	建議時間以UTC註記。
26	2.3.2.1 可能形成條件 (p133)	惟自0134時首次啟動機身除冰系統至其失速時，TAT皆在攝氏零下1度至零下4度間。	惟自 <u>21日0134L</u> 時首次啟動機身除冰系統至其失速時，TAT皆在攝氏零下1度至零下4度間。	建議加註日期。

27	3.1 與可能肇 因有關之 調查結果 (p174)	2. 台北航空氣象中心發布之中層航路顯著天氣預測圖顯示，台灣海峽於飛航空層 180 有雲層分佈，氣溫為負 9°C。	2. 台北航空氣象中心發布之中層 (FL100-250) 航路顯著天氣預測圖顯示，台灣海峽於 <u>FL180</u> 有雲層分佈，氣溫為 <u>零下 9°C</u> 。	建議加「中層 (FL100-250)」，「飛航空層」改為「FL」，「負 9°C」改為「零下 9°C」。
28	( p174-175)	3. 中正國際機場諮詢台提供該機駕駛員倫敦世界區域預報中心之國際民航組織區域 G 之航路顯著危害天氣預測圖…其中航路顯著危害天氣預測圖無該機可用資訊，FL 180 的高空風及溫度預測圖顯示台灣海峽氣溫為負 10°C。	3. 中正國際機場諮詢台供應倫敦世界區域預報中心之國際民航組織區域 G (FL250-630) 之航路顯著危害天氣預測圖…其中 <u>高層 (FL250-630) 航路顯著危害天氣預測圖非該機可用資訊</u> ，FL 180 的高空風及溫度預測圖顯示台灣海峽氣溫為 <u>零下 10°C</u> 。	建議將「該機駕駛員」刪除，「提供」改為「供應」，並建議插入「(FL250-630)」、「高層 (FL250-630)」及作文字之修改。
29	(p175)	5. 無證據顯示駕駛員未於中正國際機場諮詢台的電腦，獲得更新的飛航天氣資訊。	5. 無證據顯示駕駛員是否從中正國際機場諮詢台的電腦獲得更新的飛航天氣資訊。	建議作文字之修改。
30	3.3 其它調查 結果 (p177)	7. 雖然台北航空氣象中心發布之中層航路顯著天氣預測圖並未提供給該機駕駛員，但飛安會指出其缺少部份有益的資訊。香港天文台及東京航空氣象服務中心，對於位在結冰高度以上，有可能存在過冷水雲層，標示中度積冰之圖示，提供簽派員及駕駛員對航路上，可能發生積冰警覺，台北航空氣象中心對於非積雨雲的雲區並無相關做法。	7. 台北航空氣象中心發布之中層 (FL100-250) 航路顯著天氣預測圖，復興航空聯管中心並未提供給該機駕駛員，飛安會指出復興航空缺少 <u>該項</u> 有益的資訊。香港天文台及東京航空氣象服務中心，對於位在結冰高度以上，有可能存在過冷水雲層，標示中度積冰之圖示，提供簽派員及駕駛員對航路上，可能發生積冰警覺。台北航空氣象中心依據國際民航組織 (ICAO) 之規定，對於非積雨雲的雲區預測有 <u>中度或以上積冰時才標示中度或以上積冰之圖示</u> 。	建議作部分文字及內容之修改與增加。
31	4.1.2 致 CAA SEC 1	除國際民航組織規定外，參考香港天文及東京航空氣象服務中心對於顯著天氣預測圖做法，在結冰高度以上，有可能存在過冷水之非積雨雲，標示中度積冰之圖示，增加駕駛員之狀況警覺。		本局目前做法符合國際民航組織規定。 為提昇服務品質，本局已依貴會建議於本(93)年八月一日起，比照香港與日本的做法配合實施。(奉准簽函如附件一)
32	4.1.2 致 CAA SEC 2	重新檢視復興對駕駛員之訓練，期能有效執行職務。		本局已依 貴會建議執行完畢。(紀錄如附件二)
33	4.1.2 致 CAA SEC 4	持續審視及評估有關結冰偵測系統之技術服務指南 (Service Bulletin)、相關之民航通告 (Advisory Circular) 與適航指令 (Airworthiness Directive)。	持續審視及評估有關結冰偵測系統相關之民航通告 (Advisory Circular) 與適航指令 (Airworthiness Directive)。	依 ICAO ANNEX 6 Chapter 8，評估技術服務指南 (Service Bulletin) 為航空公司之責任，故建議修正文字。

國家圖書館出版品預行編目資料

飛航事故調查報告：中華民國 91 年 12 月 21 日,復興航空公司 GE791 班機, ATR-72 型機,國籍標誌及登記號碼 B-22078,澎湖縣馬公市外海墜海 / 行政院飛航安全委員會編著. -- 初版. -- 臺北縣新店市：飛安委員會, 民 95  
冊； 公分

ISBN 978-986-00-7151-1 (第 1 冊：平裝)

1. 航空事故 - 調查 2. 飛行安全

557.909

95021758

飛航事故調查報告 (第一冊)

中華民國 91 年 12 月 21 日,復興航空公司 GE791 貨機, ATR-72 型機,國籍標誌及登記號碼 B-22708,於澎湖縣馬公市外海墜海

編著者：行政院飛航安全委員會

出版機關：行政院飛航安全委員會

電話：(02)89127388

地址：231 台北縣新店市北新路 3 段 200 號 11 樓

網址：<http://www.asc.gov.tw>

出版年月：中華民國 95 年 12 月 (初版)

經銷處：國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號

國家書坊網路書店：台北市瑞光路 583 巷 25 號

五南文化廣場：台中市中山路 6 號

GPN：1009503045

ISBN：978-986-00-7151-1

986-00-7151-9

定價：新台幣 915 元

出版品內容可至上開網址「出版品與著作」中全文下載