



# 飛航事故調查報告

ASC-AOR-13-03-001

中華民國101年3月25日

長榮航空公司BR 702班機

Boeing B747-400型機

國籍標誌及登記號碼B-16411

爬升時左外流閥自動功能失效及艙壓異常  
航機緊急下降



# 飛航事故調查報告

ASC-AOR-13-03-001

中華民國 101 年 3 月 25 日

長榮航空公司 BR 702 班機

Boeing B747-400 型機

國籍標誌及登記號碼 B-16411

爬升時左外流閥自動功能失效及艙壓異常  
航機緊急下降

本頁空白

依據中華民國飛航事故調查法及國際民航公約第 13 號附約，本調查報告僅供改善飛航安全之用。

中華民國飛航事故調查法第五條：

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.*

本頁空白

## 摘要報告

民國 101 年 3 月 25 日，長榮航空股份有限公司（以下簡稱長榮）定期載客班機 BR702，機型波音 B747-400，國籍標誌及登記號碼 B-16411，於台北時間 1044 時<sup>1</sup>自桃園國際機場 05R 跑道（標高 106 呎）起飛，目的地為上海浦東機場。該機於爬升過程中，遭遇左外流閥（OUTFLOW VLV L）失效及艙壓異常，約在 1054 時，於桃園機場東北方 47 哩，大氣高度約 20,800 呎，發生艙壓高度（CABIN ALTITUDE）警告訊息及聲響，駕駛員按程序戴上氧氣面罩，執行緊急下降程序並向航管宣告緊急情況（Mayday），於 1128 時返回桃園機場安全降落。該機載有駕駛員 2 人、客艙組員 14 人與乘客 367 人共計 383 人均安，航空器無受損。

飛航資料紀錄器（Flight Data Recorder, FDR）資料顯示，該機於跑道滾行加速期間，左、右外流閥（OUTFLOW VLV L,R）分別自 0.9% 及 0.8% 位置開始關閉。飛航資料紀錄器以百分比記錄外流閥門之位置，以 1 個百分比等於 1 度，公稱全開（nominal full open）位置是 0 度（紀錄值 0%），公稱全關閉（nominal full closed）的位置是 102 度（紀錄值 102%）。於 1045:14 時，該機高度為 698 呎，左外流閥關至 64.9%，之後至發生艙壓高度警告時左外流閥均停留於該位置；於 1047:57 時，該機高度為 4,603 呎，右外流閥關至 102.1% 之位置，之後至發生艙壓高度警告時該閥門均保持於該位置。

座艙語音紀錄器（Cockpit Voice Recorder, CVR）抄件顯示，1052:44 時，航管許可該機繼續爬高至飛航空層（Flight Level, FL）370，飛航組員於 1053:59 時開始一段與「外流閥」有關之對話；先決定改平高度，並於 1054:08 時向航管請求於 FL200 改平，獲航管同意，之後於 1054:30 時正駕駛員呼叫「outflow valve left checklist」。1054:41 時，駕駛艙發出艙壓高度警告聲響，正駕駛員於 1054:51 時下

---

<sup>1</sup> 台北時間= 世界標準時間（UTC）+8 小時。

達緊急下降指令，並於 1054:59 時向航管宣告緊急狀況及要求下降至 10,000 呎，航管於 1055:03 時許可該機下降至 8,000 呎。

FDR 資料顯示，於 1054:40 時，該機左外流閥自 64.9%位置開始關閉，並於 1054:54 時關至 102.1%位置後，保持於該位置直到落地；右外流閥於 1054:47 時起自 102.1%位置逐漸開啓，並於落地後達到 1.2%位置。

飛航組員於訪談時表示，當日起飛時，副駕駛員坐於駕駛艙右座擔任操控駕駛員（Pilot Flying, PF），正駕駛員坐於駕駛艙左座擔任監控駕駛員（Pilot Monitoring, PM），起飛後駕駛艙儀表並無任何異常警訊顯示，直到高度約 20,000 呎時，UPPER EICAS 頁面跳出 ECS 之艙壓資料（cabin pressure data），顏色為白色，顯示之客艙壓力高度約為 6~7,000 呎且持續上升中；經檢查 LOWER EICAS 之 ECS Synoptic 頁面發現右外流閥已完全關閉，左外流閥則停於約 9 點鐘位置。艙壓資料很快即轉為黃色，並顯示客艙壓力高度已達 8,600 呎，上升率約為每分鐘 1,200 呎，緊接著 UPPER EICAS 出現「OUTFLOW VLV L」訊息，當時並無任何警告聲響。正駕駛員向航管請求於 20,000 呎改平，正準備執行快速參考手冊（Quick Reference Handbook, QRH）之「OUTFLOW VLV L」程序時，客艙壓力高度已上升至 10,000 呎以上，機上警告系統發出「CABIN ALTITUDE」警告聲響。正駕駛員直接下達「Emergency Descent」指令，向航管呼叫「Mayday」並要求下降至 10,000 呎，同時接手擔任 PF，開始戴上氧氣面罩、執行緊急下降及手動施放客艙氧氣面罩等程序。緊急下降前，副駕駛員曾以手動方式關閉左外流閥。

該機於 1101:06 時下降至高度 8,000 呎後改平，飛航組員確認艙壓狀況正常後取下氧氣面罩，經與公司聯繫後決定返航，之後由航管雷達引導於 1127:40 時於桃園國際機場 05R 跑道落地。

長榮於事故後進行之故障排除時發現左外流閥之交流馬達故障，經更換該馬達後航機已返回正常飛行。調查小組將故障之交流馬達送回原製造廠進行拆解測試，原廠在失效報告中指出詳細的故障原因經檢查發現為馬達之轉子軸及煞車軸

之介面破損，且煞車間隙增大；報告中並指出本案外流閥交流馬達故障現象與其他由線上送返原廠修理之馬達相似，對此故障的原因，原廠認為可能是來自於交流馬達電壓不正確，使剎車無法正常適當釋放，其根本原因的判定與解決之道，波音公司及系統供應商仍持續進行中。

飛航安全調查委員會（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、公務航空器及超輕型載具飛航事故之獨立機關，依據飛航事故調查法並參考國際民航公約第 13 號附約(Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation) 相關內容，於事故發生後依法展開調查工作。受邀參與本次調查之機關（構）包括：交通部民用航空局、長榮航空股份有限公司及美國運輸安全委員會（含波音飛機公司）。

本事故「調查報告草案」於 101 年 11 月初完成，依程序於 101 年 11 月 27 日經本會第 5 次送委員會議初審修正後函送相關機關（構）提供意見，並再經相關意見彙整後，於 102 年 2 月 26 日經本會第 8 次委員會議審議通過。

本事故調查經綜合事實資料及分析結果，獲得之調查發現共計 14 項，改善建議計 2 項，分述如後：

## 調查發現

### 與可能肇因有關之調查發現

1. 於初始爬升中，該機艙壓控制系統左外流閥於自動模式下失效，並卡住在 64.9% 之位置。檢測左外流閥發現該閥門之交流馬達煞車軸槽嚴重磨耗，煞車軸及轉子軸之介面破損，煞車間隙增大使馬達煞車無法控制釋放。左外流閥卡在 64.9% 之位置及右外流閥全關閉的狀況下，使艙壓洩氣超過正常爬升及巡航之情況，左外流閥失效的位置使該機無法正常建立艙壓，造成該機艙壓高度過高之情況。（1.6、1.11、1.16、1.18、2.2）



2. 資料顯示約在左外流閥失效後 9 分鐘，在航機爬升至高度約 2 萬呎時，飛航組員始發現左外流閥失效及其 EICAS 故障訊息，此致飛航組員未能及時執行完成快速參考手冊「OUTFLOW VLV L」程序，以手動模式關閉左外流閥閥門，航機於爬升中持續洩壓致發生艙壓高度警告。(1.6、1.11、1.16、1.18、2.3)
3. 當執行「OUTFLOW VLV L」程序，副駕駛員以手動模式關閉左外流閥時，幾乎同時發生艙壓高度警告，當左外流閥逐漸關閉，艙壓高度漸恢復時，飛航組員未查覺艙壓可控制，正駕駛員考量安全決定執行緊急下降、戴上氧氣面罩，施放乘客緊急氧氣。飛航組員若完成緊急下降前之檢查表，應可察覺艙壓是可控制的。(1.11、1.18、2.4、2.7)

#### 與風險有關之調查發現

1. 本案外流閥交流馬達故障現象與其他由線上送返原廠修理之馬達相似，對此故障的原因，原廠認為可能是來自於交流馬達電壓不正確，使剎車無法正常適當釋放，其根本原因的判定，波音公司及系統供應商仍持續進行中。(1.16、2.2)
2. 有關艙壓高度警告或快速失壓不正常操作程序，波音 B747-400 型客機與貨機之 QRH 內容不同；其第 3 項，貨機 QRH 除了「確認所有空調系統均開啓及外流閥均關閉」，另有「檢查艙壓高度及升降率」，客機 QRH 無此項目。飛機飛航手冊建議此不正常程序應包含「檢查艙壓高度及升降率」。客機 QRH 無此程序未符合飛機飛航手冊之建議，對駕駛員執行該程序下一步驟「判斷艙壓是否可控制」也較不連貫。(1.18、2.4)

#### 其它發現

1. 飛航組員相關飛航證照，符合現行民航法規之規定。(1.5、2.1)
2. 無證據顯示飛航組員於該次飛航中曾受任何酒精藥物之影響。(1.5、2.1)

3. 左外流閥於 1045 時故障，短時間延遲 EICAS 應顯示「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息及「OUTFLOW VLV L」Status 訊息，此訊息在起飛時不受起飛抑制影響。直至 1054:30 時駕駛員發現左外流閥故障期間，該故障一直持續存在，並無故障暫時消失後再出現之現象。(1.6、1.11、2.3)
4. 飛航組員敘述「OUTFLOW VLV L」訊息出現之順序及出現時機與艙壓控制系统設計、EICAS 系統設計或 FDR 資料及機載電腦故障訊息紀錄不符。事故後之模擬及測試顯示在左外流閥故障或按下手動控制開關，不久後即會出現故障訊息。(1.6、1.11、1.16、1.18、2.3)
5. 就駕駛艙配置、有關訊息出現的位置及飛航組員的操作與互動之分析，「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息出現時，駕駛員應該可及時看到此訊息，但無其他客觀證據可以支持駕駛員訪談時所表示於爬升至 2 萬呎發現艙壓異常後，「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息才出現的說法(1.6、1.11、1.18、2.3)
6. 本案座艙語音紀錄器座艙區域麥克風錄音雜訊之原因為，控制面板與區域麥克風間之接地線接觸不良所致。(1.11、1.16、2.5)
7. 本次事故後，長榮已將飛機維修手冊中相關座艙語音紀錄器年度檢查內容併入工作卡 2031FC，供維修員執行座艙語音紀錄器年度測試參考。(1.6、1.18、2.5)
8. 對於宣告緊急情況的航空器，管制員提供雷達引導的服務比指示該機直飛至某航點，對於駕駛員之工作負荷較輕。(1.11、1.18、2.6)
9. 本案左外流閥在自動模式失效的位置(64.9%)，在確定艙壓高度異常(大於 8,500 呎)時，以手動模式關閉左外流閥，應可及時在艙壓高度到達 10,000 呎前將左外流閥完全關閉。(1.6、1.11、2.7)

## 改善建議

### 致長榮航空公司

1. 加強飛航組員對艙壓異常及艙壓失控之認知，以及相關操作及處置程序之訓練。(ASC-ASR-13-03-001)

#### 長榮航空公司回應：

1. 長榮針對本案之改善措施，於民國 101 年 5 月 27 日即已公布於飛行員網站案例學習 (What can we learn) 以及有關艙壓系統的自我學習教材，並將此案例列入年度訓練及考核 (PT2, PC2) 中的 EBT (Evidence Based Training)，艙壓系統相關知識及程序也列為所有訓練及考核口試重點。
2. 長榮至民國 102 年 1 月 15 日，以該公司 B747 機隊為例，完成前述之年度訓練及考核之人數為 179 人，相對於 B747 全機隊人數 221 人，達成率為 81%，長榮其他機隊達成率也已有八成以上，預計在民國 102 年 4 月即可完成本項年度訓練及考核。)

### 致交通部民用航空局

1. 督導長榮航空公司有關加強飛航組員對艙壓異常及艙壓失控之認知，以及相關操作及處置程序之訓練。(ASC-ASR-13-03-002)

## 已完成或進行中之改善措施

### 長榮航空公司

1. 長榮針對本案之改善措施，於民國 101 年 5 月 27 日即已公布於飛行員網站案例學習 (What can we learn) 以及有關艙壓系統的自我學習教材，並將此案例列入年度訓練及考核 (PT2, PC2) 中的 EBT (Evidence Based

Training)，艙壓系統相關知識及程序也列為所有訓練及考核口試重點。

2. 長榮至民國 102 年 1 月 15 日，以該公司 B747 機隊為例，完成前述之年度訓練及考核之人數為 179 人，相對於 B747 全機隊人數 221 人，達成率為 81%，長榮其他機隊達成率也已有八成以上，預計在民國 102 年 4 月即可完成本項年度訓練及考核。

### 交通部民用航空局

1. 民航局於事故發生後，即派長榮小組檢查員赴該公司以 747-400 模擬機模擬事件發生當時之狀況，並由該機隊訓練及標準總機長依據 QRH 按程序處理，證明組員若使用正確之程序，當可避免後續之緊急下降。另為改善此一缺失，經檢視該公司訓練內容發現，以往在實施緊急下降課目時，大部分教官均選擇快速失壓（Rapid Decompression）方式，以致部分組員對慢速失壓（Slow Decompression）之狀況處置未能建立正確觀念。民航局已要求該公司對訓練內容立即改正，明確律定實施方式，避免由施訓教官自由選擇。
2. 民航局飛航服務總臺於 101 年 10 月 19 日函告有關單位對於駕駛員宣告航空器遭遇緊急情況時請求雷達引導之作業事宜，文中宣導有關許可直飛某航點與雷達引導對駕駛員工作負荷不同，航管配合給予適當之航向以提供最大協助，並將「提供遇險航空器緊急協助之訓練」納入航管進階學員訓練之教材。

### 波音飛機公司

有關艙壓高度警告之不正常操作程序，B747-400 貨機 QRH 與客機 QRH 不同，貨機 QRH 除了符合飛機飛航手冊之建議程序，也較能搭配飛航組員訓練手冊之內容，使駕駛員明確了解應執行之項目。藉由美國運輸安全委員會之協助，本會詢問波音公司有關 B747-400 貨機 QRH 與客機 QRH 程序差異之意見，波音

公司回復如下：

“The FCOM procedures for the 747-400 Passenger and 747-400 Freighter will be standardized by adding the Check cabin altitude rate step to the 747-400 passenger checklist. This change is planned to be published in the April 2013 revision. However, Boeing does not believe that this change would have affected the EVA 747-400 event.”

(譯:有關 747-400 客機及貨機飛航組員操作手冊 (FCOM) 之程序，將被標準化，客機之檢查程序將新增檢查艙壓高度變化率的步驟，此改變計畫將出版在 2013 年 4 月的版本。然而，波音不相信這個改變會影響長榮航空 747-400 事件。)

## 目 錄

摘要報告.....	I
目錄.....	IX
表目錄.....	XIII
圖目錄.....	XV
英文縮語對照表.....	XVII
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 駕駛員.....	3
1.5.1.1 正駕駛員.....	4
1.5.1.2 副駕駛員.....	5
1.5.2 事故前 72 小時活動.....	5
1.5.2.1 正駕駛員.....	5
1.5.2.2 副駕駛員.....	6
1.6 航空器資料.....	6
1.6.1 航空器基本資料.....	6
1.6.2 發動機基本資料.....	7
1.6.3 維修資訊.....	7
1.6.4 艙壓控制系統.....	9
1.6.5 整合顯示系統.....	11
1.6.6 系統故障訊息紀錄.....	14
1.6.7 載重與平衡.....	18

1.7	天氣資訊.....	19
1.8	助、導航設施.....	19
1.9	通信.....	19
1.10	場站資料.....	19
1.11	飛航紀錄器.....	19
1.11.1	座艙語音紀錄器.....	19
1.11.2	飛航資料紀錄器.....	19
1.11.3	QAR 飛航資料.....	22
1.11.4	航管雷達資料.....	24
1.12	航空器殘骸與撞擊資料.....	25
1.13	醫學與病理.....	25
1.14	火災.....	25
1.15	生還因素.....	25
1.16	測試與研究.....	26
1.16.1	外流閥故障訊息測試.....	26
1.16.2	CPC 及 ICU 進廠檢測.....	27
1.16.3	AC 馬達拆檢測試.....	28
1.16.4	事故後座艙區域麥克風錄音品質檢測.....	28
1.17	組織與管理.....	31
1.18	其他.....	31
1.18.1	訪談資料.....	31
1.18.1.1	正駕駛員訪談摘要.....	31
1.18.1.2	副駕駛員訪談摘要.....	32
1.18.1.3	訓練督導訪談摘要.....	34
1.18.1.4	區管中心海峽席航路雷達管制席訪談摘要.....	34
1.18.1.5	區管中心海峽席航路協調席訪談摘要.....	35

1.18.1.6 維修員訪談摘要.....	36
1.18.2 CVR 系統檢查法規 .....	36
1.18.3 外流閥失效訊息之顯示時機.....	37
1.18.4 飛航操作相關手冊資料.....	38
第二章 分析.....	39
2.1 概述.....	39
2.2 艙壓異常原因.....	39
2.3 處置 EICAS 左外流閥故障訊息可用時間 .....	41
2.3.1 EICAS 左外流閥故障訊息出現時機.....	41
2.3.1.1 EICAS 左外流閥故障訊息之出現及延遲.....	41
2.3.1.2 外流閥故障之紀錄.....	42
2.3.2 駕駛員發現 EICAS 左外流閥故障訊息時間 .....	44
2.3.3 小結.....	45
2.4 艙壓異常之處置及操作程序.....	46
2.4.1 艙壓異常之處置.....	46
2.4.2 艙壓高度警告之程序.....	49
2.5 座艙區域麥克風測試程序.....	51
2.6 飛航管制.....	52
2.7 艙壓高度變化歷程.....	53
第三章 結論.....	57
3.1 與可能肇因有關之調查發現.....	57
3.2 與風險有關之調查發現.....	58
3.3 其他發現.....	58
第四章 飛安改善建議.....	61
4.1 改善建議.....	61
4.1.1 致長榮航空公司.....	61



4.1.2	致交通部民用航空局.....	61
4.2	已完成或進行之改善措施.....	61
4.2.1	長榮航空公司.....	61
4.2.2	交通部民用航空局.....	62
4.2.3	波音飛機公司.....	62
附錄一	座艙語音紀錄器系統測試工單.....	65
附錄二	目前航班故障摘要-ACARS 報告格式.....	67
附錄三	航管無線電通訊錄音抄件.....	71
附錄四	座艙語音紀錄器抄件.....	73
附錄五	艙壓警告相關 FDR 參數列表.....	87
附錄六	CPC 原廠檢測報告.....	91
附錄七	AC 馬達原廠拆檢測試報告.....	93
附錄八	飛航組員操作手冊 QRH 有關程序.....	101
附錄九	飛航組員訓練手冊有關艙壓高度之訓練內容.....	105
附錄十	飛機飛航手冊有關艙壓高度之不正常程序.....	107

表 目 錄

表 1.5-1 駕駛員基本資料 .....4

表 1.6-1 航空器基本資料 .....6

表 1.6-2 發動機基本資料 .....7

表 1.6-3 客艙壓力資料與 EICAS 訊息.....14

表 1.6-4 載重平衡表資料 .....19

本頁空白

# 圖目錄

圖 1.1-1	飛航軌跡圖.....	3
圖 1.6-1	艙壓控制系統選擇面板.....	10
圖 1.6-2	左側外流閥門關閉位置圖.....	11
圖 1.6-3	EICAS 訊息顯示及艙壓資料顯示.....	13
圖 1.6-4	ACARS 傳下之 CMCS 故障訊息.....	15
圖 1.6-5	EICAS ECS maintenance display- Auto-snapshot.....	18
圖 1.11-1	本案相關 FDR 飛航參數繪圖（完整航班）.....	21
圖 1.11-2	本案相關 FDR 飛航參數繪圖（事故期間）.....	22
圖 1.11-3	本案相關 QAR 飛航參數繪圖（事故期間）.....	23
圖 1.11-4	本案相關 QAR 飛航參數繪圖（事故後至落地）.....	24
圖 1.11-5	BR702 班機之飛航軌跡與 MSTs 航跡套疊圖.....	25
圖 1.16-1	外流閥訊息及客艙壓力資料測試.....	27
圖 1.16-2	CVR 控制面板.....	29
圖 1.16-3	接地線拔除模擬 CAM 錄音品質不良測試.....	30
圖 2.3-1	駕駛艙配置及相關訊息顯示位置.....	45
圖 2.4-1	單一外流閥自動功能失效程序.....	46
圖 2.4-2	艙壓高度或快速失壓程序 1.....	48
圖 2.4-3	艙壓高度警告或快速失壓程序 2.....	49
圖 2.4-4	AFM 艙壓高度不正常操作程序.....	50
圖 2.4-5	FCTM 有關艙壓高度警告內容.....	50
圖 2.7-1	BR702 航班之氣壓高度、艙壓及艙壓高度的變化圖.....	55

本頁空白

## 英文縮語對照表

ACARS	Aircraft Communications Addressing and Reporting System	飛機通信定址與報告系統
ACMS	Aircraft Condition Monitoring System	飛機狀況監視系統
AUX	Auxiliary	輔助的
CAM	Cockpit Area Microphone	座艙區域麥克風
CMC	Central Maintenance Computer	中央維修電腦
CMCS	Central Maintenance Computer System	中央維修電腦系統
CPC	Cabin Pressure Controller	艙壓控制器
CPCS	Cabin Pressure Control System	飛機艙壓控制系統
CVR	Cockpit Voice Recorder	座艙語音紀錄器
DU	Display Unit	顯示單元
DSP	Display Select Panel	顯示選擇面板
ECS	Environmental control system	環境與空調系統
EFIS	Electronic Flight Instrument System	電子飛行儀器系統
EICAS	Engine Indicating and Crew Alerting System	發動機指示及駕駛員警戒系統
EIU	EFIS/EICAS Interface Unit	EFIS/EICAS 界面單元
FAA	Federal Aviation Administration	美國聯邦航空總署
FDR	Flight Data Recorder	飛航資料紀錄器
FCOM	Flight Crew Operations Manual	飛航組員操作手冊
FCTM	Flight Crew Training Manual	飛航組員訓練手冊
FL	Flight Level	飛航空層
F/O	First Officer	副駕駛員
FOM	Flight Operations Manual	航務手冊
ICU	Interface Control Unit	界面控制單元
IDS	Integrated Display System	整合顯示系統
IDU	Integrated Display Unit	整合顯示單元
MSTS	Multi Surveillance Tracking System	多重監視源資料處理系統
ND	Navigation Display	導航顯示單元
NTSB	National Transportation Safety Board	美國運輸安全委員會
PF	Pilot Flying	操控駕駛員
PFD	Primary Flight Display	主要飛行顯示單元
PM	Pilot Monitoring	監控駕駛員
POB	Portable Oxygen Bottle	可攜式氧氣瓶
QAR	Quick Access Recorder	快速擷取紀錄器
QRH	Quick Reference Handbook	快速參考手冊
TPM	Training Procedure Manual	訓練程序手冊
UTC	Coordinated Universal Time	世界標準時間

本頁空白

# 第一章 事實資料

## 1.1 飛航經過

民國 101 年 3 月 25 日，長榮航空股份有限公司（以下簡稱長榮）定期載客班機 BR702，機型波音 B747-400，國籍標誌及登記號碼 B-16411，於 1044 時<sup>2</sup>自桃園國際機場 05R 跑道（標高 106 呎）起飛，目的地為上海浦東機場。該機於爬升過程中，遭遇左外流閥（OUTFLOW VLV L）失效及艙壓異常，約在 1054 時，於桃園機場東北方 47 哩，大氣高度約 20,800 呎，發生艙壓高度（CABIN ALTITUDE）警告訊息及聲響，駕駛員按程序戴上氧氣面罩，執行緊急下降程序並向航管宣告緊急情況（Mayday），於 1128 時返回桃園機場安全降落。該機載有駕駛員 2 人、客艙組員 14 人與乘客 367 人共計 383 人均安，航空器無受損。

飛航資料紀錄器（Flight Data Recorder, FDR）資料顯示，該機於跑道滾行加速期間，左、右外流閥（OUTFLOW VLV L,R）分別自 0.9%<sup>3</sup>及 0.8%位置開始關閉，於 1045:14 時，該機高度為 698 呎，左外流閥關至 64.9%，之後至發生艙壓高度警告時左外流閥均停留於該位置；於 1047:57 時，該機高度為 4,603 呎，右外流閥關至 102.1%之位置，之後至發生艙壓高度警告時該閥門均保持於該位置。

座艙語音紀錄器（Cockpit Voice Recorder, CVR）抄件顯示，1052:44 時，航管許可該機繼續爬高至飛航空層（Flight Level, FL）370，飛航組員於 1053:59 時開始一段與「外流閥」有關之對話；先決定改平高度，並於 1054:08 時向航管請求於 FL200 改平，獲航管同意，之後於 1054:30 時正駕駛員呼叫「outflow valve left checklist」。1054:41 時，駕駛艙發出艙壓高度警告聲響，正駕駛員於 1054:51 時下達緊急下降指令，並於 1054:59 時向航管宣告緊急狀況及要求下降至 10,000 呎，航管於 1055:03 時許可該機下降至 8,000 呎。

<sup>2</sup> 除非特別註記，本報告所列之時間皆為當地時間（UTC+8 小時）。

<sup>3</sup> FDR 以百分比記錄外流閥門之位置，以 1 個百分比等於 1 度，公稱全開（nominal full open）位置是 0 度（紀錄值 0%），公稱全關閉（nominal full closed）的位置是 102 度（紀錄值 102%）。



FDR 資料顯示，於 1054：40 時，該機左外流閥自 64.9%位置開始關閉，並於 1054：54 時關至 102.1%位置後，保持於該位置直到落地；右外流閥於 1054：47 時起自 102.1%位置逐漸開啓，並於落地後達到 1.2%位置。

飛航組員於訪談時表示，當日起飛時，副駕駛員坐於駕駛艙右座擔任操控駕駛員（Pilot Flying, PF），正駕駛員坐於駕駛艙左座擔任監控駕駛員（Pilot Monitoring, PM），起飛後駕駛艙儀表並無任何異常警訊顯示，直到高度約 20,000 呎時，UPPER EICAS 頁面跳出 ECS<sup>4</sup>之艙壓資料（cabin pressure data），顏色為白色，顯示之客艙壓力高度約為 6~7,000 呎且持續上升中；經檢查 LOWER EICAS 之 ECS Synoptic<sup>5</sup>頁面發現右外流閥已完全關閉，左外流閥則停於約 9 點鐘位置。艙壓資料很快即轉為黃色，並顯示客艙壓力高度已達 8,600 呎，上升率約為每分鐘 1,200 呎，緊接著 UPPER EICAS 出現「OUTFLOW VLV L」訊息，當時並無任何警告聲響。正駕駛員向航管請求於 20,000 呎改平，正準備執行快速參考手冊（Quick Reference Handbook, QRH）之「OUTFLOW VLV L」程序時，客艙壓力高度已上升至 10,000 呎以上，機上警告系統發出「CABIN ALTITUDE」警告聲響。正駕駛員直接下達「Emergency Descent」指令，向航管呼叫「Mayday」並要求下降至 10,000 呎，同時接手擔任 PF，開始戴上氧氣面罩、執行緊急下降及手動施放客艙氧氣面罩等程序。緊急下降前，副駕駛員曾以手動方式關閉左外流閥。

該機於 1101:06 時下降至高度 8,000 呎後改平，飛航組員確認艙壓狀況正常後取下氧氣面罩，經與公司聯繫後決定返航，之後由航管雷達引導於 1127:40 時於桃園國際機場 05R 跑道落地。該機自起飛至落地之飛航軌跡如圖 1.1-1。

<sup>4</sup> ECS: 環境與空調系統（Environmental control system）。

<sup>5</sup> EICAS synoptic 乃以圖型及文字顯示主要系統之概要狀況，系統顯示包含電器系（Electrical, ELEC），燃油系（Fuel, FUEL），環境與空調系（Environmental, ECS），液壓系（Hydraulic, HYD），門（Door, DRS），起落架（Gear, GEAR）。

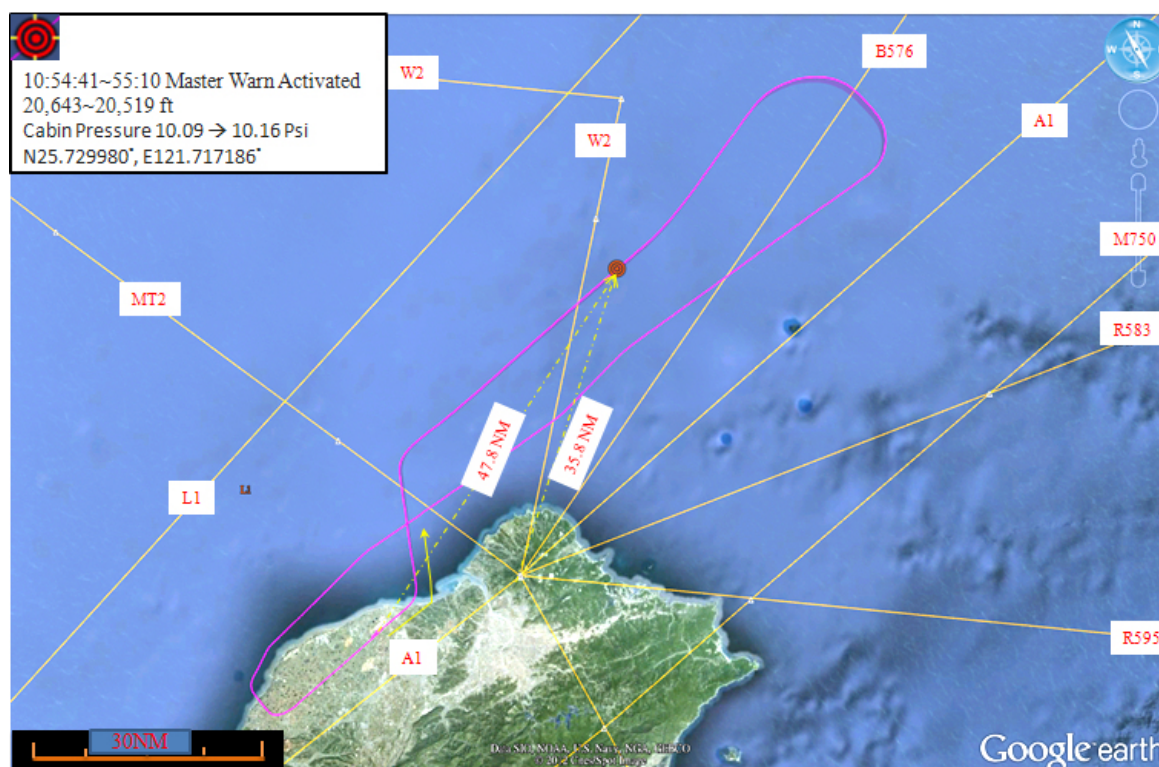


圖 1.1-1 飛航軌跡圖

## 1.2 人員傷害

該機載有駕駛員 2 人、客艙組員 14 人及乘客 367 人共計 383 人，無人員傷亡。

## 1.3 航空器損害情況

無損害。

## 1.4 其他損害情況

無其他損害。

## 1.5 人員資料

### 1.5.1 駕駛員

駕駛員基本資料如表 1.5-1。

表 1.5-1 駕駛員基本資料

項 目	正駕駛員	副駕駛員
性 別	男	男
事 故 時 年 齡	38	41
進 入 公 司 時 間	民國 87 年 3 月	民國 97 年 4 月
航 空 人 員 類 別 檢 定 證 號	飛機民航運輸駕駛員 1023XX	飛機商用駕駛員 3027XX
檢 定 項 目 發 證 日 期 終 止 日 期	B747-400, B767F/O, B777-300ER F/O 民國 99 年 8 月 6 日 民國 104 年 8 月 5 日	B747-400 F/O 民國 98 年 2 月 12 日 民國 103 年 2 月 11 日
體 格 檢 查 種 類 終 止 日 期	甲類駕駛員 民國 101 年 7 月 31 日	甲類駕駛員 民國 101 年 5 月 31 日
總 飛 航 時 間	10,434 小時 46 分	2,967 小時 02 分
最近 12 個月飛航時間	880 小時 55 分	820 小時 05 分
最近 90 日內飛航時間	240 小時 06 分	212 小時 06 分
最近 30 日內飛航時間	75 小時 08 分	80 小時 21 分
最近 7 日內飛航時間	29 小時 03 分	22 小時 52 分
事故型機飛航時間	1,479 小時 19 分	2,689 小時 20 分
事 故 日 已 飛 時 間	1 小時 07 分	1 小時 07 分
事 故 前 休 息 時 間	61 小時	17 小時

### 1.5.1.1 正駕駛員

中華民國籍，民國 87 年 3 月進入長榮，為長榮培訓之機師。持有中華民國飛機民航運輸業駕駛員檢定證，檢定項目欄內之註記為：「B747-400、B767 F/O、B777-300ER F/O，陸上多發動機 Multi-Engine, Land 具有於航空器上無線電通信技能及權限 Privileges for operation of radiotelephone on board an aircraft」，特定說明事項欄內註記為：「無線電溝通英語專業能力等級五(Y/M/D)English Proficiency:ICAO Level-5 Expiry Date 2016/12/13」

正駕駛員曾擔任 B767 型機、B777-300ER 型機及 B747-400 型機副駕駛員，民國 99 年 8 月完成升等訓練擔任 B747 型機正駕駛員。總飛航時間 10,434 小時，最近 2 年之各類訓練及考驗無不正常紀錄。正駕駛員於民國 100 年 6 月 3 日年度

考驗紀錄載有「CABIN ALTITUDE」之不正常程序操作課目，考驗結果為：滿意。

正駕駛員體格檢查種類為甲類駕駛員，上次體檢日期為民國 100 年 7 月 22 日，體檢及格證限制欄內無相關註記。正駕駛員於事故後於桃園機場航務處，由航務人員執行酒精測試，測試結果：酒精值為零。

### 1.5.1.2 副駕駛員

中華民國籍，為自訓駕駛員，民國 97 年 4 月進入長榮。持有中華民國飛機商用駕駛員檢定證，檢定項目欄內之註記為：「B747-400 F/O、陸上，多發動機 *Multi-Engine, Land*，具有於航空器上無線電通信技能及權限 *Privileges for operation of radiotelephone on board an aircraft*」，特定說明事項欄內註記為：「無線電溝通英語專業能力等級四 (Y/M/D) *English Proficiency: ICAO Level-4 Expiry Date 2014/07/27*」

副駕駛員進入長榮後，於民國 98 年 2 月完成新進及轉換訓練擔任 B747-400 型機副駕駛員，總飛航時間 2,967 小時，最近 2 年之各類訓練及考驗無不正常紀錄。

副駕駛員體格檢查種類為甲類駕駛員，上次體檢日期為民國 100 年 11 月 14 日，體檢及格證限制欄內註記為：「視力需戴眼鏡矯正」。副駕駛員於事故後於桃園機場航務處，由航務人員執行酒精測試，測試結果：酒精值為零。

## 1.5.2 事故前 72 小時活動

### 1.5.2.1 正駕駛員

3 月 22 日： 執行 BR6072 班機德里至台北之飛航任務，於台北時間下午 1850 到達桃園機場。

3 月 23 日： 休假在家。

3 月 24 日： 休假在家。

### 1.5.2.2 副駕駛員

- 3 月 22 日：執行 BR6215 台北至新加坡貨機飛航任務。
- 3 月 23 日：於新加坡中途停留休息。
- 3 月 24 日：執行 BR6281/6282 新加坡經檳城回桃園貨機任務，當日下午約 1400 時於桃園機場落地。

## 1.6 航空器資料

### 1.6.1 航空器基本資料

該機基本資料如表 1.6-1。

表 1.6-1 航空器基本資料

航空器基本資料表（統計至民國 101 年 3 月 25 日）	
國籍	中華民國
航空器國籍標誌及登記號碼	B-16411
機型	B747-45E
製造廠商	BOEING
出廠序號	29111
出廠日期	民國 87 年 3 月 10 日
交機日期	民國 87 年 4 月 27 日
所有人	長榮航空股份有限公司
使用人	長榮航空股份有限公司
國籍登記證書編號	98-1116
適航證書編號	100-10-169
適航證書生效日期	民國 100 年 10 月 16 日
適航證書有效期限	民國 101 年 10 月 15 日
航空器總使用時數	64,278 小時 13 分
航空器總落地次數	10,437 次
上次定檢種類及日期	A08 Check/民國 101 年 2 月 4 日
上次定檢後使用時數	442 小時
上次定檢後落地次數	130 次

## 1.6.2 發動機基本資料

該機發動機基本資料如表 1.6-2。

表 1.6-2 發動機基本資料

發動機基本資料表（統計至民國 101 年 3 月 25 日）				
製造廠商	GENERAL ELECTRIC AIRCRAFT ENGINES			
編號	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
型別	CF6-80C2B1F	CF6-80C2B1F	CF6-80C2B1F	CF6-80C2B1F
序號	702891	704345	704103	704668
製造日期	民國 82 年 5 月	民國 85 年 5 月	民國 83 年 1 月	民國 87 年 5 月
總使用時數	72,586 時 13 分	55,758 時 17 分	75,857 時 26 分	57,905 時 15 分
總使用週期數	14,858	12,001	13,357	9,952

## 1.6.3 維修資訊

查閱該機事故前一個月之每日檢查、飛行前檢查及過境檢查紀錄，均無異常登錄；另查閱事故發生前三個月內該機之飛航及維修紀錄簿，亦無與本次事故相關之維修紀錄；依據該機適航指令執行紀錄，適航指令之管制及執行符合適航要求。

有關 CVR 之維修紀錄，依據長榮該型機飛行前檢查第 5K 項，維修員應於飛行前測試 CVR，並記錄其測試結果，經查該機事故前一個月之飛行前檢查均無 CVR 異常登錄。另依據長榮該型機維修需求手冊（Maintenance Requirement Manual, MRM）項目編號 23-71-00-5A，CVR 系統每年均須執行系統測試，以確定系統工作正常；長榮依據 MRM 規定制定工作卡編號 2031FC（Rev. 11，版期民國 100 年 5 月 24 日），於 A03、A06、A09 及 A12 CHECK 時執行本項檢查；該機 CVR 系統於事故前最後一次執行工作卡 2031FC 日期為民國 100 年 11 月 1 日，檢查結果無異常（檢查結果詳附錄一）。

有關左側外流閥於事故前之維修紀錄，依據長榮提供資料，該機於民國 98 年 11 月 7 日曾發工執行左側外流閥故障排除，維修員故障排除紀錄摘要如下：

- *CHK CMC MSG:21207 CPCS OUTFLOW VLV-L, ACTUATOR/MOTOR FAIL* (譯：檢查 CMC 訊息碼 21207，客艙壓力控制系統左側外流閥致動器/馬達失效)。
- *PER AMM 21-31-06-004-001/404-008 R:65 RPL L/H OUTFLOW VLV AC MOTOR AND PFM CPCS-A AND -B CMC GND TEST AND TEST PASS* (譯：依據飛機維修手冊 21-31-06-004-001/404-008，版期:65，更換左側外流閥交流馬達，執行客艙壓力控制系統-A 及-B 地面測試，測試通過)

事故發生後，駕駛員於飛航維護記錄簿登錄「*ON CLIMBING, "OUTFLOW VLV L" MSG, WITH "CAB ALT" CONTINUE INCREASE AND ENDED "CABIN ALTITUDE" WARNING MSG*」(譯:爬升過程中「左外流閥」故障訊息，艙壓高度持續升高，最後發生艙壓高度警告訊息)，針對此故障，維護記錄簿登錄之維修作為紀錄如下：

- *CHK CMC FAULT "21207 CPCS OUTFLOW VALVE-L ACTUATOR/MOTOR FAIL"* (譯：檢查 CMC 故障訊息，代碼 21207，左外流閥致動器/馬達失效。)
- *PER AMM 21-31-06-004-001/404-008 R:73 RPL L/H OUTFLOW VLV AC MOTOR. COND NML. PFM CPCS A & B GND TEST PASS.* (譯：根據維修手冊 21-31-06-004-001/ 404-008 版本:73 更換左邊外流閥交流馬達，情況正常，執行艙壓控制系統 A 及 B 地面測試通過。)
- *PER AMM 21-31-10-004-001-001/404-010-001 R:73 RPL L/H ICU. COND NML. PFM CPCS A & B GND TEST PASS.* (譯：根據維修手冊 21-31-10-004-001/ 404-010-001 版本:73 更換左邊介面控制單元，情況正常，執行艙壓控制系統 A 及 B 地面測試通過。)
- *PER AMM 21-31-02-004-001/404-005 R:73 RPL CPC A & B COND NML.*

*PFM CPCS A & B GND TEST PASS.* (譯:根據維修手冊 21-31-10-004-001/404-005 版本:73 更換艙壓控制器 A 及 B,情況正常,執行艙壓控制系統 A 及 B 地面測試通過。)

- *FINAL CHK NO MSG ON EICAS. A/C COND BACK TO NML* (譯:最終檢查在 EICAS 上無訊息,飛機回復正常。)
- *PER AMM 05-51-24-202-001 REV 73 PFM CABIN DEPRESSURIZATION CONDITION CHK AND ALL CHK NML.* (譯:根據維修手冊 05-51-24-202-001 版本:73 執行座艙洩壓狀況檢查,檢查狀況正常。)

#### 1.6.4 艙壓控制系統

飛機艙壓控制系統 (Cabin Pressure Control System, CPCS) 控制機艙內部排出空氣之速率,以維持機艙內安全且舒適之艙壓環境。CPCS 主要元件包含:選擇面板、2 具艙壓控制器 (Cabin Pressure Controller, CPC)、2 具界面控制單元 (Interface Control Unit, ICU)、2 具外流閥及手動控制繼電器。艙壓調整主要是藉由控制外流閥開口之大小,當外流閥開口加大時,機艙內空氣外流速率增加,可降低機艙內艙壓;反之,當外流閥開口縮小時,則機艙內空氣外流速率降低,可增加機艙內之艙壓。艙壓控制系統同時亦控制機艙內、外壓差以及限制艙壓改變之速率。

選擇面板 (如圖 1.6-1) 控制 CPCS 自動模式、落地機場高度選擇、手動操作模式以及顯示外流閥位置。當選擇面板之自動模式選擇 (AUTO SELECT) 旋鈕位於正常位置 (NORM) 時,系統每一起降輪流轉換 CPC-A 或 CPC-B 作為主控制器,如果主控制之 CPC 故障時,系統會自動轉到另 1 具正常之 CPC 上;AUTO SELECT 開關亦可供駕駛員直接選用 CPC-A 或 CPC-B 作為主控制器,在此狀況下,主控之艙壓控制器不因起降自動轉換,然而當選用之 CPC 故障時,系統仍然會自動轉到另 1 具正常之 CPC 上。當選擇面板之手動按鈕開關 (MAN L, MAN R)



被按下時，艙壓控制器停止其控制輸出，外流閥直接由 OPEN/CLOSE 手動開關控制其開口的大小，駕駛員可藉此開關控制艙壓。



圖 1.6-1 艙壓控制系統選擇面板

介面控制單元介於 CPC 與外流閥之間，在自動模式操作下，ICU 接收主控 CPC 的命令訊號控制外流閥門開合之位置，並將外流閥門之位置訊號及狀態資料回傳至 2 具 CPC。

左、右 2 具外流閥均具有 2 扇可移動之活動閥門，由外流閥致動器驅動；外流閥致動器包含齒輪箱、交流馬達/煞車、轉速計、直流馬達及電位計等；當 CPCS 為自動模式時，作動訊號由艙壓控制器經由 ICU 傳送至交流馬達，然後驅動致動器及連桿以控制活動閥門之開合位置。

本次事故航機於爬升時左外流閥失效於 64.9% 位置<sup>6</sup>，事故過程中駕駛員以手動模式關閉左側外流閥，該班機返回桃園機場後，左外流閥仍保持於關閉之位置，如圖 1.6-2。

<sup>6</sup> 此資料為 QAR 記錄之外流閥位置。



圖 1.6-2 左側外流閥門關閉位置圖

### 1.6.5 整合顯示系統

波音 B747-400 整合顯示系統（Intergrated Display System, IDS）結合電子飛行儀表系統（Electronic Flight Instrument System, EFIS）及發動機指示/駕駛員警戒系統（Engine Indicating and Crew Alerting System, EICAS）。IDS 系統包含 6 具 IDU、3 具 EIU、2 具 EFIS 控制面板、1 具 EICAS 顯示選擇面板（Display Select Panel, DSP）以及相關之開關等。

EFIS 及 EICAS 之資訊顯示於整合顯示單元（Intergrated Display Unit, IDU 或簡稱 DU）。6 具 IDU 其中 4 具用以顯示 EFIS 之資訊，分別為正、副駕駛員之主要飛行顯示單元（Primary Flight Display, PFD）及導航顯示單元（Navigation Display, ND）；另兩具 IDU 顯示 EICAS 之資訊，分別為主顯示單元<sup>7</sup>（Main EICAS DU）及輔助顯示單元<sup>8</sup>（Aux EICAS DU）。

EFIS/EICAS 界面單元（EFIS/EICAS Interface Unit, EIU）功能係用以收集飛機各系統之類比及數位訊號，並將訊號處理後傳送至 EICAS DU、中央維修電腦（Central Maintenance Computer, CMC）、飛航紀錄器等裝備。3 具相同之 EIU，每

<sup>7</sup> 主顯示單元位於中間儀表板上方，常稱之為 upper EICAS。

<sup>8</sup> 輔助顯示單元位於中間儀表板下方，常稱之為 lower EICAS。

一具 EIU 均可單獨提供 6 具 DU 資料及訊息顯示，在正常操作狀況下，左側 EIU 提供 EFIS 資料至正駕駛 PFD、ND、Main EICAS DU 及 Aux EICAS DU，右側 EIU 提供 EFIS 資料至副駕駛 PFD 及 ND，中央 EIU 則為待命狀態。EIU 內建自我測試功能及監督 IDS 系統是否正常，再將此資料傳至 CMC。在 EIU 之間傳輸對談資料（crosstalk data），此資料用以比較 EIU 輸入訊號，以確定輸入訊號之有效性（validity）。

EICAS 訊息顯示區分為 Main EICAS DU 及 Aux EICAS DU，Main EICAS DU 位於儀表板中央上方位置，提供駕駛員發動機主要參數資料以及警告（Warning）、注意（Caution）、警示（Advisory）及註記（Memo）等警戒訊息，訊息顯示例如圖 1.6-3 所示；Aux EICAS DU 位於儀表板中央下方位置，顯示發動機次要數據資料、維修頁面（Maintenance page）、系統概要頁面（Synoptic page）或狀態（Status）訊息。

EICAS 訊息依狀況之優先順序依次為 Warning、Caution、Advisory 及 Memo 訊息。Warning 訊息顏色為紅色並有警告聲響，此種訊息需要駕駛員立刻採取改正作為。Caution 訊息顏色為琥珀色（amber<sup>9</sup>）並有注意聲響，此種訊息需要駕駛員立刻知道狀況並及時採取改正作為。Advisory 訊息顏色為琥珀色並不會伴隨警戒聲響，縮排一個字元，此種訊息需要駕駛員知道狀況及有可能需要進一步的作為。Memo 訊息顏色為白色，為正常情況下，用以提醒駕駛員之目的。Status 訊息主要為系統之狀況涉及飛機之放飛（dispatch），通常與最低需求裝備表（Minimum Equipment List, MEL）有關，出現 Status 信息時，不會伴隨警戒聲響。Warning、Caution 及 Advisory 之訊息都是顯示系統即時的狀況，當狀況解除時，訊息自動消失。而 Status 訊息，除即時顯示系統狀況，如果該訊息屬拴住（latched）訊息，即使狀況消失，未被手動清除前，該訊息仍會保留。在 EICAS DSP 之取消（Cancel, CANC）鍵被按下時，可清除目前顯示在螢幕上之 Caution 及 Advisory

<sup>9</sup> Amber 顏色近似橘色或略紅的黃色，使用中文常被稱之黃色。

訊息，按下叫回（Recall, RCL）鍵，可恢復之前清除且狀況仍未解除之 Caution 及 Advisory 訊息。

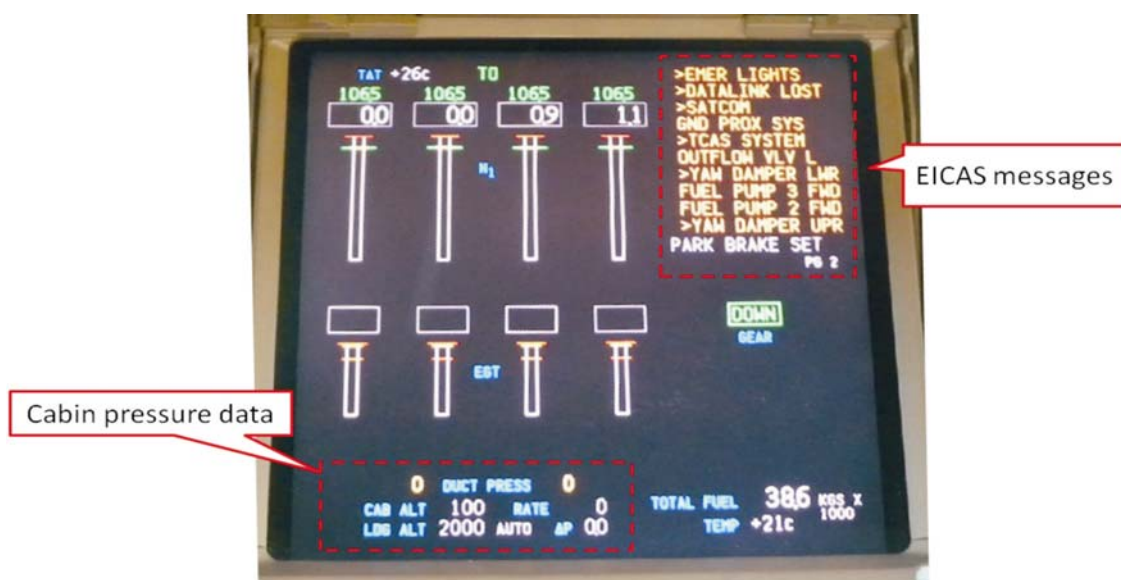


圖 1.6-3 EICAS 訊息顯示及艙壓資料顯示

Main EICAS DU 左下方依不同狀況可顯示不同之子系統資訊<sup>10</sup>，其中有關 ECS 之資訊為艙壓資料（cabin pressure data），其資料包含左右兩側之供氣壓力（duct pressure）、艙壓高度、艙壓高度變化率、客艙內外壓力差以及落地機場高度等，如圖 1.6-3 所示，當發生下列任一狀況時，客艙壓力資料將會自動顯示於 Main EICAS DU：

- 選擇手動設定落地機場高度；
- 左右兩側之供氣壓力值讀數為琥珀色<sup>11</sup>；
- 艙壓高度值讀數為琥珀色或紅色；當艙壓高度值小於或等於 8,500 呎時，讀數值為白色，介於 8,500 呎與 10,000 呎之間時，讀數值為琥珀色，大於或等於 10,000 呎時，讀數值為紅色；

<sup>10</sup> EICAS subsystem information 如 ECS、FMS、PSEU 或 FCU 等之資料。

<sup>11</sup> 供氣壓力正常時讀值為白色，壓力不正常時變為琥珀色。

- 客艙壓力差值讀數為琥珀色或紅色；客艙內外壓力差值讀數正常為白色；
- 選取 EICAS 次要參數全顯示頁面（secondary full）、ECS synoptic 或 ECS 即時 Maintenance Page 顯示於 AUX EICAS DU；
- 以及如表 1.6-3 所列，任一種 EICAS 訊息顯示時：

表 1.6-3 客艙壓力資料與 EICAS 訊息

訊息	訊息類別
CABIN ALT AUTO	CAUTION
LANDING ALT	ADVISORY
OUTFLOW VLV L	ADVISORY
OUTFLOW VLV R	ADVISORY
BLD DUCT LEAK L	CAUTION
BLD DUCT LEAK R	CAUTION
BLEED LOSS LEFT	ADVISORY
BLEED LOSS RIGHT	ADVISORY

依據長榮於事故當日所提供資料，DU 應安裝軟體之料號為：3177-COL-DL5-08；EIU 應安裝軟體之料號為：317D-COL-EG5-08。專案調查小組於事故當日自該機 EICAS 維修頁面攫取相關軟體資料，DU 及左側 EIU 軟體料號分別為：3177-COL-DL5-08 及 317D-COL-EG5-08。

### 1.6.6 系統故障訊息紀錄

該機裝置中央維修電腦系統（Central Maintenance Computer System, CMCS），此系統與飛機上主要的航電系統、電氣系統及機械系統均有溝通介面，CMCS 可以收集、儲存及顯示相關系統之故障及維修資訊。

該機亦裝置飛機狀況監視系統（Aircraft Condition Monitoring System, ACMS）及飛機通信定址與報告系統（Aircraft Communications Addressing and Reporting System, ACARS）系統，當 EICAS 或 CMCS 偵測飛機系統發生狀況時，且該狀況

符合 ACMS 之預設條件，ACMS 會自動將該故障訊息藉由 ACARS 傳至地面之維修中心，維修中心可即時或航機落地前知道飛機發生之狀況，本案於航機落地前長榮維修中心所獲得該機經由 ACARS 傳下之 CMCS 故障訊息，如圖 1.6-4。

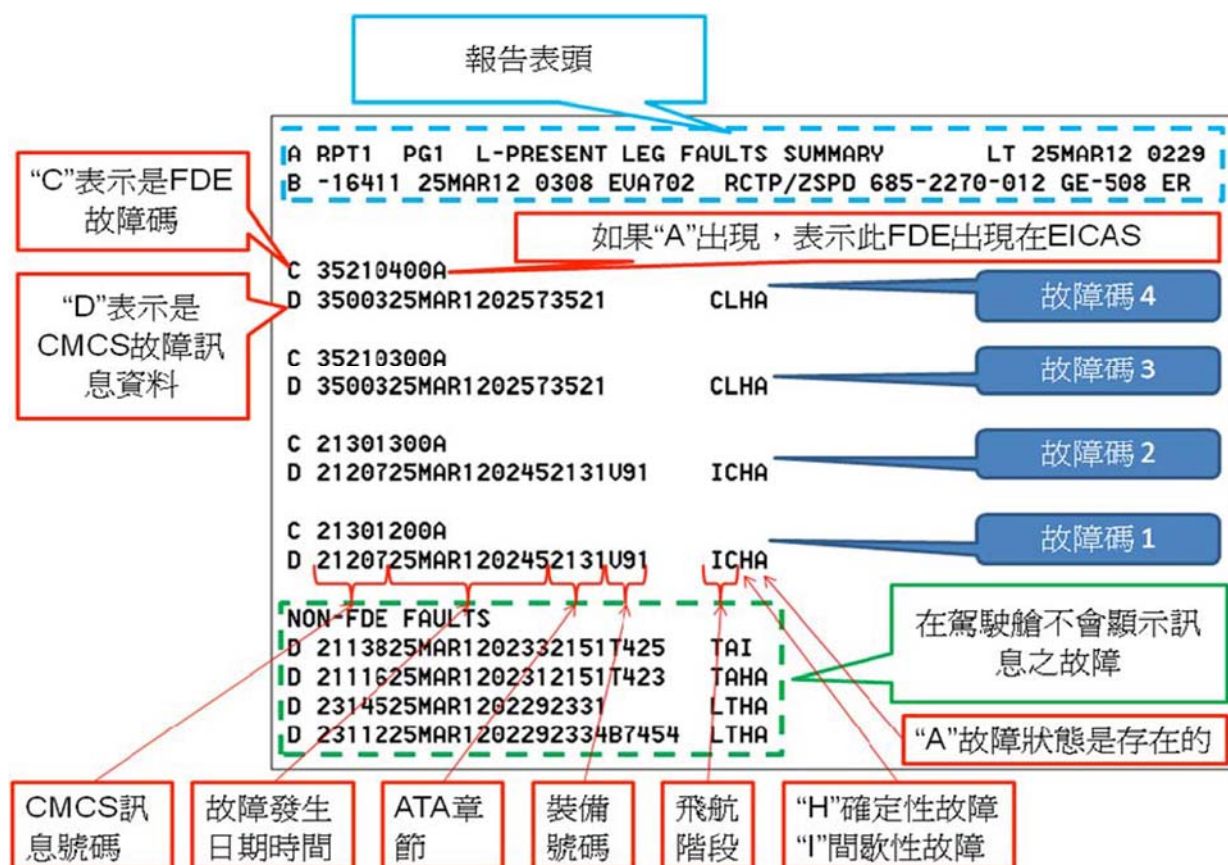


圖 1.6-4 ACARS 傳下之 CMCS 故障訊息

此故障訊息格式為『目前航班故障摘要-ACARS 報告 (Present Leg Faults Summary – ACARS Report)』，在圖 1.6-4 除了原有資料外，並附格式簡要說明，維修手冊對各欄位及代號說明如附錄 2，詳細資料可參考飛機維修手冊 45-10-00。摘要此報告與本次事故有關紀錄之說明如下：

- 報告表頭

- 標題：『目前航班故障摘要』

- 航班轉換起始日期與時間：西元 2012 年 3 月 25 日，UTC 0229



- 飛機國籍標誌及登記號碼：B-16411，航班: EVA702
- 計畫起訖機場：RCTP（桃園機場）到 ZSPD（上海浦東機場）
- 產生此報告之階段：巡航；日期與時間:西元 2012 年 3 月 25 日，UTC 0308
- 駕駛艙效應（Flight Deck Effect, FDE<sup>12</sup>）之故障
  - 故障碼 1：初始爬升階段，UTC 0245 時，EICAS 顯示 Advisory 訊息，代號『21301200』，代表 OUTFLOW VLV L 故障，CMC 訊息代號為『21207』，有關之 ATA 章節為 2131，故障裝備代號為 V91（左外流閥交流馬達）。此為確定性故障（Hard fault），此時故障狀態是持續存在的（Active）。
  - 故障碼 2：初始爬升階段，UTC 0245 時，EICAS 顯示 Status 訊息，代號『21301300』，代表 OUTFLOW VLV L 故障，CMC 訊息代號為『21207』，有關之 ATA 章節為 2131，故障的裝備代號為 V91（左外流閥交流馬達），此故障為 Hard fault，此時故障狀態是 Active。
  - 故障碼 3：爬升階段，UTC 0257 時，EICAS 顯示 Advisory 訊息，代號『35210300』，代表 PASS OXYGEN ON（乘客緊急氧氣致動），CMC 訊息代號為『35003』，有關之 ATA 章節為 3521，此故障為 Hard fault，此時故障狀態是 Active。
  - 故障碼 4：爬升階段，UTC 0257，EICAS 顯示 Status 訊息，代號『35210400』，代表 PASS OXYGEN ON，CMC 訊息代號為『35003』，有關之 ATA 章節為 3521，此故障為 Hard fault，此時故障狀態是 Active。

<sup>12</sup> 參考 AMM45-10-00 及 31-61-00，整合顯示系統（IDS）以駕駛艙效應（flight deck effects, FDEs）的形式告示所有需要飛航組員警覺或採取動作之故障資訊。駕駛艙效應（FDE）例如引擎參數超過限制、組員警戒訊息（crew alerting messages）及狀態訊息（status messages）。

- 在非駕駛艙效應（Non Flight Deck Effect, Non-FDE）之故障，共四項如圖 1.6-4 下方所示。

上述有關 CMCS 所顯示之故障訊息是否為確定之故障，根據飛機維修手冊 45-10-00 將故障之確定性分為確定性故障（Hard faults）、間歇性故障（Intermittent faults）、無法判定的故障（Non-determined faults）及不適用的故障（N/A faults）等，其中有關 Hard faults 及 Intermittent faults 之定義說明如下，

- 確定性故障（Hard faults）：代碼是 HRD 或 H，此種故障發生於飛航階段，且可以被儲存於非揮發性記憶體（non-volatile memory, NVM），故障發生於維修階段<sup>13</sup>之前，且一直持續存在至維修階段開始。
- 間歇性故障（Intermittent faults）：代碼是 INT 或 I，此種故障發生於飛航階段，且可以被儲存於 NVM，故障發生於維修階段之前，但並無一直持續存在。

EICAS 維修顯示（Maintenance Display）包含 12 個<sup>14</sup>頁面的系統資訊，可幫助地面維修人員記錄、分析及修理飛機系統。12 個維修頁面其中 ECS 頁面顯示空調系統、供氣系統及艙壓系統之資訊。EICAS 系統提供快照（Snapshot）功能，可快速記錄這些頁面之瞬間資料。記錄 Snapshot 之方式包含人工及自動方式。人工方式是在 EICAS 控制面板上按事件（Event）按鍵；自動方式是當有關係統發生不正常時，EICAS 自動記錄該系統之頁面資料，稱之為自動快照（Auto Snapshot 或 Auto Event），本案左外流閥故障時，系統所記錄之 Auto Snapshot ECS 頁面，如圖 1.6-5。該紀錄顯示自動快照的時間為西元 2012 年 3 月 25 日 UTC 02:45:20，EICAS 故障訊息為 OUTFLOW VLV L，當時左外流閥位置為 0.37<sup>15</sup>，右外流閥位

<sup>13</sup> 維修階段（Maintenance phases）：指航空器維修的時段，對大部份的系統而言，包含引擎關車（Engine shutdown, SD），上電（Power on, PO）及起飛前（Pre flight, PF）。SD, PO 及 PF 均有定義，詳細請參考 AMM 45-10-00-0。

<sup>14</sup> 12 個 Maintenance display: Flight control, Fuel, ECS (Air Conditioning System), ECS (Air Supply and Cabin Pressure System), Electrical, Hydraulic, Performance, APU, Configuration, Engine Exceedance, EPCS, Gear.

<sup>15</sup> 外流閥門開口按比例大小以數字顯示，“0.00”表示全關，“1.00”表示全開。



置為 0.28；主控 CPC 是 CPC-A，艙壓高度 200 呎，變化率+400 呎/分鐘，落地機場高度自動設定為 100 呎，客艙內外差壓 0.4psi（磅/平方英吋）。

EICAS MAINT PAGE - ECS AIR SUP SYS AUTO EIU-L PAGE 1				
-16411 EVA702 RCTP/ZSPD 685-2270-012 6E-508 25MAR12 0651				
	1	2	3	4
HIGH PRESS CONT	CLOSED	CLOSED	CLOSED	CLOSED
HIGH PRESS VLV	CLOSED	CLOSED	CLOSED	CLOSED
PRESS REG VLV	REGLT6	REGLT6	REGLT6	REGLT6
ENG DUCT PRESSURE	97	89	95	103
PRECOOLER OUT TEMP	203	170	177	168
FAN AIR VLV	REGLT6	REGLT6	REGLT6	REGLT6
STARTER VLV	CLOSED	CLOSED	CLOSED	CLOSED
PRESS REG S/O VLV	REGLT6	REGLT6	REGLT6	REGLT6
BLEED FLOW	24	158	29	104
	L	R		
MANIFOLD DUCT PRESS	35	36		
CABIN PRESSURE SYSTEM:				
CPC IN CONTROL A				
CAB ALT	200	RATE	+400	
LDG ALT	100 AUTO	DELTA P	0.4	
	L	R		
OUTFLOW VALVES	0.37	0.28		
	MAN	AUTO		
	DATE	25MAR12	GNT	02:45:20
OUTFLOW VLV L	00-12-13-12			

圖 1.6-5 EICAS ECS maintenance display- Auto-snapshot

## 1.6.7 載重與平衡

表 1.6-4 為該機之載重平衡表資料。

表 1.6-4 載重平衡表資料

最大零油重量	242,700 公斤
實際零油重量	226,000 公斤
最大起飛總重	317,500 公斤
實際起飛總重	273,200 公斤
起飛油量	47,200 公斤
航行油量	14,100 公斤
最大落地總重	285,800 公斤
實際落地總重	259,000 公斤
起飛重心位置	24.4 % MAC <sup>16</sup>

## 1.7 天氣資訊

當時台灣北部及外海受高壓影響，該機所經空域之天氣良好。

## 1.8 助、導航設施

無相關議題。

## 1.9 通信

臺北區域管制中心（以下簡稱區管中心）、臺北近場管制塔臺（以下簡稱近場臺）及臺北機場管制臺分別以 125.5、124.2/128.5/125.1 及 118.7/121.7 MHz 頻率與該機進行無線電通訊，其抄件節錄於附錄三。

## 1.10 場站資料

無相關議題。

## 1.11 飛航紀錄器

### 1.11.1 座艙語音紀錄器

該機裝置固態式座艙語音紀錄器（Solid-State Cockpit Voice Recorder,

<sup>16</sup> MAC: Mean Aerodynamic Chord

SSCVR)，製造商為 L-3 Communications 公司，件號及序號分別為 2100-1020-00 及 000134257。該座艙語音紀錄器所記錄之語音資料為 2 小時，其中 30 分鐘為 4 軌高品質錄音，聲源分別來自正駕駛員麥克風、副駕駛員麥克風、座艙區域麥克風及廣播系統麥克風。

該座艙語音紀錄器下載情形正常，其中正駕駛員麥克風、副駕駛員麥克風及廣播系統麥克風記錄品質良好，座艙區域麥克風記錄品質不良，存在雜訊致人耳無法辨識出任何可用之語音資料。CVR 所記錄之語音資料約 123 分 35 秒（0130:37.5 時至 0334:12.9 時<sup>17</sup>），包括該班機起飛、爬升、巡航、事故發生、進場及落地等過程，調查小組製作與事故相關約 27 分鐘之 CVR 抄件，如附錄四。

CVR 抄件之時間系統係以 FDR 時間為基準，經比對 CVR 發話時間與 FDR 記錄之無線電按鍵（VHF Key）參數後，將 CVR 及 FDR 時間同步；根據 ATC 錄音與 CVR 比對後完成時間同步（FDR UTC = ATC UTC - 1.5 秒）。

### 1.11.2 飛航資料紀錄器

該機裝置固態式飛航資料紀錄器（Solid-State Flight Data Recorder，SSFDR），製造商為 Honeywell 公司，件號為 980-4700-003，序號為 4834，資料紀錄長度為 52.84 小時。

事故發生後，本會依據波音公司提供之解讀文件<sup>18</sup>進行解讀，該紀錄器共記錄 334 項參數，相關參數解讀數據及飛航參數變化情形，其時間軸均以 FDR 所記錄之世界標準時間，完整航班 FDR 資料詳圖 1.11-1，事故期間 FDR 資料詳圖 1.11-2。

FDR 紀錄資料摘錄如下（以下時間已轉換為台北時間）：

1. 1044:15 時，該機由桃園機場 05R 跑道加速滾行準備起飛，航向 52.7 度；

<sup>17</sup> 時間同步後，以 FDR 時間為參考依據。記錄時間為「UTC 時間」，台北時間=UTC 時間+8 小時。

<sup>18</sup> Boeing 解讀文件【REV L, 747-203, D243U316 Appendix C】。

- Cabin Pressure 為 14.78 psi（每 4 秒記錄 1 次）。
- 1054:41 至 1055:10 期間，Master Warning 持續作動；標準氣壓高度由 20,643 呎降為 20,519 呎、下降率變化 712~152 呎/分、Cabin Pressure 變化 10.09~10.16 psi，相關參數詳細資料詳附錄五；參考座標 N 25.729980, E121.717186，距離鞍部導航台 35.8 浬。
  - 1054:42 至 1056:18 期間，Cabin Pressure Warning 持續作動；標準氣壓高度由 20,643 呎降為 17,499 呎、下降率變化 688~1664 呎/分、Cabin Pressure 變化 10.09~10.28psi，相關參數詳細資料詳表 1.11-1。
  - 1127:41 時，該機著陸於桃園機場 05R 跑道，航向 54.5 度。
  - 1132:39 時，FDR 停止記錄。

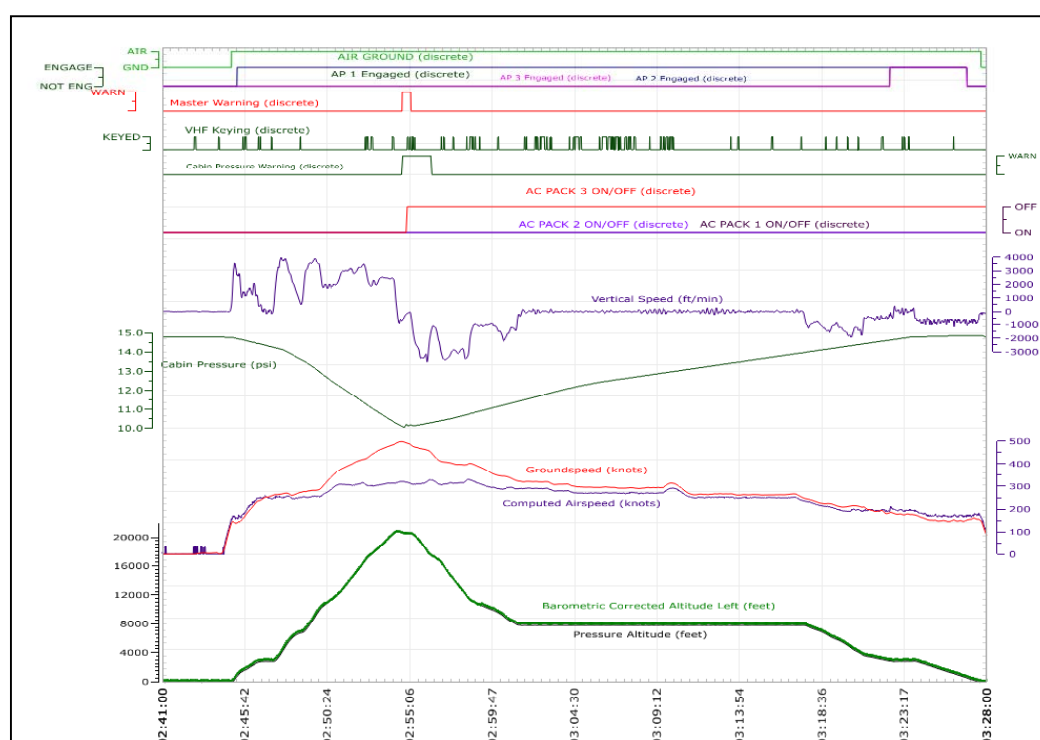


圖 1.11-1 本案相關 FDR 飛航參數繪圖（完整航班）

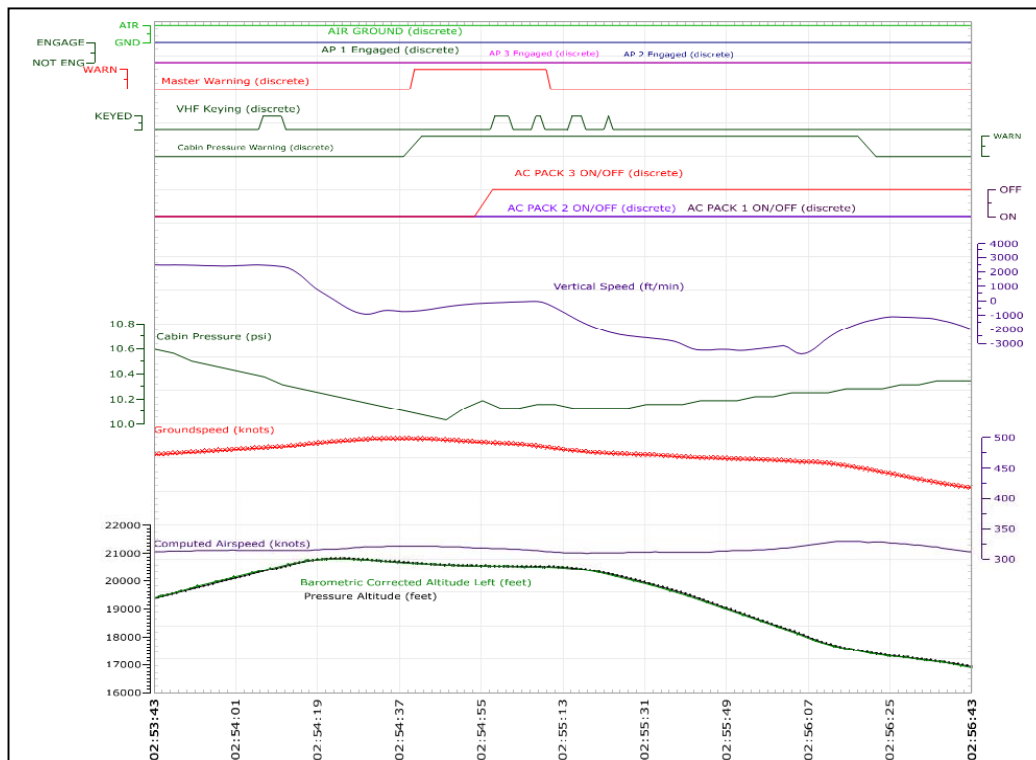


圖 1.11-2 本案相關 FDR 飛航參數繪圖（事故期間）

### 1.11.3 QAR 飛航資料

事故發生後，本會取得長榮提供之 QAR 解讀資料，經時間同步後與本事故有關之參數包括：Altitude（1013 mbar）、Altitude Baro L、Inertial Vertical Speed、Master Warning、Cabin Warning、Cabin Pressure、Outflow Valve Pos（L/R）等。

經比對標準氣壓高度、主警告（Master Warning）及艙壓警告（Cabin Altitude Warning）時間，本案中 FDR 及 QAR 時間一致。與本事故有關之 FDR 及 QAR 時間同步後之事故期間飛航參數詳圖 1.11-3，事故後至落地飛航參數詳圖 1.11-4。相關過程敘述如下：

- 1044:15 時，該機由桃園機場 05R 跑道加速滾行準備起飛，航向 52.7 度；此時 Cabin Pressure 為 14.78 psi（每 4 秒記錄 1 次）、Outflow Valve Pos. L/R 分別為 0.8%/0.4%（每 4 秒記錄 1 次）。

- 1044:56 時，該機主輪離地；此時 Cabin Pressure 為 14.75psi、Outflow Valve Pos. L/R 分別為 20.4%/23.7 %
- 1054:40 至 1056:21 期間，Cabin Altitude Warning（每 1 秒記錄 1 次）持續作動；標準氣壓高度由 20,646 呎降為 17,398 呎、Cabin Pressure 變化 10.09~10.28 psi。
- 1054:41 至 1055:10 期間，Master Warning 持續作動；標準氣壓高度由 20,646 呎降為 20,514 呎、Cabin Pressure 變化 10.09~10.16 psi。此期間 Outflow Valve Pos. L/R 變化為 64.9%/102.1 % → 102.1%/77.7 %。

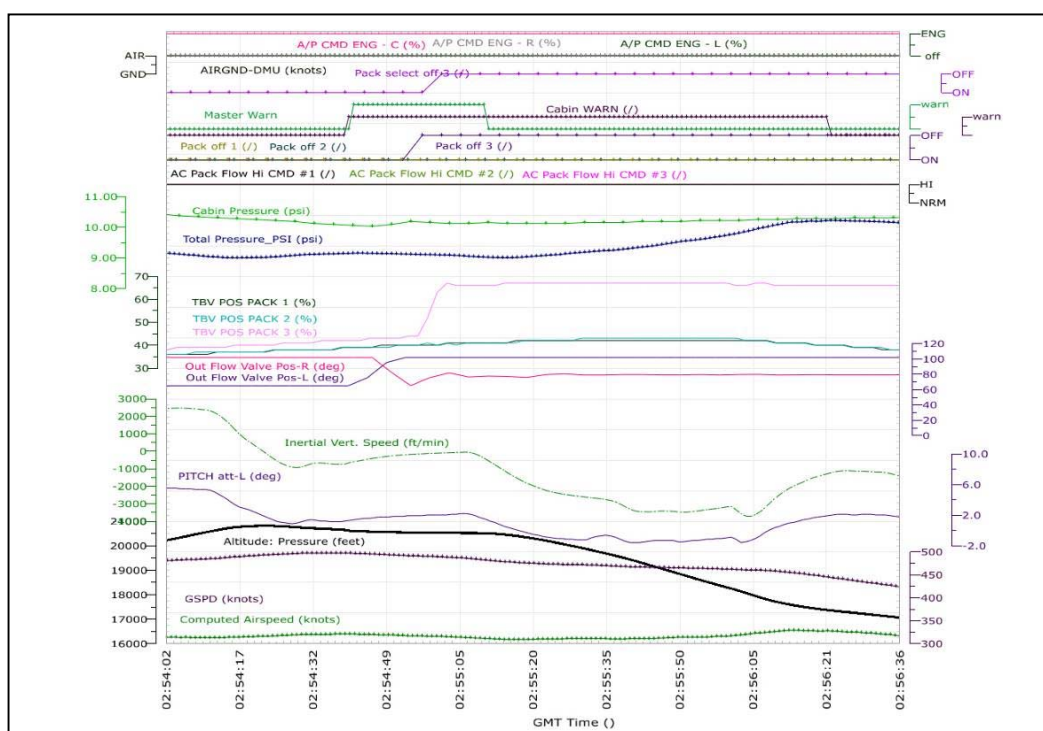


圖 1.11-3 本案相關 QAR 飛航參數繪圖 (事故期間)

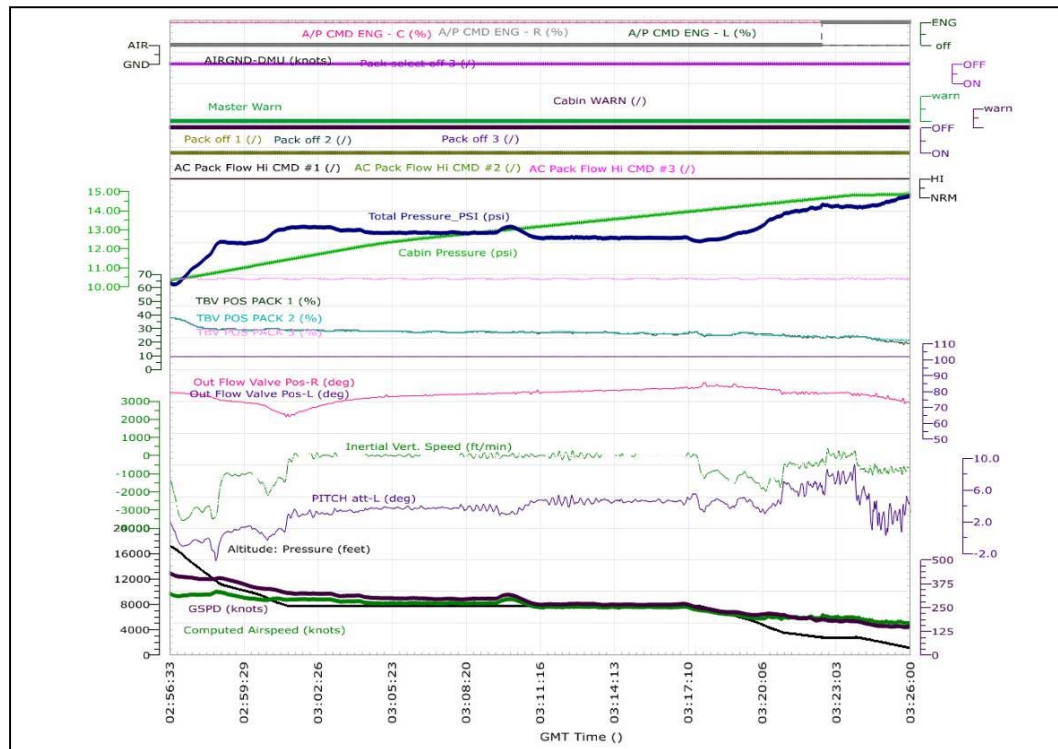


圖 1.11-4 本案相關 QAR 飛航參數繪圖（事故後至落地）

#### 1.11.4 航管雷達資料

事故發生後，本會取得民航局飛航服務總臺提供之多重監視源資料處理系統（Multi Surveillance Tracking System, MSTs）的航跡資料，經比對氣壓高度資料並與其時間系統同步，時間轉換公式如下：

$$\text{MSTS UTC Time -2 sec} = \text{BR702 FDR GMT}^{19}$$

BR702 班機自起飛至落地期間之飛航軌跡與多重監視源資料處理系統航跡套疊圖（結果詳圖 1.11-5）。

<sup>19</sup> FDR GMT 為 FDR 記錄 UTC 時間之參數名稱。



圖 1.11-5 BR702 班機之飛航軌跡與 MSTS 航跡套疊圖

## 1.12 航空器殘骸與撞擊資料

無相關議題。

## 1.13 醫學與病理

無相關議題。

## 1.14 火災

無相關議題。

## 1.15 生還因素

無相關議題。



## 1.16 測試與研究

### 1.16.1 外流閥故障訊息測試

調查小組於民國 101 年 5 月 8 日赴長榮航空訓練中心，使用長榮 B747-400 型模擬機進行『OUTFLOW VLV L』測試，起飛爬升過程與路徑係模擬事故航班當日之飛航情況。

測試方式共分為：

- 預設左外流閥於航機爬升通過 700 呎高度時失效；
- 於航機爬升通過 700 呎高度時，手動方式使左外流閥失效；
- 於航機爬升通過 700 呎高度時，於 CPCS 控制面板按下左外流閥手動按鈕。

測試結果顯示：以上述 3 種方式均會使左外流閥「OUTFLOW VLV L」Advisory 及 Status 訊息幾乎立即出現。

專案調查小組於民國 101 年 6 月 7 日赴長榮棚廠，使用 B-16411 航機進行「OUTFLOW VLV L」訊息測試。方式為於 CPCS 選擇面板上，按下左側外流閥手動按鈕開關（MAN L）。當按下此按鈕時，監視 EICAS 顯示單元，並計時間延遲，測試結果如下：

於按下左側手動按鈕開關後約 4 秒顯示「OUTFLOW VLV L」EICAS Advisory 訊息；

於按下左側手動按鈕開關後約 13 秒顯示「OUTFLOW VLV L」EICAS Status 訊息。

於 EICAS 「OUTFLOW VLV L」 Advisory 訊息出現後，艙壓資料不到 1 秒鐘時間即顯示在 Main EICAS DU（詳圖 1.16-1）。



圖 1.16-1 外流閥訊息及客艙壓力資料測試

### 1.16.2 CPC 及 ICU 進廠檢測

本次事故發生後，長榮將左 ICU 及 2 具 CPC 送返 Hamilton Sundstrand 原製造廠執行檢測。

- ICU 進廠原因乃為確認此 ICU 與駕駛艙出現 CMC 訊息『CPCS OUTFLOW VALVE-L ACTUATOR/MOTOR FAIL』之關係，檢測結果 ICU 進廠檢查正常。
- 兩具 CPC 進廠原因乃為確認 CPC 與 CMC 訊息『OUTFLOW VALVE-L』之關係，其中 1 具（序號：97107500）功能測試正常。另 1 具（序號：97080883）之檢測發現，其內部壓力感測器輸出電壓超出規範，檢測結果詳如附錄六。依據 EICAS 事件自動紀錄報告（EICAS Auto Event

Report 詳如圖 1.6-5)，左外流閥故障時主控 CPC 之為 CPC-A，經長榮確認該 CPC-A 件號為 796884-2-007，其序號為 97080883。

### 1.16.3 AC 馬達拆檢測試

本案因左外流閥故障訊息更換之交流馬達（AC motor），件號:724912-21，序號:E1595，於民國 101 年 6 月 13 日在原製造廠（Woodward MPC Inc.）進行拆檢測試。美國國家運輸安全委員會（National Transportation Safety Board，NTSB）調查人員、艙壓控制系統製造廠（Hamilton Sundstrand）代表、原廠品管主管及工程師參與此拆檢測試，報告詳如附錄七。報告摘要如下：

- 測試情況：
  - 待測件接上測試台，啟動自動測試程序（Automatic Test Procedure，ATP）後，即發現煞車無法釋放，後續 ATP 程序無法執行。
  - 自馬達組合件拆解煞車件後，馬達及轉速計經過測試，通過所有的測試條件。
  - 檢視拆下之煞車外觀，發現煞車軸槽（shaft slot）磨耗嚴重。
  - 拆解及檢查馬達轉子，發現轉子凸片（motor rotor tab）嚴重磨損。
- 失效情況：檢查發現此交流馬達之轉子軸及煞車軸之介面破損，煞車間隙增大。
- 失效原因：原廠認為馬達經常在煞車致動時運轉（稱之動態煞車，dynamic braking），因煞車扭力是高於馬達輸出扭力，動態煞車長期運作下會造成轉子軸及煞車軸之介面破損，並且使煞車間隙增大，最後造成煞車無法釋放。

### 1.16.4 事故後座艙區域麥克風錄音品質檢測

本次事故後，長榮維修單位得知 CVR 座艙區域麥克風錄音品質不良之狀況，

即執行該機 CVR 系統有關座艙區域麥克風之測試。先以飛行前檢查程序進行檢測，發現按下 CVR 控制面板測試按鈕時，指針移至綠帶區域，測試結果正常；接著依 AMM TASK 23-71-00-735 測試程序進行測試，此時測試者貼近麥克風發話時，由耳機可聽到明顯噪音及可辨識之發話聲；測試者距離麥克風一些距離發話時，由耳機聽到的只是明顯的噪音，無法分辨發話之語音，瞭解及確定故障狀況後，聯繫維修計畫單位派工執行故障排除。

針對此故障，長榮於民國 101 年 4 月 6 日起於該機執行 C-CHECK 期間，同時派工執行座艙區域麥克風錄音品質不良之故障排除。該工作先更換座艙區域麥克風，但問題仍存在。維修員進一步檢查線路，拆開位於控制面板與區域麥克風之電氣接頭，發現 2 條訊號線相互錯置，經正確連接後，復原電氣接頭，系統測試正常。

專案調查小組為了解本案 CVR 之座艙區域麥克風所錄之聲音品質不良問題之原因及 CVR 系統測試方式，於民國 101 年 6 月 7 日赴長榮棚廠執行 CVR 飛行前檢查，及工作卡編號 2031FC 之測試。

該型機飛行前檢查第 5K 項，測試 CVR 控制面板如圖 1.16-2 所示，於按下 CVR 測試按鈕（下圖編號 2）後，控制面板之指針（下圖編號 1）必須轉至綠色範圍內方為合格，經測試指針可指示至綠色範圍。



圖 1.16-2 CVR 控制面板

專案調查小組再依據年度測試之工作卡編號 2031FC 執行 CVR 系統測試，該工單中並未詳列測試方法及步驟，僅說明該測試須依據 AMM23-71-00-735 程序，依該程序執行測試時即配合使用耳機，耳機接上孔座（上圖編號 4），接著貼近正駕駛、副駕駛及觀察員之麥克風發話，此時可從耳機清楚聽到發話聲音；於執行座艙區域麥克風測試時，測試者必須距麥克風約 4 呎說話，並確定可從耳機聽到發話聲音方為合格；測試結果可從耳機清楚辨識測試者發話聲音且無噪音。

為了解 2 條訊號線錯置與錄音品質不良之關係，將 2 條訊號線恢復至當時之相互錯置狀況，但測試結果卻仍可清楚辨識座艙區域麥克風之發話之語音亦無明顯噪音；於 CVR 兩條訊號線錯置或正確配置狀況下，按下 CVR 測試按鈕指針均可指示至綠色範圍。

有關 CVR 兩條訊號線於錯置或正確配置狀況下，座艙區域麥克風之測試均可清楚辨識發話聲音且無噪音，經長榮洽詢波音公司後，認為接地線接觸不良所導致之可能性較高，專案調查小組於民國 101 年 6 月 19 日再次赴長榮棚廠執行測試，將控制面板麥克風之接地線拔除，如圖 1.16-4 所示，即發現從耳機僅能聽到噪音而測試者發話語音無法辨識，此時按下 CVR 測試按鈕指針仍可指示至綠帶範圍；接回接地線後，噪音消失，發話聲音清楚可辨識。

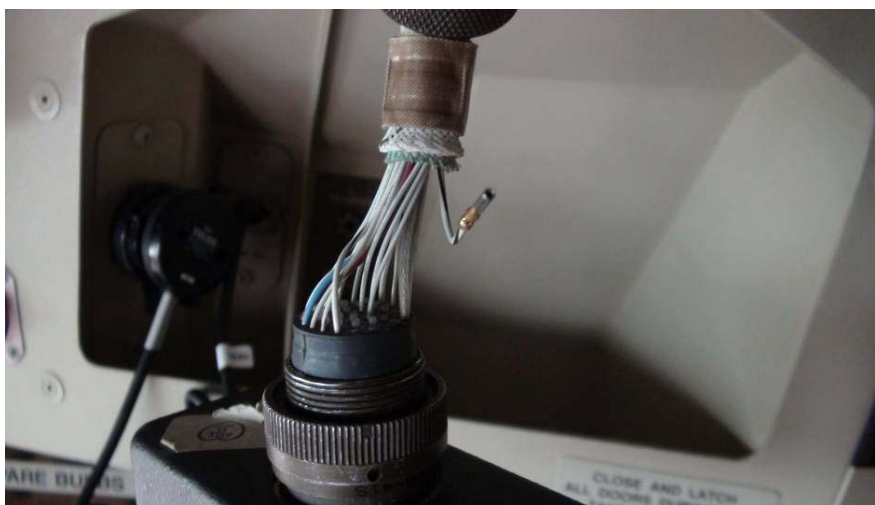


圖 1.16-3 接地線拔除模擬 CAM 錄音品質不良測試

## 1.17 組織與管理

無相關議題。

## 1.18 其他

### 1.18.1 訪談資料

#### 1.18.1.1 正駕駛員訪談摘要

正駕駛員約於 1 年半前晉升為 B747-400 型機機長，總飛時約為 1 萬小時，升任機長後飛時約為 1 千多小時。升任 B747-400 機長前係於 777 機隊擔任副駕駛員。事故前曾與副駕駛員共飛過，當時之合作情況良好。

事故當日報到時間為 0810 時，表訂起飛時間為 1010 時。起飛前該機除「左側 Logo Light、右側 Logo Light、一座椅不可載客」等 3 項待修項目外，其餘一切正常，天氣亦無特別狀況。實際起飛時間約為 1045 時，起飛時由副駕駛員擔任 PF，起飛後按航管指示曾於 3,000 呎及 7,000 呎改平飛，後獲許可爬升至飛航空層 190，轉換至 Taipei Control 後，獲許可爬升至飛航空層 370。

爬升過程中 EICAS alert message 無任何顯示，約莫爬升至 2 萬呎左右，UPPER EICAS 之 ECS flight data 跳出來，顯示艙壓已高於應有之範圍，第一眼看到時，Cabin Altitude 顯示數值約為 6~7,000 呎，且持續上升中，顏色為白色。由於正常值應為 4~5,000 呎，故感覺 something is abnormal，便開啓 LOWER EICAS 之 ECS page，發現右側 outflow valve 是 CLOSE，左側 outflow valve 則是在 9 點鐘方向。當時即向航管要求於 2 萬呎改平。隨後 Cabin Altitude 持續上升，顏色變為黃色，副駕駛員表示當時看到之艙壓高度約為 8,700 呎，艙壓高度爬升率約為 1,200 左右。不久後，「OUTFLOW VLV L」訊息（advisory message）才跳出，當時並無任何聲響，正準備執行「OUTFLOW VLV L」程序時，艙壓高度已上升至 1 萬呎以上，並跳出「CABIN ALTITUDE」警告（warning），正駕駛員便直接下達「Emergency Descend」指令，接手擔任 PF 並向航管「Declare Mayday」，要求下降至 1 萬呎，

航管則許可下降至 8,000 呎。

緊急下降過程中，因為左側 outflow valve 一直沒關<sup>20</sup>，副駕駛員便以手動方式將其關閉，因艙壓高度於幾分鐘內很快回到正常範圍，故當時使用 present speed 而未加速，下降率則不記得。下降至安全高度後，正駕駛員先請副駕駛員取下氧氣面罩，確定無問題後自己也取下氧氣面罩，拿出 QRH 將「CABIN ALTITUDE」checklist 重新唸過一次。一切恢復正常後，正駕駛員並向航管取消緊急狀況「Cancel Emergency」，詢問公司意見後返航桃園。

下降至安全高度後，正駕駛員曾以 PA 通知客艙組員到達安全高度，按公司規定此時事務長會進行各項檢查。在 QRH 中，「CABIN ALTITUDE」程序係屬於 memory item，其中「... Verify packs are on and outflow valves are closed.」項目，當駕駛員發現有 valve 沒有 closed 時，並無其他程序告訴駕駛員要再做什麼。

正駕駛員於升任 B747-400 機長後，曾於年度訓練/考核中作過「CABIN ALTITUDE」程序，但不記得是否曾作過「OUTFLOW VLV L」程序。

當日啟動引擎後依程序曾按「recall」以檢查 EICAS alert message，當時並無任何訊息，之後即未曾再按「recall」，公司亦無相關如「After Takeoff Checklist」之規定，要求駕駛員檢查相關參數。正駕駛員不認為當日自己或副駕駛員曾不小心按到「Cancel」鍵，而將 EICAS alert message 消除掉。

#### 1.18.1.2 副駕駛員訪談摘要

副駕駛員為 CPL 自訓駕駛員，兩年多前進入公司後即飛行 B747-400 型機至今，總飛時約為 2,600 多小時。事故前曾與正駕駛員共飛過，當時之合作情況良好。

<sup>20</sup> 正駕駛員於民國 101 年 7 月 25 日之第二次訪談時表示，其於第一次訪談時所述「因為左側 outflow valve 一直沒關」，係意指「因為左側 outflow valve 自動控制異常」。

當日報到時間為 0810 時，起飛前該機有 3 項 MEL item 許可之待修項目，「左側 Logo Light、右側 Logo Light、一座椅壞掉」，其餘一切正常。

起飛時由副駕駛員擔任 PF，採 PA1A 離場。轉換至 Taipei Control 後，正駕駛員於爬升過程中發現 EICAS 螢幕上，跳出一白色 message 顯示 Cabin Altitude 較正常大；很快的又變成黃色，副駕駛員記得當時之數值為 8,600，上升率為 1,200，緊接著「OUTFLOW VLV L」message 就跳出，正駕駛員指示於 2 萬呎改平，正準備作 QRH「OUTFLOW VLV L」程序時，「CABIN ALTITUDE」warning 就出現，正駕駛員隨即接手擔任 PF，並按「CABIN ALTITUDE」memory item 程序戴上氧氣面罩、確定 outflow valve 問題、放下客艙氧氣面罩，並向航管 Call Mayday 及要求下降。

緊急下降過程中，speed brake 有拉起，因為機長沒有加速，故下降率沒有很大。於 8 千呎改平時速度約為 270 浬/時，與航管通聯後減速至 250 浬/時。於 8 千呎改平後，曾拿出 QRH checklist 以檢查是否有遺漏之處。副駕駛員接手擔任 PF 後，正駕駛員曾以 PA 通知事務長作 security check，連絡公司後獲得回航指示，便於航管引導下返回桃園落地。

QRH「CABIN ALTITUDE」程序中告訴駕駛員要「Verify outflow valves 是 closed」，副駕駛員於 ECS page 中發現「OUTFLOW VLV R」已完全關閉，而「OUTFLOW VLV L」則關不起來，約位於 9 點鐘位置，故於緊急下降過程中手動將其關閉，以使艙壓回復正常。

副駕駛員過去曾於年度訓練/考核中作過「CABIN ALTITUDE」及「OUTFLOW VLV L」兩項科目。依公司現行規定，爬升至 1 萬呎時，僅須通知客艙「service check」，不須檢查 ECS page 中之客艙壓力數值。

副駕駛員表示，當日起飛後在很短時間內即爬升到 2 萬呎，過程中未感到耳朵有不舒服，自己或正駕駛員未曾因為不小心按到「Cancel」鍵，而將 caution



message 或 status message 消除掉。

### 1.18.1.3 訓練督導訪談摘要

受訪者自述為長榮航空之培訓飛行員，民國 79 年進入長榮，於義大利接受飛行訓練。曾任 B767 及 B747 F/O，之後轉 MD-90 升任 Captain，並飛過 MD-11。於民國 95 年回到 B747 任副總機長。民國 100 年開始擔任訓練督導。

受訪者表示本次事故時，當「OUTFLOW VLV L」EICAS alert message 訊息出現時，組員開始依程序處置，尚未處置完艙壓高度警告就出現了，所以執行緊急下降。有關波音新版 QRH 程序中提及 Verified outflow valve closed 時，並無其他明確程序供組員在此情況下處置。訪談者詢問有關客艙失壓訓練課目是否包含慢速失壓（Slow decompression），受訪者表示，會考慮將過去已實施過的 Slow decompression 相關科目，成為常態訓練科目。

組員訓練部分，各機隊有兩個 Training Supervisor（訓練督導），每月開一次機隊會議，另有固定之 IP（Instructor Pilot, 教官）會議，討論相關訓練問題。對於人員之考核部分都有詳細規定。

### 1.18.1.4 區管中心海峽席航路雷達管制席訪談摘要

受訪者表示當天值班時間自 1000 至 2100 時，1000 至 1100 時擔任海峽席雷達管制席。當時有一點繁忙，管制約 6、7 架航機，因為部分為離到場航機，一直有通話，BR702 呼叫 Mayday 後一度有通話互相干擾的狀況。

接管 BR702 時許可爬升至 FL370，該機再往前飛 15 至 20 哩後要求改平至 FL200，因為當時之雷達高度為 FL208，應該有狀況才會過了高度又改平，旁邊守聽的協調員及資料席也馬上注意到此狀況。因認為駕駛員應該在進行相關處理程序，故沒有立刻詢問該機。約過 5 秒駕駛員呼叫 Mayday，並要求下降至 8,000

呎<sup>21</sup>，看航情沒問題便同意其要求，同時協調員通知督導。之後觀察該機高度在下降，便詢問原因，駕駛員回答 cabin altitude problem，協調員便通知近場臺。後來有幾次連絡該機，但駕駛員並沒有回答，認為是在處理緊急狀況；曾詢問該機意向但駕駛員都沒有確實回覆，後來協調員要求積極處理，便指示該機 expect radar vector 返回桃園機場，駕駛員有覆誦，後來又確認一次。接下來協調員和近場臺協調，便聽從協調員指示給予雷達引導返回桃園機場。隨後一直詢問是否需要地面支援，但是駕駛員都沒有提到，再來便換到近場臺。

當 BR702 要求 radar vector，即與駕駛員確認是要返航回桃園，判斷完航情後因協調員已和近場臺協調，便雷達引導回桃園。direct to SEPIA 是協調員指示的，而且 SEPIA 是到場會經過的一個點，已在近場臺的空域，也可以節省飛行時間。因為要回桃園落地，依規定要發到場，萬一無線電失效時航空器才會知道要怎麼飛，後來又覺得已經預計訂 SEPIA，有可能與近場臺是用航向交接，所以又把它取消。

#### 1.18.1.5 區管中心海峽席航路協調席訪談摘要

受訪者於 101 年 2 月升任協調員，當天值班時間自 0800 至 1900 時，事故前剛上席位。當時工作量及工作負荷正常，1030 至 1200 落地航機比較多。

受訪者表示上席位沒多久聽到 BR702 請求保持 20,000 呎，認為應該有問題，依據之前的訓練，此時不要打擾駕駛員，不久該機突然呼叫 Mayday，並回覆是 cabin altitude problem，但問不出意向，隨即報告督導，並與近場臺協調。直到換波道前該機皆未回覆是否需要地面支援，所以請近場臺於接管後再詢問。

當時雷達席管制落地的航機沒有很多，是可以處理的狀況。因為 BR702 呼叫 Mayday，便全力配合，將其他飛機帶開。該機要求雷達引導後，一開始雷達席有

<sup>21</sup> 依據航管錄音，駕駛員事故當時說 ten thousand，並不是正常的術語 one zero thousand，該員認為駕駛員說 eight thousand，許可下降 eight thousand。

給航向，但為盡快協助該機落地，即協調讓定向 SEPIA 交給近場臺，認為駕駛員若無法配合應該會拒絕。當時認為定向 SEPIA 交給近場臺會更快，所以駕駛員要求雷達引導的訊息並沒有交接給近場臺。

#### 1.18.1.6 維修員訪談摘要

受訪之長榮航太維修員為該機事故前最後一次 CVR 「FUNCTIONAL VOICE RECORDS AND OVERHEAD AREA MIC」工單執行者，執行日期為民國 100 年 11 月 1 日。

維修員表示該項工作係配合飛機 3A CHECK 一併實施，維修員被問及施行該工單之功能時，表示係指去驗證座艙語音紀錄器 4 個音軌，包括：Captain、First Officer、First Observer 及 Area Mic，確認該 4 個音軌都可以清楚的記錄到聲音。

該維修員被問及該工單次頁有關 4 個音軌麥克風操作測試之意義及方法時，其表示該工單有要求參考 AMM，也就是要把工單指示的 AMM 相關章節印出來，依據 AMM 內容執行；該員表示該次測試有將 AMM 之相關章節印出來，分別對 4 個音軌去做測試，印象中 AMM 是先要求檢測 Captain Position Channel，把 Area Mic 蓋起來，然後參考其他手冊去做準備，若要做 Captain Side，要先把其他的麥克風蓋起來，Interphone 放在 OFF 的位置，另外 Audio Control Panel 要設定麥克風到 Interphone 位置，也就是用它來發話，用耳機聽自己講話的聲音，然後再換下一個 Channel 去做測試，該員表示該次執行 Area Mic 測試時距離麥克風 4 呎，當把耳機插頭接上 CVR Control Panel 的孔座，說「test、test、1、2、3」，該次檢測正常，沒有聽到雜音，可以聽到講話的聲音。該員表示進入長榮約 10 年，該項工單執行過許多次，未曾遇到檢查結果不正常，有雜音之狀況。

#### 1.18.2 CVR 系統檢查法規

依據民航局「07-02A 航空器飛航作業管理規則」附件十二規定，座艙通話紀錄器系統之檢查內容如下：

1. 駕駛艙內之座艙通話紀錄器、飛航資料紀錄器及飛航資料擷取裝置如有裝設內建測試功能時，應列為每日第一次飛行前之檢查項目。
2. 下列項目必須執行年度檢查：
  - 2.1 讀取飛航資料紀錄器及座艙通話紀錄器所記錄之資料，以確認該紀錄器在應記錄期間內正常運作。
  - .....
  - 2.5 座艙通話紀錄器之年度檢查，應以重新播放所記錄信號之方式實施。當其裝置於機上時，座艙通話紀錄器應記錄來自每一個信號源及相關外部信號源之測試信號，以確認所有必要之信號達到可辨識之標準；以及
  - 2.6 如可行，在年度檢查期間，應檢查座艙通話紀錄器中所記錄之飛航紀錄樣本，以作為該信號可資辨識之證據。
  - .....
4. 民航局要求下，年度檢查報告應隨時能夠提供作為監視之用。

### 1.18.3 外流閥失效訊息之顯示時機

調查小組針對左外流閥/交流馬達失效與駕駛艙出現 EICAS 『OUTFLOW VLV L』訊息之議題，請美國運輸安全委員會代轉本會之問題：

- 此訊息是否在起飛階段受到抑制（takeoff inhibit<sup>22</sup>）？
- 交流馬達失效與 EICAS 訊息『OUTFLOW VLV L』出現的時間？

依據 NTSB 於民國 101 年 5 月 9 日轉 Boeing 及 Hamilton Sundstrand 電郵：

<sup>22</sup> 起飛抑制（Takeoff inhibit）：在起飛階段為避免駕駛員分心，部分警示系統會被抑制（不被啟動）。起飛期間被抑制的警戒系統主要為部分的 warning 之主警告燈（master warning light）及警告聲響（如 fire bell, 火警警鈴），所有的 caution 之主注意燈（mater caution light）及注意聲響（beeper），詳細請參考 AMM 31-52-00。

「The AC Motor failure will result in the following EICAS and CMC Messages (with the associated time delays). These messages are not inhibited during takeoff: (譯: 當 AC 馬達失效時, 將會導致以下 EICAS 及 CMC 訊息 (結合時間延遲), 該等訊息在起飛過程中不會被抑制。)

*Outflow Valve L (Advisory): AC Motor Failure + 1 second time delay* (譯: Outflow Valve L (Advisory) : 此訊息於 AC 馬達失效後, 延遲 1 秒顯示)

*Outflow Valve L (Status) : AC Motor Failure + 11 second time delay* (譯: Outflow Valve L (Status) : 此訊息於 AC 馬達失效後, 延遲 11 秒顯示。)

*Outflow Valve L Actuator/Motor Fail (CMC message): AC Motor Failure + 6 second time delay* (譯: Outflow Valve L Actuator/Motor Fail (CMC 訊息) : 此訊息於 AC 馬達失效後, 延遲 6 秒顯示。)

#### 1.18.4 飛航操作相關手冊資料

長榮飛航組員操作手冊 (Flight Crew Operations Manual, FCOM), 民國 100 年 10 月 1 日修訂生效, 該手冊中有關 QRH 之單一外流閥自動功能失效及艙壓高度警告操作程序, 如附錄八。

長榮飛航組員訓練手冊 (Flight Crew Training Manual, FCTM), 民國 99 年 8 月 15 日修訂生效, 該手冊有關艙壓高度或快速失壓組員操作程序之訓練內容, 如附錄九。

波音 747-400 飛機飛航手冊 (Airplane Flight Manual, AFM), 美國聯邦航空總署核定 (FAA Approved 07-20-07), 該手冊有關艙壓高度之不正常程序 (Non-Normal Procedures), 如附錄十。

## 第二章 分析

### 2.1 概述

該班機飛航組員飛航資格符合現行民航法規之規定，事故前 72 小時之休息及活動正常，無證據顯示飛航組員於飛航中曾受任何藥物及酒精之影響。該班航機之載重平衡在限制範圍內。該機事故前 3 個月內之飛航及維修紀錄簿，無與本次事故相關之異常維修紀錄；該機之適航指令執行紀錄顯示，適航指令之管制及執行符合適航要求。

B747-400 型機艙壓控制系統具有兩具功能相同之外流閥，單一外流閥自動功能失效時，依快速參考手冊，以手動模式關閉該失效之外流閥，讓另一組正常外流閥自動控制艙壓，若無其他異常狀況，該航空器可以繼續飛行前往目的地。本案左外流閥自動功能失效後，爬升過程該機艙壓發生異常，駕駛員處置艙壓異常狀況時，依駕駛員訪談紀錄，正、副駕駛員均表示『正準備作 QRH「OUTFLOW VLV L」程序時，艙壓高度警告就出現』。因此，本案討論之重點包含：造成艙壓異常原因、反應故障訊息之時間、艙壓異常狀況駕駛員之處置、操作及程序；另外有關航管服務、CVR 座艙區域麥克風錄音品質及艙壓高度變化歷程也一併探討。

### 2.2 艙壓異常原因

如 1.6.4 有關艙壓控制系統之說明，此系統主要包含：選擇面板、2 具 CPC、2 具 ICU、2 具外流閥及手動控制繼電器。艙壓控制系統在自動模式時，由主控之 CPC 經由 ICU 控制外流閥致動器之交流馬達，改變外流閥門開合之位置。當主控之 CPC 故障時，系統控制權會自動轉到另 1 具正常之 CPC 上，由圖 1.6-5 之紀錄可知，左外流閥自動功能故障時（1045:20），CPC-A 為艙壓控制系統主控器；長榮於事故後曾將當時裝機之 2 具 CPC 及左 ICU 送回原製造廠檢測，依據 1.16.2 初步檢測結果，ICU 進廠檢查功能正常，CPC-B 檢測功能正常，CPC-A 有內部壓

力感測器輸出電壓超出規範狀況存在。經詢問波音公司有關 CPC-A 壓力感測器之問題，波音公司表示此類比感測器其功能，只有在 CPC-A 及 CPC-B 內部數位壓力感測器均失效時，作為提供艙壓顯示用，此感測器與艙壓控制無關，與左外流閥致動器失效無關。

根據 1.6.3 維修資訊，駕駛員登錄飛航維護紀錄簿之故障『爬升過程中「OUTFLOW VLV L」故障訊息，艙壓高度持續升高，最後發生「CABIN ALTITUDE」警告訊息』；維修人員對該故障之修護作為「左外流閥致動器/馬達失效，更換左邊外流閥交流馬達，情況正常，執行艙壓控制系統 A 及 B 地面測試通過。最終檢查在 EICAS 上無訊息，飛機回復正常」。維修人員亦根據維修手冊 05-51-24-202-001，執行航機因外流閥失效發生失壓之狀況檢查，狀況正常。由此可見，造成艙壓控制系統故障之主要元件為左外流閥之交流馬達失效，此故障在事故航班於駕駛艙先出現為「OUTFLOW VLV L」故障訊息，後來發生艙壓高度警告。

依據 1.16.3 及附錄六，有關左外流閥之交流馬達拆檢測試報告，發現該交流馬達煞車軸槽嚴重磨耗，因動態煞車造成煞車軸及轉子軸之介面破損，煞車間隙增大，造成馬達無法釋放煞車。該報告亦顯示此故障現象與其他送返原廠修理之馬達相似，對此故障的原因，原廠認為可能是來自於系統控制或運作的方式（交流馬達電壓不正確）造成，波音公司及系統供應商並會持續合作尋找根本原因及解決方案。

雖然 CPC-A 進廠檢修存在壓力感測器輸出電壓超出範圍，但是該 CPC 在更換左外流閥交流馬達後，修護人員即執行該 CPC 之地面測試，其結果正常，因此本會認為 CPC-A 進廠發現之故障與本案艙壓異常無直接關係。而左外流閥馬達之故障，在事故當時 CMC 故障訊息即指出交流馬達故障，進廠檢修亦確認此交流馬達煞車軸槽嚴重磨耗，造成煞車無法釋放。因此造成事故航機艙壓控制系統故障主要元件為左外流閥之交流馬達。

維持正常客艙壓力高度需要空調系統提供適當的加壓空氣、正常的加壓艙機體（pressurized vessel）及運作正常之艙壓控制系統，本案無證據顯示事故航機空調系統及機體有任何不正常之影響，故障紀錄及檢測報告均顯露艙壓異常之原因為左外流閥交流馬達失效。

本案航機在初始爬升中（約 1045 時），艙壓控制系統左外流閥於自動模式下失效，並卡住在 64.9% 之位置。檢測左外流閥發現該閥門之交流馬達煞車軸槽嚴重磨耗，煞車軸及轉子軸之介面破損，煞車間隙增大使馬達煞車無法控制釋放。左外流閥卡在 64.9% 之位置及右外流閥全關閉的狀況下，使艙壓洩氣超過正常爬升及巡航之情況，左外流閥失效的位置使該機無法正常建立艙壓，最後使該機艙壓高度過高之情況。

## 2.3 處置 EICAS 左外流閥故障訊息可用時間

單一外流閥自動功能失效引起之艙壓異常時，其可能的後果及容許處置此異常之時間，會受到外流閥門故障時的位置、飛行階段<sup>23</sup>、飛行高度、故障訊息出現之時機及駕駛員發現故障之時間等的影響。本案就駕駛員可反應左外流閥自動功能失效之時間，討論之重點為 EICAS「OUTFLOW VLV L」故障訊息出現時機及駕駛員發現系統故障訊息時間。

### 2.3.1 EICAS 左外流閥故障訊息出現時機

#### 2.3.1.1 EICAS 左外流閥故障訊息之出現及延遲

根據飛機維修手冊 AMM 21-31-00，當艙壓控制系統失去一個外流閥自動控制功能時，駕駛艙會出現 EICAS Advisory「OUTFLOW VLV L」或「OUTFLOW VLV R」故障訊息。波音公司回復本會有關之提問，亦表示當左外流閥之 AC 馬達失效時，將會引起 EICAS「OUTFLOW VLV L」Advisory、「OUTFLOW VLV

<sup>23</sup> 例如：起飛、爬升、平飛、下降、落地及滑行。



L」 Status 及 CMC 「OUTFLOW VLV L Actuator/Motor Fail」訊息，且該等訊息不受起飛抑制（takeoff inhibit）影響。有關起飛時訊息抑制，如 1.18.2 及 AMM31-52-00 所述，起飛階段為避免駕駛員分心，部分警戒系統會被抑制。起飛期間被抑制的警戒系統主要為部分的 warning 之主警告燈/警告聲響及所有的 caution 之主注意燈/注意聲響。有關本案左外流閥失效時，EICAS「OUTFLOW VLV L」 Advisory 及 Status 訊息之顯示並不會被抑制。

波音公司回復亦表示 EICAS 「OUTFLOW VLV L」 Advisory、「OUTFLOW VLV L」 Status 及 CMC 「OUTFLOW VLV L Actuator/Motor Fail」訊息其出現時間與 AC 馬達失效時間依序分別會有 1 秒、11 秒、6 秒之延遲。參考 1.16.1 外流閥訊息測試，在模擬機測試時，模擬交流馬達失效後，幾乎立刻<sup>24</sup>出現 EICAS 出現「OUTFLOW VLV L」 Advisory 及「OUTFLOW VLV L」 Status 訊息。使用事故航機，以按壓左側外流閥手動按鈕開關使產生 EICAS 訊息，短時間內亦出現「OUTFLOW VLV L」 Advisory 及「OUTFLOW VLV L」 Status 訊息，其延遲時間分別為 4 秒及 13 秒。

綜上所述，系統設計及模擬測試顯示左外流閥門交流馬達失效後，EICAS 會顯示「OUTFLOW VLV L」 Advisory 訊息及「OUTFLOW VLV L」 Status 訊息，此訊息在起飛時不受起飛抑制影響，訊息出現雖有延遲，但時間非常短暫。

### 2.3.1.2 外流閥故障之紀錄

根據 1.6.3 維修資訊，有關駕駛員於飛航維護紀錄簿之故障登錄顯示，在爬升過程中 EICAS 出現「OUTFLOW VLV L」故障訊息。在 1.6.6 系統故障訊息紀錄，有關 EICAS 維修顯示頁面之說明，當系統發生故障時，關聯之 EICAS 維修頁面將會被自動記錄，以本案左外流閥故障時，自動記錄的 Auto-snapshot 環控系統頁

<sup>24</sup> 該測試結果僅述及幾乎立刻出現，未計時延遲時間。

面紀錄如圖 1.6-5，該頁面顯示事故航機於 1045:20 時<sup>25</sup>，左外流閥發生故障，相關之 EICAS 故障訊息為 OUTFLOW VLV L，該外流閥門停止於 0.37 之位置（0.0 表示全關，0.37 表示仍有百分之 37 之開口）。

參考 1.6.6 節該機經由 ACARS 傳至地面維修中心之 Present Leg Fault 內容如圖 1.6-4，該紀錄顯示事故班機於當日 1108 時將此故障訊息傳下至地面，有關駕駛艙效應（Flight Deck Effect, FDE）共 4 個，其中 2 個均記錄於 1045 時左外流閥故障，造成故障的元件為交流馬達，此二 FDE 分別是 EICAS Advisory 訊息「OUTFLOW VLV L」及 EICAS Status 訊息「OUTFLOW VLV L」。兩筆紀錄均顯示此故障為 Hard fault，且在傳下故障訊息當時仍是 Active。參考飛機維修手冊 45-10-00 有關 Hard fault 之定義，Hard fault 所指的故障為發生且一直持續存在至維修階段開始。假如在維修階段之前，此故障並無一直持續存在，則會被系統視為 Intermittent fault（間歇性故障）。

以上故障訊息紀錄指出：於 1045:20 時，左外流閥發生故障，並停止於 0.37 之位置；1045 時，駕駛艙效應為「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息及 Status 訊息；此故障從 1045 時發生，一直到 1108 時（ACARS 下傳 Present Leg Fault 至地面維修中心之時間），期間 23 分鐘此故障為一直持續存在的故障（Hard Fault）。

檢視 FDR 紀錄資料及 CVR 抄件顯示，於 1054:30 時駕駛員呼叫「outflow valve left checklist」，顯示駕駛員當時已經發現左外流閥失效；於 1054:41 時駕駛艙出現艙壓高度警告，此時間均落於 1045 時至 1108 時期間。

綜整上述從系統設計、測試與模擬、故障紀錄及 CVR/FDR 資料之結論為：左外流閥於 1045 時故障，短時間內 EICAS 應出現「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息及「OUTFLOW VLV L」Status 訊息，此訊息在起飛時不受起飛抑制影響。直至 1054:30 時駕駛員發現左外流閥故障期間，該故障一直持續存在，並無故障

---

<sup>25</sup> 該紀錄原始時間為 UTC 時間，本章節所述時間均轉換為台北時間。

暫時消失後再出現之現象。

### 2.3.2 駕駛員發現 EICAS 左外流閥故障訊息時間

如前節 (2.3.1) 所述，系統故障訊息出現時機之分析，該機係於約 1045 時發生左外流閥失效狀況，EICAS 應會顯示該故障訊息。但 1.18.1 駕駛員訪談紀錄，駕駛員表示爬升至 2 萬呎時，發現艙壓高度高於應有之範圍，Cabin Altitude 顯示數值約為 6~7,000 呎，且持續上升中，顏色為白色...，不久後才出現「OUTFLOW VLV L」訊息。駕駛員所陳述訊息出現之順序及出現時機與系統設計、事故後之測試、FDR 資料及該機之系統故障訊息紀錄不符。

觀察 B747-400 型機駕駛艙，其 Upper EICAS 顯示器位於駕駛艙儀表板前面中央的位置，自動駕駛控制面板位於 EICAS 顯示器上方，襟翼手柄則位於其右下方，襟翼位置顯示於 upper EICAS 顯示器的右下方，駕駛艙配置及相關訊息顯示位置如圖 2.3-1。依據 CVR 資料，該機於起飛後，於 1045:20 時起至 1053 時止曾分別執行襟翼分段收起、起飛後檢查、自動駕駛控制面板設定及檢查等程序，依照該型機之駕駛艙配置、自動駕駛控制面板的位置及襟翼位置的顯示，於執行上述程序期間，飛航組員之目光可能多次顧及 Upper EICAS 顯示器上之顯示，且此期間正副駕駛員交互檢查之互動及 call out 無異常現象，故依據該機之系統故障訊息記錄資料，如於 1045:20 時起駕駛艙出現「OUTFLOW VLV L」訊息，飛航組員執行相關操作程序時應可發現此一訊息。

參考 1.6.5 整合顯示系統之說明，表 1.6-3 為有關 EICAS 訊息出現時，艙壓資料自動顯示於 upper EICAS 之時機，檢查事故班機之故障紀錄，其中只有為 EICAS Advisory「OUTFLOW VLV L」符合表 1.6-3 所列訊息之一。出現 EICAS Advisory「OUTFLOW VLV L」訊息使艙壓資料自動顯示於 upper EICAS，此乃與系統設計相符。因此，從這角度可推理在艙壓高度顯示數值約為 6~7,000 呎時，EICAS 應該已經出現 Advisory「OUTFLOW VLV L」訊息。由於艙壓資料是顯示在 upper EICAS (左下方)，此時若 Advisory「OUTFLOW VLV L」訊息已經出現在 upper

EICAS（右上方），駕駛員於注意到艙壓資料之艙壓高度變化時，應該也會看到「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息。

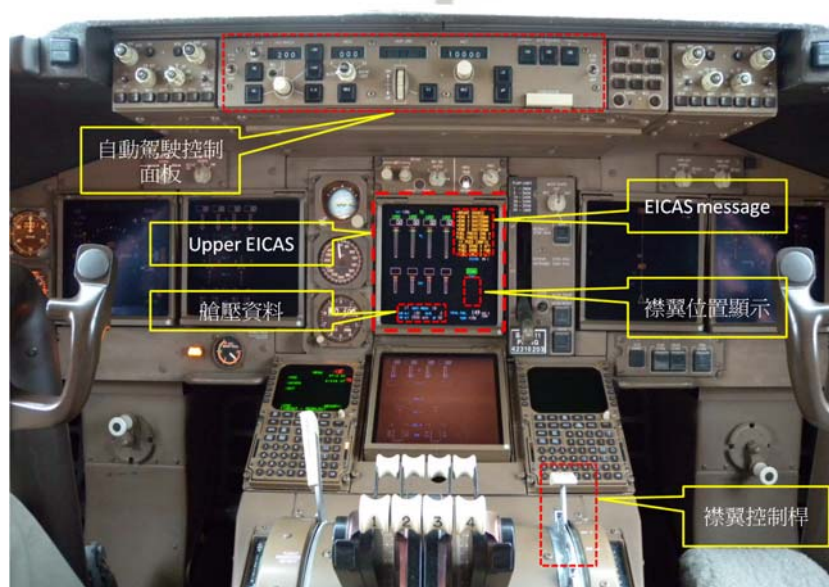


圖 2.3-1 駕駛艙配置及相關訊息顯示位置

### 2.3.3 小結

就航空器系統設計、機載裝備之故障紀錄、FDR 及 QAR 之紀錄均顯示，於 1045 時左外流閥交流馬達失效後短時間內 upper EICAS 應會出現「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息及艙壓資料，直至發生艙壓高度警告時（1054 時），期間該訊息持續顯示並無暫時消失。雖然，就駕駛艙配置、有關訊息出現的位置及飛航組員的操作與互動之分析，「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息出現時，駕駛員應該可及時看到此訊息，但無其他客觀證據可以支持駕駛員訪談時所表示於爬升至 2 萬呎發現艙壓異常後，「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息才出現的說法<sup>26</sup>，且模擬與測試均顯示左外流閥失效後，短時間內 upper EICAS 即出現此「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息，此結果亦顯示於 1045 時外流閥交流馬達失效後短時間內該故障訊息應會出現。因此，本會認為 1045 時左外流閥交流馬達失

<sup>26</sup> 「爬升至 2 萬呎時，發現艙壓高度高於應有之範圍，Cabin Altitude 顯示數值約為 6~7,000 呎，且持續上升中，顏色為白色...，不久後才出現「OUTFLOW VLV L」訊息」

效後短時間內 upper EICAS 出現「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息，而駕駛員在航機爬升至高度約 2 萬呎時，左外流閥失效後 9 分鐘（約在 1054 時），飛航組員始發現左外流閥失效及其 EICAS 故障訊息，此致飛航組員未能及時執行完成快速參考手冊「OUTFLOW VLV L」程序，以手動模式關閉左外流閥閥門，航機於爬升中持續洩壓致發生艙壓高度警告。當駕駛員正執行該程序時，航機已經發生艙壓高度警告。而駕駛員為何在較晚的時機才發現左外流閥故障訊息之原因無法判定。

## 2.4 艙壓異常之處置及操作程序

### 2.4.1 艙壓異常之處置

長榮 QRH 第 2.20 頁內容：駕駛艙如出現單一外流閥自動失效時，為使仍正常之外流閥能夠控制艙壓，應依程序檢查將失效之外流閥開關置於手動位置，選擇空調系統（PACK）二開一關及以手動方式將外流閥關閉（如圖 2.4-1）。


2.20	 <b>747 Flight Crew Operations Manual</b>
<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"><b>OUTFLOW VLV L, R</b></div>	
Condition: One of these occurs: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatic outflow valve control is inoperative</li> <li>• The outflow valve manual switch is on</li> </ul>	
Objective: To allow the operating outflow valve to control cabin pressure.	
1	OUTFLOW VALVES MAN switch (affected valve) . . . . . ON
2	PACK control selector . . . . . Two packs on, one pack OFF
3	OUTFLOW VALVES manual control . . . . . Hold in CLOSE until the outflow valve indications show fully closed

圖 2.4-1 單一外流閥自動功能失效程序

依據 CVR、FDR 及 QAR 資料，1053:42 時至 1053:54 時組員間有一段無法辨識之對話，於 1053:59 時副駕駛員問「你要那個嗎」之後又說「先 manual manual 把它關起來好了」。於 1054:03 時正駕駛回答「它已經全關了」，於 1054:06 時正駕駛說「哦 先 level 一下」，於 1054:30 時正駕駛呼叫「outflow valve left checklist」。顯示飛航組員可能於 1053:59 時已發現左外流閥失效，副駕駛員建議先手動模式把左外流閥關閉，正駕駛員決定先平飛一下，之後再執行「OUTFLOW VLV L」QRH 程序。

於 1054:03 時當正駕駛回答「它已經全關了」，QAR 資料顯示此時右外流閥為全關，但左外流閥尚未全關（在 64.9%的位置），且艙壓高度持續爬升中<sup>27</sup>，此後於 1054:08 時，正駕駛員先與航管聯絡要求平飛，至 1054:30 時始執行外流閥失效程序，航機於 11 秒後（1054:41 時），左外流閥開始往關閉的方向移動，幾乎同時駕駛艙亦出現艙壓高度警告聲響。

長榮 QRH 第 2.2 頁內容：該事故機（B-16411）駕駛艙如出現艙壓高度警告或快速失壓現象，依程序應戴上氧氣面罩、建立組員溝通、確認所有空調系統均開啓及外流閥均關閉、如艙壓高度無法控制時，則施放乘客緊急氧氣及執行緊急下降程序……（如圖 2.4-2）。

---

<sup>27</sup> 於 1054:00 時艙壓 10.44psi(高度 9,139 呎)，至 1054:04 時艙壓 10.41psi(高度 9,213 呎)。

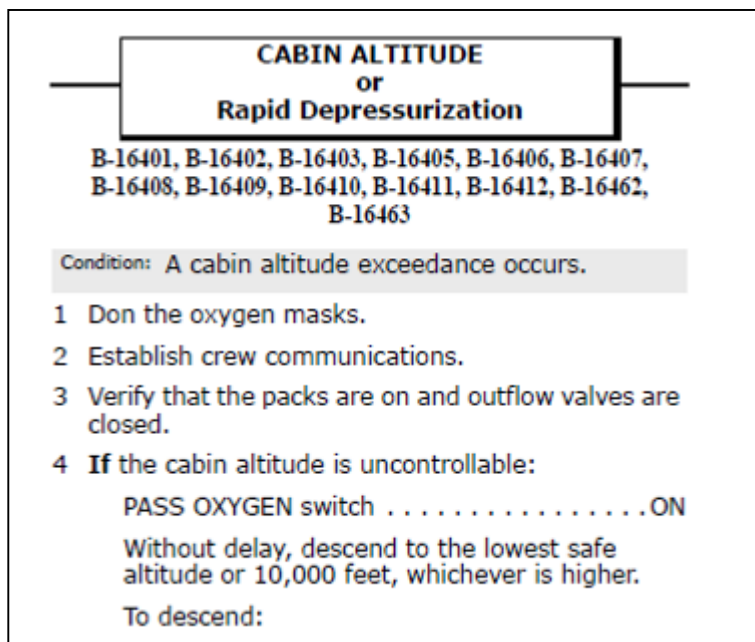


圖 2.4-2 艙壓高度或快速失壓程序 1

參考 2.7 艙壓高度變化歷程分析，1054:41 時發生艙壓高度警告，當時艙壓為 10.06 psi (約為 10,089 呎)，QAR 紀錄資料顯示約同時左外流閥開始關閉的跡象，CVR 抄件<sup>28</sup>亦顯示副駕駛員當時以手動方式關閉左外流閥，左外流閥門於 1054:54 時完全關閉，於 1054:51 時右外流閥門已由原為全關位置開啓至 82.5%，此時正駕駛員呼叫「emergency descent」，艙壓於 1054:52 時為 10.12 psi (約 9,937 呎)，以上資料顯示從手動關閉左外流閥 10 秒鐘後，艙壓自動調節功能已恢復。CVR 紀錄 1056:18 時客艙自動廣播乘客使用氧氣面罩有關內容，顯示當時乘客緊急氧氣面罩已被施放<sup>29</sup>，當時艙壓高度為 9,535 呎，且持續下降中，而於 1056:21 時艙壓高度之警告消失<sup>30</sup>。

綜上述，駕駛員於發現艙壓異常與左外流閥失效時，副駕駛員曾建議先手動

<sup>28</sup> 參考 CVR 抄件 1103:44 至 1103:46 之駕駛員對話。

<sup>29</sup> 參考 2.6，本案最大艙壓高度為 10,165 呎，當艙壓高度超過 14,000 呎時，系統才會自動施放乘客緊急氧氣面罩。因此，本案乘客緊急氧氣面罩係由手動施放。

<sup>30</sup> AMM21-30-00 艙壓高度超過 10,000ft 時，出現艙壓高度警告，一直持續至艙壓高度低於 9,500ft 時停止。1056:20 時之艙壓為 10.28psi (9,535 呎)，1056:28 時之艙壓為 10.31psi (9,460 呎)。



模式把左外流閥關閉，正駕駛員決定先平飛一下，而先向航管申請平飛，並未優先關閉左外流閥，此作為可能錯失將左外流閥及時關閉的機會；接著再執行 QRH 「OUTFLOW VLV L」程序，在副駕駛員以手動模式關閉左外流閥時，幾乎同時艙壓高度警告發生，當左外流閥逐漸關閉，艙壓高度漸恢復時，飛航組員未查覺艙壓可控制，正駕駛員考量安全決定執行緊急下降、戴上氧氣面罩，施放乘客緊急氧氣。飛航組員若完成緊急下降前之檢查表，應可察覺艙壓是可控制的。

## 2.4.2 艙壓高度警告之程序

參考長榮 QRH 第 2.1 頁內容：國籍標誌及登記號碼為 B-16481, B-16482, B-16483 之航機（此三架均為貨機），駕駛艙如出現艙壓高度警告或快速失壓現象，依程序應戴上氧氣面罩、建立組員溝通、檢查艙壓高度及升降率，確認所有空調系統均開啓及外流閥均關閉，如艙壓高度無法控制時，則施放同乘人員之緊急氧氣及執行緊急下降程序……（如圖 2.4-3）。

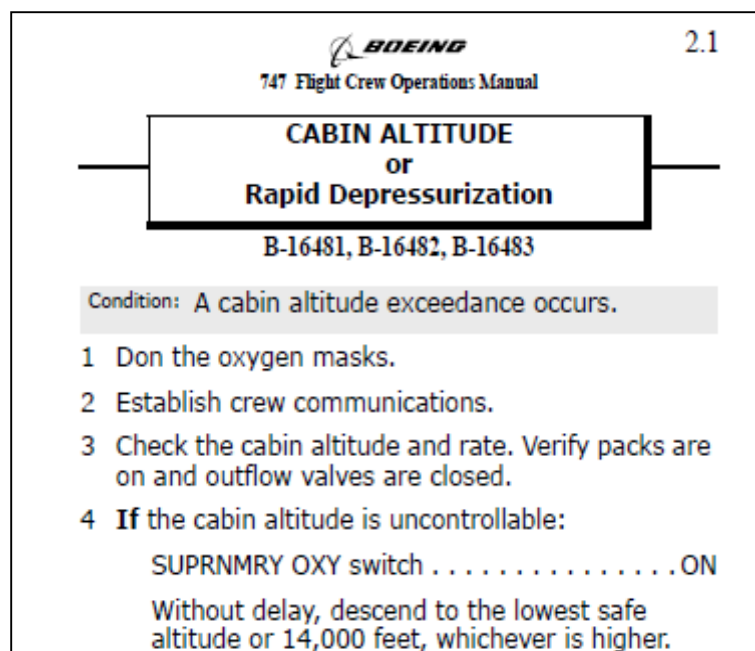


圖 2.4-3 艙壓高度警告或快速失壓程序 2

比較前述長榮 QRH 第 2.1 頁及第 2.2 頁內容發現；其第 3 項，第 2.1 頁除了



「確認所有空調系統均開啓及外流閥均關閉」，另有「檢查艙壓高度及升降率」，客機 QRH（第 2.2 頁）無此項「檢查艙壓高度及升降率」。

參考波音 B747-400 AFM，有關艙壓高度警告之不正常程序（non-normal procedure），如圖 2.4-4，假如 EICAS 顯示艙壓高度警告訊息時之程序，包含戴上氧氣面罩、檢查艙壓高度及升降率、施放乘客氧氣、儘快下降至較低的安全高度或 10,000 呎。其中「檢查艙壓高度及升降率」是建議應該被納入程序之項目。

C A B I N A L T I T U D E (Rapid Depressurization)	
If the EICAS message CABIN ALTITUDE is displayed:	
Oxygen Masks. . . . .	ON
Cabin Altitude and Rate . . . . .	CHECK
Passenger Oxygen. . . . .	ON
Descend as rapidly as practicable to the lowest safe altitude or 10,000 feet, whichever is higher.	

圖 2.4-4 AFM 艙壓高度不正常操作程序

CM1	CM2
Call for "CABIN ALTITUDE memory items."	Initiate performance of memory items. After completing the item "CABIN ALTITUDE AND RATE.....CHECK",  Announce "Cabin altitude cannot be controlled" if the outflow valves indicate in the closed position and cabin altitude indicates climbing toward or exceeds 10,000 feet.
If cabin altitude cannot be controlled, complete the memory items:	
Call for "Emergency Descent" Without delay, close thrust levers, extend speedbrakes, and descend at VMO/MMO. Level off at lowest safe altitude or 10,000 feet, whichever is higher. If structural integrity is in doubt, limit airspeed and avoid high maneuvering loads.	Complete the memory item "PASSENGER/SUPERNUMERARY OXYGEN SWITCH.....ON"

圖 2.4-5 FCTM 有關艙壓高度警告內容

參考長榮飛航組員訓練手冊（FCTM） 9.5.3 有關失壓的程序，如圖 2.4-5，

CM1<sup>31</sup>呼叫「CABIN ALTITUDE memory items」(艙壓高度記憶項目); CM2<sup>32</sup>開始執行艙壓高度警告的記憶項目, CM2 在完成「CABIN ALTITUDE AND RATE.....CHECK」(檢查艙壓高度及升降率)後, 如果外流閥均指示完全關閉, 而且艙壓高度上升趨近於或超過 10,000 呎時, CM2 必須宣告「Cabin altitude cannot be controlled」(艙壓高度無法控制)。如前述, 客機 QRH 操作程序並無此項目「CABIN ALTITUDE AND RATE.....CHECK」可與組員訓練手冊所述內容搭配。接著執行 QRH 艙壓高度警告或快速失壓程序第 4 項, 要求駕駛員判斷艙壓高度是否可控制, 「如果艙壓高度不可控, 則.....」, 由此可見, 在艙壓高度警告之不正常操作程序, 貨機 QRH 有「檢查艙壓高度及升降率」比較能使駕駛員明確了解應執行項目, 且客機 QRH 程序也不符合 AFM 在此程序之建議。針對此議題本會詢問波音公司的意見, 波音公司表示如下:

*“The FCOM procedures for the 747-400 Passenger and 747-400 Freighter will be standardized by adding the Check cabin altitude rate step to the 747-400 passenger checklist. This change is planned to be published in the April 2013 revision. However, Boeing does not believe that this change would have affected the EVA 747-400 event.”*

(譯: 有關 747-400 客機及貨機飛航組員操作手冊 (FCOM) 之程序, 將被標準化, 客機之檢查程序將新增檢查艙壓高度變化率的步驟, 此變更將出版在 2013 年 4 月的版本。然而, 波音不相信這個改變會影響長榮航空 747-400 事件。)

## 2.5 座艙區域麥克風測試程序

該機裝用之 CVR 具備內建測試功能, 長榮已依 1.18.3 所列 CVR 檢測相關規定, 將 CVR 內建測試列為該型機飛行前檢查項目之一; CVR 飛行前檢查執行方式為按下 CVR 測試按鈕, 觀察 CVR 控制面板指針是否轉至綠色範圍內, 若是則表示 CVR 錄音功能正常; 依據 1.6.3 維修資訊, 該機事故前一個月之 CVR 飛行

<sup>31</sup> CM1: Crew member 1 表駕駛艙左座之組員。

<sup>32</sup> CM2: Crew member 2 表駕駛艙右座之組員。

前檢查均無異常，顯示 CVR 各音軌均可正常錄音；另依據 1.11.1 內容，CVR 下載之座艙區域麥克風錄音資料存在雜訊，致人耳無法辨識出任何可用之語音資料，顯示飛行前檢查雖可驗證座艙區域麥克風具備錄音功能，然無法確認錄音品質良窳。

依據 1.18.3 所列 CVR 相關法規，年度檢查應以重新播放所記錄信號之方式實施，長榮 CVR 年度測試依工作卡編號 2031FC 執行，測試週期為每隔 3A Check 執行一次，日曆天週期約為 4~5 個月，工單所列測試方法及步驟須另參考 AMM 相關程序，工單亦未要求留存紀錄樣本供驗證比對；該機事故前最後一次年度檢查於民國 100 年 11 月 1 日執行，依據 1.18.1.6 執行該次年度檢查之維修員訪談摘要，維修員透過座艙區域麥克風發話，從耳機重新播放之測試語音資料無雜訊存在，顯示該次檢測結果正常；該機於民國 101 年 3 月 25 日事故後下載之錄音資料存在雜訊，經查係控制面板麥克風之接地線接觸不良導致，為能更明確使維修人員檢查時能發現接地線接觸不良狀況造成錄音品質不良之狀況，本次事故後，長榮已將 AMM 相關 CVR 年度檢查內容併入工作卡 2031FC，供維修員執行 CVR 年度測試參考。

## 2.6 飛航管制

事故航機駕駛員發現艙壓異常後，執行緊急下降程序以及向航管宣告緊急情況，並要求雷達引導回桃園機場，區管中心管制員隨即提供雷達引導，1 分多鐘後協調員請管制員指示該機直飛至 RNAV Arrival（區域航行到場）的航點 SEPIA。管制員指示直飛到 SEPIA 和雷達引導提供航向至 SEPIA，對於駕駛員的工作負荷並不相同，駕駛員收到直飛至此航點的指示後，需改變自動駕駛導航模式、FMC 重新輸入航點名稱、並交互檢查及確認航點正確性等，相較於雷達引導，駕駛員僅需改變航向。故對於宣告緊急情況的航空器，提供雷達引導的服務為較佳的方式。對此議題，民航局飛航服務總臺已於 101 年 10 月 19 日函告有關單位對於駕駛員宣告航空器遭遇緊急情況時請求雷達引導之作業事宜，文中宣導有關許可直

飛某航點與雷達引導對駕駛員工作負荷不同，航管配合給予適當之航向以提供最大協助，並將「提供遇險航空器緊急協助之訓練」納入航管進階學員訓練之教材。

## 2.7 艙壓高度變化歷程

根據 1.11.2 及 1.11.3 節 FDR 及 QAR 紀錄資料計算事故機之艙壓高度，結果詳圖 2.7-1。以 QAR 紀錄第一筆艙壓高度警告時間為 0（以 T=0 示之）<sup>33</sup>，摘要 CVR、FDR、QAR 資料及艙壓高度如下：

- T= -67 秒（1053:33 時），氣壓高度 18,997 呎，艙壓高度 8,530 呎，根據 1.6.5 節整合顯示系統，upper EICAS 顯示艙壓資料，當艙壓高度超過 8,500 呎，讀數值應為琥珀色；
- T= -41 秒（1053:59 時），氣壓高度 20,060 呎，艙壓高度 9,102 呎，CVR 抄件顯示副駕駛員說「先 manual manual 把它關起來好了」；
- T= -37 秒（1054:03 時），氣壓高度 20,220 呎，艙壓高度 9,213 呎，CVR 抄件顯示正駕駛員說「它已經全關了」；
- T= -10 秒（1054:30 時），氣壓高度 20,755 呎，艙壓高度 9,798 呎，CVR 抄件顯示正駕駛員呼叫「outflow valve left checklist」，資料顯示此時左外流閥仍在自動失效時之位置<sup>34</sup>；
- T= 0 秒（1054:40 時），氣壓高度 20,646 呎，艙壓高度 10,013 呎（超過 10,000 呎時，艙壓資料讀數值應為紅色）；QAR 紀錄艙壓高度警告第一筆資料；
- T=+1 秒（1054:41 時），氣壓高度 20,614 呎，艙壓高度 10,089 呎，CVR

<sup>33</sup> 所述時間，以艙壓高度警告最初發生時間為 0，發生前時間為“-”，發生後時間為“+”。

<sup>34</sup> QAR 每隔 4 秒記錄 1 次左外流閥之位置，1054:30 時至 1054:40 時期間左外流閥位置保持不變。

抄件顯示艙壓高度警告聲響<sup>35</sup>，QAR 資料顯示左外流閥於此時始有關閉跡象<sup>36</sup>；

- T=+6 秒 (1054:46 時)，氣壓高度 20,588 呎，艙壓高度 10,127 呎，QAR 資料顯示左外流閥位置關至 75.4% (於 1054:42 時之前至失效時為 64.9%)；
- T=+8 秒 (1054:48 時)，氣壓高度 20,574 呎，艙壓高度 10,165 呎，本事故之艙壓高度最大值；
- T=+11 秒 (1054:51 時)，氣壓高度 20,559 呎，艙壓高度 10,013 呎，右外流閥門由原為全關位置開啓至 82.5%，CVR 抄件顯示正駕駛員呼叫「emergency descent」；
- T=+14 秒 (1054:54 時)，氣壓高度 20,548 呎，艙壓高度 9,848 呎，QAR 資料顯示左外流閥顯示為全關位置 (102.1%)；
- T=+98 秒 (1056:18 時)，氣壓高度 17,477 呎，艙壓高度 9,535 呎，CVR 抄件顯示有關乘客使用緊急氧氣面罩之客艙自動廣播；
- T=+101 秒 (1056:21 時)，氣壓高度 17,398 呎，艙壓高度 9,535 呎，QAR 紀錄艙壓高度警告最後一筆資料。

綜整上述摘要，艙壓高度大於 8,500 呎時至發生艙壓高度警告時約 67 秒，艙壓資料艙壓高度指示讀數值變為琥珀色，可以確定艙壓已發生異常。副駕駛員說「先 manual manual 把它關起來好了」，至發生艙壓高度警告約 39 秒。正駕駛員呼叫「outflow valve left checklist」，當時艙壓高度約 9,800 呎，至發生艙壓高度警告約 10 秒。艙壓高度警告發生後 1 秒，QAR 資料顯示左外流閥始有關閉跡象。艙壓高度警告發生後 8 秒，艙壓高度達到本次事故之最大值 (10,165 呎)。艙壓

<sup>35</sup> 此紀錄與 QAR 之艙壓高度警告紀錄時間雖有 1 秒差異仍屬正常範圍。

<sup>36</sup> 左外流閥位置於 1054:40 時為 64.9%，於 1054:46 時為 75.4%。

高度警告發生後 11 秒，右外流閥逐漸開啓，表示艙壓自動調壓功能恢復。艙壓高度警告發生後 14 秒，左外流閥已完全關閉。綜上所述，本事故之左外流閥在自動模式失效的位置（64.9%），以手動模式將其完全關閉所需之時間應少於 14 秒。在確定艙壓高度異常（大於 8,500 呎）時，以手動模式關閉左外流閥，應可及時在艙壓高度到達 10,000 呎前將左外流閥完全關閉。

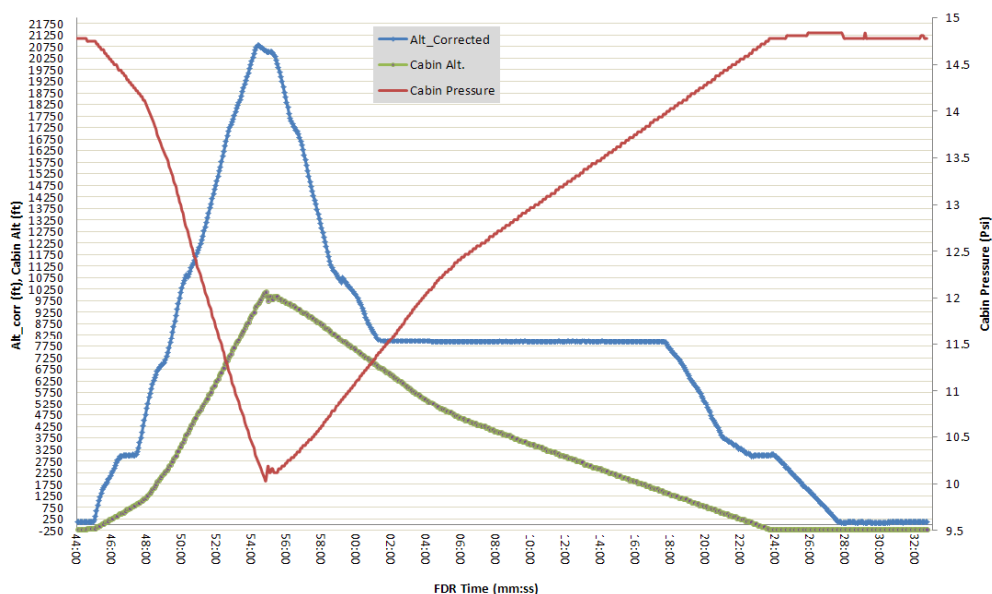


圖 2.7-1 BR702 航班之氣壓高度、艙壓及艙壓高度的變化圖

本頁空白

## 第三章 結論

### ● 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。其中部分調查發現為大眾所關切，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.於初始爬升中，該機艙壓控制系統左外流閥於自動模式下失效，並卡住在 64.9%之位置。檢測左外流閥發現該閥門之交流馬達煞車軸槽嚴重磨耗，煞車軸及轉子軸之介面破損，煞車間隙增大使馬達煞車無法控制釋放。左外流閥卡在 64.9%之位置及右外流閥全關閉的狀況下，使艙壓洩氣超過正常爬升及巡航之情況，左外流閥失效的位置使該機無法正常建立艙壓，造成該機艙壓高度過高之情況。(1.6、1.11、1.16、1.18、2.2)
- 2.資料顯示約在左外流閥失效後 9 分鐘，在航機爬升至高度約 2 萬呎時，飛航組員始發現左外流閥失效及其 EICAS 故障訊息，此致飛航組員未能及時執行完成快速參考手冊「OUTFLOW VLV L」程序，以手動模式關閉左外流閥閥門，航機於爬升中持續洩壓致發生艙壓高度警告。(1.6、1.11、1.16、



1.18、2.3)

3.當執行「OUTFLOW VLV L」程序，副駕駛員以手動模式關閉左外流閥時，幾乎同時發生艙壓高度警告，當左外流閥逐漸關閉，艙壓高度漸恢復時，飛航組員未查覺艙壓可控制，正駕駛員考量安全決定執行緊急下降、戴上氧氣面罩，施放乘客緊急氧氣。飛航組員若完成緊急下降前之檢查表，應可察覺艙壓是可控制的。(1.11、1.18、2.4、2.7)

### 3.2 與風險有關之調查發現

- 1.本案例外流閥交流馬達故障現象與其他由線上送返原廠修理之馬達相似，對此故障的原因，原廠認為可能是來自於交流馬達電壓不正確，使剎車無法正常適當釋放，其根本原因的判定，波音公司及系統供應商仍持續進行中。(1.16、2.2)
- 2.有關艙壓高度警告或快速失壓不正常操作程序，波音 B747-400 型客機與貨機之 QRH 內容不同；其第 3 項，貨機 QRH 除了「確認所有空調系統均開啓及外流閥均關閉」，另有「檢查艙壓高度及升降率」，客機 QRH 無此項目。飛機飛航手冊建議此不正常程序應包含「檢查艙壓高度及升降率」。客機 QRH 無此程序未符合飛機飛航手冊之建議，對駕駛員執行該程序下一步驟「判斷艙壓是否可控制」也較不連貫。(1.18、2.4)

### 3.3 其他發現

- 1.飛航組員相關飛航證照，符合現行民航法規之規定。(1.5、2.1)
- 2.無證據顯示飛航組員於該次飛航中曾受任何酒精藥物之影響。(1.5、2.1)
- 3.左外流閥於 1045 時故障，短時間延遲 EICAS 應顯示「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息及「OUTFLOW VLV L」Status 訊息，此訊息在起飛時不受起飛抑制影響。直至 1054:30 時駕駛員發現左外流閥故障期間，該故障

- 一直持續存在，並無故障暫時消失後再出現之現象。(1.6、1.11、2.3)
- 4.飛航組員敘述「OUTFLOW VLV L」訊息出現之順序及出現時機與艙壓控制系統設計、EICAS 系統設計或 FDR 資料及機載電腦故障訊息紀錄不符。事故後之模擬及測試顯示在左外流閥故障或按下手動控制開關，不久後即會出現故障訊息。(1.6、1.11、1.16、1.18、2.3)
  - 5.就駕駛艙配置、有關訊息出現的位置及飛航組員的操作與互動之分析，「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息出現時，駕駛員應該可及時看到此訊息，但無其他客觀證據可以支持駕駛員訪談時所表示於爬升至 2 萬呎發現艙壓異常後，「OUTFLOW VLV L」Advisory 訊息才出現的說法(1.6、1.11、1.18、2.3)
  - 6.本案座艙語音紀錄器座艙區域麥克風錄音雜訊之原因為，控制面板與區域麥克風間之接地線接觸不良所致。(1.11、1.16、2.5)
  - 7.本次事故後，長榮已將飛機維修手冊中相關座艙語音紀錄器年度檢查內容併入工作卡 2031FC，供維修員執行座艙語音紀錄器年度測試參考。(1.6、1.18、2.5)
  - 8.對於宣告緊急情況的航空器，管制員提供雷達引導的服務比指示該機直飛至某航點，對於駕駛員之工作負荷較輕。(1.11、1.18、2.6)
  - 9.本案左外流閥在自動模式失效的位置 (64.9%)，在確定艙壓高度異常 (大於 8,500 呎)時，以手動模式關閉左外流閥，應可及時在艙壓高度到達 10,000 呎前將左外流閥完全關閉。(1.6、1.11、2.7)

本頁空白

## 第四章 飛安改善建議

本章節中，4.1 為依據本調查之結果而提出之飛安改善建議。於調查過程中，各相關機關（構）提供本會已完成或進行中之改善措施提列於相關之飛安改善建議後及 4.2 節。在此說明，本會並未對各相關機關（構）所提列之飛安改善措施進行驗證，因此，本會仍會列出相關之飛安改善建議。

### 4.1 改善建議

#### 4.1.1 致長榮航空公司

1. 加強飛航組員對艙壓異常及艙壓失控之認知，以及相關操作及處置程序之訓練。  
(ASC-ASR-13-03-001)

長榮航空公司回應：

1. 長榮針對本案之改善措施，於民國 101 年 5 月 27 日即已公布於飛行員網站案例學習 (What can we learn) 以及有關艙壓系統的自我學習教材，並將此案例列入年度訓練及考核 (PT2, PC2) 中的 EBT (Evidence Based Training)，艙壓系統相關知識及程序也列為所有訓練及考核口試重點。
2. 長榮至 2 民國 102 年 1 月 15 日，以該公司 B747 機隊為例，完成前述之年度訓練及考核之人數為 179 人，相對於 B747 全機隊人數 221 人，達成率為 81%，長榮其他機隊達成率也已有八成以上，預計在民國 102 年 4 月即可完成本項年度訓練及考核。

#### 4.1.2 致交通部民用航空局

1. 督導長榮航空公司有關加強飛航組員對艙壓異常及艙壓失控之認知，以及相關操作及處置程序之訓練。(ASC-ASR-13-03-002)

### 4.2 已完成或進行中之改善措施

#### 4.2.1 長榮航空公司

1. 長榮針對本案之改善措施，於民國 101 年 5 月 27 日即已公布於飛行員網站案例學習 (What can we learn) 以及有關艙壓系統的自我學習教材，並將此案例列入年度訓練及考核 (PT2, PC2) 中的 EBT (Evidence Based Training)，艙壓系統相關知識及程序也列為所有訓練及考核口試重點。
2. 長榮至 2 民國 102 年 1 月 15 日，以該公司 B747 機隊為例，完成前述之年度訓練及考核之人數為 179 人，相對於 B747 全機隊人數 221 人，達成率為 81%，長榮其他機隊達成率也已有八成以上，預計在民國 102 年 4 月即可完成本項年度訓練及考核。

#### 4.2.2 交通部民用航空局

1. 民航局於事故發生後，即派長榮小組檢查員赴該公司以 747-400 模擬機模擬事件發生當時之狀況，並由該機隊訓練及標準總機長依據 QRH 按程序處理，證明組員若使用正確之程序，當可避免後續之緊急下降。另為改善此一缺失，經檢視該公司訓練內容發現，以往在實施緊急下降課目時，大部分教官均選擇快速失壓 (Rapid Decompression) 方式，以致部分組員對慢速失壓 (Slow Decompression) 之狀況處置未能建立正確觀念。民航局已要求該公司對訓練內容立即改正，明確律定實施方式，避免由施訓教官自由選擇。
2. 民航局飛航服務總臺於 101 年 10 月 19 日函告有關單位對於駕駛員宣告航空器遭遇緊急情況時請求雷達引導之作業事宜，文中宣導有關許可直飛某航點與雷達引導對駕駛員工作負荷不同，航管配合給予適當之航向以提供最大協助，並將「提供遇險航空器緊急協助之訓練」納入航管進階學員訓練之教材。

#### 4.2.3 波音飛機公司

1. 有關艙壓高度警告之不正常操作程序，B747-400 貨機 QRH 與客機 QRH 不同，貨機 QRH 除了符合飛機飛航手冊之建議程序，也較能搭配飛航組員訓練手冊之內容，使駕駛員明確了解應執行之項目。藉由美國運輸安全委員會

之協助，本會詢問波音公司有關 B747-400 貨機 QRH 與客機 QRH 程序差異之意見，波音公司回復如下：

*“The FCOM procedures for the 747-400 Passenger and 747-400 Freighter will be standardized by adding the Check cabin altitude rate step to the 747-400 passenger checklist. This change is planned to be published in the April 2013 revision. However, Boeing does not believe that this change would have affected the EVA 747-400 event.”*（譯：有關 747-400 客機及貨機飛航組員操作手冊（FCOM）之程序，將被標準化，客機之檢查程序將新增檢查艙壓高度變化率的步驟，此改變計畫將出版在 2013 年 4 月的版本。然而，波音不相信這個改變會影響長榮航空 747-400 事件。）


本頁空白

## 附錄一 座艙語音紀錄器系統測試工單

<b>EVA AIR</b> 長榮航空		<b>JOBCARD</b>		NUMBER 2031FC		Rev. 0000011		FLEET B747		A/C NUMBER 6411	
SKILL E1	REVISION DATE 05/24/2011	POS	M/CHECK A06	PHASE 10	SEQ CODE 00000	SERIAL NO 29111	PRINT DATE 10/24/2011 PAGE: 1 of 4				
STEP NO 01		DESCRIPTION FUNCTIONAL VOICE RECORDS AND OVERHEAD AREA MIC									
TYPE		RESOURCE CODE		DESCRIPTION				QTY	UOM		
EQP ZONE E1 M/H		H3312 200 1*0.12		H HEADSET MICROPHONE UPPER FUSELAGE				1	EA		
S23-71-00-5A		<p>P/N: S/N: POS:</p> <p>✓ PERFORM A FUNCTIONAL CHECK OF THE VOICE RECORDER AND TEST FOR PROPER 4-CHANNEL CAPABILITY AND OVERHEAD AREA MIC.</p> <p>*TOOLS/EQUIP*</p> <p>HEADPHONE SET -- H3312 (1 EA)</p>									
<b>EVA AIR</b>				WORK ORDER NO 0898500067 (EV + IC)  JAN 14 1011500 JCN 126							
				DONE BY DATE				ACCEPTED BY DATE			
				FORM NO. EM40042-04							



<b>EVA AIR</b> 長榮航空	<b>EVENT NUMBER</b> 08985	<b>CARD NO</b> 2031FC	<b>FLEET</b> B747	<b>A/C NUMBER</b> 6411																												
<b>Procedure Index</b> 23-71-00-735-000	<b>M/Check</b> A06	Page 2 of 4																														
<b>WORK INSTRUCTIONS</b>				INSP MECH																												
<p>TASK 23-71-00-735-000 EVA ALL</p> <p>✓ 3. Voice Recorder System - System Test</p> <p>A. General</p> <p>(1) This procedure contains these tests:</p> <p>(a) The operational test of the voice recorder system.</p> <p>(b) The four channel microphone operational test makes sure that the voice recorder operates correctly on all four channels.</p> <p>(c) The bulk erasure test makes sure that the erase function of the voice recorder operates correctly. The erase function operates only when the airplane is on the ground with the parking brake set.</p> <p>B. References</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Reference</th> <th>Title</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><u>10-11-01 P/B 201</u></td> <td>PARKING (NORMAL) - MAINTENANCE PRACTICES</td> </tr> <tr> <td><u>24-22-00 P/B 201</u></td> <td>MANUAL CONTROL - MAINTENANCE PRACTICES</td> </tr> <tr> <td><u>32-09-02 P/B 201</u></td> <td>AIR/GROUND RELAYS - MAINTENANCE PRACTICES</td> </tr> </tbody> </table> <p>C. Tools/Equipment</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Reference</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STD-1390</td> <td>Headphone - 600 Ohm, with 1/4 Inch Mono RCA Audio Plug</td> </tr> </tbody> </table> <p>D. Location Zones</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zone</th> <th>Area</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EVA 001-007, 102, 103, 105-108</td> <td></td> </tr> <tr> <td>221</td> <td>CONTROL COMPARTMENT LEFT (STA 220 TO 380)</td> </tr> <tr> <td>EVA 201-999</td> <td></td> </tr> <tr> <td>221</td> <td>CONTROL COMPARTMENT LEFT (STA 240 TO 380)</td> </tr> <tr> <td>222</td> <td>CONTROL COMPARTMENT RIGHT (240 TO 380)</td> </tr> <tr> <td>EVA 001-007, 102, 103, 105-108</td> <td></td> </tr> <tr> <td>222</td> <td>CONTROL COMPARTMENT RIGHT (STA 220 TO 380)</td> </tr> </tbody> </table> <p>E. Prepare for the System Test:</p> <p>EVA ALL</p> <p>(1) Make sure that the airplane has electrical power.</p> <p>(a) If it is necessary, do this task: Supply Electrical Power (<u>PAGEBLOCK 24-22-00/201</u>).</p> <p>EVA ALL</p> <p>(2) Connect the STD-1390 headphone to the voice recorder's control panel (P461).</p> <p>(a) Make sure that you hear the area sounds through the headphone.</p> <p>F. Operational Test</p> <p>SUBTASK 23-71-00-710-001</p> <p>EVA ALL</p> <p>(1) Do this task: <u>Voice Recorder System - Operational Test, TASK 23-71-00-715-022.</u></p> <p>✓ G. Four Channel Microphone Operational Test</p> <p>SUBTASK 23-71-00-720-001</p> <p>EVA ALL</p> <p>(1) Do this task: <u>Voice Recorder System - Four Channel Microphone Operational Test, TASK 23-71-00-735-042.</u></p>					Reference	Title	<u>10-11-01 P/B 201</u>	PARKING (NORMAL) - MAINTENANCE PRACTICES	<u>24-22-00 P/B 201</u>	MANUAL CONTROL - MAINTENANCE PRACTICES	<u>32-09-02 P/B 201</u>	AIR/GROUND RELAYS - MAINTENANCE PRACTICES	Reference	Description	STD-1390	Headphone - 600 Ohm, with 1/4 Inch Mono RCA Audio Plug	Zone	Area	EVA 001-007, 102, 103, 105-108		221	CONTROL COMPARTMENT LEFT (STA 220 TO 380)	EVA 201-999		221	CONTROL COMPARTMENT LEFT (STA 240 TO 380)	222	CONTROL COMPARTMENT RIGHT (240 TO 380)	EVA 001-007, 102, 103, 105-108		222	CONTROL COMPARTMENT RIGHT (STA 220 TO 380)
Reference	Title																															
<u>10-11-01 P/B 201</u>	PARKING (NORMAL) - MAINTENANCE PRACTICES																															
<u>24-22-00 P/B 201</u>	MANUAL CONTROL - MAINTENANCE PRACTICES																															
<u>32-09-02 P/B 201</u>	AIR/GROUND RELAYS - MAINTENANCE PRACTICES																															
Reference	Description																															
STD-1390	Headphone - 600 Ohm, with 1/4 Inch Mono RCA Audio Plug																															
Zone	Area																															
EVA 001-007, 102, 103, 105-108																																
221	CONTROL COMPARTMENT LEFT (STA 220 TO 380)																															
EVA 201-999																																
221	CONTROL COMPARTMENT LEFT (STA 240 TO 380)																															
222	CONTROL COMPARTMENT RIGHT (240 TO 380)																															
EVA 001-007, 102, 103, 105-108																																
222	CONTROL COMPARTMENT RIGHT (STA 220 TO 380)																															

		EVENT NUMBER 08985	CARD NO 2031FC	FLEET B747	A/C NUMBER 6411																																
Procedure Index 23-71-00-735-000		M/Check A06	Page 3 of 4																																		
WORK INSTRUCTIONS					INSP MECH																																
<p>H.Bulk Erasure Test SUBTASK 23-71-00-755-000 EVA ALL</p> <p>(1) Do a Bulk Erase Test for the voice recorder system:</p> <p>(a) Make sure that the airplane wheels have chocks installed around them (PAGEBLOCK 10-11-01/201).</p> <p>(b) Set the parking brake (PAGEBLOCK 10-11-01/201).</p> <p>(c) Make sure that a headphone is connected to the voice recorder's control panel.</p> <p>(d) Push and hold the ERASE switch for a minimum of 3 seconds. Then release it.</p> <p>1) Make sure that you hear a tone in the headphone after you release the ERASE switch.</p> <p><b>WARNING: BEFORE RELEASING PARKING BRAKE, VERIFY THAT WHEELS ARE CHOCKED AND CLEAR ALL PERSONNEL FROM WHEEL AREAS.</b></p> <p>(e) Open this circuit breaker: Main Power Distribution Panel, P6</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Row</th> <th>Col</th> <th>Number</th> <th>Name</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>18</td> <td>C00345</td> <td>PARK BRAKE</td> </tr> </tbody> </table> <p>(f) Push and hold the ERASE switch for a minimum of 3 seconds. Then release it.</p> <p>1) Make sure that you do not hear the tone in the headphone.</p> <p>(g) Close this circuit breaker: Main Power Distribution Panel, P6</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Row</th> <th>Col</th> <th>Number</th> <th>Name</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>18</td> <td>C00345</td> <td>PARK BRAKE</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>WARNING: PREPARE THE SAFETY-SENSITIVE SYSTEMS FOR THE AIR MODE BEFORE YOU OPEN THE AIR/GROUND CIRCUIT BREAKERS. IN THE AIR MODE, MANY OF THE AIRPLANE SYSTEMS CAN OPERATE. THIS CAN CAUSE INJURIES TO PERSONNEL, AND DAMAGE TO EQUIPMENT.</b></p> <p>(h) Do this task: "Prepare Safety-Sensitive Systems for Air Mode Simulation" (PAGEBLOCK 32-09-02/201).</p> <p>(i) Open this circuit breaker and install safety tag: Overhead Circuit Breaker Panel, P7</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Row</th> <th>Col</th> <th>Number</th> <th>Name</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F</td> <td>23</td> <td>C00097</td> <td>LG ALT DIS + CONT</td> </tr> </tbody> </table> <p>(j) Push and hold the ERASE switch for a minimum of 3 seconds. Then release it.</p> <p>1) Make sure that you do not hear the tone in the headphone.</p> <p>(k) Remove the safety tag and close this circuit breaker: Overhead Circuit Breaker Panel, P7</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Row</th> <th>Col</th> <th>Number</th> <th>Name</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F</td> <td>23</td> <td>C00097</td> <td>LG ALT DIS + CONT</td> </tr> </tbody> </table> <p>(l) Do this task: "Put Safety-Sensitive Systems Back to the Condition Before Air Mode Simulation" (PAGEBLOCK 32-09-02/201).</p>						Row	Col	Number	Name	L	18	C00345	PARK BRAKE	Row	Col	Number	Name	L	18	C00345	PARK BRAKE	Row	Col	Number	Name	F	23	C00097	LG ALT DIS + CONT	Row	Col	Number	Name	F	23	C00097	LG ALT DIS + CONT
Row	Col	Number	Name																																		
L	18	C00345	PARK BRAKE																																		
Row	Col	Number	Name																																		
L	18	C00345	PARK BRAKE																																		
Row	Col	Number	Name																																		
F	23	C00097	LG ALT DIS + CONT																																		
Row	Col	Number	Name																																		
F	23	C00097	LG ALT DIS + CONT																																		

<b>EVA AIR</b> 長榮航空	<b>EVENT NUMBER</b> 09197	<b>CARD NO</b> 2031FC	<b>FLEET</b> B747	<b>A/C NUMBER</b> 6411
<b>Procedure Index</b> 23-71-00-735-000	<b>M/Check</b> A09	Page 4 of 4		
<b>WORK INSTRUCTIONS</b>				<b>INSP</b>
<p>I. Put the Airplane Back to Its Usual Condition          SUBTASK 23-71-00-085-017          EVA ALL          (1) Disconnect the headphone from the voice recorder's control panel.          EVA ALL          (2) Remove electrical power if it is not necessary (PAGEBLOCK 24-22-00/201).</p>				<b>MECH</b>
***END OF WORK CARD***				



本頁空白

### 附錄三 航管無線電通訊錄音抄件

BR702：長榮 BR702 班機駕駛員

TACC：臺北區域管制中心海峽席，頻率 125.5 MHz

UTC	COM.	CONTENTS
0252:40	BR702	taipei control good morning eva seven zero two passing one seven zero climbing flight level one niner zero
	TACC	good morning eva seven zero two taipei control climb and maintain flight level three seven zero cross epoxy at flight level three seven zero
	BR702	climbing and maintain flight level three seven zero cross epoxy at flight level three seven zero eva seven zero two
0254:11	BR702	eva seven zero two request flight level two zero zero
	TACC	eva seven zero two confirm request maintaining flight level two zero zero
	BR702	Affirmative
	TACC	roger maintain flight level two zero zero eva seven zero two
0255:00	BR702	mayday mayday mayday eva seven zero two request descend ten thousand
	TACC	me-ah eva seven zero two roger descend and maintain eight thousand
	BR702	descend eight thousand eva seven zero two
	TACC	eva seven zero two and advise ready for the reason
	BR702	eva seven zero two there's a cabin altitude problem
	TACC	cabin altitude problem roger eva seven zero two and say intention
	BR702	standby
0256:48	TACC	嗯 長榮拐洞兩請講
0256:54	TACC	eva seven zero two taipei
	BR702	go ahead eva seven zero two
	TACC	eva seven two ah say intention
	BR702	an-ah descend one zero thousand ahhh request radar vector
	TACC	eva seven zero two roger ahhh verify radar vector back to taoyuan airport and descend and maintain one zero thousand
0257:30	TACC	eva seven zero two roger turn right heading ahhh fly heading one eight zero radar vector
	BR702	heading one eight zero radar vector eva seven zero two
0258:37	BR702	control eva seven zero two request eight thousand feet eight thousand feet
	TACC	roger eva seven zero two maintain eight thousand
	BR702	maintain eight thousand eva seven zero two
	TACC	and eva seven zero two ahhh advise ready for any ground support

	BR702	roger call you later eva seven zero two
	TACC	roger
0259:57	TACC	eva seven zero two cleared direct to sepia
0300:06	TACC	eva seven zero two cleared direct to sepia
	BR702	cleared direct to sepia eva seven zero two
	TACC	and eva seven zero two cleared to jammy via baker one alpha RNAV arrival
0300:30	TACC	eva seven zero two disregard expect radar vector to final approach course
0301:36	TACC	eva seven zero two verify you copy cleared direct sepia
	BR702	ye we are direct to sepia right now eva seven zero two
	TACC	roger and I'll stand by for your ground support request
	BR702	roger
0302:09	TACC	and eva seven zero two contact taipei approach one two four decimal two
	BR702	one two four two eva seven zero two good day
	TACC	good day

## 附錄四 座艙語音紀錄器抄件

RDO : Radio transmission from occurrence aircraft

CAM : Cockpit area microphone voice or sound source

INT : Interphone

-1 : Voice identified as captain

-2 : Voice identified as first officer

-3 : Voice identified as flight attendant

TWR : Taipei tower

APP : Taipei approach

ACC : Taipei area control center

OD : Company Operation

... : Unintelligible

( ) : Remarks or translation

\* : Communication not related to operation / expletive words

hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
01	30	37.5		(CVR 記錄開始)
一、0244:16.2~0310:24.7				
02	44	16.2	CAM-1	you have control
02	44	17.0	CAM-2	I have control
02	44	17.9	CAM-1	cleared for takeoff
02	44	18.8	CAM-2	yes
02	44	27.0	CAM-1	stable
02	44	27.6	CAM-2	set takeoff thrust
02	44	37.1	CAM-1	takeoff thrust set
02	44	40.3	CAM-1	eighty
02	44	41.0	CAM-2	check
02	44	50.6	CAM-1	v one
02	44	52.1	CAM-1	rotate
02	45	01.6	CAM-1	positive climb
02	45	02.7	CAM-2	gear up

<sup>37</sup> 此抄件使用 UTC，以桃園機場近場台抄件時間作為同步基準



hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
02	45	04.1	CAM-1	gear up
02	45	12.8	CAM-2	...
02	45	15.5	CAM-1	... command
02	45	30.9	TWR	eva seven zero two maintain tree thousand contact departure one two eight decimal five byebye
02	45	35.8	RDO-1	tree thousand one two eight five eva seven zero two bye
02	45	37.6	CAM-2	flaps ten
02	45	38.2	APP	taipei approach radar contact maintain tree thousand
02	45	43.3	RDO-1	ehh roger eva seven zero two passing one thousand eight climb three thousand
02	45	48.3	CAM-2	flaps five
02	45	48.7	CAM-1	flaps five
02	45	50.0	CAM-2	one thousand to go
02	46	11.6	CAM-2	fla...ps up
02	46	13.4	CAM-1	flaps up
02	46	22.1	APP	eva seven zero two traffic twelve o'clock two mile south bound b-n two four thousand two hundred
02	46	29.2	RDO-1	eva seven zero two looking
02	46	35.4	RDO-1	eva seven zero two traffic insight
02	46	37.8	APP	eva seven zero two roger
02	46	40.5	CAM-2	ehh
02	46	41.1	CAM-1	ok 啦
02	46	41.4	CAM-2	要看到了 ehh after takeoff check
02	46	57.2	CAM-1	after takeoff check completed
02	46	59.0	CAM-2	謝謝
02	47	09.9	APP	eva seven zero two traffic no affected climb and maintain seven thousand
02	47	14.1	RDO-1	climb and maintain seven thousand eva seven zero two
02	47	18.0	CAM-2	seven thousand feet set
02	47	19.3	CAM-1	check
02	47	19.8	CAM-2	thrust ref v-nav speed
02	47	20.7	CAM-1	check
02	47	37.5	CAM-?	喔喔喔喔喔喔
02	48	01.0	CAM-2	v-nav...
02	48	18.4	CAM-1	one thousand to go
02	48	19.6	CAM-2	check

hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
02	48	47.9	APP	eva seven zero two climb and maintain flight level one niner zero
02	48	51.8	RDO-1	climb and maintain flight level one niner zero eva seven zero two
02	48	57.3	CAM-2	one nine zero set
02	48	59.6	CAM-1	check
02	48	59.8	CAM-2	thrust ref v-nav speed
02	49	00.8	CAM-1	check
02	49	56.9	CAM-2	ten thousand
02	49	58.1	CAM-1	ten thousand
02	51	41.0	PA-3	(客艙廣播)
02	52	30.6	APP	eva seven zero two contact taipei control one two five decimal five good day
02	52	34.5	RDO-1	one two five five eva seven zero two good day
02	52	39.4	RDO-1	taipei control good morning eva seven zero two passing one seven zero climb flight level one niner zero
02	52	44.9	ACC	good morning eva seven zero two taipei control climb maintain flight level tree seven zero cross epoxy at flight level tree seven zero
02	52	54.7	RDO-1	climb maintain flight level tree seven zero cross epoxy flight level tree seven zero eva seven zero two
02	53	01.5	CAM-2	three seven zero set
02	53	02.4	CAM-1	check
02	53	02.7	CAM-2	...
02	53	42.2	CAM-?	...
02	53	44.6	CAM-?	...
02	53	47.6	CAM-?	...
02	53	50.7	CAM-?	...
02	53	54.4	CAM-?	...
02	53	59.2	CAM-2	你要那個嗎
02	54	01.0	CAM-2	先 manual manual 把它關起來好了
02	54	03.8	CAM-1	它已經全關了
02	54	06.1	CAM-1	哦 先 level 一下
02	54	07.5	CAM-2	先 level
02	54	08.6	RDO-1	eva seven zero two request level flight level two zero zero
02	54	13.6	ACC	eva seven zero two confirm request maintaining flight level

hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
				two zero zero
02	54	18.0	RDO-1	affirmative
02	54	19.1	ACC	roger maintain flight level two zero zero eva seven zero two
02	54	22.4	CAM-2	那就 two zero zero
02	54	23.4	CAM-2	要下去了是嘛
02	54	23.4	CAM-1	要下去要下去
02	54	24.7	CAM-2	好 two zero zero
02	54	25.6	CAM-2	因為怪怪的
02	54	27.8	CAM-1	對啊
02	54	28.1	CAM-2	因為可能要 要那個 要關起來了 我有碰過一次
02	54	30.0	CAM-1	outflow valve left checklist
02	54	32.3	CAM-2	好
02	54	40.8	CAM-?	...
02	54	41.1	CAM-?	...
02	54	41.8	CAM	(cabin altitude warning sound until 0255:10.0)
02	54	45.3	CAM-?	...
02	54	49.3	CAM-1	descending
02	54	51.4	CAM-1	emergency descent
02	54	52.8	CAM-2	好
02	54	56.4	CAM-1	ten thousand
02	54	59.1	RDO-1	mayday mayday mayday eva seven zero two request descend ten thousand
02	55	03.6	ACC	me-ah eva seven zero two roger descend and maintain eight thousand
02	55	07.5	RDO-1	descend eight thousand eva seven zero two
02	55	10.0	ACC	eva seven zero two and advise ready for the reason
02	55	15.2	RDO-1	eva seven zero two we have a cabin altitude problem
02	55	18.6	ACC	cabin altitude problem roger eva seven zero two and say intention
02	55	23.6	RDO-1	standby for that
02	55	27.1	CAM-1	okay cabin altitude memory item
02	55	29.1	CAM-2	好 ...
02	55	41.8	CAM-?	...
02	55	47.5	CAM-2	*
02	55	47.8	CAM-?	(飛航組員使用氧氣面罩聲音)

hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
02	55	58.9	CAM-?	can you hear me
02	56	05.7	CAM-?	radio check
02	56	07.7	CAM-?	radio check
02	56	09.3	CAM-?	cabin altitude memory item
02	56	18.9	PA-3	(客艙自動廣播)
02	56	30.8	CAM	(single chime)
02	56	35.9	INT-3	喂
02	56	36.1	INT-1	喂
02	56	36.5	INT-3	...
02	56	38.9	INT-1	oxygen 有掉下來嗎 (communication disconnected tone)
02	56	44.8	CAM-1	you have a-t-c
02	56	46.3	ACC	喂 長榮拐洞兩請講
02	56	46.6	CAM-2	I have a-t-c
02	56	48.4	CAM-2	... ok
02	56	52.1	ACC	eva seven zero two taipei
02	56	53.7	CAM-1	go ahead
02	56	54.0	RDO-2	go ahead eva seven zero two
02	56	56.3	ACC	eva seven two ah say intention
02	57	00.5	CAM-1	say intention
02	57	02.4	RDO-2	... descend one zero thousand ahhh request radar vector
02	57	06.4	ACC	eva seven zero two roger ahhh verify radar vector back to taoyuan airport and descend maintain one zero thousand
02	57	15.4	CAM-1	standby descend one zero thousand and we are hold byway now
02	57	25.0	CAM-1	...
02	57	26.0	CAM-2	那 hold holding 在 byway 好不好 holding
02	57	28.2	CAM-1	對啊
02	57	28.7	CAM-2	holding 一下
02	57	29.3	ACC	eva seven zero two roger turn right heading ahhh fly heading one eight zero radar vector
02	57	35.1	RDO-2	heading one eight zero radar vector eva seven zero two
02	57	41.3	CAM	(single chime)
02	57	45.1	INT-3	喂 喂 ...了嘛 確定進去了嗎
02	57	54.7	CAM-?	它有 真的
02	57	55.0	CAM	(communication disconnected tone)

hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
02	58	12.7	CAM-1	confirm descend ten thousand or eight thousand
02	58	14.9	CAM-2	聽不到
02	58	16.0	CAM-1	confirm descend ten thousand or eight thousand
02	58	21.7	RDO-2	taipei tower
02	58	33.0	RDO-2	taipei taipei control eva seven zero two request eight thousand feet eight thousand feet
02	58	39.8	ACC	roger eva seven zero two maintain eight thousand
02	58	42.5	RDO-2	maintain eight thousand eva seven zero two
02	58	44.7	ACC	and eva seven zero two ahhh advise ready for any ground support
02	58	49.6	RDO-2	roger call you later eva seven zero two
02	58	52.4	ACC	roger
02	59	05.8	CAM-2	transition
02	59	06.5	CAM-1	transition
02	59	13.4	CAM-1	...q-n-h one zero two two ten thousand seven hundred feet
02	59	17.9	CAM-1	q-n-h one zero two two check
02	59	19.4	CAM-2	set
02	59	24.6	PA-3	(客艙廣播)
02	59	29.6	CAM-1	把 outflow valve 放到 auto
02	59	32.7	CAM-2	要看什麼
02	59	37.4	CAM-1	... outflow valve ...
02	59	50.5	CAM-?	...
02	59	55.2	CAM-1	ten thousand
02	59	55.7	ACC	eva seven zero two cleared direct sepia
02	59	58.8	RDO-2	direct to sepia eva seven zero two
03	00	04.1	ACC	eva seven zero two cleared direct sepia
03	00	07.8	RDO-2	cleared direct to sepia eva seven zero two
03	00	10.6	CAM-2	sepia execute
03	00	12.9	CAM-1	execute
03	00	13.0	ACC	and eva seven zero two cleared to jammy via baker one alpha r-nav arrival
03	00	20.0	CAM-2	我要先脫 oxygen 嗎 one zero thousand 了
03	00	24.9	CAM-1	先脫 oxygen ...
03	00	25.8	CAM-2	我先把 oxygen 脫掉
03	00	28.0	ACC	eva seven zero two disregard expect radar vector to final approach course

hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
03	00	28.8	CAM-2	okay
03	00	46.4	CAM-2	i am ready
03	00	50.0	CAM-2	okay I have control
03	00	51.0	CAM-1	you have control
03	01	06.9	CAM-1	... 好 現在一切正常
03	01	08.7	CAM-2	ok
03	01	12.1	CAM-1	... outflow valve left
03	01	15.3	CAM-?	...
03	01	21.8	CAM-1	... cabin altitude checklist ...
03	01	30.0	INT-3	面罩掉下來了 我們要戴對不對
03	01	33.2	INT-1	ten thousand 了
03	01	34.3	INT-3	ten thousand okay okay
03	01	34.3	ACC	eva seven zero two verify you copy cleared direct sepia
03	01	35.5	INT-1	剛剛 oxygen mask 有掉下來嗎
03	01	36.6	INT-3	掉了也一會 可是我之前氧氣面罩就掉下來 那現在是不是到了 ten thousand 是不是 okay
03	01	38.8	RDO-2	yes we are direct to sepia right now eva seven zero two
03	01	41.6	INT-1	那我等一下...
03	01	42.2	ACC	roger and I'll stand by for your ground support request
03	01	43.8	INT-1	(communication disconnected tone)
03	01	46.2	CAM-1	...
03	01	47.9	CAM-1	要先 holding 嘛 還是 先做完這個 面罩可以拔起來
03	01	48.3	PA-3	(客艙廣播)
03	01	52.1	CAM-1	cabin altitude checklist four one one okay 所以 oxygen...
03	02	06.2	CAM-2	... outflow valve...
03	02	08.0	ACC	and eva seven zero two contact taipei approach one two four decimal two
03	02	15.9	RDO-2	one two four two eva seven zero two good day
03	02	20.0	ACC	good day
03	02	21.5	CAM-1	其實我們還可以
03	02	22.4	RDO-2	taipei approach eva seven zero two eight thousand direct to sepia
03	02	25.8	APP	eva seven zero two heavy taipei approach ... runway zero five right information uniform direct to augur and cancel speed restriction
03	02	35.8	RDO-1	eh eva seven zero two we have now normal altitude and

hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
				everything is under control but however we are troubleshooting now we want just stay uh this altitude for a while
03	02	49.3	APP	eva seven zero two roger advise ready to descend do you need ground support
03	02	55.0	RDO-1	ehh negative eva seven zero two
03	02	57.5	CAM-2	好 做完了喔 那那個 descend 我們已經都做完了
03	03	01.2	CAM-1	是
03	03	01.4	CAM-2	okay outflow valve left message shown 那我們就這邊
03	03	05.7	APP	長榮拐洞兩台北
03	03	07.5	RDO-1	請說
03	03	08.3	APP	confirm 你還是回桃園落地是嗎
03	03	10.4	RDO-1	請稍等我一下好不好
03	03	11.9	APP	roger
03	03	12.9	CAM-2	outflow valve left 喔這些 checklist 做完了 啊因為這個所以產生 所以我們要把它做完 現在二十這邊
03	03	20.4	CAM-1	那同一個啊
03	03	21.6	CAM-2	嘎
03	03	21.8	CAM-1	就不用做啦 因為 cabin altitude 它 outflow valve left 沒有啦
03	03	26.1	CAM-2	對 它 and if shown
03	03	28.5	CAM-1	喔
03	03	29.0	CAM-2	對 if shown 的話就 就不要做
03	03	31.5	CAM-1	對
03	03	32.0	CAM-2	嘿
03	03	32.4	CAM-1	if outflow valve left 的這個 and cabin altitude 的 messages are shown 的話 do not accomplish following checklist 所以其實是不用做的
03	03	36.0	CAM-2	嗯啊 ...的話 就不要做 對 但之前呢 之前我已經把它做完了 之前的二十的時候
03	03	43.1	CAM-1	之前就做完了
03	03	44.0	CAM-2	對 因為它這個 outflow valve 壞掉了
03	03	45.1	CAM-1	嗯 對
03	03	46.1	CAM-2	然後我用 manual 把它關掉
03	03	47.1	CAM-1	然後它還再跳上來嘛
03	03	48.6	CAM-2	對 它才 它的那個 cabin altitude 才回來

hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
03	03	51.1	CAM-1	是
03	03	51.3	CAM-2	嘿 因為我碰過一次這個
03	03	53.0	CAM-1	對
03	03	53.1	CAM-2	這個情況 是在落地的時候
03	03	55.4	CAM-1	是
03	03	55.8	CAM-2	好 那 packs 我把它關掉喔
03	03	57.7	CAM-1	是
03	03	57.8	CAM-2	好 所以 two packs on
03	03	58.7	CAM-1	對
03	03	59.4	CAM-2	close one
03	04	00.0	CAM-1	對
03	04	00.3	CAM-2	然後 hold close
03	04	01.5	CAM-1	對
03	04	01.8	CAM-2	在 left 的這個一定要 close 啊 okay
03	04	04.0	CAM-1	是
03	04	04.5	CAM-2	所以 checklist complete 這邊
03	04	05.9	CAM-1	是
03	04	06.2	CAM-2	outflow valve left complete
03	04	08.0	CAM-1	好
03	04	08.1	CAM-2	好 那現在
03	04	09.0	CAM-1	那現在我們問一下 company
03	04	10.6	APP	eva seven zero two taipei q-n-h one zero two one
03	04	13.2	RDO-1	one zero two one copy
03	04	14.5	CAM-2	好
03	04	15.4	CAM-2	那我 a-t-c 我 control 你跟 company 講 好
03	04	17.7	CAM-1	好 我跟台北講
03	04	21.4	CAM-2	那我們先跟它 holding 在 sepia 好不好 如果時間來不及
03	04	23.3	CAM-1	好 然後我們再 再落也沒關係
03	04	26.7	RDO-1	eva operation eva seven zero two
03	04	28.3	RDO-2	control eva seven zero two
03	04	31.0	APP	長榮拐洞兩請說
03	04	32.9	RDO-2	we expect holding at sepia uh for the troubleshooting okay
03	04	34.1	RDO-1	我們有一個 outflow valve left 發生 在爬升過程中 然後 cabin altitude 的 warning 響了然後現在 maintain eight thousand



hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
03	04	39.6	APP	eva seven zero two roger reclear direct to sepia hold northeast of sepia advise ready for approach maintain eight thousand
03	04	47.1	OD	啊教官 我請修 那個修管跟你講 稍候
03	04	48.1	RDO-2	hold northeast sepia advise when for the landing eva seven zero two
03	04	55.2	CAM-2	好
03	05	06.3	CAM-1	我們油非常夠 到那邊也夠
03	05	07.4	CAM-2	對 我覺得
03	05	08.6	CAM-1	但問題是說 它如果是好的話我們要不要繼續 還是說我們就直接回頭
03	05	13.0	CAM-2	我建議是過去
03	05	14.3	CAM-1	對啊
03	05	14.6	CAM-2	然後把它關掉 我們 per per m-e-l 在那邊加油 就 ok
03	05	17.9	CAM-1	再回頭
03	05	18.4	CAM-2	但是
03	05	18.5	CAM-1	現在問它 問 問題是
03	05	19.4	CAM-2	對 問它 因為我們只能保持一萬呎的話 這樣子 它又因為從 到高雄會比較遠一點
03	05	25.8	CAM-1	我們一萬呎飛過去嗎
03	05	27.8	CAM-2	如果他們能接受啊
03	05	29.1	CAM-1	我們應該不能 不能往上爬喔 它
03	05	31.6	CAM-2	其實應該是你關掉是可以往上爬 因為 因為這個 cabin altitude 現在已經回來 這個
03	05	32.8	CAM-1	可以爬到 對 對 對 對 對
03	05	40.5	CAM-1	好 先 holding
03	05	41.7	CAM-2	hold 喔
03	05	42.0	CAM-1	他說怎樣 hold
03	05	43.4	CAM-2	northeast northeast sepia
03	05	55.8	RDO-1	eva f-c-d eva seven zero two
03	06	01.9	OD	seven zero two go ahead eva f-c-d
03	06	05.1	RDO-1	是 我們現在一個 outflow valve left 壞掉 那剛剛在爬到大概三萬三 三萬 欸兩萬多的時候開始 cabin altitude message 出來了 所以我們現在下萬下降到八千呎 那
03	06	23.3	OD	好 copy f-c-d 抄收
03	06	25.5	RDO-1	好 我們的問題是 是 你們是要我們回台北嗎 還是以這個方式直接去 上海

hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
03	06	36.1	OD	uh seven zero two standby
03	06	38.3	RDO-1	roger
03	06	39.1	OD	seven zero two eva maintenance calling
03	06	41.5	RDO-1	go ahead eva seven zero two
03	06	45.4	OD	教官請問一下 passenger oxygen on message 出來 cabin 的那個 passenger oxygen mask 有全部掉下來嗎
03	06	46.3	RDO-2	eh taipei control eva seven zero two
03	06	50.0	APP	長榮拐洞兩請說
03	06	51.9	RDO-2	請問一下 如果我們保持一萬呎到這個上海的話 欸上海那邊可以接受嗎
03	06	55.4	RDO-1	都掉下來了
03	06	57.7	OD	copy 那 教官 那您還是回來好了 回到台北我們再作再作處理 在下應該沒有辦法做
03	06	59.2	APP	稍待一下 幫你問一下
03	07	00.5	RDO-2	謝謝
03	07	06.5	RDO-1	okay 好 我們直接回台北 謝謝
03	07	09.1	CAM-1	我們回台北 我等一下做個 p-a 就是說因為那個機艙那個壓力的關係 我們必須回到台北
03	07	16.0	OD	eva seven zero two eva ops
03	07	18.1	RDO-1	go ahead
03	07	19.3	OD	教官 預計回到台北是幾分
03	07	22.8	RDO-1	阿我待會跟你講 因為那個 oxygen masks 都掉下來了 所以我們現在要回台北
03	07	28.8	OD	好 roger
03	07	29.8	RDO-1	好 謝謝
03	07	31.1	CAM-1	我先跟 a-t-c 講一聲喔
03	07	32.9	CAM-2	好
03	07	34.1	RDO-1	eh taipei eva seven zero two
03	07	37.0	APP	長榮拐洞兩請說
03	07	38.6	RDO-1	sorry to req.. request radar vector back to taipei but now the situation is normal
03	07	43.8	APP	eva seven zero two roger cancel holding clearance fly heading two three zero vector to i-l-s runway zero five right final approach course
03	07	53.1	RDO-1	fly heading two three zero radar vector i-l-s runway zero five right eva seven zero two
03	07	59.9	CAM-1	那我來打

hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
03	08	00.8	CAM-2	好 所以 two three zero heading select
03	08	03.8	CAM-1	i-l-s runway zero five right 喔我們直接拉這條
03	08	10.9	CAM-1	execute
03	08	11.5	CAM-2	execute
03	08	15.0	CAM-1	看一下時間 嗯
03	08	28.9	CAM-1	又要寫報告了
03	08	43.4	APP	eva seven zero two do you need fuel dumping
03	08	46.9	CAM-2	no
03	08	47.1	RDO-1	negative eva seven zero two
03	08	48.7	APP	roger
03	08	50.2	CAM-2	好 zero five right 喔
03	08	51.2	CAM-1	好 zero five right radar vector
03	08	54.3	CAM-2	三四零嘛喔
03	08	59.8	CAM-2	教官你飛我飛
03	09	01.2	CAM-1	你飛啊
03	09	01.5	CAM-2	好我飛啊喔 那就
03	09	02.0	CAM-1	uh gusty winds 是啊 我飛好了
03	09	03.7	CAM-2	欸 你飛 好啦 隨便
03	09	06.4	CAM-1	啊
03	09	07.1	CAM-2	okay 啊
03	09	07.7	CAM-1	你 okay 嘛
03	09	08.3	CAM-2	我 okay 啊
03	09	09.2	CAM-1	你 okay 給你飛
03	09	10.5	CAM-2	好
03	09	10.9	CAM-1	我要做個 p-a
03	09	11.2	CAM-2	好你做 p-a
03	09	13.3	CAM-1	先做 p-a
03	09	13.5	CAM-2	那我看一下我們就 就 ok 反正 radar vector 喔 tulip
03	09	15.7	CAM-1	我們落地時間 十一點半 十一點二十五
03	09	22.1	CAM-1	先跟 a-t company 講一聲
03	09	24.9	RDO-1	eva f-c-d eva seven zero two
03	09	30.7	APP	eva seven zero two contact taipei approach one two eight decimal five
03	09	31.2	OD	eva 七零二請說
03	09	34.2	RDO-1	我們現在回台北的落地時間是二十二分

hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
03	09	34.7	RDO-2	one two eight five eva seven zero two good day
03	09	36.9	APP	good day
03	09	39.2	OD	copy e-t-a 二十二分
03	09	42.1	RDO-2	taipei approach good morning eva seven zero two heading two three zero eight thousands
03	09	48.5	OD	eva seven zero two eva ops
03	09	48.8	APP	eva seven zero two taipei approach roger turn right heading two four zero
03	09	53.4	RDO-2	turn heading two four zero eva seven zero two
03	09	55.2	OD	eva seven zero two eva ops
03	09	57.3	RDO-1	go ahead eva seven zero two
03	09	59.8	RDO-2	eva seven zero two seven zero two any speed restriction for us
03	10	00.8	OD	seven zero two 教官那你下來之後 bay 在 six one one six one one
03	10	05.2	APP	eva seven two zero comply speed restriction
03	10	06.9	RDO-1	six one one roger
03	10	08.4	RDO-2	eva seven zero two
03	10	12.5	CAM-1	six one one 在哪 在這邊 對在 remote bay 好作 p-a
03	10	19.4	CAM-2	好
03	10	24.7	PA-1	(機長廣播)
二、0313:17.3 ~ 0313:38.9				
03	13	17.3	CAM-1	show full close 之後它還是繼續往上爬
03	13	20.6	ACC	eva seven zero two contact approach one two five decimal one
03	13	24.3	RDO-2	one two five one eva seven zero two
03	13	26.5	CAM-2	你說怎樣 甚麼它
03	13	28.0	CAM-1	你已經 開了 已經全關了 它還是...
03	13	31.8	CAM-2	...其實.. 那時候那時候我有看到它跳出來 那可是我想說 奇怪 怎麼會它 好 你先 你先
03	13	38.9	CAM-1	它甚麼 message 都沒有
三、0329:43.1 ~ 0330:09.3				
03	29	43.1	CAM-1	出來得太快 喔那個掉 跳得好快
03	29	47.1	CAM-2	對啊
03	29	48.1	CAM-1	cabin altitude 跳得好快
03	29	56.2	CAM-2	它之前有跳出來 我看 瞄了一下 我說 欸奇怪 怎麼

hh <sup>37</sup>	mm	ss	Source	Context
				跳出來了
03	29	58.7	CAM-1	我 它沒有 message 有 message 啊
03	30	00.2	CAM-2	還沒有 等到黃了之後
03	30	01.3	CAM-1	這個先跳 才有 message 耶
03	30	02.3	CAM-2	對 對對對 黃了之後八千六 我一看 看不對了
03	30	05.9	CAM-1	對 我看八千六不對
03	30	06.5	CAM-2	準備做來不及了 已經跳出來了
03	30	09.3	CAM-1	可是問題是 它那個 valve 是 是已經跳到紅了它才那個 caution 而且是 caution
03	34	12.9		(CVR 記錄終止)

## 附錄五 艙壓警告相關 FDR 參數列表

FDR UTC (hh:mm:ss)	Pressure Altitude (ft.)	Cabin Pressure Warning	Vertical Speed (ft/min)	Cabin Pressure (psi)
02:54:40	20654		-736	10.09
02:54:41	20643		-712	
02:54:42	20632	WARN	-688	
02:54:43	20621		-648	
02:54:44	20611		-608	10.06
02:54:45	20602		-560	
02:54:46	20593	WARN	-504	
02:54:47	20585		-456	
02:54:48	20579		-408	10.03
02:54:49	20573		-368	
02:54:50	20568	WARN	-328	
02:54:51	20562		-296	
02:54:52	20559		-264	10.12
02:54:53	20555		-240	
02:54:54	20551	WARN	-208	
02:54:55	20548		-192	
02:54:56	20545		-176	10.19
02:54:57	20542		-160	
02:54:58	20539	WARN	-152	
02:54:59	20537		-136	
02:55:00	20535		-128	10.12
02:55:01	20532		-112	
02:55:02	20531	WARN	-96	
02:55:03	20528		-88	
02:55:04	20526		-80	10.12
02:55:05	20523		-72	
02:55:06	20523	WARN	-56	
02:55:07	20522		-48	
02:55:08	20521		-56	10.16
02:55:09	20520		-112	
02:55:10	20519	WARN	-224	
02:55:11	20514		-368	
02:55:12	20507		-528	10.16
02:55:13	20498		-696	
02:55:14	20487	WARN	-864	


02:55:15	20471		-1040	
02:55:16	20453		-1216	10.12
02:55:17	20432		-1384	
02:55:18	20408	WARN	-1536	
02:55:19	20382		-1680	
02:55:20	20354		-1808	10.12
02:55:21	20323		-1928	
02:55:22	20291	WARN	-2040	
02:55:23	20257		-2144	
02:55:24	20221		-2232	10.12
02:55:25	20184		-2304	
02:55:26	20146	WARN	-2376	
02:55:27	20106		-2424	
02:55:28	20066		-2472	10.12
02:55:29	20026		-2504	
02:55:30	19985	WARN	-2544	
02:55:31	19943		-2576	
02:55:32	19900		-2600	10.16
02:55:33	19857		-2640	
02:55:34	19811	WARN	-2672	
02:55:35	19767		-2704	
02:55:36	19721		-2744	10.16
02:55:37	19675		-2792	
02:55:38	19628	WARN	-2856	
02:55:39	19581		-2960	
02:55:40	19531		-3104	10.16
02:55:41	19480		-3248	
02:55:42	19425	WARN	-3368	
02:55:43	19369		-3440	
02:55:44	19312		-3456	10.19
02:55:45	19255		-3456	
02:55:46	19197	WARN	-3456	
02:55:47	19139		-3424	
02:55:48	19081		-3408	10.19
02:55:49	19025		-3408	
02:55:50	18967	WARN	-3416	
02:55:51	18912		-3448	
02:55:52	18853		-3480	10.19
02:55:53	18795		-3480	

02:55:54	18737	WARN	-3456	
02:55:55	18680		-3424	
02:55:56	18622		-3384	10.22
02:55:57	18567		-3352	
02:55:58	18509	WARN	-3312	
02:55:59	18456		-3280	
02:56:00	18400		-3240	10.22
02:56:01	18346		-3200	
02:56:02	18292	WARN	-3152	
02:56:03	18237		-3264	
02:56:04	18181		-3472	10.25
02:56:05	18123		-3664	
02:56:06	18061	WARN	-3720	
02:56:07	17996		-3672	
02:56:08	17934		-3528	10.25
02:56:09	17873		-3320	
02:56:10	17817	WARN	-3064	
02:56:11	17766		-2800	
02:56:12	17718		-2576	10.25
02:56:13	17672		-2368	
02:56:14	17633	WARN	-2184	
02:56:15	17596		-2024	
02:56:16	17562		-1904	10.28
02:56:17	17529		-1784	
02:56:18	17499	WARN	-1664	
02:56:19	17471		-1552	
02:56:20	17443		-1456	10.28



本頁空白

## 附錄六 CPC 原廠檢測報告

 <b>Hamilton Sundstrand</b> A United Technologies Company		<b>PRELIMINARY FINDINGS REPORT</b>		Date Printed: 11 / Apr / 2012 Page: 1 of 1 HS ORDER: 5345734 SD HS LINE: 1.000																														
HAMILTON SUNDSTRAND REPAIR BLDG 2 DOCK J ONE HAMILTON RD WINDSOR LOCKS, CT, 06096, USA Certificate # CAAC 038(12/94) FAA # S13R842L																																		
<b>End Assembly Item:</b> CONTROLLER ASSY		<b>P/N:</b> 796884-2-007		<b>S/N:</b> 97080883																														
<b>Customer Name:</b> EVERGREEN AVIATION TECH CORP <b>PO #:</b> AA2302625 <b>Receive Date:</b> 04/05/12 <b>TAT Days (less holds):</b> 6																																		
<b>Unit Information:</b> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><u>Incoming</u></td> <td style="width: 50%;"><u>Outgoing</u></td> </tr> <tr> <td><b>OEM Part Number:</b> 796884-2-007</td> <td>796884-2-007</td> </tr> <tr> <td><b>OEM Serial Number:</b> 97080883</td> <td>97080883</td> </tr> <tr> <td><b>Part Description :</b> CONTROLLER ASSY</td> <td>CONTROLLER ASSY</td> </tr> <tr> <td><b>Model:</b> CPC100-1</td> <td>CPC100-1</td> </tr> <tr> <td><b>Customer Part:</b> S210U160-63</td> <td>S210U160-63</td> </tr> <tr> <td><b>A/C Tail #:</b> UNK</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Removal Date:</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Sched/Unsched:</b> Unscheduled</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>TT:</b> 64275.00</td> <td>64275.00</td> </tr> <tr> <td><b>TSO:</b> 64275.00</td> <td>64275.00</td> </tr> <tr> <td><b>Considered for Warranty?</b> No</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Configuration In:</b> GF L21</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Configuration Out:</b> GF L21</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Customer Stated Reason for Removal:</b> FOUND " OUTFLOW VLV L " MSG</td> </tr> </table>					<u>Incoming</u>	<u>Outgoing</u>	<b>OEM Part Number:</b> 796884-2-007	796884-2-007	<b>OEM Serial Number:</b> 97080883	97080883	<b>Part Description :</b> CONTROLLER ASSY	CONTROLLER ASSY	<b>Model:</b> CPC100-1	CPC100-1	<b>Customer Part:</b> S210U160-63	S210U160-63	<b>A/C Tail #:</b> UNK		<b>Removal Date:</b>		<b>Sched/Unsched:</b> Unscheduled		<b>TT:</b> 64275.00	64275.00	<b>TSO:</b> 64275.00	64275.00	<b>Considered for Warranty?</b> No		<b>Configuration In:</b> GF L21		<b>Configuration Out:</b> GF L21		<b>Customer Stated Reason for Removal:</b> FOUND " OUTFLOW VLV L " MSG	
<u>Incoming</u>	<u>Outgoing</u>																																	
<b>OEM Part Number:</b> 796884-2-007	796884-2-007																																	
<b>OEM Serial Number:</b> 97080883	97080883																																	
<b>Part Description :</b> CONTROLLER ASSY	CONTROLLER ASSY																																	
<b>Model:</b> CPC100-1	CPC100-1																																	
<b>Customer Part:</b> S210U160-63	S210U160-63																																	
<b>A/C Tail #:</b> UNK																																		
<b>Removal Date:</b>																																		
<b>Sched/Unsched:</b> Unscheduled																																		
<b>TT:</b> 64275.00	64275.00																																	
<b>TSO:</b> 64275.00	64275.00																																	
<b>Considered for Warranty?</b> No																																		
<b>Configuration In:</b> GF L21																																		
<b>Configuration Out:</b> GF L21																																		
<b>Customer Stated Reason for Removal:</b> FOUND " OUTFLOW VLV L " MSG																																		
<b>Finding During This Shop Visit:</b> <b>Incoming Visual Inspection:</b> NORMAL SERVICE WEAR Incoming Test Performed Yes Did Test Fail Yes <b>Primary Findings</b> Failed Incoming VR Test. Pressure Sensor Voltage is out of tolerance. Replaced Analog Pressure Sensor. Replaced P5 Connector. Processed to 21-31-19 Revision 30, Dated 10/10/2011. Tested to HS12027 Revision G Amendment None. SB 796884-21-225 is N/A. PSM does not require repair or replacement. <b>Justified Removal:</b> Yes <b>Removal Reason Verified:</b> Yes <b>Induced Failure:</b> No <b>Labor Performed this Visit:</b> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Item</b></td> <td style="width: 50%;"><b>Description</b></td> </tr> <tr> <td>REPAIR</td> <td>WORKSCOPE</td> </tr> </table>					<b>Item</b>	<b>Description</b>	REPAIR	WORKSCOPE																										
<b>Item</b>	<b>Description</b>																																	
REPAIR	WORKSCOPE																																	
<b>Parts Replaced This Visit:</b> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <th>Qty</th> <th>Part Number</th> <th>Description</th> <th>Reason Replaced</th> <th>Condition*</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>780231-5</td> <td>CONNECTOR PLUG, CONTACT, HOUSI</td> <td>Expendable Parts</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>795107-2</td> <td>TRANSDUCER, ABSOLUTE</td> <td>Functionally Inoper/Discrepant</td> <td></td> </tr> </table>					Qty	Part Number	Description	Reason Replaced	Condition*	1	780231-5	CONNECTOR PLUG, CONTACT, HOUSI	Expendable Parts		1	795107-2	TRANSDUCER, ABSOLUTE	Functionally Inoper/Discrepant																
Qty	Part Number	Description	Reason Replaced	Condition*																														
1	780231-5	CONNECTOR PLUG, CONTACT, HOUSI	Expendable Parts																															
1	795107-2	TRANSDUCER, ABSOLUTE	Functionally Inoper/Discrepant																															
*Condition: Blank = New, R = Rotables, S = Serviceable, C = Consignment, D = Airworthy																																		
If there are any questions or comments about this report please contact your customer account representative.																																		

本頁空白

## 附錄七 AC 馬達原廠拆檢測試報告



Woodward MPC Inc.  
7320 North Linder Avenue  
Skokie, Illinois 60077 USA  
Tel: 847-673-8300  
Fax: 847-673-7144

### Failure Analysis Report

Customer: Hamilton Sundstrand      Customer Spec: HS4347  
Customer Part Number: 724912-21      Description: Cabin Pressure Valve Drive  
Woodward Part Number: 1AF201D      Woodward Serial Number: E1595  
Woodward RMA Number: SE0807

#### **Customer Reason for Return:**

Per P.O. 6257741, AC Brake Servo Motor is being returned for special investigation by the Taiwan and US NTSB agencies due to an aircraft pressurization system incident.

#### **Background:**

This serial number originally shipped to Hamilton Sundstrand on 6/26/2007 (DC0725).

It was returned to Woodward MPC on 6/8/2009 under RMA SA6627 from EVA Air for repair. The rotor assembly and brake assembly along with all worn parts were replaced. The unit was shipped back to EVA Air on 6/25/2009.

#### **Woodward Analysis:**

The subject hardware was received at Woodward on June 4, 2012.  
On Wednesday, June 13, 2012, the analysis of this unit started. The following individuals were present for the investigation.

National Transportation Safety Board  
Hamilton Sundstrand  
Woodward Quality Manager  
Woodward Quality Engineer  
Woodward Manufacturing Engineer  
Woodward Engineering Manager

A visual examination of the unit showed no noticeable damage.

#### **Final Testing**

The ATP for this product is 1AF5906201A. The current configuration of the ATP is at rev "D" which was implemented in June of 2004.

This ATP was performed on the returned unit. A summary of the test results is listed below. The actual test data sheets are provided as an attachment.

Upon initiating the ATP, the motor brake would not release. This condition prevented any further ATP testing.

The brake was disassembled from the motor. The motor and tachometer assembly were tested and passed all test requirements.

Visual inspection of the brake exterior:

- A) Extreme wear of the brake shaft slot. Picture #2 below.
- B) Missing bearing ribbon retainer. Picture #2 below.
- C) No remnants of the bearing retaining ribbon or debris from the rotor shaft tab were found during disassembly of the unit.

The motor rotor was disassembled and inspected.

- A) Extreme wear on the motor rotor shaft tab. A portion of the tab broke off. Picture #4 below.
- B) Blue discoloration on the rotor shaft between the front (output side) bearing and the front of the lamination stack. Indication of heat in this area.
- C) Measurement of Return Path (friction plate). Spec is .126/.124. Measurement is .1242/.122.

#### **Failure**

The failure is rotor shaft/brake shaft interface breakdown and brake release air gap growth. The

#### **Cause**

WMPC feels that the motor was frequently energized while the brake was engaged (dynamic braking). The brake torque is higher than the motor output torque and over time the rotor shaft/brake shaft interface was damaged. The dynamic braking also caused the air gap in the brake to grow to the point it wouldn't release.

Woodward MPC can only speculate on the source of dynamic braking. We have discussed motor dithering while the brake is engaged. We have also discussed if enough voltage is being supplied to the brake to disengage it at the time the motor is energized.

#### **Summary:**

The defects seen on this unit are similar to other field returns. WMPC can only speculate on the causes as they appear to be from the system controls or methods of operation. We have discussed this with our customer and will continue to work together towards a solution.

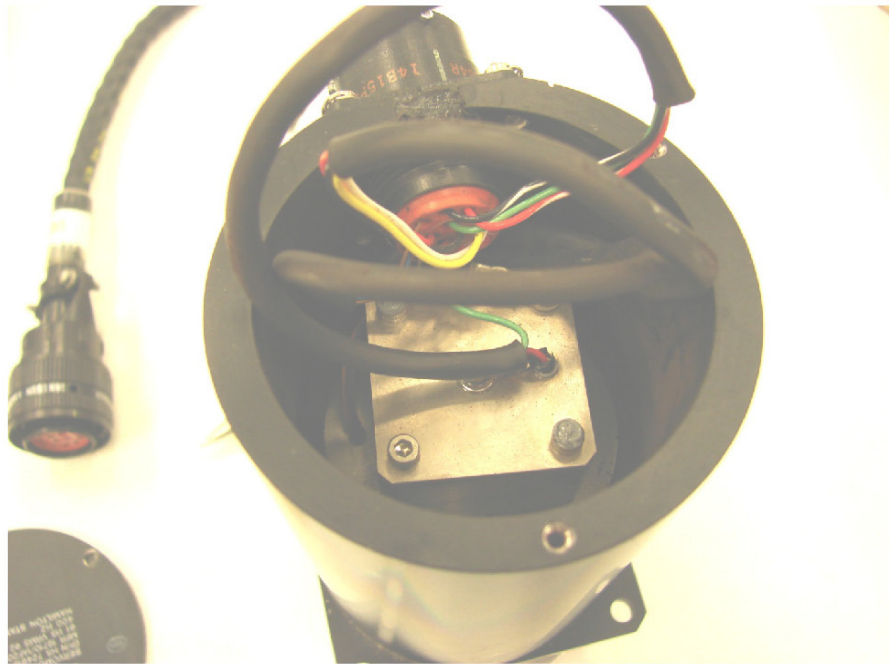
– Quality Manager

224-592-2368

[@woodward.com](mailto:woodward.com)

cc:

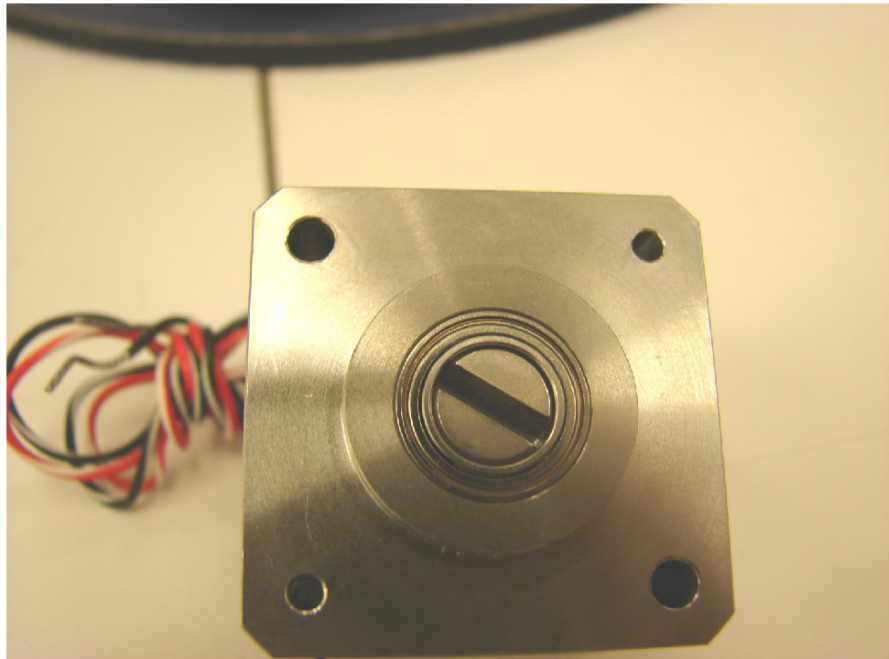
1) Back of Motor with rear cover removed



2) Front end of brake shaft. Interfaces with the back end of the motor rotor shaft.

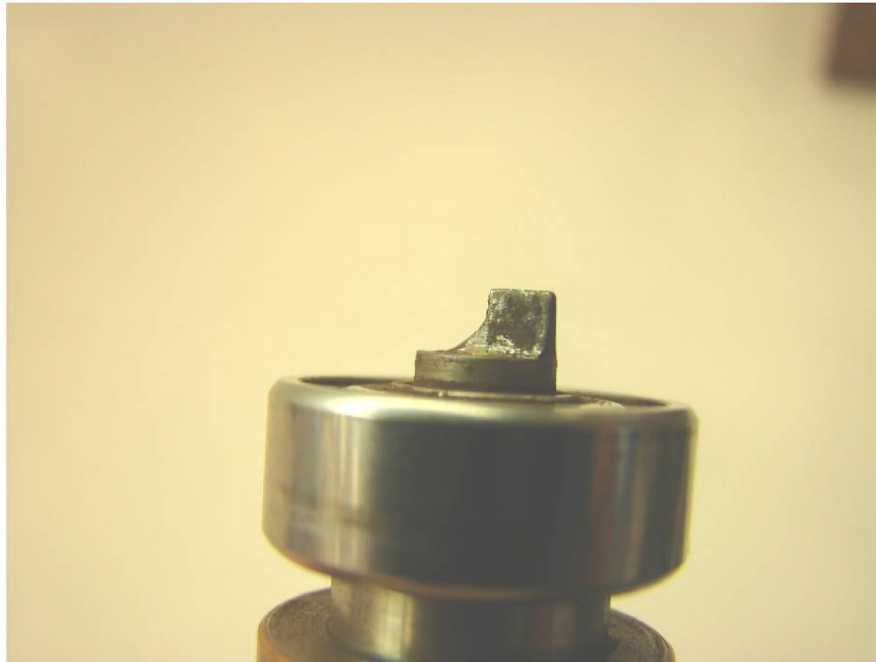


3) Picture of new brake shaft slot.

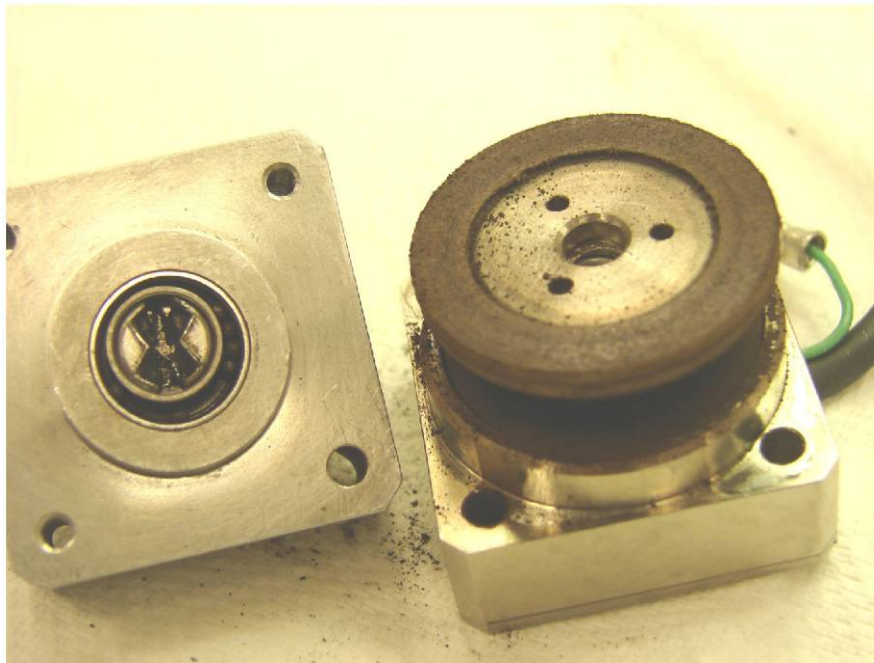




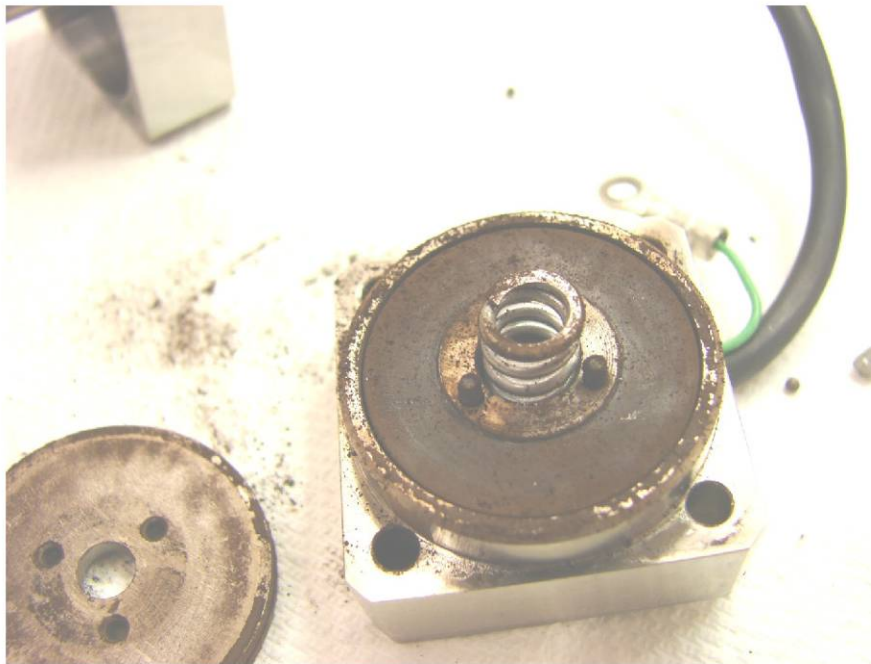
4) Back end of motor rotor shaft. Interface with front end of brake shaft.



5) Brake disassembled showing friction plate.



6) Inside of brake



## 附錄八 飛航組員操作手冊 QRH 有關程序

2.20



747 Flight Crew Operations Manual

### OUTFLOW VLV L, R

Condition: One of these occurs:

- Automatic outflow valve control is inoperative
- The outflow valve manual switch is on

Objective: To allow the operating outflow valve to control cabin pressure.

- 1 OUTFLOW VALVES MAN  
switch (affected valve) . . . . . ON
- 2 PACK control selector . . . . . Two packs on,  
one pack OFF
- 3 OUTFLOW VALVES  
manual control . . . . . Hold in CLOSE  
until the outflow valve  
indications show fully closed



Boeing Proprietary. Copyright © Boeing. May be subject to export restrictions under EAR. See title page for details.

2.20

D6-30151-426(EVA)

April 1, 2011



747 Flight Crew Operations Manual

2.1

## CABIN ALTITUDE or Rapid Depressurization

B-16481, B-16482, B-16483

Condition: A cabin altitude exceedance occurs.

- 1 Don the oxygen masks.
- 2 Establish crew communications.
- 3 Check the cabin altitude and rate. Verify packs are on and outflow valves are closed.
- 4 **If** the cabin altitude is uncontrollable:

SUPRNMRY OXY switch . . . . . ON

Without delay, descend to the lowest safe altitude or 14,000 feet, whichever is higher.

To descend:

Move the thrust levers to idle.

Extend the speedbrakes.

**If** structural integrity is in doubt, limit airspeed and avoid high maneuvering loads.

Descend at VMO/MMO.

- 5 **If** OUTFLOW VLV L, OUTFLOW VLV R, **and** CABIN ALT AUTO messages are shown:

Do **not** accomplish the following checklists:

CABIN ALT AUTO

▼ Continued on next page ▼

Boeing Proprietary. Copyright © Boeing. May be subject to export restrictions under EAR. See title page for details.

October 1, 2011

D6-30151-426(EVA)

2.1

2.2



747 Flight Crew Operations Manual

▼ CABIN ALTITUDE or Rapid Depressurization continued ▼

OUTFLOW VLV L, R



**CABIN ALTITUDE  
or  
Rapid Depressurization**

B-16401, B-16402, B-16403, B-16405, B-16406, B-16407,  
B-16408, B-16409, B-16410, B-16411, B-16412, B-16462,  
B-16463

Condition: A cabin altitude exceedance occurs.

- 1 Don the oxygen masks.
- 2 Establish crew communications.
- 3 Verify that the packs are on and outflow valves are closed.
- 4 **If** the cabin altitude is uncontrollable:  
     PASS OXYGEN switch . . . . . ON  
     Without delay, descend to the lowest safe  
     altitude or 10,000 feet, whichever is higher.  
     To descend:  
         Move the thrust levers to idle.  
         Extend the speedbrakes.  
         **If** structural integrity is in doubt, limit  
         airspeed and avoid high maneuvering  
         loads.

▼ Continued on next page ▼



2.3

747 Flight Crew Operations Manual

▼ CABIN ALTITUDE or Rapid Depressurization continued ▼

Descend at VMO/MMO.

-----

- 5 **If** OUTFLOW VLV L, OUTFLOW VLV R, **and** CABIN ALT AUTO messages are shown:

Do **not** accomplish the following checklists:

CABIN ALT AUTO

OUTFLOW VLV L, R



Boeing Proprietary. Copyright © Boeing. May be subject to export restrictions under EAR. See title page for details.

October 1, 2011

D6-30151-426(EVA)

2.3

## 附錄九 飛航組員訓練手冊有關艙壓高度之訓練內容

### B747 Flight Crew Training Manual



CM1	CM2
Call for "CABIN ALTITUDE memory items."	Initiate performance of memory items. After completing the item "CABIN ALTITUDE AND RATE.....CHECK",  Announce "Cabin altitude cannot be controlled" if the outflow valves indicate in the closed position and cabin altitude indicates climbing toward or exceeds 10,000 feet.
If cabin altitude cannot be controlled, complete the memory items:	
Call for "Emergency Descent"  Without delay, close thrust levers, extend speedbrakes, and descend at VMO/MMO. Level off at lowest safe altitude or 10,000 feet, whichever is higher. If structural integrity is in doubt, limit airspeed and avoid high maneuvering loads.	Complete the memory item "PASSENGER/SUPERNUMERARY OXYGEN SWITCH.....ON"
Perform the descent using FLCH mode with autopilot and autothrottles engaged.	
<i>NOTE: If operating within QNE airspace remain on standard altimeter setting 1013 hp or 29.92 in. If operating within RVSM airspace observe the contingency procedure, which in the Pacific region includes a turn of 90 degrees in either direction off the airway followed by establishing an offset track of 15 NM.</i>	
At approximately 2,000 feet prior to level off:	
Reduce MCP speed setting to LRC or 300 knots. This action will keep the thrust levers at idle until speed brake is retracted.	
At approximately 1,000 feet prior to level off:	
Smoothly retract speedbrakes	
When stabilized at 10,000 feet or lower PM takes off his oxygen mask first then PF.	
After level off 10,000 feet or minimum safe altitude.  PA: "Cabin crew service check"  This action alerts the cabin crew that it is safe to remove their oxygen masks and check the cabin condition.	



本頁空白

## 附錄十 飛機飛航手冊有關艙壓高度之不正常程序

### **BOEING 747-400** AIRPLANE FLIGHT MANUAL

NON-NORMAL  
PROCEDURES

#### GENERAL

This section contains the recommended procedures for the listed non-normal condition. The items listed first are minimum immediate action items. Following these items are procedures which should be accomplished as soon as time permits.

Procedures contained herein assume:

- (a) Aural warnings are silenced.
- (b) Oxygen masks and smoke goggles (if installed) are donned when cabin altitude is excessive or ambient air is contaminated, and normal oxygen is selected if ambient air is not contaminated.
- (c) Landing at nearest suitable airport is accomplished in the event of fire that cannot be visually confirmed to be extinguished or persistent smoke or dual failure of critical operation systems.

#### ABORTED ENGINE START

Fuel Control Switch. . . . .CUTOFF

If the engine start light has not extinguished, leave start switch out for 30 seconds.

#### CABIN ALTITUDE (Rapid Depressurization)

If the EICAS message CABIN ALTITUDE is displayed:

Oxygen Masks. . . . . ON  
Cabin Altitude and Rate . . . . .CHECK  
Passenger Oxygen. . . . . ON

Descend as rapidly as practicable to the lowest safe altitude or 10,000 feet, whichever is higher.

FAA APPROVED **07-20-07**

D6U10002

Code 0000

Section 2 Page 2

本頁空白

## 飛航事故調查報告

中華民國 101 年 3 月 25 日,長榮航空公司 BR 702 班機,Boeing B747-400 型機,國籍標誌及登記號碼 B-16411,爬升時左外流閥自動功能失效及艙壓異常,航機緊急下降

編 著 者：飛航安全調查委員會

出版機關：飛航安全調查委員會

電話：(02)89127388

地址：231 新北市新店區北新路 3 段 200 號 11 樓

網址：<http://www.asc.gov.tw>

出版年月：中華民國 102 年 6 月（初版）

GPN：4710201267

ISBN：978-986-03-7290-8

\*本會保留所有權利。未經本會同意或授權不得翻印。



**飛航安全調查委員會**

231新北市新店區北新路3段200號11樓

電話：(02)89127388

傳真：(02)89127399

網址：<http://www.asc.gov.tw>

ISBN 978-986-03-3343-5



GPN:1010101839

定價：新台幣550元