



飛航事故調查報告

ASC-AOR-16-01--001

中華民國103年12月18日

凌天航空公司

Be11 206B3型機

國籍標誌及登記號碼B-31019

於彰化縣清掃電塔絕緣礙子時

喪失動力航機迫降

飛
安

飛航事故調查報告

ASC-AOR-16-01-001

中華民國 103 年 12 月 18 日

凌天航空公司

Be11 206B3 型機

國籍標誌及登記號碼 B-31019

於彰化縣清掃電塔絕緣礙子時

喪失動力航機迫降

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 103 年 12 月 18 日，凌天航空公司 1 架 Bell 206B3 型直昇機，國籍標誌及登記號碼 B-31019，執行台灣電力公司彰化地區之高壓電塔絕緣礙子清掃（以下簡稱礙掃）任務。當日預計執行 8 次礙掃作業，於執行當日最後一次礙掃作業時，發動機動力喪失，迫降於電塔下方之空曠農田，駕駛員及水槍操作員受到輕傷，航空器遭受實質損害。

凌天航空公司執行礙掃作業時，採機上單一正駕駛員搭配水槍操作員 1 員方式作業，機上總共 2 人；駕駛員坐於駕駛艙右座操控直昇機，水槍操作員坐於後座操作水槍清洗電塔礙子。事故當日礙掃任務，約於 0805 時開始執行第 1 次作業，每次作業約需 30 至 40 分鐘，至 1520 時已完成 7 次礙掃作業。約於 1525 時，該機自該臨時起降場起飛，執行當日最後 1 次礙掃作業，飛行約 5 至 6 分鐘後到達作業地區，開始執行清洗礙子。當清洗當次作業第 2 座電塔過程，約於 1540 時，執行清洗第 2 層右側礙子時，發動機產生異常聲響並喪失動力，當時距地面之高度約 70 呎，航機失去動力後迫降於電塔南側之農田，離電塔水平距離約 25 公尺。航機之起落架折斷、水箱破裂、尾桁受損。機上人員送醫後，正駕駛員腰部及水槍操作員頸部均受到輕微挫傷。

飛航安全調查委員會為負責調查民用航空器、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、凌天航空股份有限公司、加拿大運輸安全委員會、美國國家運輸安全委員會及美國勞斯萊斯公司。

本事故「調查報告草案」依程序於 104 年 10 月 13 日經本會第 37 次委員會議初審修正後函送相關機關（構）提供意見，並再經相關意見彙整後，於 104 年 12

月 29 日經本會第 40 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 13 項，改善建議計 9 項，分述如後：

調查發現

與可能肇因有關之調查發現

1. 事故直昇機因發動機失去動力迫降，其原因經檢查係壓縮器第 3 級轉子葉片斷落所致。其葉片斷落可能原因有二：(1) 轉子葉片之根部腐蝕孔引發裂縫，該裂縫受高週負荷後持續延伸，至葉片根部過載而斷裂脫離；或 (2) 機匣覆層下方腐蝕，使塑膠覆材脫層並與轉子葉片尖端產生摩擦。(1.16, 2.1)
2. 壓縮器轉子葉片與機匣腐蝕之可能肇因，經判斷為於腐蝕環境下操作之發動機壓縮器維修失當。本型發動機維護手冊已明確警告：「腐蝕將使壓縮器損壞，造成發動機失效」。(1.16, 2.1)

與風險有關之調查發現

1. 凌天航空公司不知四面環海之臺灣海島係屬發動機製造廠規範之嚴重腐蝕操作環境，未依手冊規範於每日飛行後執行發動機壓縮器水洗作業，未能清除發動機壓縮器所遭受之污染，致累積之污染物逐漸腐蝕壓縮器。(1.6, 1.18, 2.2.1)
2. 凌天航空公司維護計畫有關發動機長期未運轉之作業規定不符原廠手冊之規範，未依手冊規範執行發動機關車超過 5 天即須執行壓縮器防腐作業，可能致壓縮器葉片腐蝕情形愈益嚴重。(1.6, 1.17, 2.2.4)
3. 凌天航空公司執行 300 小時壓縮器定期檢查時，未遵照手冊規範執行定子導片與轉子葉片之腐蝕及沖蝕檢查，致未能及早發現該壓縮器遭受嚴重污染及腐蝕狀況。(1.6, 1.18, 2.2.3)

4. 維修人員對發動機維修手冊有關壓縮器維護檢查之專業知識與經驗不足。(1.6, 1.16, 1.17, 1.18, 2.3)
5. 凌天航空公司對維護人員之發動機維護訓練規劃不當，造成線上修護人員對該型發動機維護之專業知識不足。(1.17, 2.3)
6. 民航局對於凌天航空之適航監理未能辨識及/或督導改正其發動機維護作業未依原廠手冊執行、維修人員訓練不足、維護計畫缺失與發動機維護手冊未及時更新等重要之機務安全缺失。(1.17, 2.6)
7. 凌天航空公司未依維修手冊之規定視壓縮器受腐蝕狀況適當調整壓縮器定期檢查之週期。(1.6, 2.2.2)
8. 凌天航空公司之發動機 300 小時及 1,750 小時定期檢查時間，曾各有 1 次超過操作與維護手冊之規定，增加航機運作風險。(1.6, 2.2)
9. 凌天未遵照維護能力冊之規定施行手冊更新與管理，存在未能依最新版手冊施工之風險。(1.17, 2.4)
10. 民航局適航檢查員對於凌天發動機保養相關程序瞭解不足，不利於適航監理過程中識別出凌天發動機維護之缺失。(1.17, 2.6)

其它發現

1. 事故機正駕駛員飛航資格符合現行民航法規之規定，事故前 72 小時之休息及活動正常，無證據顯示飛航組員於飛航中曾受任何藥物及酒精影響。事故機之載重平衡於標準範圍內。事故當時之天氣良好，無影響操作之天氣因素存在，事故發生與飛航操作無關。(1.5, 2.7)

改善建議

致凌天航空公司

1. 加強維修人員發動機維修之訓練，以確保發動機維修人員明確瞭解有關之維修手冊與工單執行內容。(ASC-ASR-16-01-001)
2. 重新評估 Rolls-Royce 250-C20J 發動機 300 小時定期檢查之維護能量，以確保並落實該定期檢查。(ASC-ASR-16-01-002)
3. 重新審視與修訂適航維護計畫手冊之有關內容，以符合發動機原廠手冊之規範。(ASC-ASR-16-01-003)
4. 強化手冊及工單管理機制，以確保及時取得並使用最新版之維護資訊執行航空器相關作業。(ASC-ASR-16-01-004)
5. 加強計畫性修護工作之管制作業管理，以符操作及維護手冊之一定時期內須完成之檢查作業，避免航機運作風險。(ASC-ASR-16-01-005)

致交通部民用航空局

1. 加強督導凌天航空修護人員有關發動機之訓練，以確保發動機維修人員明確瞭解有關之維修手冊與工單執行內容。(ASC-ASR-16-01-006)
2. 加強督導凌天航空適航維護計畫之正確性，及維護手冊與工單之管理，以確保及時取得並使用最新版之手冊執行航空器相關維護作業。(ASC-ASR-16-01-007)
3. 加強督導凌天航空評估 Rolls-Royce 250-C20J 發動機之 300 小時定期檢查之維護能量，以確保並落實該定期檢查。(ASC-ASR-16-01-008)
4. 檢討普通航空業適航檢查員對於各機型及發動機維護專業知識之瞭解，並強化適航監理作業對航空器使用人系統性缺失之識別能力。(ASC-ASR-16-01-009)

目 錄

摘要報告.....	I
目錄.....	V
表目錄.....	IX
圖目錄.....	XI
第一章 事實資料.....	1
1.1 飛航經過.....	1
1.2 人員傷害.....	2
1.3 航空器損害.....	3
1.4 其他損害情況.....	3
1.5 人員資料.....	3
1.5.1 駕駛員經歷.....	3
1.5.1.1 正駕駛員.....	4
1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動.....	4
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.....	6
1.6.3 載重與平衡.....	7
1.6.4 維修資訊.....	7
1.6.4.1 飛行後檢查.....	8
1.6.4.2 發動機壓縮器定期檢查.....	12
1.6.4.3 發動機長期未運轉作業.....	17
1.6.4.4 定期檢查 300 小時壓縮器檢查項目.....	19
1.7 天氣資料.....	19
1.8 助、導航設施.....	20
1.9 通信.....	20

1.10	場站資料	20
1.11	飛航紀錄器	20
1.12	航空器殘骸與撞擊資料	20
1.13	醫療與病理	24
1.14	火災	24
1.15	生還因素	24
1.16	測試與研究	24
1.16.1	發動機拆解檢視	24
1.16.2	發動機原廠拆檢報告	32
1.16.3	警示燈燈泡檢視	37
1.16.4	燃油質量檢視	38
1.16.5	一次性檢查	39
1.17	組織與管理	46
1.17.1	凌天組織與管理	46
1.17.1.1	凌天機務處	46
1.17.1.2	凌天技術文件之管理	46
1.17.1.3	凌天飛機修護人員訓練	48
1.17.1.4	凌天修護管制作業	49
1.17.2	民航局對凌天之適航監理	49
1.18	其他資料	51
1.18.1	訪談資料	51
1.18.1.1	正駕駛訪談摘要	51
1.18.1.2	水槍操作員訪談摘要	52
1.18.1.3	礙掃任務機組組長訪談摘要	53
1.18.1.4	航務副處長訪談摘要	53
1.18.1.5	發動機清洗作業員訪談紀錄	55

1.18.1.6 維修管制人員訪談紀錄.....	55
1.18.1.7 發動機壓縮器檢查人員訪談紀錄.....	55
1.18.2 BELL 206 B3 直昇機操作手冊摘錄.....	57
1.18.3 事故機錄影影像.....	60
第二章 分析.....	61
2.1 概論.....	61
2.2 維修作業.....	61
2.2.1 壓縮器清洗.....	61
2.2.2 壓縮器檢查週期.....	62
2.2.3 壓縮器檢查內容與執行.....	63
2.2.4 發動機長期未運轉.....	64
2.3 維修人員專業知識與訓練.....	65
2.4 發動機操作及維護手冊之管理.....	66
2.5 修護管制作業之管理.....	66
2.6 航空器適航監理.....	67
2.7 飛航操作分析.....	69
第三章 結論.....	71
3.1 與可能肇因有關之調查發現.....	71
3.2 與風險有關之調查發現.....	72
3.3 其他發現.....	73
第四章 飛安改善建議.....	75
附錄一 亞洲區域腐蝕環境嚴重程度地圖.....	77
附錄二 警示燈燈泡檢視結果照片.....	79
附錄三 燃油品質試驗報告.....	81
附錄四 民航局有關 B-31019 事故調查之回復.....	83
附錄五 事故機錄影影像.....	85

本頁空白

表目錄

表 1.2-1	人員傷亡表.....	3
表 1.5-1	飛航組員基本資料表.....	3
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	載重及平衡相關資料表.....	7
表 1.6-4	壓縮器清洗紀錄.....	11
表 1.6-5	發動機壓縮器 300 小時/12 曆月檢查作業紀錄.....	16
表 1.6-6	機隊發動機 1,750 小時檢查紀錄.....	17
表 1.6-7	該機使用紀錄.....	18
表 1.17-1	有關 300 小時壓縮器定檢內容.....	48

本頁空白

圖目錄

圖 1.1-1	事故現場圖.....	2
圖 1.6-1	每日飛行後檢查工作單.....	10
圖 1.6-2	事故發動機 300 小時檢查工作單紀錄.....	15
圖 1.12-1	航機右側起落架滑橈、水槍損壞.....	21
圖 1.12-2	右側尾桁蒙皮破裂、尾桁彎折.....	21
圖 1.12-3	左側起落架滑橈、水箱、水槍馬達損壞.....	22
圖 1.12-4	左側尾桁蒙皮破裂、尾桁彎折.....	22
圖 1.12-5	機腹外掛水箱脫落.....	23
圖 1.12-6	殘骸由事故現場移除.....	23
圖 1.12-7	殘骸存放臺南亞航棚廠.....	24
圖 1.16-1	發動機艙結構及零組件.....	26
圖 1.16-2	發動機壓縮器外觀.....	26
圖 1.16-3	發動機進氣口髒污情形.....	27
圖 1.16-4	壓縮器機匣損壞情形.....	27
圖 1.16-5	自機匣外部可目視壓縮器轉子葉片斷落情形.....	28
圖 1.16-6	壓縮器機匣左側損傷情形.....	28
圖 1.16-7	發動機拆卸.....	29
圖 1.16-8	發動機安裝於治具.....	29
圖 1.16-9	壓縮器進氣口及第 1 級轉子葉片污染情形.....	30
圖 1.16-10	壓縮器機匣分解情形.....	30
圖 1.16-11	轉子第 3 級葉片損壞情形.....	31
圖 1.16-12	定子導片損壞情形.....	31
圖 1.16-13	送至發動機製造廠實驗室之壓縮段元件及碎片.....	32
圖 1.16-14	腐蝕損害普遍存在葉片與輪轂的圓角表面.....	34
圖 1.16-15	腐蝕孔於第 2 級轉子葉片之前緣上.....	34

圖 1.16-16	腐蝕孔於第 4 級轉子葉片之圓角上.....	34
圖 1.16-17	第 3 級定子導片內層材料剝落與內層基材腐蝕情形.....	35
圖 1.16-18	壓縮器出口擴散器締緊螺絲腐蝕情形.....	35
圖 1.16-19	壓縮器出口擴散器（前視圖）腐蝕情形.....	36
圖 1.16-20	壓縮器出口擴散器（後視圖）腐蝕情形.....	36
圖 1.16-21	壓縮器出口擴散器（近視圖）腐蝕情形.....	37
圖 1.16-22	事故機駕駛艙警示燈面板.....	38
圖 1.16-23	燃油箱殘餘油量指示 40 加侖.....	38
圖 1.16-24	燃油箱燃油取樣.....	39
圖 1.16-25	B-31127 機發動機壓縮器葉片嚴重污染情形.....	40
圖 1.16-26	B-31118 機發動機壓縮器轉子葉片狀況.....	41
圖 1.16-27	B-31118 機發動機壓縮器定子導片腐蝕鏽斑狀況.....	41
圖 1.16-28	B-31118 機發動機壓縮器定子導片前緣凹陷情形.....	42
圖 1.16-29	B-31118 機發動機壓縮器定子導片表面刻痕情形.....	42
圖 1.16-30	B-31109 機發動機壓縮器轉子葉片污染情形嚴重.....	43
圖 1.16-31	B-31109 機發動機壓縮器定子導片腐蝕鏽斑.....	43
圖 1.16-32	B-31169 機發動機壓縮器轉子葉片污染情形.....	44
圖 1.16-33	B-31169 機發動機壓縮器轉子葉片腐蝕鏽斑.....	45
圖 1.16-34	B-31169 機發動機壓縮器定子導片腐蝕鏽斑.....	45
圖 1.17-1	凌天維護組織編制.....	46
圖 1.18-1	凌天之發動機壓縮器檢查作業.....	56
圖 1.18-2	BELL 206B3 速度/高度性能圖.....	59

第一章 事實資料

1.1 飛航經過

民國 103 年 12 月 18 日，凌天航空公司（以下簡稱凌天）1 架 Bell 206B3 型直昇機，國籍標誌及登記號碼 B-31019，執行台灣電力公司彰化地區之高壓電塔絕緣礙子清掃（以下簡稱礙掃）任務。當日預計執行 8 次礙掃作業，於執行當日最後一次礙掃作業時，發動機動力喪失，迫降於電塔下方之空曠農田，駕駛員及水槍操作員受到輕傷，航空器遭受實質損害。

凌天執行礙掃作業時，採機上單一正駕駛員搭配水槍操作員一員方式作業，機上總共 2 人；駕駛員坐於駕駛艙右座操控直昇機，水槍操作員坐於後座操作水槍清洗電塔礙子。本次礙掃任務係由任務機組組長（具正駕駛員資格）及事故正駕駛員輪流擔任駕駛員，水槍操作員則維持同一人。加油及加水等後勤支援工作設於彰化市大天宮附近之臨時起降場。該機機組員於事故前一天（12 月 17 日）1300 時，於該臨時起降場進行次日之任務提示；內容含有任務概述、航機及機組員狀況、任務分派、航路高度、天候、緊急程序及起降注意事項等。

事故當日礙掃任務，約於 0805 時，由任務機組組長自臨時起降場起飛，執行第 1、2 次作業後，交由事故正駕駛員完成第 3、4 次作業，再由任務機組組長完成第 5、6 次作業，最後交予事故駕駛員執行最後兩次作業，至 1520 時止已完成第 7 次之作業。

該機約於 1525 時再次自該臨時起降場起飛，至彰化福興鄉附近執行當日最後 1 次礙掃作業，飛行約 5 至 6 分鐘後到達作業地區，開始執行清洗礙子。清洗完成本次作業第 1 座電塔後，繼續飛往第 2 座電塔清洗。約於 1540 時完成第 2 層左

側¹，而在執行右側清洗噴水工作時，發動機產生異常聲響並喪失動力，當時距地面之高度約70呎，航機失去動力後迫降於電塔南側之農田(經緯度N 24° 2' 46.55", E 120° 28' 36.75")，離電塔水平距離約25公尺。航機之起落架折斷、水箱破裂、尾桁受損。機上人員送醫後，正駕駛員腰部及水槍操作員頸部均受到輕微挫傷。該事故之現場及事故機如圖 1.1-1。



圖 1.1-1 事故現場圖

1.2 人員傷害

機上之駕駛員及水槍操作員共計2人受到輕傷，如表 1.2-1。

¹ 凌天清洗電塔礙子，為利於作業溝通，將此 A 型之電塔礙子分左右兩側、上下3層，自上而下分第1層到第3層，清洗順序由下而上，於事故發生前，已清洗完成該具電塔第1層礙子。

表 1.2-1 人員傷亡表

傷亡情形	組員	乘客	其他	總計
死亡	0	0	0	0
重傷	0	0	0	0
輕傷/無傷	2	0	0	0
合計	2	0	0	0

1.3 航空器損害

航空器遭受實質損害。

1.4 其他損害情況

無其他損害。

1.5 人員資料

1.5.1 駕駛員經歷

飛航組員基本資料如表 1.5-1。

表 1.5-1 飛航組員基本資料表

項 目	正駕駛員
性 別	男
事 故 時 年 齡	50
進 入 公 司 日 期	民國 95 年 8 月
航 空 人 員 類 別	直昇機商用駕駛員
檢 定 證 號	302xxx
檢 定 項 目	BELL 206
發 證 日 期	民國 101 年 3 月 14 日
到 期 日 期	民國 106 年 3 月 13 日
體 檢 總 類	乙類駕駛員
終 止 日 期	民國 104 年 12 月 31 日
總 飛 航 時 間	5,125 小時 20 分
事 故 機 型 飛 航 時 間	1,710 小時 50 分
最 近 12 曆 月 飛 航 時 間	153 小時 20 分
最 近 90 日 內 飛 航 時 間	83 小時 25 分
最 近 30 日 內 飛 航 時 間	24 小時 55 分
最 近 7 日 內 飛 航 時 間	11 小時 45 分
24 小 時 內 已 飛 時 間	2 小時 55 分
事 故 前 休 息 時 間	14 小時 00 分

1.5.1.1 正駕駛員

中華民國籍，民國 95 年 8 月進入凌天。持有中華民國直昇機商用駕駛員檢定證，檢定項目欄內之註記為：「BELL 206 具有於航空器上無線電通信技能及權限 Privileges for operation of radiotelephone on board an aircraft」，限制欄內之註記為：「BELL 206 VFR ONLY」，特定說明事項欄內之註記為：空白。

正駕駛員原為軍用直昇機飛行員，進入凌天後於民國 95 年 9 月 5 日完成 BELL 206 型機之機種轉換訓練，開始擔任 BELL 206 型機副駕駛員。民國 96 年 3 月 14 日完成正駕駛員升等訓練開始擔任 BELL 206 型機正駕駛員。至事故發生前之總飛航時間 5,125 小時 20 分。正駕駛員 103 年度之年度複訓（含性能飛行、緊急程序、基本儀器飛行）及檢定，於民國 103 年 3 月 5 日實施，訓練結果均為滿意（Satisfactory）。考驗結果及格，合於 BELL 206 型機正駕駛員目視（VFR ONLY）資格之標準。

正駕駛員最近 1 次礙掃訓練日期為民國 103 年 9 月 11 日，礙掃作業訓練含：大載重滯空馬力檢查、外界障礙物檢視、鐵塔接近及脫離飛行及鐵塔滯空飛行，訓練簽署欄內註記為：「操作順暢、協調無安全顧慮」。

正駕駛員體格檢查種類為乙類駕駛員，上次體檢日期為民國 103 年 12 月 15 日，體檢及格證限制欄內註記為：「視力需戴眼鏡矯正，Holder shall wear corrective lenses.」。正駕駛員事故後經地區醫院執行酒精測試，測試結果：酒精值為零。

1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動

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

上述問卷中之「睡眠」係指所有睡眠型態，如：長時間連續之睡眠、小睡(nap)、機上輪休之睡眠等。「睡眠品質」依填答者主觀感受區分為：良好（Excellent）、

好 (Good)、尚可 (Fair)、差 (Poor)。

「疲勞自我評估表」由填答者圈選最能代表事故時精神狀態之敘述，其選項如下，另可自行描述事故時之疲勞程度。

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

正駕駛員：

12月16日：早上約0645時起床，睡眠品質良好。0745時至公司上班，約0810時抵公司參加12月17日礙掃任務提示。1230時休假離開公司，1810時晚餐，約1920時回宿舍，2140時就寢，約5-7分鐘睡著。

12月17日：0600時起床，睡眠品質良好，0630時由航站出發至彰化大天宮停機點，0700時抵達停機點開始執行各項飛行前準備。因風大未執行，1100時左右執行12月18日任務提示，完畢後解散。1355時抵宿舍，小睡約40分鐘，1750時外出吃晚餐，1835時返宿舍，2120時就寢，約5分鐘睡著。

12月18日：早上約0555時起床，睡眠品質良好，0630時航站出發至彰化大天宮。0750時開始執行本日礙掃作業。1225時午餐，餐後持續執行，之後發生事故。

正駕駛員表示：曾於民國103年7月之礙掃訓練時提及相關疲勞議題，能充分瞭解其相關要求。正駕駛員每日所需睡眠時數為7小時，正常之睡眠時段約為2230~2300至次日0700。事故後，正駕駛員圈選最能代表事故時精神狀態之敘述為：「警覺力處於最佳狀況；完全清醒的；感覺活力充沛」。

1.6 航空器資料

1.6.1 航空器基本資料

該機統計至民國 103 年 12 月 17 日航空器基本資料，詳表 1.6-1。

表 1.6-1 航空器基本資料

航空器基本資料表	
國籍	中華民國
航空器登記號碼	B-31019
機型	206B3
製造廠商	Bell Helicopter TEXTRON
出廠序號	4653
出廠日期	民國 97 年 9 月 8 日
接收日期	民國 97 年 10 月 1 日
所有人員	凌天航空公司
使用人員	凌天航空公司
國籍登記證書編號	97-1103
適航證書編號	103-12-252
適航證書生效日	民國 103 年 12 月 16 日
適航證書有效期限	民國 104 年 12 月 15 日
航空器總使用時數	1610:35 小時
航空器總落地次數	2,588
上次定檢種類	100 小時檢查
上次定檢日期	民國 103 年 11 月 26 日
上次定檢後使用時數	34:14 小時
上次定檢後落地次數	57
最大起飛重量	3,350 磅
最大著陸重量	3,200 磅

1.6.2 發動機基本資料

該機統計至民國 103 年 12 月 17 日發動機基本資料，詳表 1.6-2。

表 1.6-2 發動機基本資料

發 動 機 基 本 資 料 表	
製造廠商	Rolls-Royce
型別	250-C20J
序號	CAE-271017
製造日期	民國 96 年 9 月 1 日
上次定檢種類	100 小時檢查 300 小時/12 曆月壓縮器檢查
上次定檢日期	民國 103 年 11 月 26 日
上次定檢後使用時數	34:14 小時
總使用時數	1610:35 小時
總使用週期數	833

1.6.3 載重與平衡

表 1.6-3 為事故航班之載重平衡相關資料。

表 1.6-3 載重及平衡相關資料表

基 本 空 機 重 量	2,122.4 磅
最 大 起 飛 總 重	3,350.0 磅
實 際 起 飛 總 重	3,186.7 磅
起 飛 油 量	272.0 磅
航 行 耗 油 量	136 磅
最 大 落 地 總 重	3,200.0 磅
實 際 落 地 總 重	2,610.7 磅
起 飛 重 心 位 置	113.9 吋

1.6.4 維修資訊

檢視該機自民國 97 年 10 月 1 日接機起至事故發生日止，共 7 年餘之所有維修紀錄、延遲改正缺點、保養困難報告、飛行前/後檢查；直昇機及發動機適航指令、發動機原廠 250-C20J 型發動機操作及維護手冊（Operation and Maintenance Manual, 以下簡稱 OMM）、服務通告、定檢項目及最後 1 次定檢紀錄。蒐集與本案相關資料如以下數節。

1.6.4.1 飛行後檢查

依據發動機原廠 250-C20J 型發動機 OMM 72-00-00 章，有關發動機之起飛前檢查及飛行後檢查項目列於表 601，該表在飛行後檢查項目中有關發動機壓縮器轉子葉片與定子導片之檢查規定如下：

Anytime the aircraft has been operated in an atmosphere known (or suspected) to be corrosive, perform a water rinse of the compressor. Refer to Compressor Contamination Removal, PARA 6.A.(1), 72-30-00. (譯：任何時間飛機曾於已知或懷疑之腐蝕大氣中運作時，必須用淨水清洗壓縮器，參考 72-30-00 章，6.A.(1)段，壓縮器污染物清除。)

有關 OMM 72-30-00 章，6.A.(1)段，壓縮器污染物清除，摘錄部分內容如下：

A. Water Rinse.

Accomplish on a daily basis, when operating in a corrosive atmosphere, using the best water available. Usable water can be obtained from the discharge of an air conditioner or from a cistern. It is not necessary to disconnect any tubing during the water rinse; however, the bleed valve must be blocked in the closed position.

WARNING: SALT LADEN HUMIDITY AND CHEMICALS WILL CORRODE COMPRESSOR BLADES AND VANES AND CAUSE THEM TO FAIL.

CAUTION: BE SURE THE IGNITION CIRCUIT BREAKER IS PULLED TO PREVENT IGNITION DURING THE RINSE CYCLE.

(1) Compressor Contamination Removal

Engines subjected to salt water or other chemically laden atmosphere (including pesticides, herbicides, industrial pollutants, sulfur laden atmosphere, etc.) shall

undergo water rinsing after shutdown following the last flight of the day. Perform the rinse operation as soon as practical after flight, but not before the engine has cooled to near ambient temperature.

NOTE: Operators should be aware that salt or chemically laden air may be encountered for 75–150 miles (121–241 km) from the source under certain weather conditions. If there is any doubt about the condition in which your engines are operated, the compressors should be given a daily water rinse. Water will not damage the engine but salt and chemicals will.

(譯：A. 清水沖洗：作業以每日為基礎，當操作在腐蝕大氣環境下，使用可取得最好的清水，如空調機之凝結水或水塔之淨水。清水沖洗過程中，不須拆下任何管路，但供氣閥必須置於關閉的位置。警告：含鹽分的溼氣及化學成分將會腐蝕壓縮器轉子葉片及定子導片，而且會導致他們失效。注意：必須確認拔出點火斷路器，以防止沖洗過程中點火。(1) 壓縮器污染物清除：發動機在有鹽分或其他化學成分之大氣環境(如殺蟲劑、除草劑、工業污染、硫磺等之大氣環境)下操作，在當日最後一次飛行發動機關閉後，必須接受清水沖洗。視實務作業在飛行後儘快執行淨水沖洗，但莫在發動機冷卻到接近環境溫度之前。註：航空器使用人應該要知道在某些特定之天氣情況下，於距離污染來源位置 75 至 150 哩(121 至 241 公里)即可能遭遇空氣中含有鹽分或化學成分。如有任何懷疑在上述污染大氣中運作，則壓縮器須每日清洗。水分不會傷害發動機，但是鹽分和化學成分會傷害發動機。)

依據凌天提供之每日飛行後檢查工作單(詳圖 1.6-1)，「檢查要項」欄顯示，「發動機檢查項目：項次 1. 壓縮器葉片及輪葉：a. 任何時間飛機曾於已知或懷疑之鏽蝕大氣中運作時，壓縮器必須用純淨水執行清洗(參照清除壓縮器污染 para.6.A(1)72-30-00 說明實施)。b...」。 「檢查情形」欄分隔為 7 小欄，供連續 7 次飛行後檢查之執行人員填具。該欄顯示執行人員以打勾表示該項檢查作業執行

完畢（詳圖 1.6-1 實線紅框處），有關發動機壓縮器葉片及輪葉之檢查，欄位內若打勾，不等同於已執行發動機壓縮器清洗作業，實際作業端視執行人員對當時運作環境之認知。

貝爾 206B 機飛行後檢查工作單 BELL 206B POST-FLIGHT CHECK WORK SHEET							
檢查要項 INSPECTION REQUIREMENTS	檢查情形						
4. 副駕駛操縱 -- 是否穩固及裝置是否適當 Copilot controls -- Security and proper installation.	1	2	3	4	5	6	7
5. 副駕駛安全帶 -- 是否穩固 Copilot seat belt -- Secured.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6. 機艙門 -- 是否穩固 Cabin doors -- Secured.							
發動機檢查項目：refer 250-C20 Operation Maintenance manual 72-00-00 table 601							
項次1. 壓縮器葉片及輪葉 Item 1. COMPRESSOR BLADES AND VANES							
a. 任何時間飛機曾於已知或懷疑之鏽蝕大氣中運作時，壓縮器必須用純淨水執行清洗(參照清除壓縮器污染para 6.A(1)72-30-00說明實施)(參照清洗工單 P. 2-21, 22, 23) Any time the aircraft has been operated in an atmosphere known (or suspected) to be corrosive, perform a water rinse of the compressor. (Refer to Compressor Contamination Removal, para 6.A(1)72-30-00)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
b. 檢查有無顯明之外物損壞，壓縮器進氣口安裝一砂塵分離器系統而不能檢查時；應按目視檢查檢驗沙塵分離器之外部 損壞有無裂紋，鬆動跡象或堵塞漩渦產生器，若已發現損壞時，拆下分離器整流罩及整流片實施壓縮器葉片及輪葉之外物損 壞檢查以符合容許之規定始可執行將來更多之任務飛行。 Inspect for obvious foreign object damage. If inspection of the compressor inlet is not possible due to an installed particle separator system; examine the air particle separator for external damage as well as a visual check for cracked, loose or clogged vortex generators. If damage is observed, remove the separator cowlings and fairings to permit inspection of the compressor blades and vanes for foreign object damage prior to further flight.							
項次2. 齒輪箱 Item 2. GEARBOX(magnetic drain plugs)							
c. 若警告燈發亮時，應檢查及清潔乾淨磁性漏放堵頭。(詳情參考章節11.G.,72-00-00之磁性堵頭檢查) If a warning light is received, inspect and clean the magnetic drain plugs. (Refer to Magnetic Plug Inspection, para 11.G.,72-00-00, Engine -Servicing)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	1	2	3	4	5	6	7

圖 1.6-1 每日飛行後檢查工作單

檢視該機經歷簿有關發動機清洗作業之紀錄如表 1.6-4。

表 1.6-4 壓縮器清洗紀錄

總清洗次數	執行時間	總飛行時數	類別 (清洗前飛行天數)
0	97.10.01.	17:00	不詳
1	98.01.09	29:22	水洗(6)
2	98.07.21.	51:41	水洗(18)
3	98.09.02.	87:47	藥洗(14)
4	98.10.21.	103:33	水洗(6)
5	98.11.21.	187:35	藥洗(17)
6	98.12.19.	282:16	藥洗(22)
7	99.01.09.	293:42	水洗(5)
8	99.02.09.	340:19	水洗(9)
9	99.03.17	356:19	水洗(6)
10	99.08.27.	379:05	藥洗(15)
11	99.10.11.	424:07	水洗(13)
12	99.10.16.	447:33	水洗(5)
13	99.11.07.	477:08	藥洗(7)
14	99.12.08.	573:53	藥洗(25)
15	99.12.30.	622:43	水洗(12)
16	100.01.26.	655:41	水洗(12)
17	100.02.08.	664:33	藥洗(4)
18	100.04.25.	737:15	水洗(27)
19	100.05.20.	749:09	水洗(5)
20	100.06.07.	763:28	藥洗(4)
21	100.09.05	837:46	水洗(24)
22	100.09.27.	847:24	藥洗(3)
23	100.10.25.	870:51	水洗(9)
24	100.12.09.	933:38	藥洗(18)
25	101.01.13.	1025:09	藥洗(23)
26	101.01.20.	1042:16	水洗(4)
27	101.04.25.	1092:37	水洗(17)
28	101.06.29.	1119:25	藥洗(16)
29	101.10.10.	1211:46	藥洗(33)
30	102.02.07.	1268:58	水洗(11)
31	102.04.03.	1305:05	水洗(11)
32	102.04.29.	1306:38	藥洗(2)
33	102.11.21.	1393:48	藥洗(24)

34	102.12.30.	1463:27	水洗(20)
35	103.01.18.	1485:20	藥洗(6)
36	103.11.25.	1576:21	藥洗(27)
	103.12.17.	1610:35	事故發生(9)

凌天進行水洗作業時，所使用之水為市售純水，進行藥洗作業時，所使用之清潔劑為 Airworthy 公司之 ZOK 27。

1.6.4.2 發動機壓縮器定期檢查

發動機壓縮器之 300 小時定期檢查

依據事故前最新版（民國 103 年 6 月 1 日）OMM 72-00-00 章，有關發動機之定期檢查時程與項目列於該章節之表 602，該表中有關發動機壓縮器之 300 小時定期檢查規定如下：

第 33 項：Inspection/Maintenance Action: Inspect the compressor case, blades, and vanes when operating in an erosive and/or corrosive environment. 10X power magnification is recommended for corrosion pit inspection. REF PARA this PARA 1. D (9) (譯：檢查與維護作為：在沖蝕及/或腐蝕環境下操作時，檢查發動機壓縮器機匣、轉子葉片及定子導片。建議使用 10 倍放大鏡檢查腐蝕孔。參考本章 1.D(9)段)

有關第 33 項之警語如下：

CAUTION: INSPECTION FREQUENCY MUST BE BASED ON THE NATURE OF THE EROSION AND/OR CORROSIVE ENVIRONMENT. THE OPERATING ENVIRONMENT CAN DICTATE A MORE FREQUENT INSPECTION INTERVAL. WHEN OPERATING IN A CORROSIVE AND/OR EROSION ENVIRONMENT FOR NON--COATED COMPRESSOR WHEELS, THE INSPECTION MUST NOT EXCEED 300 HOURS OR 6 MONTHS. FOR COATED COMPRESSOR WHEELS, INSPECTION MUST NOT EXCEED 300

HOURS OR 12 MONTHS. IF ANY PARENT METAL IS EXPOSED DUE TO CORROSION AND/OR EROSION, THE INSPECTION REQUIREMENT MUST REVERT BACK TO 300 HOURS OR 6 MONTHS. (譯：注意：檢查週期必須依沖蝕及/或腐蝕環境之嚴重狀況而定，視操作環境可以要求更頻繁的檢查頻率。發動機壓縮器轉子為無塗層者，如操作於腐蝕環境，則檢查時距不得超過 300 小時或 6 曆月；發動機壓縮器轉子為有塗層者，則檢查時距不得超過 300 小時或 12 曆月，若因腐蝕以致塗層脫落而使素材外露時，則檢查時距須回復至 300 小時或 6 曆月。)

參考 72-00-00 章 1.D(9)段之內容如下：

(9) Erosion and Corrosion Inspection

If the aircraft is frequently subjected to sand or dust ingestion or operated in a corrosive environment (salt laden or other chemically laden atmosphere such as pesticides, herbicides, sulphur, industrial pollutants, etc.), inspect compressor blades, vanes, and case plastic coating for erosion or corrosion damage. Engines operated in a corrosive environment must be subjected to daily fresh water compressor rinses. NOTE: If the aircraft is subjected to sand or dust ingestion, periodic compressor erosion inspection is recommended. The frequency of the inspection must be based on the degree of ingestion and condition of the compressor at the last inspection. The need for more frequent compressor rinse can also be indicated. NOTE: See CSL--1135 for instructions on suggested contamination removal using water only and for maps of operating areas with salt laden air. NOTE: 10X power magnification is recommended for corrosion pit inspection. (譯：如航空器經常在吸入沙塵或腐蝕環境(鹽分或其他化學成分如殺蟲劑、除草劑、硫磺、工業污染等)下操作，檢查壓縮器轉子葉片、定子導片及機匣塑膠覆層之沖蝕損害及腐蝕損害。發動機在腐蝕環境下操

作，必須每日以淨水沖洗壓縮器。註：如航空器經常會吸入沙塵，建議經常檢查壓縮器之沖蝕損害。檢查週期必須基於吸入之程度及上次檢查結果之狀況。可能會需要更頻繁之壓縮器清洗。註：查看 CSL-1135 有關以淨水沖洗清除污染物之說明及受鹽分影響之操作區域地圖。註：建議使用 10 倍放大鏡檢查腐蝕孔。)

有關商業服務信函 (Commercial Service Letter, 以下簡稱 CSL) CSL-1135，發動機製造公司 Rolls-Royce 於民國 93 年 8 月 27 日發布該信函第 10 版，信函中除包含上述相同之敘述外，另有全球腐蝕程度地圖，其中臺灣屬海島地區，係歸類為嚴重 (severe) 腐蝕環境地區，亞洲地區大氣環境腐蝕程度地圖如附錄 1。

依據凌天提供之事故發動機 300 小時檢查工作單紀錄 (詳圖 1.6-2)，經查本事故機及該公司現有機隊 4 架機之發動機壓縮器轉子件號均為 23057112 (UIA 23057108/FRO 23079059)，係屬有塗層之轉子。檢視該機經歷簿有關發動機壓縮器檢查作業之紀錄如表 1.6-5。

BELL 206B 維護計畫 凌天航空 EPA

EPM-103349-5 ENGINE 300 HOUR INSPECTION WORK SHEET

REF. PARA	INSPECTION REQUIREMENTS	SIGNATURE	
		MECH	MECH
In addition to the 100 hour and applicable 200 hour inspection items, do the following:			
CAUTION: inspection frequency shall be based on the nature of the erosive and/or corrosive environment. The operating environment may dictate a more frequent inspection interval. When operating in a corrosive and/or erosive environment for non-coated compressor wheels, the inspection shall not exceed 300 hours or 6 months. For coated compressor wheels, inspection shall not exceed 300 hours or 12 months. If any parent metal is exposed due to corrosion and/or erosion, the inspection requirement shall revert back to 300 hours or 6 months.			
R11	Para 1.D (9) this section	1. Inspect the compressor case when operating in an erosive and /or corrosive environment..	[Signature]
CAUTION: aircraft installed-engine fuel-pump filter differential pressure warning systems and/or operating experience may dictate replacement at lesser time interval. In no instance should the 300 hr replacement interval be exceeded.			
	Para 2.C., 73-10-01	2. Replace the fuel filter element. this filter is a throw-away item; it is not cleanable. Before discarding filter, inspect for signs of contaminants. If any are found, inspect the entire fuel system and clean if necessary.	[Signature] A 1/34
CAUTION: when there is evidence that the fuel pump filter has been bypassed, the gas producer fuel control inlet filter, the fuel nozzle filter, the governor filter and the high pressure fuel filter, if applicable, must be cleaned. (refer to special inspections, 72-00-00, table 604) if any contamination is found in the fuel nozzle filter, this will require that the fuel control be sent to an authorized repair facility for internal cleaning. Reference must also be made to the airframe maintenance manual for fuel system maintenance following fuel contamination.			
-----CAUTION: PURGE AIR FROM THE FUEL SYSTEM.-----			
	Para 3.A., 73-10-01	3. Do a fuel pump bypass valve operation check when a fuel filter is replaced. NOTE:Applicable to Sundstrand/Pesco and Argo-Tech/TRW manufacture pumps only	N/A by Goodrich/Chandler Evans CSL-1195
	Para 3., 73-20-06	4. Remove, clean and inspect engine Pc filter every 300 hour or earlier as engine performance dictates.	[Signature]
R11	Para 3., 72-30-00	5. Inspect and clean the No. 1 bearing oil pressure reducer.	[Signature]
	Para 7. E., 72-50-00	6. Visually inspect external sump. Clean internal carbonous deposits and build up from sump or replace if necessary.	N/A [Signature]
	Para 7.E 72-50-00	7. Inspect scavenge oil strut in the power turbine support. Clean carbonaceous deposits from strut.	[Signature]
R11	Para 7.G., 72-50-00	8. Inspect NO. 6 and 7 bearing pressure oil nozzle. Clean internal carbonous deposits from nozzle.	[Signature]
	Para 2.B, 77-20-01	9. Inspect the thermocouple assembly. (continuity check and insulation check).	[Signature]
R11	73-10-03	10.Remove and disassemble fuel nozzle. Clean and inspect fuel nozzle filter assembly. Assemble and install fuel nozzle.	[Signature]

1-1

EPA206PM 4 - 10 Nov/05/2013 Rev.13

圖 1.6-2 事故發動機 300 小時檢查工作單紀錄

表 1.6-5 發動機壓縮器 300 小時/12 曆月檢查作業紀錄

檢查項次	執行時間	總飛行時數	檢查時距	
			飛時 (小時)	曆月
	97.10.01.	0 (接收)		
1	98.09.01.	87:19	87	11
2	98.12.19.	282:16	194	3
3	99.09.01.	379:05	96	8
4	99.12.09.	573:53	194	3
5	100.09.29.	847:24	274	9
6	101.07.03.	1119:25	272	10
	101.10.25	拆除翻修		4
	101.12.19	翻修後裝回		2
7	102.11.22.	1393:48	274	11
8	103.11.26.	1576:21	182	12
事故發生	103.12.18.	1610:35	34	<1

發動機壓縮器之 1,750 小時定期檢查

依據 OMM 72-00-00 章，有關發動機之定期檢查時程與項目列於表 602，該表中有關發動機壓縮器之 1,750 小時定期檢查規定如下：

第 49 項 *Inspection/Maintenance Action: Inspect the compressor case, blades, and vanes. Inspection frequency must be as made necessary by operating environment. In erosive environment, inspect case at least every 300 hours. In any environment do not exceed 1750 hours without case inspection. 10X power magnification is recommended for corrosion pit inspection. REF PARA: PARA 1.D., this section and PARA 5., 72-30-00* (譯：檢查與維護作為：檢查發動機壓縮器機匣、轉子葉片及定子導片。檢查頻率必須視操作環境作必要之調整。在沖蝕環境下操作時，機匣檢查至少每間隔 300 小時。在任何情況下，機匣檢查間隔不得超過 1,750 小時。建議使用 10 倍放大鏡檢查腐蝕孔。參考章節，本章 1.D 段及 72-30-00 章, 5 段)

凌天提供機隊發動機 1,750 小時檢查紀錄如表 1.6-6：

表 1.6-6 機隊發動機 1,750 小時檢查紀錄

檢驗日期	發動機序號	TSN/TSO	檢查發現/處置
98.8.4	CAE270899	1701.1/ TSN	機匣第 3,4 級覆層龜裂脫層/更換
99.12.23	CAE270969	1744.8/ TSN	機匣覆層龜裂/更換；轉子葉肩龜裂/更換
101.2.24	CAE270910	1737/ TSO	機匣覆材與第 2 級轉子葉片摩擦/更換；第 2,3,4,5,6 級轉子葉片根部腐蝕/更換
102.9.3	CAE270998	1750.4 ² / TSN	機匣覆層鏽裂/更換
103.12.18	CAE271017 ³	1610.5/ TSN	機匣覆材下腐蝕；第 2,3,4 級轉子葉片根部腐蝕孔

1.6.4.3 發動機長期未運轉作業

依據發動機原廠 OMM 72-00-00 章, Engine description and operation (發動機相關之系統說明與操作), 其中第 5 節「Operating precaution (操作注意事項)」, 有關發動機關車時間之注意事項如下：

G. If the installed engine will be shut down for more than five calendar days the compressor must receive an application of preservative. (Refer to Compressor Preservation, PARA 12.D., 72-00-00, Engine Servicing.) (譯：假如安裝於航機上之發動機關車超過 5 天, 則必須執行壓縮器保存作業, 參考 72-00-00 章, 發動機保養, 12.D.段, 壓縮器保存)

有關壓縮器保存 72-00-00 章, 12.D 段, 壓縮器保存之內容說明如下：

D. Compressor Preservation

Application of preservative to the compressor shall be made as warranted by local corrosive conditions encountered. In no case shall the shutdown period exceed 5 days in a corrosive environment without preserving the compressor.

(譯：壓縮器保存作業必須依據當地所遭遇之腐蝕環境而定, 在腐蝕環境,

² 於執行該定期檢查前最後一趟飛行係飛渡到台南亞洲航空公司, 所用飛時為 1 小時 3 分。

³ 事故航機所裝置之發動機, 尚未執行 1,750 小時定檢, 檢查發現係本案拆解檢視概要, 詳細內容請參考 1.16。

未執行壓縮器防腐作業情況下，發動機絕不可停車超過 5 天。)

檢視該機使用紀錄，該機自民國 97 年 10 月 1 日接機開始即有諸多未運轉超過 5 天而無壓縮器防腐作業之紀錄。尤其該機自民國 103 年 3 月 19 日至 10 月 20 日，連續未運轉時間長達 7 個月，期間大部分以每 7 天執行一次發動機地面運轉，最高紀錄為未運轉 22 天亦未執行發動機地面運轉 (詳表 1.6-7)，凌天無該機執行壓縮器防腐作業紀錄，亦無發動機防腐檢驗紀錄。

凌天航空器維護能力手冊：第三章維護計畫，3.1「發展與修訂」中提及維護計畫必須遵照相關法規及原廠相關技術文件，其中包含 Rolls Royce 250-C20J Operation's and Maintenance Manual。在 3.3「直昇機維護計畫」，3.6.2.4 小節規定「各型直昇機停置地面未執行飛行任務超過 15 天以上，應執行地面試車乙次。」

表 1.6-7 該機使用紀錄

日期	飛行次數	總飛行次數	發動機未運轉時間 (天)	發動機使用情形
103.3.19	0	2383	1	
103.3.25	0	2383	7	地面運轉
103.4.2	0	2383	8	地面運轉
103.4.11	0	2383	9	地面運轉
103.4.18	0	2383	7	地面運轉
103.4.25	0	2383	7	地面運轉
103.4.28	0	2383	3	地面運轉
103.5.5	0	2383	7	地面運轉
103.5.12	0	2383	7	地面運轉
103.5.21	0	2383	9	地面運轉
103.5.28	0	2383	7	地面運轉
103.6.4	0	2383	7	地面運轉
103.6.11	0	2383	7	地面運轉
103.6.18	0	2383	7	地面運轉
103.6.25	0	2383	7	地面運轉
103.7.2	0	2383	7	地面運轉
103.7.9	0	2383	7	地面運轉
103.7.16	0	2383	7	地面運轉
103.7.24	0	2383	8	地面運轉
103.7.31	0	2383	7	地面運轉

103.8.7	0	2383	7	地面運轉
103.8.14	0	2383	7	地面運轉
103.8.19	0	2383	5	地面運轉
103.9.5	0	2383	17	地面運轉
103.9.11	0	2383	6	地面運轉
103.9.18	0	2383	7	地面運轉
103.9.25	0	2383	7	地面運轉
103.10.2	0	2383	8	地面運轉
103.10.9	0	2383	7	地面運轉
103.10.20	0	2383	11	地面運轉

1.6.4.4 定期檢查 300 小時壓縮器檢查項目

凌天於民國 103 年 11 月 26 日(事故前 23 日)執行發動機壓縮器 300 小時/12 曆月檢查，該工單紀錄(詳圖 1.6-2)顯示作業名稱爲「*Inspect the compressor case when operating in an erosive and/or corrosive environment. REF PARA 1.D.(9) this section*」(譯：當操作在沖蝕及/或腐蝕環境時，檢查壓縮器機匣，參考本章(72-00-00)，1.D.(9)段)。該作業工單名稱與 72-00-00 於民國 102 年 11 月 11 日暫時修訂版之內容相同，工作項目以「檢查壓縮器機匣」表述。而 OMM 第 19 次修訂版(民國 103 年 6 月 1 日修訂)72-00-00 章之內容，壓縮器 300 小時檢查項目之內容爲「*Inspect the compressor case, blades, and vanes when operating in an erosive and/or corrosive environment. 10X power magnification is recommended for corrosion pit inspection. REF PARA 1.D.(9) this section*」(譯：當操作在沖蝕及/或腐蝕環境時，檢查壓縮器機匣、轉子葉片、定子導片，建議以 10 倍放大鏡檢視腐蝕孔，參考本章(72-00-00)，1.D.(9)段)。

1.7 天氣資料

事故當時距事故地點最近機場爲清泉崗機場，依據機場 1500 時之天氣報告：風向 110 度，風速 12 浬/時；能見度 10 公里；稀雲 1,200 呎，疏雲 800 呎，裂雲 12,000 呎；溫度 17°C，露點 8°C；高度表撥定值 1022 百帕；趨勢預報—無顯著變化。

依據事故現場於 1400 彰化地區天氣資料：風向 010 度，風速 8 浬/時；能見度 10 公里；疏雲 8,000 呎；溫度 18°C。

1.8 助、導航設施

無相關議題。

1.9 通信

無相關議題。

1.10 場站資料

無相關議題。

1.11 飛航紀錄器

該機未裝置座艙語音紀錄器及飛航資料紀錄器。

1.12 航空器殘骸與撞擊資料

事故航機於清洗電塔礙子時，發生動力喪失，迫降於附近休耕農地。電塔設施無損壞（詳圖 1.1-1）。

事故後航機檢查損害如下：航機右側起落架滑橈、水槍損壞（詳圖 1.12-1）；尾桁右側蒙皮破裂，尾桁彎折（詳圖 1.12-2）；左側起落架滑橈、水箱、水槍馬達損壞（詳圖 1.12-3）；尾桁左側蒙皮破裂，尾桁彎折（詳圖 1.12-4）；機腹外掛水箱脫落（詳圖 1.12-5）。

現場蒐證完畢後，殘骸由事故現場移除至臺南亞洲航空公司（亞航）棚廠（詳圖 1.12-6 及 1.12-7）。



圖 1.12-1 航機右側起落架滑橇、水槍損壞



圖 1.12-2 右側尾桁蒙皮破裂、尾桁彎折



圖 1.12-3 左側起落架滑橈、水箱、水槍馬達損壞



圖 1.12-4 左側尾桁蒙皮破裂、尾桁彎折



圖 1.12-5 機腹外掛水箱脫落



圖 1.12-6 殘骸由事故現場移除



圖 1.12-7 殘骸存放臺南亞航棚廠

1.13 醫療與病理

無相關議題。

1.14 火災

無相關議題。

1.15 生還因素

無相關議題。

1.16 測試與研究

1.16.1 發動機拆解檢視

民國 104 年 1 月 7 日至 8 日，專案調查小組包括飛航安全調查委員會、交通部民用航空局、凌天及發動機製造廠 Rolls-Royce 公司等單位代表，出席事故發動

機拆解作業。

拆解地點位於亞洲航空公司發動機工廠，該公司具有 Rolls-Royce 公司軍用發動機之維護能力，亦為本次發動機拆解檢查原廠指定工廠之一。拆解過程由本案主任調查官主導，亞航發動機維修人員在 Rolls-Royce 原廠代表技術指導下執行拆檢。

拆解過程觀察如下：拆除發動機整流罩，觀察發動機艙結構及零組件（詳圖 1.16-1）；發動機壓縮器外觀（詳圖 1.16-2）；發動機進氣口呈現明顯髒污情形（詳圖 1.16-3）；壓縮器機匣損壞情形（詳圖 1.16-4）；在未拆解前，自機夾外部即可目視內部轉子葉片斷落情況（詳圖 1.16-5）；壓縮器機匣左側損傷情形（詳圖 1.16-6）；發動機拆卸（詳圖 1.16-7）；發動機安裝於治具（詳圖 1.16-8）；壓縮器進氣口及第一級轉子葉片呈現黑色煙灰污染情形，但無外物入侵造成損傷之跡象（詳圖 1.16-9）；分解壓縮器機匣可見第 1 級葉片無損傷，第 2 級葉片後緣部分受損，第 3 級轉子葉片及定子導片受損最嚴重，下游葉片（第 4 級到第 6 級）主要為葉片前緣受損，受損情況第 4 級較明顯，第 6 級較輕微（詳圖 1.16-10）；檢視整體壓縮器轉子，第 3 級轉子葉片幾乎自根部以上全部斷落，其他各級轉子則無斷落（詳圖 1.16-11）；檢視定子導片損壞情形，亦為第 3 級最為嚴重（詳圖 1.16-12）。

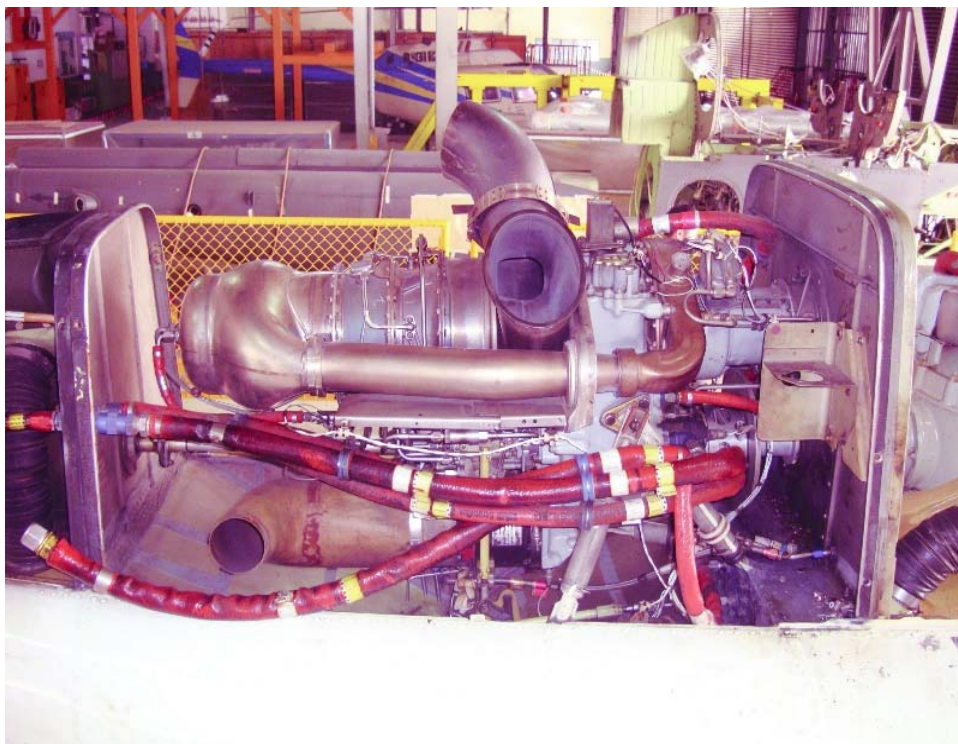


圖 1.16-1 發動機艙結構及零組件

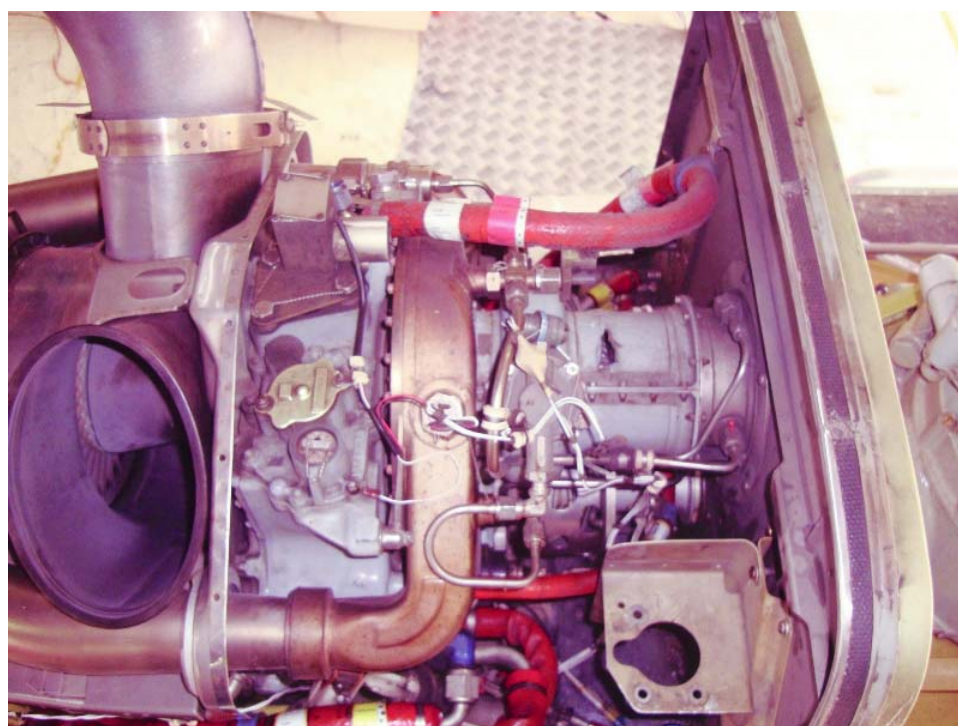


圖 1.16-2 發動機壓縮器外觀



圖 1.16-3 發動機進氣口髒污情形

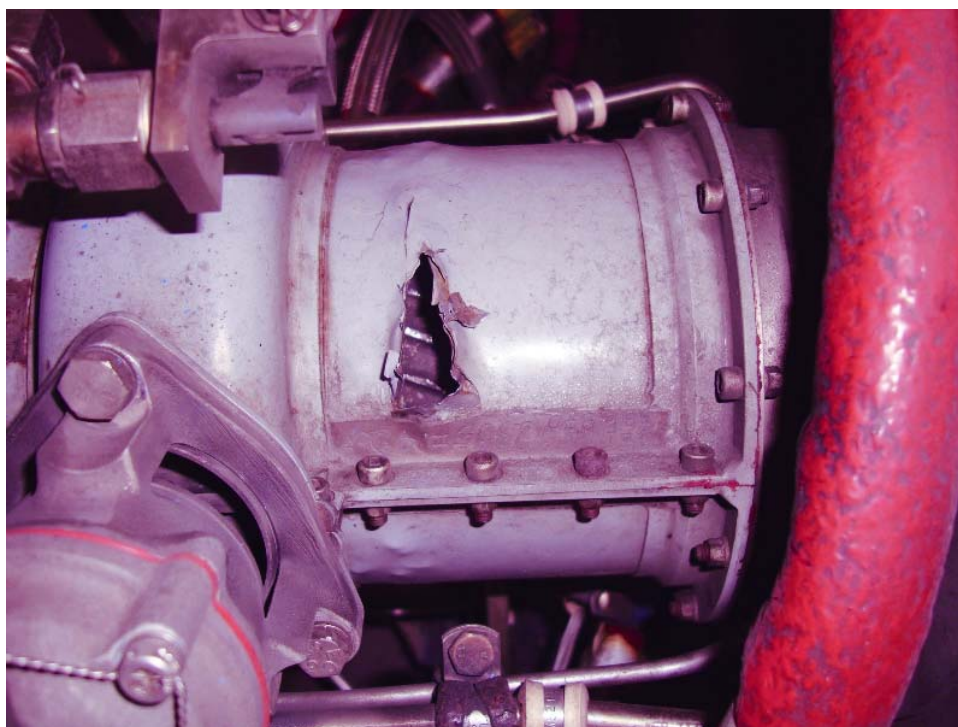


圖 1.16-4 壓縮器機匣損壞情形



圖 1.16-5 自機匣外部可目視壓縮器轉子葉片斷落情形

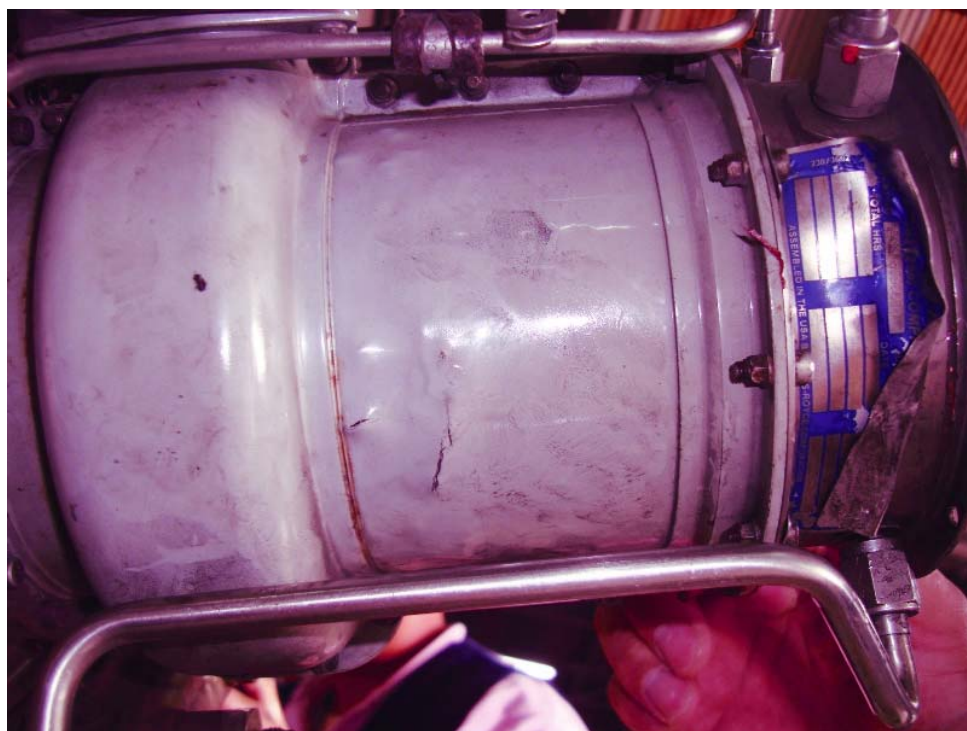


圖 1.16-6 壓縮器機匣左側損傷情形

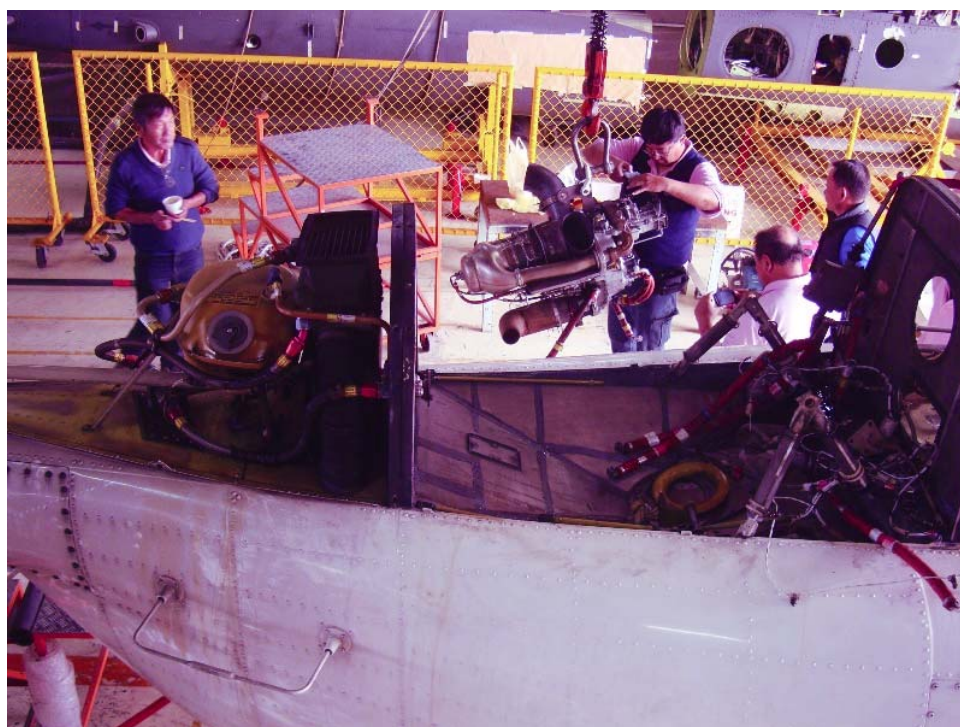


圖 1.16-7 發動機拆卸



圖 1.16-8 發動機安裝於治具



圖 1.16-9 壓縮器進氣口及第 1 級轉子葉片污染情形

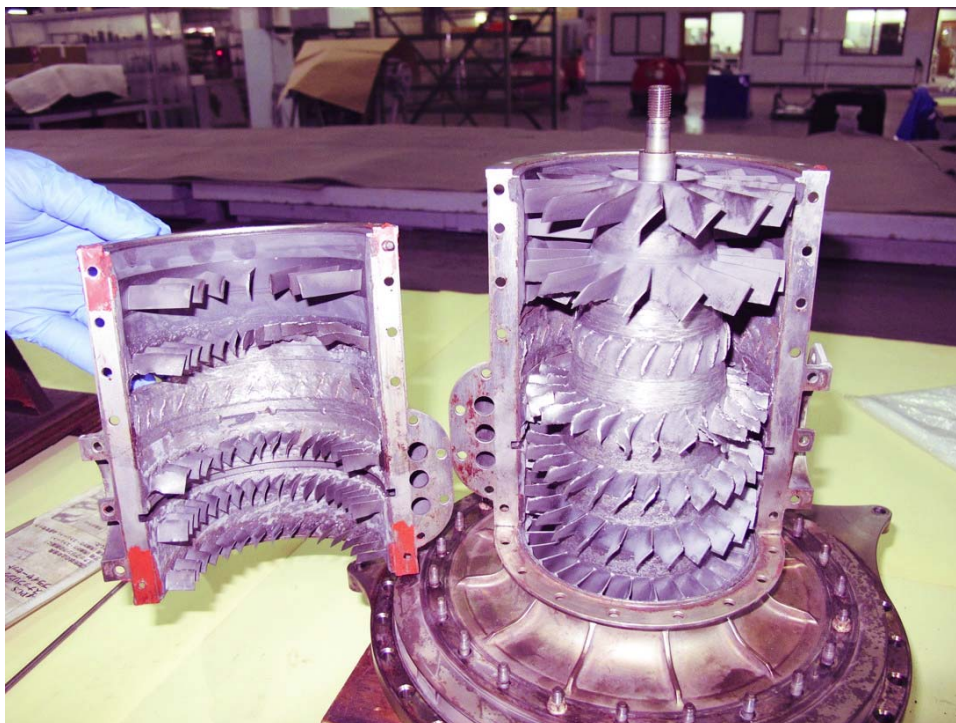


圖 1.16-10 壓縮器機匣分解情形



圖 1.16-11 轉子第 3 級葉片損壞情形



圖 1.16-12 定子導片損壞情形

1.16.2 發動機原廠拆檢報告

拆解之壓縮段元件及殘骸碎片（詳圖 1.16.13）送至發動機製造廠 Rolls-Royce 位於美國印第安納波利斯市（Indianapolis）之實驗室進行細部檢視。

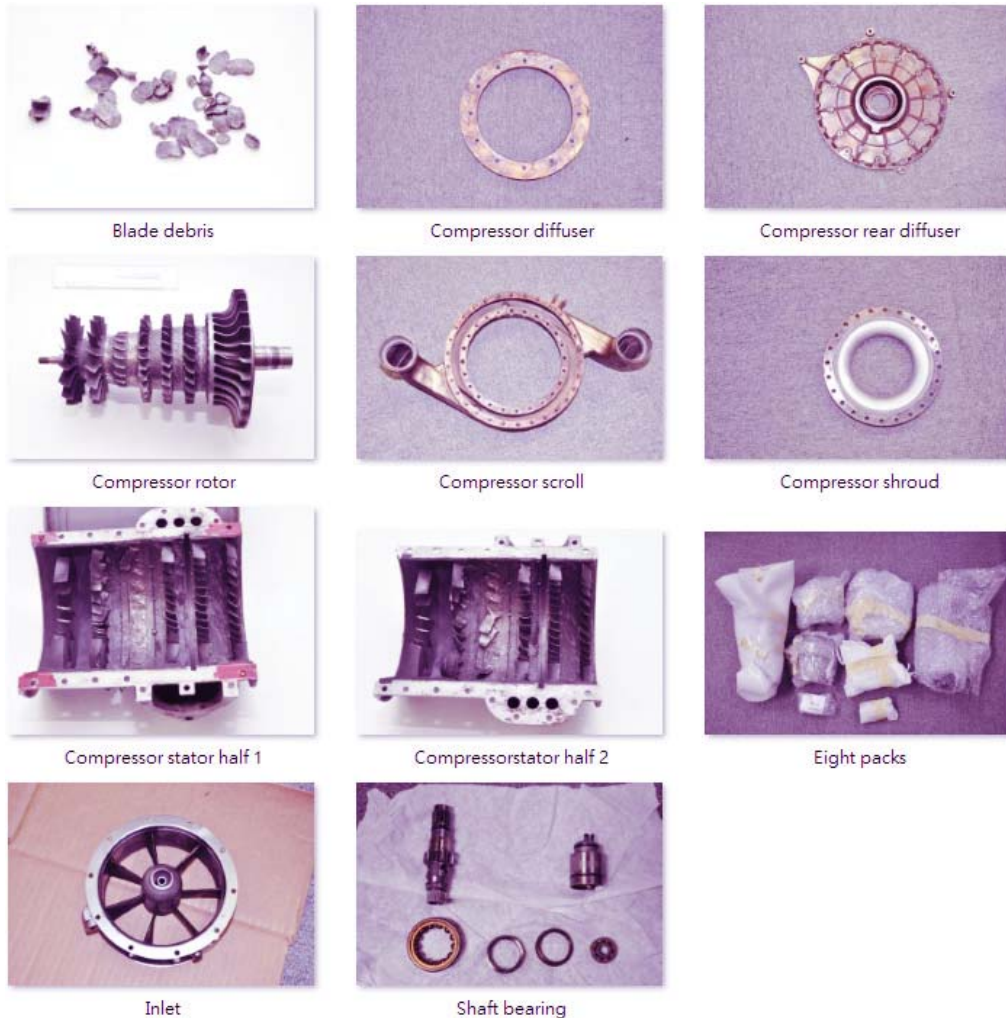


圖 1.16-13 送至發動機製造廠實驗室之壓縮段元件及碎片

發動機原廠於民國 104 年 5 月 11 日提供本會該發動機拆檢報告（編號 15FA8-031），摘錄如下：

Findings of the Failure Analysis Report 15FA8-031:

1. The fractured 3rd stage airfoils on the 2nd – 3rd stage compressor wheel were too severely damaged to identify a primary failure location. Corrosion damage

was prevalent along the airfoil to hub fillet surfaces of nearly all of the 3rd stage airfoils. Corrosion pitting was also observed along the leading edge of several 2nd and 4th stage airfoils.

- 2. The microstructure, hardness, and composition of the 2nd - 3rd stage compressor wheel were consistent with an AMS 5355 (17-4PH) type material.*
- 3. The compressor case lining material was liberated along the 3rd stage vane row, revealing base metal corrosion damage beneath the coating.*
- 4. Visual examination of the other compressor components submitted to the laboratory exhibited general corrosion damage.*

Summary of Findings:

The physical evidence supports a loss of power due to the liberation of one or more airfoils from the 3rd stage compressor wheel. The subsequent damage to the compressor, caused by the blade loss, resulted in a reduction of air flow and power output.

摘要譯文及摘錄相關檢視圖片如後，失效分析報告編號 15FA8-031 之發現如下：

1. 壓縮器轉子 (compressor wheel) 第 3 級斷落葉片損傷嚴重，無法識別主要失效位置。腐蝕損害普遍存在於第 3 級之葉片與輪轂的圓角 (fillet) 表面 (詳圖 1.16-14)。腐蝕孔 (corrosion pitting) 亦被發現在第 2 級與第 4 級轉子葉片之圓角及前緣 (leading edge) 上 (詳圖 1.16-15 及圖 1.16-16)。



圖 1.16-14 腐蝕損害普遍存在葉片與輪轂的圓角表面

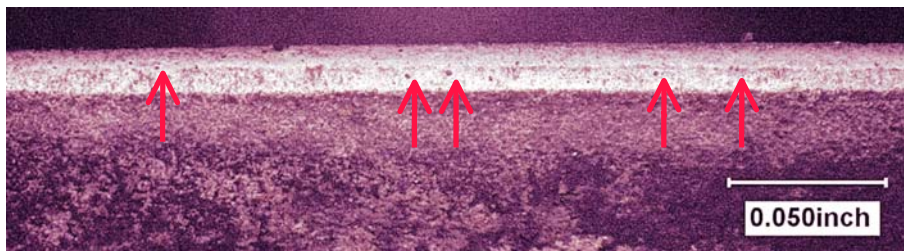


圖 1.16-15 腐蝕孔於第 2 級轉子葉片之前緣上



圖 1.16-16 腐蝕孔於第 4 級轉子葉片之圓角上

2. 壓縮器轉子第 2、3 級斷落葉片之微結構、硬度及成分（microstructure, hardness, and composition）皆符合 AMS 5355（17-4PH）規範。
3. 器機匣第 3 級導片內層（compressor case lining）材料剝落，顯現內層下方基材（base metal）腐蝕（詳圖 1.16-17）。

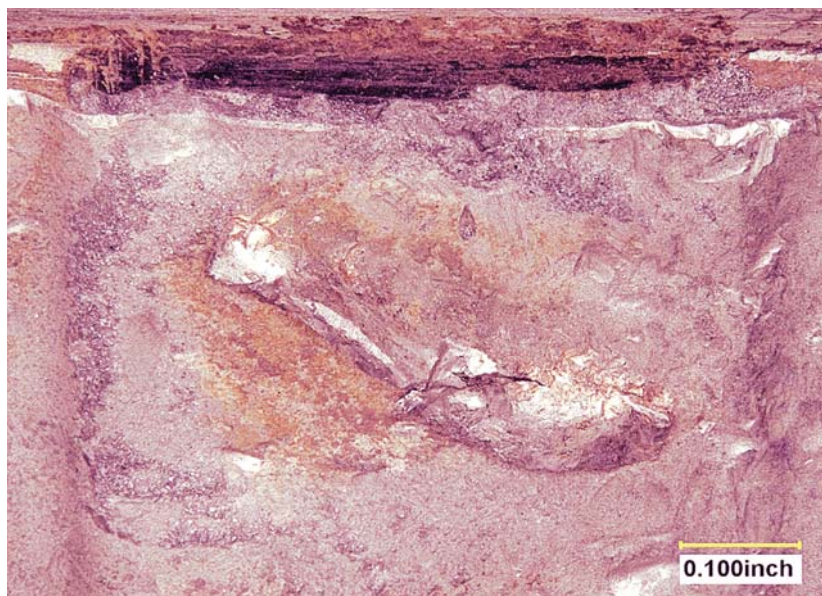


圖 1.16-17 第 3 級定子導片內層材料剝落與內層基材腐蝕情形

4. 目視檢查壓縮器其他零組件，皆呈現普遍腐蝕損害（詳圖 1.16-18、圖 1.16-19、圖 1.16-20 及圖 1.16-21）。



圖 1.16-18 壓縮器出口擴散器締緊螺絲腐蝕情形

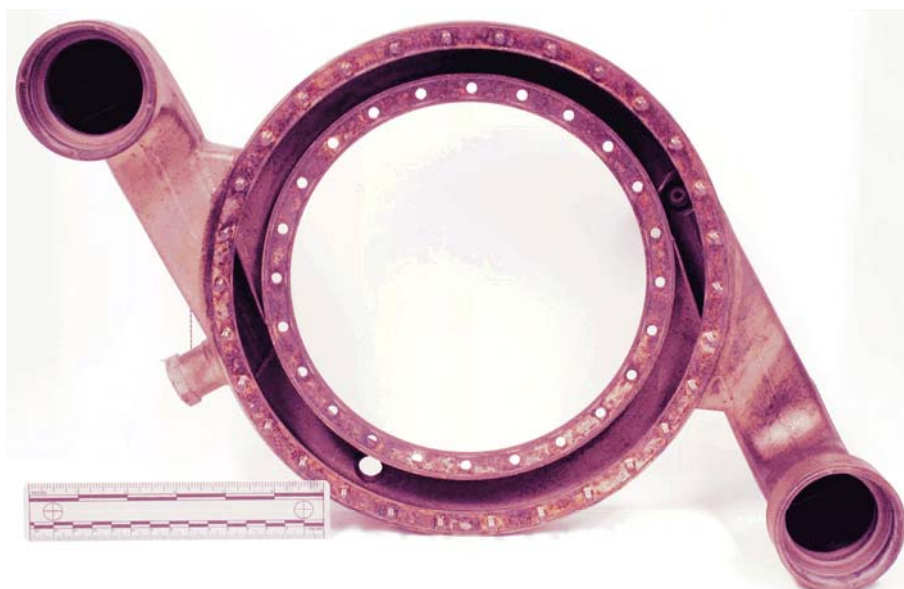


圖 1.16-19 壓縮器出口擴散器（前視圖）腐蝕情形



圖 1.16-20 壓縮器出口擴散器（後視圖）腐蝕情形



圖 1.16-21 壓縮器出口擴散器（近視圖）腐蝕情形

結論：實物證據支持失去動力係因壓縮器第 3 級之 1 或多片之轉子葉片斷落，斷落的葉片造成後續其他所有的損害，致使空氣流量減少及動力喪失。

1.16.3 警示燈燈泡檢視

專案調查小組自事故機駕駛艙警示燈面板（詳圖 1.16-22）拆回 20 組警示燈號，每組警示燈號內有 2 個燈泡，20 組警示燈號共 40 個燈泡，檢視發現 40 個燈泡玻璃外罩完整，所有燈泡之燈絲均無延展變形狀況，檢測結果及照片，由上而下，由左而右，依序編號（詳附錄 2）。



圖 1.16-22 事故機駕駛艙警示燈面板

1.16.4 燃油質量檢視

檢視事故機駕駛艙儀表板，燃油存量表顯示燃油箱殘餘油量 40 加侖（詳圖 1.16-23）。

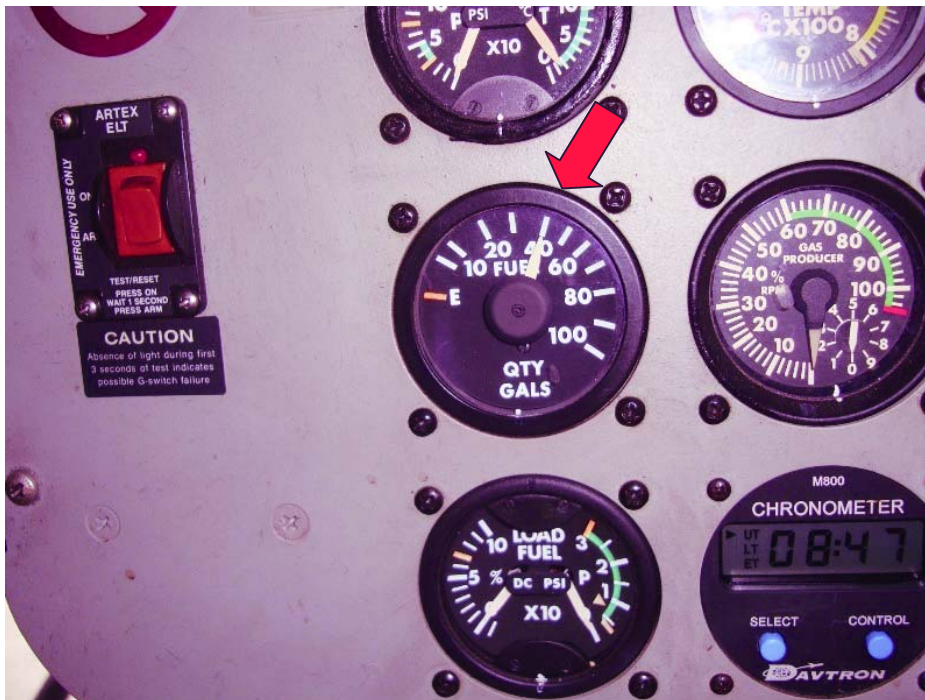


圖 1.16-23 燃油箱殘餘油量指示 40 加侖

取樣燃油箱燃油（詳圖 1.16-24），送至空軍第一後勤指揮部，委請進行檢驗，結果燃油品質符合規範（詳附錄 2）。



圖 1.16-24 燃油箱燃油取樣

1.16.5 一次性檢查

有鑑於凌天所屬發動機之潛在風險，本會於民國 104 年 5 月 5 日發函凌天航空公司建議對該公司機隊之 B-31127、B-31118、B-31109 及 B-31169 共 4 架機之發動機壓縮器進行一次性檢查。凌天分別於民國 104 年 6 月 5 日、9 日、11 日及 16 日配合專案調查小組進行檢查，檢查結果如下：

B-31127 機

民國 104 年 6 月 5 日專案調查小組前往該 B-31127 機駐地臺南亞航公司進行觀察，發現該機發動機壓縮器葉片嚴重污染（詳 1.16-25 圖），以手冊規定之清洗方式無法除去葉片上厚重之垢物。

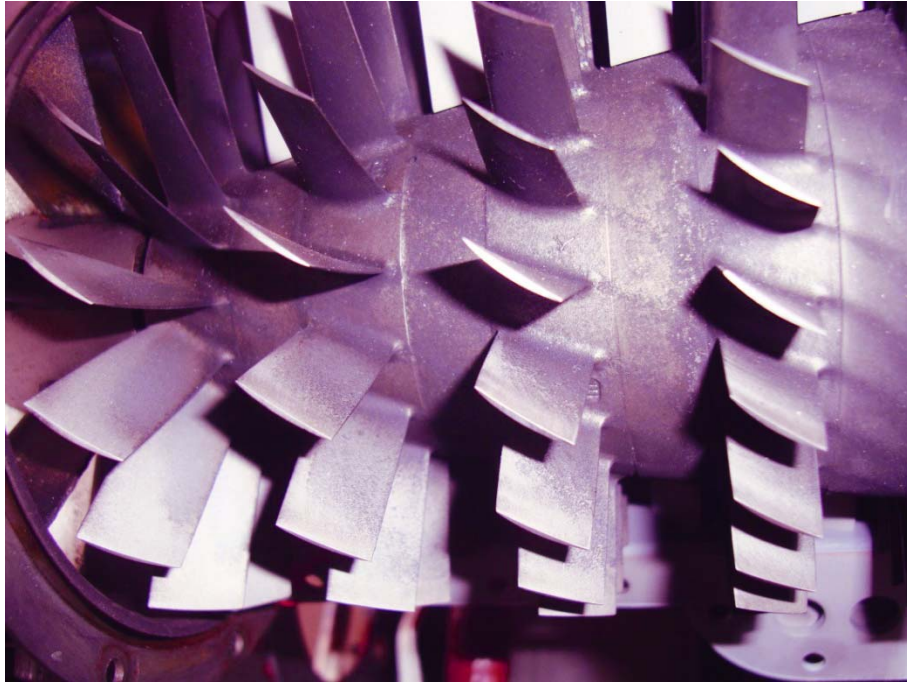


圖 1.16-25 B-31127 機發動機壓縮器葉片嚴重污染情形

B-31118 機

民國 104 年 6 月 9 日專案調查小組前往 B-31118 機駐地臺中航空站進行觀察，發現該機發動機壓縮器轉子葉片有污染情形（詳 1.16-26 圖）。壓縮器定子導片有多處黃褐色腐蝕鏽斑（詳 1.16-27 圖），部分葉片前緣有凹陷（詳 1.16-28 圖），部分葉片表面有刻痕（詳 1.16-29 圖）。

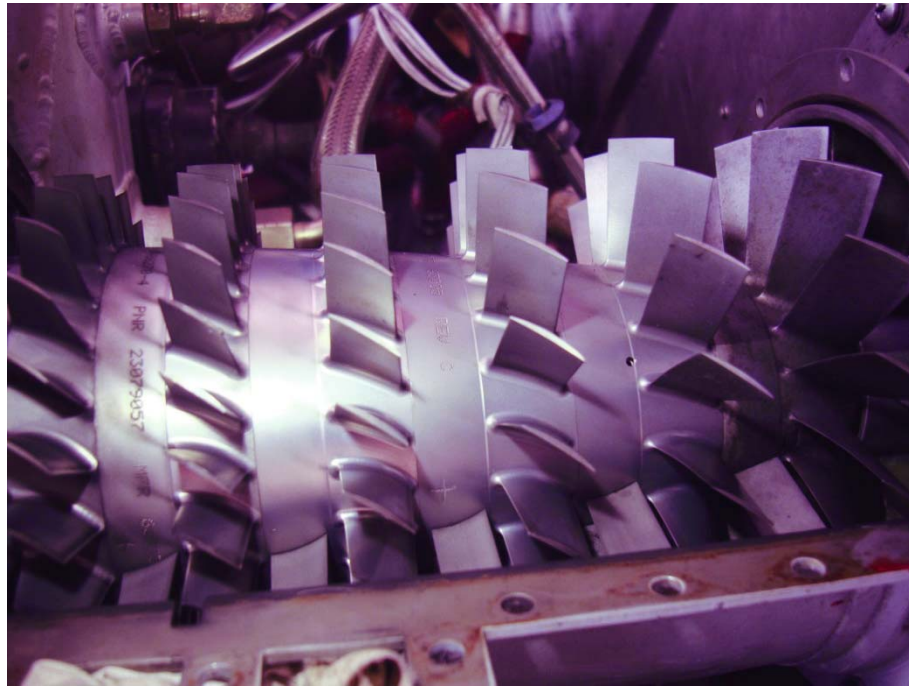


圖 1.16-26 B-31118 機發動機壓縮器轉子葉片狀況

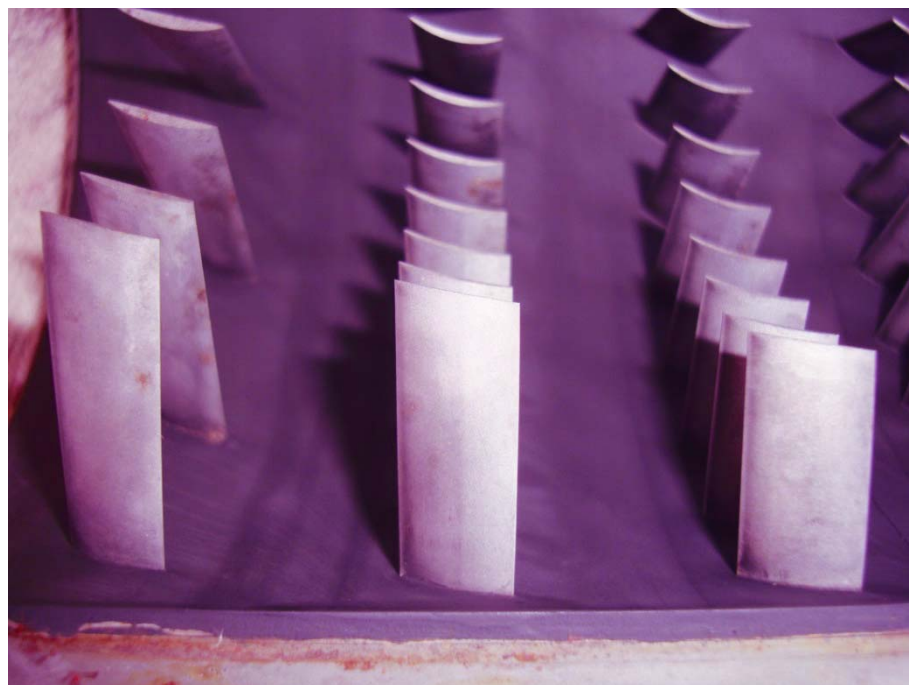


圖 1.16-27 B-31118 機發動機壓縮器定子導片腐蝕鏽斑狀況

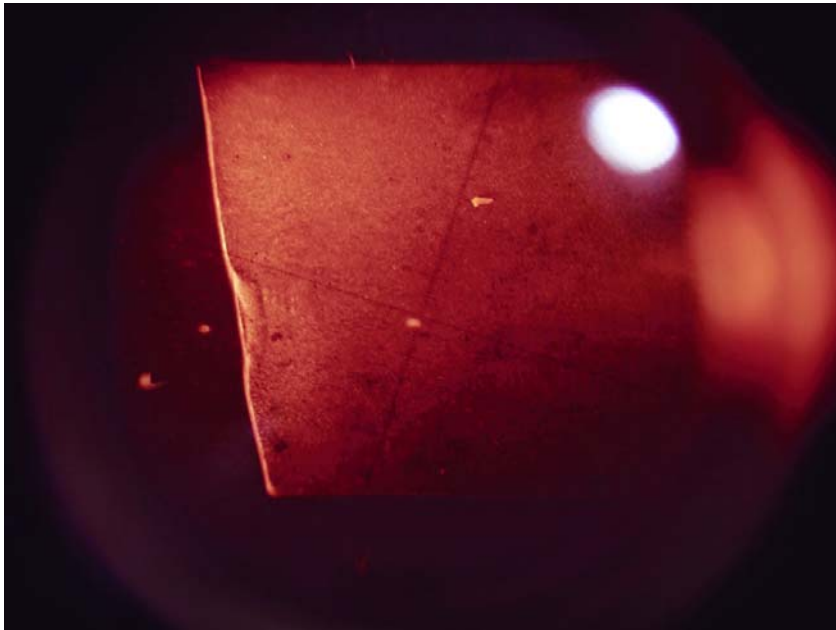


圖 1.16-28 B-31118 機發動機壓縮器定子導片前緣凹陷情形

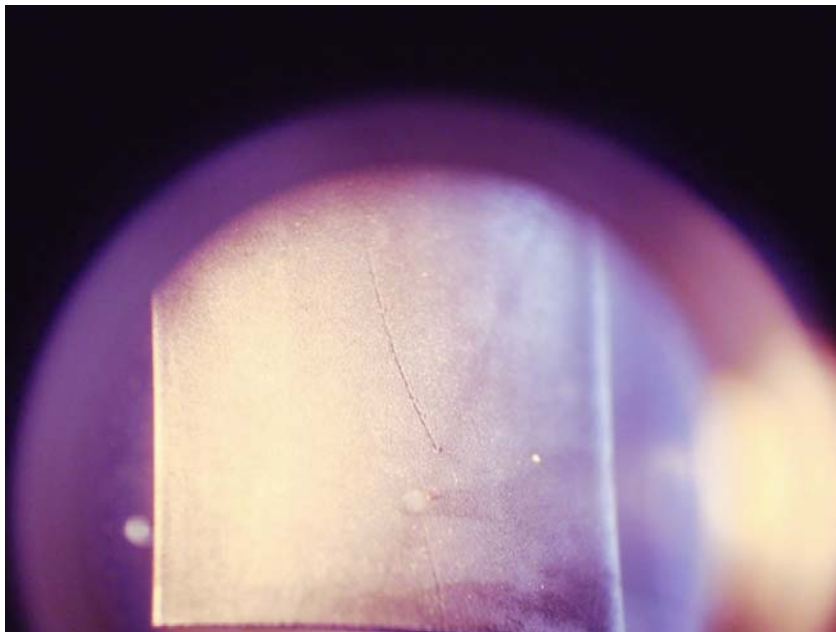


圖 1.16-29 B-31118 機發動機壓縮器定子導片表面刻痕情形

B-31109 機

民國 104 年 6 月 11 日專案調查小組前往 B-31109 機駐地臺中航空站進行觀察，發現該機發動機壓縮器轉子葉片污染情形嚴重（詳 1.16-30）。壓縮器定子導

片有多處黃褐色腐蝕鏽斑（詳 1.16-31 圖）。

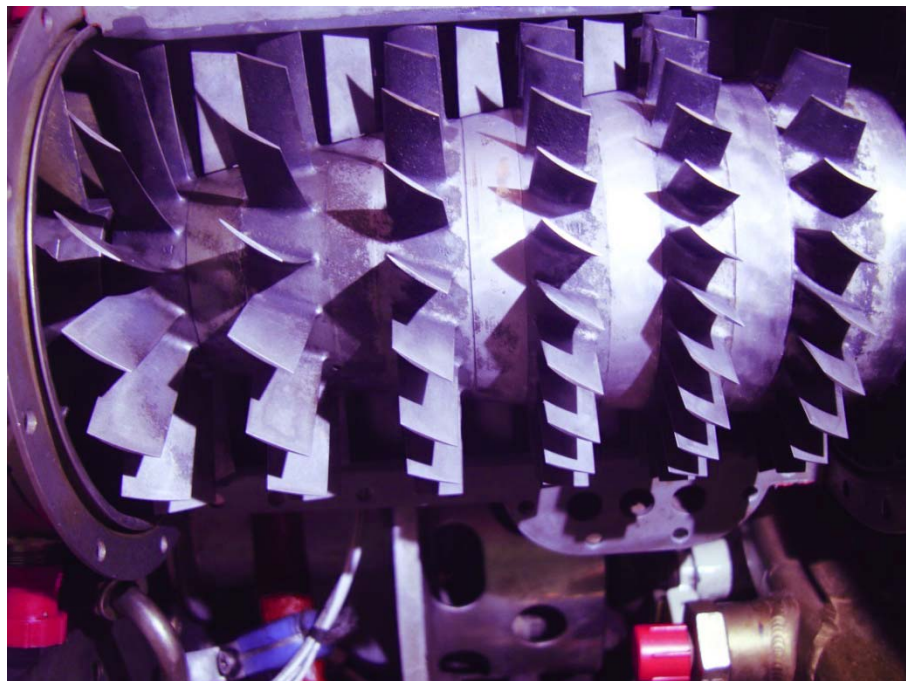


圖 1.16-30 B-31109 機發動機壓縮器轉子葉片污染情形嚴重

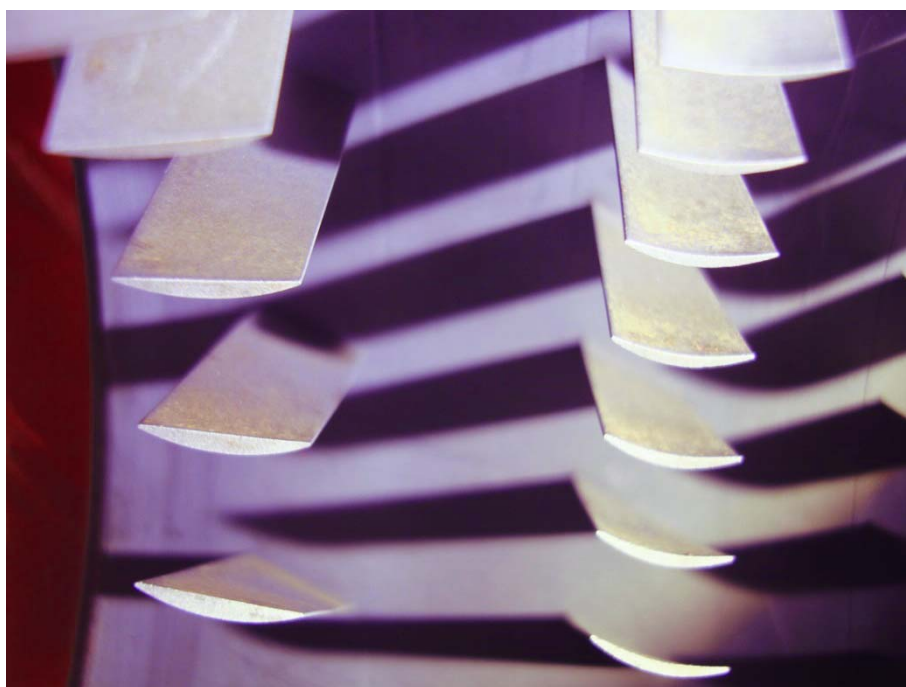


圖 1.16-31 B-31109 機發動機壓縮器定子導片腐蝕鏽斑

B-31169 機

民國 104 年 6 月 16 日專案調查小組前往 B-31169 機駐地臺中航空站進行觀察，發現該機發動機壓縮器轉子葉片有污染情形（詳 1.16-32 圖）。壓縮器轉子葉片有多處黃褐色腐蝕鏽斑（詳 1.16-33 圖），壓縮器定子導片有多處黃褐色腐蝕鏽斑（詳 1.16-34 圖）。

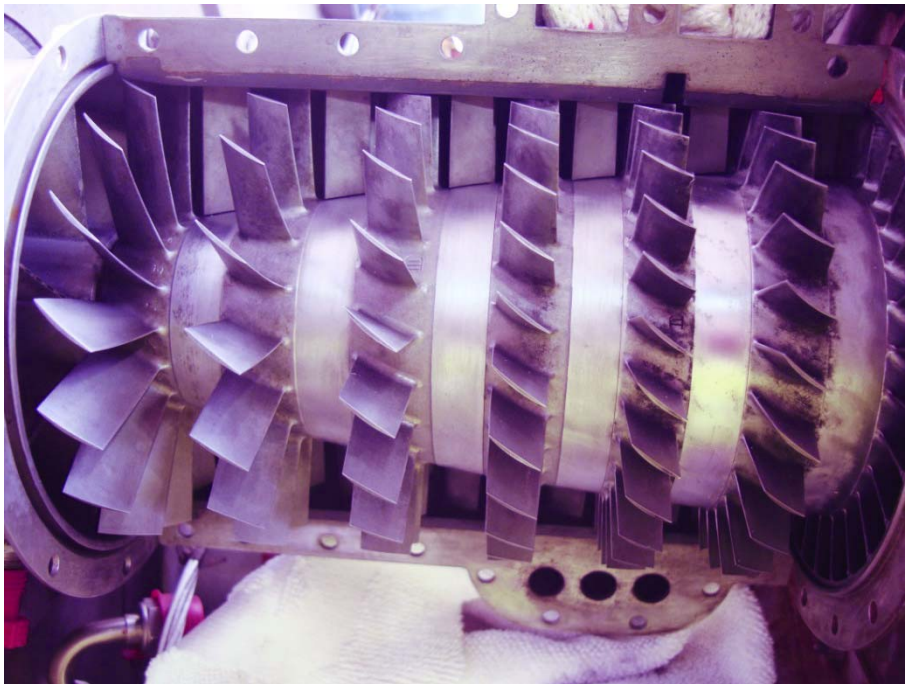


圖 1.16-32 B-31169 機發動機壓縮器轉子葉片污染情形



圖 1.16-33 B-31169 機發動機壓縮器轉子葉片腐蝕鏽斑



圖 1.16-34 B-31169 機發動機壓縮器定子導片腐蝕鏽斑

1.17 組織與管理

1.17.1 凌天組織與管理

1.17.1.1 凌天機務處

凌天第 11 版航空器維護能力手冊第 2 章維護組織編制與職掌相關規定指出：凌天機務處負責該公司直昇機裝備之維護保養。該處最高主管為處長，負直昇機適航之責。機務處下轄修護管制組、維護科、工程技術組及器材補給組（詳圖 1.17-1）。其中工程技術組編配工程師 1 員，其執掌包括：編訂與修訂維護計畫手冊及工作程序單、訓練計畫擬訂與執行、以及技術文件之管制與修訂等。

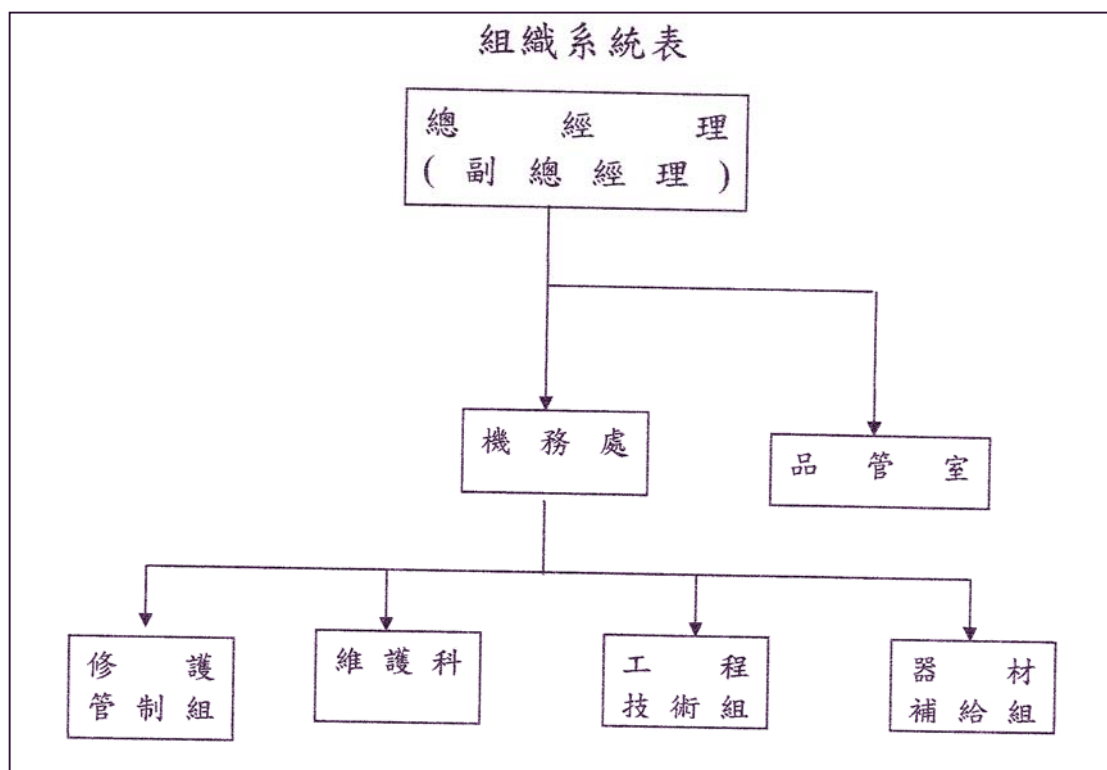


圖 1.17-1 凌天維護組織編制

1.17.1.2 凌天技術文件之管理

依據凌天航空器維護能力手冊，有關技術文件之管理之內容如下：

第四章工程與技術資料管理

4.3.2 技術手冊管理與修訂

4.3.2.1 各技術手冊應建立增/修訂抽換管制表並定期清點。

4.3.2.2 當接獲原設計廠增/修訂文件後應立即予以抽換更新，並將版別、出版日期、抽換日期登載於該文件之「修訂紀錄頁」備查。

4.3.2.3 每月定期上網查看各原設計廠網站其技術手冊所發行最新版是否與使用中之手冊版期相符，並將最新版別之文件目錄列印呈核備查。

4.3.2.6 工程技術組依據各型直昇機與發動機之技術手冊編(修)訂該型機之維護計畫手冊。

凌天執行發動機相關維護作業主要依據發動機製造公司所訂定之操作及維護手冊。於本事故前，該手冊有關發動機 300 小時定期檢查之最後一次修訂生效日期為民國 103 年 6 月 1 日(第 19 次修訂)。凌天於事故前最近一次執行壓縮器 300 小時/12 曆月定期檢查日期為民國 103 年 11 月 26 日，當時所使用檢查表之生效日期民國 102 年 11 月 5 日。其工單內容與民國 102 年 11 月 11 日臨時修訂版(E6R18-72-2)或民國 102 年 6 月 1 日修訂版(第 18 次修訂)之內容相同。

凌天表示於民國 103 年 10 月間收到原廠提供之第 19 次修訂版本 OMM，但無法提供手冊收訖日期資料，惟至民國 103 年 11 月 26 日凌天事故前 300 小時壓縮器檢查時仍未使用該最新版本。

發動機製造廠表示最新版本之技術文件含發動機操作及維護手冊均公布於網際網路，合格授權使用者均可上網檢視及下載相關文件。

表 1.17-1 有關 300 小時壓縮器定檢內容

文件來源 生效日期	Inspection/Maintenance Action , 300 Hour Inspection	REF PARA
原廠 OMM 2014.6.1	Inspect the compressor case, blades, and vanes when operating in an erosive and/or corrosive environment. 10X power magnification is recommended for corrosion pit inspection.	PARA 1.D.(9), this Section
原廠 OMM 2013.11.11	Inspect the compressor case when operating in an erosive and/or corrosive environment.	PARA 1.D.(9), this Section
凌天工單 2013.11.5	Inspect the compressor case when operating in an erosive and/or corrosive environment.	PARA 1.D.(9), this Section

1.17.1.3 凌天飛機修護人員訓練

凌天維護人員訓練計畫手冊相關內容如下：

1. 1.3.1 航空器飛航作業管理規則第二百七十二條規定⁴。
2. 維護人員必須經過新進人員訓練、初訓及直昇機清洗礙子作業訓練等方能派遣至修護線上執行修護任務。初訓課程計畫內容含機型及發動機訓練(同 206B-3 原廠訓練及機種訓練)。
3. 訓練課目教官資格必須為 (1) 曾經從事飛機修護工作五年以上並完成本公司新進人員訓練及機種訓練之優秀飛機維修人員；(2) 在本公司任職並從

⁴ 該規定為「航空器使用人應訂定維護人員訓練計畫，報請民航局核准後實施。航空器使用人應確保其所有維護人員接受初始及後續適當訓練，以符合航空器使用人所賦予之職責並從事維護工作之計畫、執行、督導、檢查及簽證恢復可用作業。」

事直昇機飛機修護工作 3 年以上之優秀飛機維修人員；或 (3) 由本公司派赴飛機製造原廠接受專業訓練或可提出曾接受原廠訓練證明之優秀飛機維修人員，為該訓練課目之種子教官。

檢視凌天維護人員訓練紀錄，相關發現如下：

1. 事故機維護人員之初始訓練皆未含發動機原廠訓練。
2. 年度複訓課目僅有該機型相關之發動機系統簡介，無發動機保養維護之課目。
3. 機型及發動機相關訓練課目教官多不具原廠訓練證書。
4. 維護人員曾接受該型機及發動機原廠訓練並具完訓證書者各 1 員。該具發動機原廠完訓證書者服務於工程技術組，不參與線上航機維護，惟凌天表示該員正常時不直接參與線上航機維護，只在需要時予以指導。

1.17.1.4 凌天修護管制作業

凌天維護能力冊相關內容如下：

1. 5.3.2.3 非計畫性修護：如日常維護所發現缺點及飛航發現故障（紀載於直昇機維修紀錄簿內）、技術通報、適航管制通知等工作，各部門應全力配合執行，以保持直昇機妥善率與良好之品質。
2. 5.3.3.2 非計畫性工作依作業程序發工執行，維護科主管督導完成之，惟修護管制組亦應保持密切之聯繫並掌握進度。
3. 5.3.4 發工管制作業含發工範圍與發工單編號組成。。

1.17.2 民航局對凌天之適航監理

民航局適航檢查員之功能即作為被指定之民航業者與民航局間之航空器適航相關業務介面，負有確保被指定之業者其維護、預防保養及改裝計畫符合民航局

相關規定與政策之責任，以及判定檢查的需要並建立檢查計畫，以確保受檢業者確實遵循相關適用之法規。

適航檢查員係依據民航局頒布之適航檢查員手冊，作為執行檢定給證、技術管理及適航檢查等任務時之工作指引。適航檢查員手冊（修訂日期為民國 103 年 2 月 5 日）第四篇，則詳訂有 43 項普通航空業適航檢查員之工作任務。

「工作任務 9-維修廠/航空器使用人之訓練計畫核准」指出：檢查員執行此項工作任務時，應注意訓練計畫內容有關技術訓練部分，不得少於航空器、發動機或設備製造廠家所建議的內容。

「工作任務 17-機械員/檢驗員檢查」指出：檢查員執行此項工作任務時，應對機械員/檢驗員進行查問，以確認其瞭解原製造廠／維護手冊對相關特定作業之規範，並確認其近期工作經驗符合相關規定。

「工作任務 18-檢驗員紀錄檢查」指出：檢查員執行此項工作任務前，須熟悉業者之維護程序手冊及作業規範，以及預定執行檢查之航空器。執行此項工作任務時，應注意必需檢驗項目執行人員有特定的訓練計畫，以及確認業者已備妥必需檢驗項目合格／不合格判斷程序與標準。

「工作任務 19-飛航/維護記錄檢查」指出：檢查員須熟悉航空器、使用人紀錄保存系統、檢驗週期、MEL 系統、適航簽放程序、訓練計畫等。對檢驗紀錄執行檢查時，須確認計畫檢驗之時數/次數沒有超過。

有關民航局對凌天航空發動機維護作業相關缺失及其適航檢查未能發現該等缺失，因事故前查核凌天航空之適航檢查員已退休，本會未訪談該檢查員，便函請民航局提出看法，民航局之書面回覆詳如附錄 3。摘錄民航局對於適航檢查未能發現凌天發動機維護作業相關缺失之回復如下：

1. 依據航空器飛航作業管理規則第 268 條「航空器使用人對其航空器，包含航空器機體、發動機、螺旋槳、航空器各項裝備及其零組件負妥善維護之主要責

任並保持其符合持續適航標準。查該公司於飛行後工單之項次 1.A."任何時間飛機曾於已知或懷疑之鏽蝕大氣中運作時"有列入檢查需求,且紀錄顯示該項工作均有勾選。」

2. 經查,原廠發動機維修手冊第 18 版 (June 1, 2013) 發動機 300 小時定檢係執行目視檢查,並無葉片尺碼量測需求,事故前發動機之維護係依據第 18 版執行,尚無量測葉片尺碼需求。原廠另於 June 2014 發佈第 19 版,增加使用 10 倍放大鏡檢查葉片有無腐蝕,亦無量測葉片尺碼需求。凌天公司維護計畫 Rev.14 (Dec. 10, 2014) 已依原廠維護手冊修訂。另查,有關以量測工具執行尺碼檢查,係屬 1750 小時定期檢查工作項目,凌天航空將該工作委託國外合格維修廠執行。

3. 有關靜置超過 5 日與之後每 30 日須執行防腐作業之規範,係訂於發動機手冊 72-00-00 Page 342 與 343,屬於該直昇機與發動機之封存程序(請參考民航法規 06-01A 定義)。經查,凌天航空機隊於上述所指靜置期間,仍持續依據持續適航維護計畫執行有關檢查與試車,維持其適航條件。

1.18 其他資料

1.18.1 訪談資料

1.18.1.1 正駕駛訪談摘要

受訪者為事故當時之駕駛員,其表示事故當日天氣良好,風速小於 5 哩/時。本次任務提示之重點為:說明當日線路、油、水作業需求與任務分配,完成提示後執行飛行前準備與檢查,約 8 點由臨時起降場起飛執行任務,與另 1 位駕駛員以兩架次間隔方式,輪流執行礙掃作業。

受訪者說明礙掃作業模式概略為:由下而上,先右後左、左而右、再右而左脫離,呈反 S 型清洗方式。每座電塔礙子從下而上分第 1、第 2 及第 3 層,最上方為地線無絕緣礙子。事故前已完成 7 架次之礙掃作業,執行當日最後 1 架次(事

故機當日飛行之第 8 架次)，於臨時起降場完成加油、加水後，約於下午 3:25 分起飛，飛行約 5、6 分鐘到達目的地作業區，開始執行礙掃作業，於執行第二座電塔第二層右側清洗時，感覺直昇機發生瞬間左偏，並伴有搭、搭、搭、警告聲響，判斷應是旋翼低轉速或發動機熄火警告聲，因時間緊迫，無法分心去檢視駕駛艙內是否有其他警告燈號，立即操作直昇機遠離電塔，同時按鍵拋水（按電動釋放瓣放水），當時高度約四、五層樓高，將直昇機飛離電塔後，立即執行迫降應變措施。受訪者並表示，事故前之飛行並未感覺直昇機操控有任何異常；除駕駛員採輪流方式替換外，水槍一直都保持是同 1 人來操作，而每 1 架次的任務時間約為 40 到 50 分鐘視距離不同而異，通常距離越遠則燃油加的越多，攜帶的水則越少。受訪者表示事故當時，剩餘燃油量約略還有幾十加侖，此次任務起飛前油量為 41 加侖左右。

有關當時發動機狀況，受訪者表示旋翼還在旋轉，但已無升力輸出，引擎轉的相當慢，感覺快要停止。迫降後，駕駛艙所有警告燈都亮了，而引擎也沒有聲音反應，旋翼則自旋直到自己停下為止，電瓶則是請水槍操作員關閉。

事故發生時，駕駛員安全帶、肩帶，水槍操作員之側、腰帶都有繫好，緊急狀況時，因高度低執行緊急程序，無暇通知後艙組員，迫降後直昇機著陸也相當平穩。受訪者表示執行本次任務前休息時間充足。個人體檢則於星期一（民國 103 年 12 月 15 日）完成，並無異常狀況。

1.18.1.2 水槍操作員訪談摘要

受訪者表示，事故當日天氣良好，風為微風，能見度也非常好。早上 8 點左右開始第 1 趟礙掃任務，後續持續作業，先前 7 趟任務順利完成，事故發生時係第 8 趟任務，於清洗本架次之第 2 座電塔第 4 組礙子（共有 6 組礙子）時，突然聽到發動機有「ㄅㄚ」一聲的異常聲響，從來沒聽過，聲響並不大，但很明顯，之後機頭異常甩動，並沒有很明顯警告聲響，類似發動機熄火，立即將噴桿握住，防止其碰撞電桿，爾後駕駛員操控航機遠離高壓電塔，直昇機並無持續異常迴轉

狀況，以保持水平姿態落地，噴桿與直昇機機身夾角保持良好，未撞擊其他外物。

問及當日工作分配時，受訪者表示其只操作水槍，執行噴水馬達、噴槍與桿身檢查，並先行預熱馬達，加油及加水則由機工長執行。有關緊急脫離問題，受訪者表示，事故發生後，他與駕駛員之脫離及處置並無困難。有關安全帶總共兩條，一為側用、一為腰用，操作時皆有繫上。依受訪者觀察，駕駛員與他的座椅撞擊後座位並無損壞，前後艙只是有些凌亂。

1.18.1.3 礙掃任務機組組長訪談摘要

受受訪者除擔任該次任務之組長，亦為當日輪流執行飛行任務之另一位駕駛員，事故當日總共執行 8 架次礙掃任務，由受訪者執行第 1、2、5、6 架次，另一位駕駛員執行 3、4、7、8 架次，於執行第 8 架次時發生事故。就受訪者負責操作之架次，在事故前其所執行清掃台電高壓電塔礙子任務時，並未感覺直昇機有任何操控異常現象，該機維護紀錄亦無異常紀錄。

受訪者表示當日飛航天氣與事故駕駛員的表現，均為正常狀態，但事故發生時，受訪者不在事故現場，無法得知當時狀況。本事故發生後之通報係由水槍操作手使用公務電話通知機工長，告知人員安全、直昇機受損。於趕往事故現場途中，事故機駕駛員撥電話告知狀況；當時航機先左偏，之後發生警告聲響，立即執行拋水動作並迫降，直昇機受損、人員平安。受訪者並表示當時即便直昇機有問題，這兩個動作也發生的很快，會應變不及。

1.18.1.4 航務副處長訪談摘要

受訪者說明凌天過去曾用 UH-12E 直昇機執行農噴任務，目前則全改為 BELL 206 型直昇機執行各項飛航作業。有關航務處組織架構，有處長、副處長個一員，下轄訓練組 5 名教師駕駛員，機師組有檢定駕駛員 2 名，分別由處長與訓練組長擔任，另機師組並負責操作手冊之修訂。處內共計 11 名駕駛員、簽派員 1 名，總

共 12 人。執行礙掃作業經民航局授權為單一駕駛員作業，目前並無民用航空局委任考試官。

公司駕駛員均來自軍中，由副駕駛訓練成為正駕駛，訓練項目包含滯空、模擬低高度發動機失效及吊掛、礙掃工作，目前正駕駛飛時皆已累積 3,000 小時以上，相當成熟。正駕駛員完訓後，需要 3 年以上才能正式放單飛作業。放單前，也會考量其作業熟練程度、搭配天候及地形等。

礙掃組成員為：駕駛員 2 人（資深者為組長）、機工長 1 人、水槍操作手 1 人、加油、水 2 人與工安人員共 7 人。飛航操作手冊規定飛時、休時、工時比民航法規嚴格，每日飛時不得大於 6 小時，每人最多飛到 4 小時已經相當緊繃，出勤工時會達到 8 小時。於飛航作業中，駕駛員作業 2 趟、休息 2 趟，每人至少飛一小時半後可以休息一小時半。每趟礙掃後落地加水需時 5 到 10 分鐘，駕駛員若有其他個人原因需離機，而當時如保持引擎轉動，可由另一駕駛員替代監控直昇機。

問及此次事故，受訪者說明事故機約於下午 3 點 25 分續飛，執行第 8 趟礙掃作業。事故機駕駛員已完成第 7 趟礙掃作業，此項任務派遣仍符合駕駛員負荷。事故發生前，該駕駛員係由下往上清洗 3 層電塔礙子，完成電塔第 1 層清洗後，升高位於電塔 2 層樓高度約 80 呎處繼續清洗工作時發生事故，事故地點距離起飛地點不遠，發生時間約於起飛後 10 分鐘，所以負載油水仍多，重量重，事故正駕駛僅能於遭遇發動機故障直昇機左旋 90 度後，保持平穩姿態迫降於電塔下方之農田，避免旋翼撞擊地面造成航機翻滾，此次事故駕駛員之處置應為恰當。問及緊急程序相關訓練時，受訪者回答考量並無模擬機執行發動機失效低高度迫降訓練，平日僅能以口述及模擬方式執行相關緊急程序。

對於航務處主管兼任安管室飛安主任是否有角色衝突，受訪者表示不認為有角色衝突，因凌天公司小人數少，如此易於全盤了解航務狀況，並顧及飛安，兼任雖不算理想，至少還能勝任。有關安全管理手冊，法規並無強制規定，目前是

以自我督察計劃、航空器失事預防計畫、防颱作業及緊急通報程序執行飛安相關作業。以定期、不定期自我督察項目達成飛安要求。

1.18.1.5 發動機清洗作業員訪談紀錄

該作業員於民國 100 年 8 月 1 日進公司，至今 3 年，執行直昇機維護及地勤任務。該員表示，每日飛行後檢查工作單中發動機清洗項目之執行時機，皆視當時直昇機工作所在地之環境而定。如果是在高山、郊野等，空氣品質較好之環境，即未執行發動機清洗；如果是在海邊、工業區等，空氣品質較差之環境，即執行發動機清洗，平均大約 3 天執行一次發動機清洗。

1.18.1.6 維修管制人員訪談紀錄

該維修管制員於民國 86 年 11 月 13 日進公司，至今 17 年餘，執行機隊維修業務管制任務。該員表示向來於執行 EMP-103349-5，300 小時/12 曆月發動機檢查工作單時，若發現有包覆材料缺損情形，維修人員即遵照手冊執行填膠修補。整個檢查及修補過程中，檢查人員未曾開具缺點單，修管單位亦未曾開具工作單派發修補工作，因此覆材缺損情形及修補作業皆未留下紀錄。

1.18.1.7 發動機壓縮器檢查人員訪談紀錄

民國 104 年 3 月 12 日專案調查小組於臺中機場之棚廠辦公室進行訪談作業，當日出席訪談人員，包括維修單位主管、副主管、品管、地面機械員（包括發動機清洗作業員）等。該訪談主要係觀察凌天對發動機壓縮器檢查作業項目之施作情形，遂請凌天安排一架機之發動機壓縮器檢查作業（詳圖 1.18-1）。



圖 1.18-1 凌天之發動機壓縮器檢查作業

上述發動機壓縮器檢查作業觀察結束後，邀請該項作業人員進行訪談，內容如下：

受訪人表示執行 300 小時發動機檢查工作單時，係遵照發動機原廠手冊 72-30-00 執行檢查。只要發現任何腐蝕或缺損，皆不執行打磨修理，將逕行更換受損件。有關手冊敘明對轉子葉片遭受腐蝕或沖蝕之檢查標準因轉子葉片是否有塗層而異，且要求須對轉子葉片及定子導片執行尺碼檢查，並訂有多項標準之執行方式。該員表示因該項檢查係工廠檢查能量，非線修能量故未曾執行該項檢查。公司執行相關之檢查作業，並無檢查紀錄，其中曾經檢查發現定子導片根部塑膠覆層龜裂及脫落情形，當時即進行修補，但未開具缺點單及填寫相關維修紀錄。

1.18.2 BELL 206 B3 直昇機操作手冊摘錄

凌天操作手冊

凌天第 2 版之 BELL 206B3 直昇機操作手冊於民國 100 年 6 月 13 日經民航局核准生效，該手冊共分 11 章；其中 7.6 節為：發動機失效自動旋轉、7.11 節音頻警告系統；內容如下：

7.6 發動機失效自動旋轉：

- (1) 集體桿—視需要調整，維持旋翼轉速在 90%至 107%綠線範圍。.....

附 註

自動旋轉時，旋翼轉速保持在操作範圍之上限，可提供最大旋翼轉速以完成落地；但相對也會增加直昇機下降率。

警 告

視狀況減低前進空速至所需之自轉空速，最慢下降率指示空速 52 浬/時，最大滑行距離指示空速為 69 浬/時。

- (2) 低高度時，視需要關斷手油門並向後帶桿，以減低空速。.....
- (3) 當減速效果減低時，運用集體桿再減少空速並緩衝落地。.....
- (4) 建議在旋翼轉速低於 70%前，維持水平姿態著陸。觸地後，柔和減低集體桿，迴旋桿保持中央位置。.....

警 告

未將集體桿減至最低位置而造成長距離之過度滾行，或企圖在觸地前之長距離飄降，均應避免。

(5) 穩定自動旋轉最大的指示空速為 100 浬/時，如超過此空速，會造成直昇機大下降率及旋翼低轉速。空速表上裝有藍色標誌，以提醒飛行員注意。.....

7.11 音頻警告系統：

7.11.1 發動機失效警告系統：

此系統作用時，會產生間歇性的聲頻訊號，發動機失效/ENG OUT 警告燈也會亮起(N1 低於 55%)。

7.11.2 旋翼低轉速警告系統：

此系統作用時，旋翼低轉速/ROTOR LOW RPM 警告燈會亮，並產生穩定的聲頻訊號。低轉速警告系統，在集體桿未接觸下止檔且旋翼轉速低於 90% 時，即開始作用。

原廠操作手冊

BELL 206B3 原廠直昇機操作手冊 (BHT-206B3-FM) 最新版為第 14 版；於民國 99 年 7 月 29 日修訂生效，該手冊第 4 部第 4-17 頁有關高度與速度之性能圖表如圖 1.18-2：

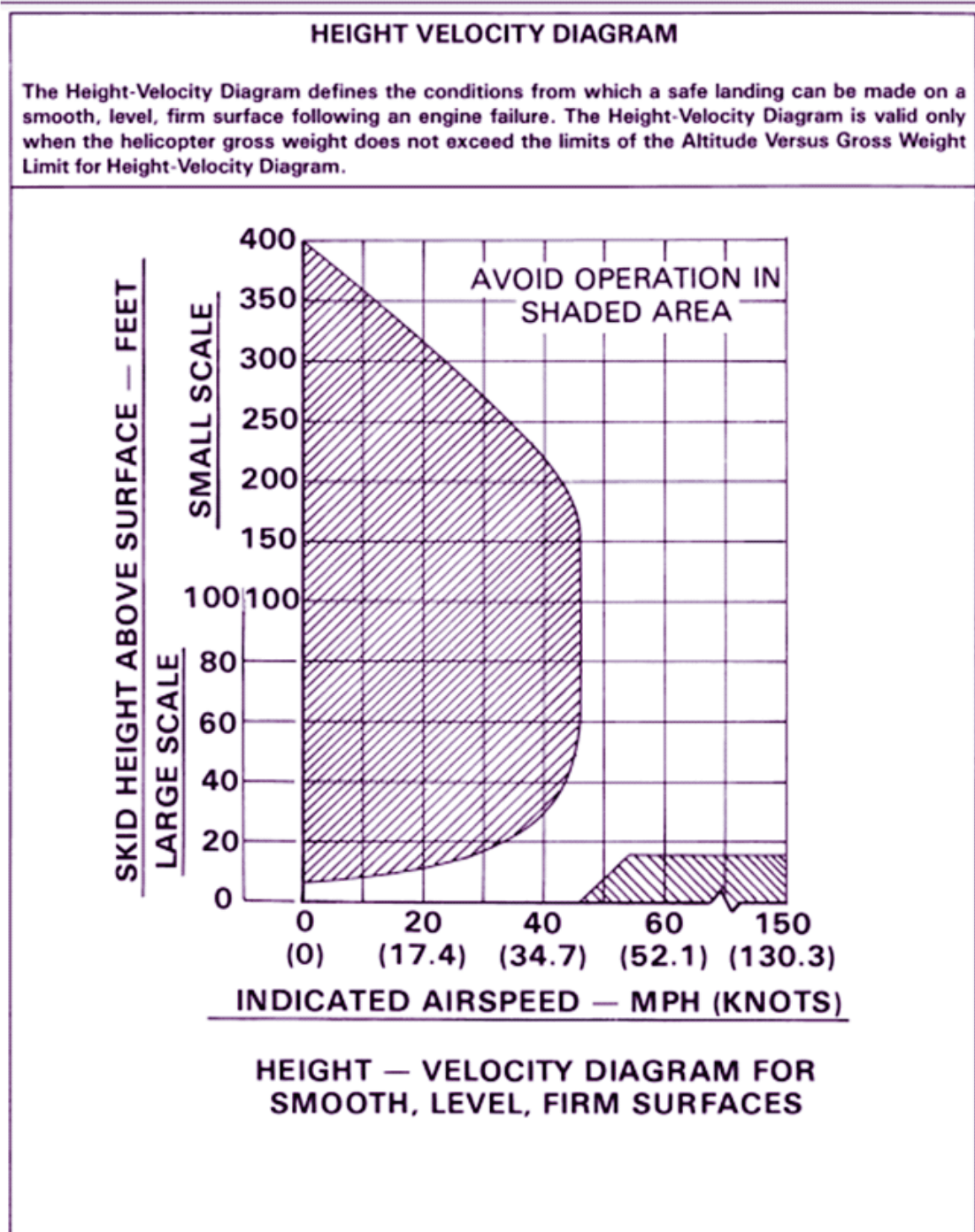


Figure 4-6. Height velocity diagram

圖 1.18-2 BELL 206B3 速度/高度性能圖

1.18.3 事故機錄影影像

依據事故當時安裝於清洗水槍座上之錄影資料(如附錄 4)，該機於穩定滯空狀態下執行礙掃時，發動機產生異常音響，機首突然左偏並下掉高度，約向左旋轉 90~100 度後墜落於地面，自航機開始左偏至墜落地面之時間約為 5.1 秒。

第二章 分析

2.1 概論

事故發動機失去動力事件之原因經拆檢與測試，確認係壓縮器第3級轉子葉片斷落所致。雖轉子葉片斷裂面遭受嚴重損害，以致無法確認葉片失效斷裂起點及葉片脫離前之裂斷模式。然而，腐蝕損害普遍存在於所有第3級轉子之殘餘葉片與輪轂的圓角表面，亦存在於第2級與第4級部分之轉子殘餘葉片，加上第3級定子導片塑膠覆材下之腐蝕損壞等腐蝕的證據，判斷葉片脫離可能原因如下：

1. 轉子葉片之根部腐蝕孔引發裂縫，該裂縫受高週負荷後持續延伸，至葉片根部過載而斷裂脫離；或
2. 機匣覆層下方腐蝕，使塑膠覆材脫層並與轉子葉片尖端產生摩擦。

本事件肇因於發動機壓縮器遭受腐蝕，該型發動機之操作及維護手冊內有警告「腐蝕將使壓縮器損壞造成發動機失效」。進一步分析壓縮器腐蝕相關之維護作業，包含壓縮器清洗、壓縮器檢查、發動機長期未運轉、人員訓練及監理機制等議題，內容如後。

2.2 維修作業

2.2.1 壓縮器清洗

依事故發動機操作及維護手冊，操作環境之大氣中含鹽分或化學成分即是造成壓縮器腐蝕之污染源，即使距離污染源 75–150 英哩（121–241 公里）亦可能受到影響。事故直昇機之操作區域（台灣全島），任何地方離最近海岸均少於前述之距離，因此在台灣的操作環境即為該型發動機原廠定義之腐蝕污染環境。發動機原廠並發布商業服務信函 CSL-1135，更清楚指出所有海島均屬嚴重腐蝕區域，該信函提供之亞洲腐蝕程度地圖，亦標示台灣為嚴重腐蝕區域。依手冊規定，在腐蝕環境下操作，須於每日飛行後執行壓縮器清洗。為避免污染腐蝕壓縮器，凌天

應依規定於每日飛行後以淨水清洗壓縮器。

表 1.6-4 摘自發動機經歷簿之壓縮器清洗紀錄顯示，間隔短則 3 天，長則 33 天，平均 7 天執行 1 次壓縮器清洗，不符手冊規定。另凌天飛行後檢查工作單亦有壓縮器之清洗紀錄，依凌天飛行後檢查工作單之 1.a. 項目顯示「任何時間飛機曾於已知或懷疑之腐蝕大氣中運作時，壓縮器必須用純淨水執行清洗」，維修人員必須依工單執行該項工作。然而從訪談紀錄得知，維修人員實際上是否以淨水沖洗壓縮器是依當日作業環境而定，維修人員認為在高山、郊野等環境，就不是污染大氣環境，並不執行清洗，平均大約 3 天執行一次發動機清洗。檢視其工單內容並無錯誤，而是維修人員對於操作環境之認知錯誤，導致未能落實工單之內容，未在每日飛行後以淨水清洗壓縮器。

2.2.2 壓縮器檢查週期

依事故發動機操作及維護手冊，有塗層之壓縮器葉片檢查週期不得大於 300 小時/12 曆月，檢查時若發現腐蝕及塗層脫落而使底材外露，則檢查時距須回復至 300 小時/6 曆月。依據該機經歷簿有關發動機壓縮器檢查作業之紀錄（表 1.6-5），顯示該機大部分檢查時距為 300 小時/12 曆月，但有第 8 項於 12 曆月後執行作業，逾越 12 曆月之檢查期限，不符手冊規定。

另依據表 1.6-6 機隊發動機 1,750 小時檢查紀錄，CAE270899 於民國 98 年 8 月 4 日即發現機匣第 3 及 4 級覆層龜裂脫層；CAE270969 於民國 99 年 12 月 23 日發現機匣覆層龜裂及轉子葉肩龜裂；CAE270910 於民國 101 年 2 月 24 日發現機匣覆層摩擦第 2 級轉子葉片、第 2 至 6 級轉子葉片根部腐蝕孔等轉子葉片與機匣遭受腐蝕破壞之經歷。此發動機壓縮器檢查項目（OMM 72-00-00 章，表 602，項目 49）原定檢週期為 1,750 小時，在腐蝕或沖蝕環境下則壓縮器檢查週期必須縮短為 300 小時。在 300 小時定檢項目（OMM 72-00-00 章，表 602，項目 33）亦規定相同檢查內容。

在 300 小時定檢之規定，則進一步說明「壓縮器葉片有塗層者，檢查週期不得大於 300 小時/12 曆月，若發現腐蝕或沖蝕使塗層脫落而底材外露時，則檢查時距須回復至 300 小時/6 曆月」，然而從表 1.6-5 發動機壓縮器檢查作業之紀錄，6 次檢查時距皆高於 6 曆月，顯示凌天於發現腐蝕情形後未依據手冊規定，將壓縮器檢查時距調降為 300 小時/6 曆月。

2.2.3 壓縮器檢查內容與執行

依據表 1.6-5 發動機壓縮器檢查作業紀錄顯示，事故前最後一次執行該項 300 小時/12 曆月檢查作業為民國 103 年 11 月 26 日，該工單紀錄顯示檢查正常，然而於民國 103 年 12 月 18 日發生壓縮器轉子葉片飛脫事故，事故後發動機壓縮器檢視顯示 2、3、4 級轉子葉片根部及第 3 級定子導片下方均有腐蝕孔，腐蝕現象幾乎遍佈整個壓縮器。但是凌天在事故前 23 天已經執行該壓縮器檢查（300 小時/12 曆月定檢），當時發動機使用時數為 1576:21，距事故時之使用時數（1610:35），約使用 34 小時。其間隔時間僅 23 曆天/34 飛時，檢查時間與事故時間相距不遠，因此，檢查時壓縮器之腐蝕狀況應與事故時之狀況相當。但維修人員未依手冊檢視轉子葉片與定子導片腐蝕狀況，未能發現該腐蝕情況。

凌天於民國 103 年 11 月 26 日所使用之 300 小時/12 曆月壓縮器定檢工單，工單上敘述「*Inspect the compressor case when operating in an erosive and/or corrosive environment. REF PARA 1.D.(9) this section*」（譯：當操作在沖蝕及/或腐蝕環境時，檢查壓縮器機匣，參考本章（72-00-00）,1.D.(9)段），凌天維修相關人員均認為僅要求檢查壓縮器機匣覆層，執行該工單之維修人員亦表示施工時，僅檢視定子導片根部塑膠覆層之受損情形，若有龜裂及脫落情形，即進行修護。但未檢視定子導片與轉子葉片。

檢視 300 小時壓縮器定檢內容如表 1.17-1，事故前最新版標示「*Inspect the compressor case, blades, and vanes when operating in an erosive and/or corrosive environment. 10X power magnification is recommended for corrosion pit inspection.*

」，比前一版本更詳細指出在沖蝕及/或腐蝕環境下操作，必須檢查壓縮器機匣、定子導片與轉子葉片。然而前、後版本其參考章節均為手冊 72-00-00 章之 1.D.(9) 段，檢視該小節，其內容規定「如航空器經常在吸入沙塵或腐蝕環境（鹽分或其他化學成分如殺蟲劑、除草劑、硫磺、工業污染等）下操作，檢查壓縮器轉子葉片、定子導片及機匣塑膠覆層之沖蝕損害及腐蝕損害」，在 1.D.(9)段內容清楚規定「在腐蝕環境下必須檢查轉子葉片、定子導片及機匣塑膠覆層之沖蝕損害及腐蝕損害」。前、後版本之差異為標題之文字內容，而實際施工必須進一步了解 72-00-00 章之 1.D.(9)段所述，前、後版本其原則並無改變。在閱讀 1.D.(9)段後，此段落並無詳細施工步驟，必須再進一步查閱手冊 72-30-00 章 Compressor section - maintenance practices, para 5 Inspection/ Check（譯：壓縮段-維修實務，第 5 段，檢視/核對）。維修人員進行維修時，並非僅單獨依工單（如圖 1.6-2 所示）施工，必須再進一步參考文件內所述相關內容。

以上顯示凌天維修人員對於發動機操作及維護手冊（Operation and Maintenance Manual）之閱讀與了解不足，倘若有疑問應尋求原廠商之協助以解其疑惑。

2.2.4 發動機長期未運轉

依據發動機原廠 OMM 72-00-00 章發動機相關之系統說明與操作，其中第 5 節「操作注意事項」要求安裝於航機上之發動機關車超過 5 天，則必須執行壓縮器保存作業。在 OMM 72-00-00 章, 12.D.段, 壓縮器保存之內容則明確規定該型發動機在腐蝕環境，未執行壓縮器防腐作業情況下，發動機絕不可關車超過 5 天。

檢視該機使用紀錄，該機自接機開始即有諸多未運轉超過 5 天而無壓縮器防腐作業之紀錄。尤其該機在事故前 9 個月，未運轉期間長達連續 7 個月，期間大部分每未運轉 7 天執行一次發動機地面運轉，最高未運轉紀錄為 22 天才執行發動機地面運轉，期間無執行壓縮器防腐作業紀錄，亦無發動機防腐檢驗紀錄。

檢視凌天航空器維護能力手冊：3.3 節「直昇機維護計畫」之 3.6.2.4 規定「各型直昇機停置地面未執行飛行任務超過 15 天以上，應執行地面試車乙次」，該維護計畫 3.1 節「發展與修訂」中亦提及維護計畫必須遵照相關法規及原廠相關技術文件，其中包含 Rolls Royce 250-C20J OMM。

以上資訊顯示凌天航空器維護能力手冊 3.6.2.4 之規定與維修人實際之未運轉維護作業，均不符該發動機操作及維修手冊之規定。手冊規定安裝於航機上之發動機關車超過 5 天，則必須執行壓縮器保存作業，其目的無非是避免腐蝕環境之污染腐蝕壓縮器。相關研究⁵顯示發動機關車期間，在潮濕含鹽分的大氣污染環境，污染成分會隨水分凝結附著污染壓縮器導致腐蝕，停置愈久腐蝕成分愈活躍，未運轉期間所造成之腐蝕損害甚至比操作時之損害更嚴重。

2.3 維修人員專業知識與訓練

由上節之分析，凌天維護人員不知臺灣全島係發動機操作手冊規範之嚴重腐蝕區域，亦未依手冊規範於每日飛行後執行發動機壓縮器水洗作業，致使發動機壓縮器遭受嚴重污染累積情形。凌天維護人員執行發動機壓縮器檢查逾越手冊規定 12 個月之期限計 1 次。事故壓縮器殘骸顯示壓縮器遭受嚴重污染及腐蝕，然而在事故前 23 天維修人員剛完成最後一次 300 小時/12 曆月檢查，並未發現缺點，顯示檢查人員未發現已嚴重之腐蝕損害。維修人員執行壓縮器檢查時，未能及時依手冊規範檢查轉子葉片與定子導片。凌天維護作業未依手冊規範執行發動機關車超過 5 天即須執行壓縮器防腐作業，以致壓縮器葉片腐蝕情形愈益嚴重。綜上所述，凌天航空維修人員及檢驗人員對發動機維修專業知識與經驗不足。

依航空器飛航作業管理規則，航空器使用人應訂定維護人員訓練計畫，確保其所有維護人員接受初始及後續適當訓練。經查凌天僅有一員具有發動機原廠訓

⁵ Corrosion control in industrial axial flow compressors, by David H. Linden ; The development of gas turbine material, edited by G.W. Meetham.

練證書，該員服務於該公司之工程技術組，負責編訂與修訂維護計畫手冊及工作程序單，訓練計畫擬定與執行，及技術文件、適航指令、服務通告文件之管制與修訂，平時不直接參與線上飛機維護，只在特別需求時才予以指導。訓練紀錄顯示，於線上執行航機維護任務相關人員，初始訓練未按規定包含發動機原廠訓練，複訓課目亦未按規定安排發動機維護訓練。調查發現，該機修護線上機械員及檢驗員皆對該型發動機維護之專業知識不足，顯示凌天對維護人員之發動機維護訓練規劃不當，造成線上修護人員對該型發動機維護之專業知識不足。

2.4 發動機操作及維護手冊之管理

發動機原廠之操作及維護手冊乃凌天發動機維護之重要依據。事故時該手冊最新版為第六版之第 19 次修訂版，修訂日期為民國 103 年 6 月 1 日。然而，凌天於民國 103 年 11 月 26 日執行 300 小時壓縮器檢查仍依據前修訂版之內容，顯示至事故時，凌天可能已有 6 個月餘未使用最新版之操作及維護手冊執行相關發動機維護作業。

雖然凌天表示係於民國 103 年 10 月間才收到原廠提供之第 19 次修訂版手冊，然而依據凌天航空器維護能力冊第四章「工程與技術資料管理」，4.3.2「技術手冊管理與修訂」規定「每月定期上網查看各原設計廠網站其技術手冊所發行最新版是否與使用中之手冊版期相符，並將最新版別之文件目錄列印呈核備查。」，經查發動機原廠係郵寄實體光碟（手冊之電子檔）至凌天航空，亦在原廠官網公布相關維護資訊，凌天除了接收實體光碟，亦可登入發動機原廠網站確認最新版手冊之版別。

以上顯示凌天未遵照維護能力冊之規定施行手冊更新與管理，存在未能依最新版手冊維修之風險。

2.5 修護管制作業之管理

檢視凌天維護能力冊內容，摘錄如下：非計畫性修護：如日常維護所發現缺

點及飛航發現故障（記載於直昇機維護紀錄簿內）.....以保持直昇機妥善率與良好之品質；非計畫性工作依作業程序發工執行，維護科主管督導完成之，惟維護管制組亦應保持密切之聯繫並掌握進度；但於 5.3.4 發工管制作業程序中並無非計畫性工作發工程序。

依據維修人員訪談資料，維修人員於執行 EMP-103349-5，300 小時/12 曆月發動機檢查工作單時，若發現有包覆材料缺損情形，即遵照 OMM 執行填膠修補。整個檢查及修補過程中，檢查人員未曾開具缺點單，修管單位亦未曾開具工作單派發修補工作，因此覆材缺損情形及修補作業皆未留下紀錄。前述狀況顯示凌天維護能力冊對非計畫性修護工作無非計畫性工作發工程序；非計畫性修護工作執行情形未記載於直昇機維護紀錄簿內不符維護能力冊之規範，不利於修護品質之追蹤與管理，顯示凌天之非計畫性修護工作管理不完善。

檢視表 1.6-5 發動機 300 小時/12 曆月檢查作業紀錄，凌天於民國 103 年 11 月 26 日施行之發動機 300 小時/12 曆月檢查時超過 OMM 規定之 12 曆月期限；檢視表 1.6-6 機隊發動機 1,750 小時檢查紀錄，於民國 102 年 9 月 3 日施行發動機 1,750 小時檢查時超過 OMM 規定之 1,750 小時期限。以上資料顯示凌天之計畫性修護工作不符 OMM 之一定時期內須完成之檢查作業，增加航機運作風險，凌天之計畫性修護工作管理不完善。

2.6 航空器適航監理

依前述有關凌天對於發動機維護作業之缺失包括：每日飛行後保養不當、300 小時定期檢查未確實、發動機連續關車期間超過規定、維修人員專業知識不足、維護人員訓練安排不當、定期檢查時距未依手冊適當調整、發動機操作及維護手冊未及時更新、非計畫性發工程序與維護紀錄之缺失等。上述缺失係普遍存在於整個機隊，而非僅是與事故航空器有關。進一步檢視缺失之性質乃涵蓋組織面、計畫面、人員專業與執行面等，並已存在多年。顯示凌天發動機維護已存在系統性失效，而非僅是個別部分發生問題。

民航局之「適航檢查員手冊」提供檢查員執行技術管理及航空公司檢查等任務時之工作指導與指引。依手冊之相關查核注意事項包含「訓練計畫內容有關技術訓練不得少於發動機製造廠家建議的內容」、「應對機械員/檢驗員進行查問，以確認其瞭解原製造廠/維護手冊對相關特定作業之規範，並確認其近期工作經驗符合相關規定」、「須熟悉業者之維護程序手冊及作業規範，以及預定執行檢查之航空器」、「檢驗項目執行人員有特定的訓練計畫，以及確認業者已備妥必需檢驗項目合格/不合格判斷程序與標準」及「須熟悉航空器、使用人紀錄保存系統、檢驗週期、MEL 系統、適航簽放程序、訓練計畫等。對檢驗紀錄執行檢查時，須確認計畫檢驗之時數/次數沒有超過」等。

從上述本案調查所發現凌天航空之維修缺失，其內容並不超出適航檢查員執行任務時之應注意事項，然審視事故航機自民國 97 年接機起至事故發生止，共 7 年餘之所有維修紀錄，顯示凌天發動機維護問題存在已久。民航局依法對凌天執行適航監理，對於偶發性或單一性之缺失或許未必能夠及時發現。然而，對於凌天發動機維護作業長期存在之系統性失效仍未能於事故前識別並要求改正，顯示民航局對於凌天航空之適航監理未能辨識及/或督導改正其發動機維護作業未依原廠手冊執行、維修人員訓練不足、維護計畫缺失與發動機維護手冊未及時更新等重要之機務安全缺失。

另外，依據事故後民航局對於凌天發動機維護作業相關缺失之意見，調查小組看法如下：

有關凌天每日飛行後檢查未執行壓縮器清洗之缺失，民航局回復為該檢查項目「...有列入檢查需求，且紀錄顯示該項工作均有勾選...」。在海島型氣候的台灣，大氣中含有腐蝕成分的環境下操作該型發動機，於每日飛行後淨水沖洗壓器甚為重要，手冊明顯的警告「腐蝕將使壓縮器損壞造成發動機失效」，然而民航局適航檢查僅檢視工單紀錄已執行勾選，未進一步了解其維修作為是否達到手冊之要求，顯示檢查員未依適航檢查員手冊應對機械員進行查問，以確認其瞭解原製造

廠／維護手冊對相關特定作業之規範。

有關凌天執行發動機300小時定檢未能落實手冊要求之缺失，其回復為「... 原廠發動機維修手冊第18版(June 1, 2013)，發動機300小時定檢係執行目視檢查... 有關以量測工具執行尺碼檢查，係屬1750小時定期檢查工作項目，凌天航空將該工作委託國外合格維修廠執行。」。如2.2.3節「壓縮器檢查內容與執行」所述，壓縮器之1,750小時定檢項目，因為在腐蝕環境下操作，該項目已縮短為300小時之定檢項目。此二者之檢查內容，均參考72-00-00章之1.D.(9)段，其施工內容相同。以上顯示民航局適航檢查員未熟悉業者之維護程序手冊及作業規範，對250-C20J型發動機操作及維護手冊之要求執行項目之專業知識仍有不足。

有關凌天之發動機關車超過手冊規定5天之限制，其回復為「...係訂於發動機手冊72-00-00 Page 342 與343，屬於該直昇機與發動機之封存程序(請參考民航法規06-01A定義)。經查，凌天航空機隊於上述所指靜置期間，仍持續依據持續適航維護計畫執行有關檢查與試車，維持其適航條件」。如2.2.4「發動機長期未運轉」引述OMM之規定「安裝於航機上之發動機關車超過5天，則必須執行壓縮器保存作業」，另於72-00-00章, 343頁，亦清楚規定在腐蝕環境下壓縮器未執行保存者，發動機關車不可超過5天 (*In no case shall the shutdown period exceed 5 days in a corrosive environment without preserving the compressor.*)。而凌天維護計畫則規定「...未執行飛行任務超過15天以上，應執行地面試車乙次」，顯然該計畫已不符原廠手冊之要求。以上顯示民航局適航檢查員未確認凌天維護計畫內容之正確性，對於凌天發動機保養相關程序瞭解不足，不利於適航監理過程中識別出凌天發動機保養之缺失。

2.7 飛航操作分析

本事故機正駕駛員飛航資格符合現行民航法規之規定，事故前72小時之休息及活動正常，無證據顯示飛航組員於飛航中曾受任何藥物及酒精影響。事故機之載重平衡於標準範圍內。事故當時之天氣良好，無影響操作之天氣因素存在。

現行凌天 BELL 206B3 型直升機操作手冊 7.6 節定義：飛航中遭遇發動機失效，飛航組員應立即執行自動旋轉之緊急程序（參考 1.18.2 節）。另依據原廠操作手冊之高度速度圖（如圖 1.18-2），斜線範圍表示航機於此範圍內操作，如遭遇發動機失效狀況，將無法安全執行自動旋轉之落地。故於滯空狀態下如發生發動機失效，航機之高度至少應距地面 400 呎以上，如於 70 呎高度遭遇發動機失效，則航機之速度至少應於 45 哩/時（38 浬/時）以上，始能成功執行自動旋轉落地。

依據事故機駕駛員敘述及事故當時之影片紀錄，該機於距地面約 70 呎時發生機首左偏狀況，此係該型機發動機失效之現象，該機繼而約於 5 秒後墜地。故依據該機之操作手冊標準，其當時之高度及滯空狀況，係位於圖 1.18-2 無法成功執行自動旋轉落地之斜線範圍內，事故發生與飛航操作無關。

第三章 結論

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

與可能肇因有關之調查發現

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

與風險有關之調查發現

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

其他調查發現

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

3.1 與可能肇因有關之調查發現

1. 事故直昇機因發動機失去動力迫降，其原因經檢查係壓縮器第3級轉子葉片斷落所致。其葉片斷落可能原因有二：(1) 轉子葉片之根部腐蝕孔引發裂縫，該裂縫受高週負荷後持續延伸，至葉片根部過載而斷裂脫離；或 (2) 機匣覆層下方腐蝕，使塑膠覆材脫層並與轉子葉片尖端產生摩擦。(1.16, 2.1)

2. 壓縮器轉子葉片與機匣腐蝕之可能肇因，經判斷為於腐蝕環境下操作之發動機壓縮器維修失當。本型發動機維護手冊已明確警告：「腐蝕將使壓縮器損壞，造成發動機失效」。(1.16, 2.1)

3.2 與風險有關之調查發現

1. 凌天航空公司不知四面環海之臺灣海島係屬發動機製造廠規範之嚴重腐蝕操作環境，未依手冊規範於每日飛行後執行發動機壓縮器水洗作業，未能清除發動機壓縮器所遭受之污染，致累積之污染物逐漸腐蝕壓縮器。(1.6, 1.18, 2.2.1)
2. 凌天航空公司維護計畫有關發動機長期未運轉之作業規定不符原廠手冊之規範，未依手冊規範執行發動機關車超過 5 天即須執行壓縮器防腐作業，可能致壓縮器葉片腐蝕情形愈益嚴重。(1.6, 1.17, 2.2.4)
3. 凌天航空公司執行 300 小時壓縮器定期檢查時，未遵照手冊規範執行定子導片與轉子葉片之腐蝕及沖蝕檢查，致未能及早發現該壓縮器遭受嚴重污染及腐蝕狀況。(1.6, 1.18, 2.2.3)
4. 維修人員對發動機維修手冊有關壓縮器維護檢查之專業知識與經驗不足。(1.6, 1.16, 1.17, 1.18, 2.3)
5. 凌天航空公司對維護人員之發動機維護訓練規劃不當，造成線上修護人員對該型發動機維護之專業知識不足。(1.17, 2.3)
6. 民航局對於凌天航空之適航監理未能辨識及/或督導改正其發動機維護作業未依原廠手冊執行、維修人員訓練不足、維護計畫缺失與發動機維護手冊未及時更新等重要之機務安全缺失。(1.17, 2.6)
7. 凌天航空公司未依維修手冊之規定視壓縮器受腐蝕狀況適當調整壓縮器定期檢查之週期。(1.6, 2.2.2)
8. 凌天航空公司之發動機 300 小時及 1,750 小時定期檢查時間，曾各有 1 次超過

操作與維護手冊之規定，增加航機運作風險。(1.6, 2.2)

9. 凌天未遵照維護能力冊之規定施行手冊更新與管理，存在未能依最新版手冊施工之風險。(1.17, 2.4)

10. 民航局適航檢查員對於凌天發動機保養相關程序瞭解不足，不利於適航監理過程中識別出凌天發動機維護之缺失。(1.17, 2.6)

3.3 其它發現

1. 事故機正駕駛員飛航資格符合現行民航法規之規定，事故前 72 小時之休息及活動正常，無證據顯示飛航組員於飛航中曾受任何藥物及酒精影響。事故機之載重平衡於標準範圍內。事故當時之天氣良好，無影響操作之天氣因素存在，事故發生與飛航操作無關。(1.5, 2.7)

本頁空白

第四章 飛安改善建議

致凌天航空公司

1. 加強維修人員發動機維修之訓練，以確保發動機維修人員明確瞭解有關之維修手冊與工單執行內容。(ASC-ASR-16-01-001)
2. 重新評估 Rolls-Royce 250-C20J 發動機 300 小時定期檢查之維護能量，以確保並落實該定期檢查。(ASC-ASR-16-01-002)
3. 重新審視與修訂適航維護計畫手冊之有關內容，以符合發動機原廠手冊之規範。(ASC-ASR-16-01-003)
4. 強化手冊及工單管理機制，以確保及時取得並使用最新版之維護資訊執行航空器相關作業。(ASC-ASR-16-01-004)
5. 加強計畫性修護工作之管制作業管理，以符操作及維護手冊之一定時期內須完成之檢查作業，避免航機運作風險。(ASC-ASR-16-01-005)

致交通部民用航空局

1. 加強督導凌天航空修護人員有關發動機之訓練，以確保發動機維修人員明確瞭解有關之維修手冊與工單執行內容。(ASC-ASR-16-01-006)
2. 加強督導凌天航空適航維護計畫之正確性，及維護手冊與工單之管理，以確保及時取得並使用最新版之手冊執行航空器相關維護作業。(ASC-ASR-16-01-007)
3. 加強督導凌天航空評估 Rolls-Royce 250-C20J 發動機之 300 小時定期檢查之維護能量，以確保並落實該定期檢查。(ASC-ASR-16-01-008)
4. 檢討普通航空業適航檢查員對於各機型及發動機維護專業知識之瞭解，並強化適航監理作業對航空器使用人系統性缺失之識別能力。(ASC-ASR-16-01-009)

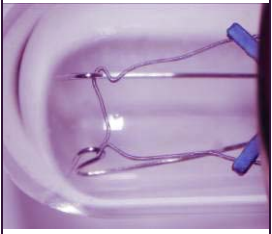

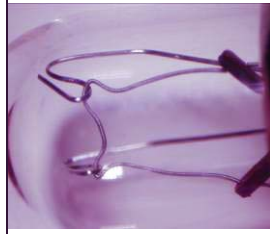
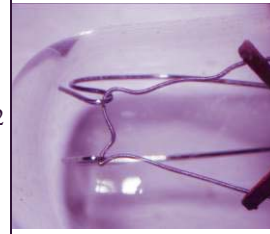
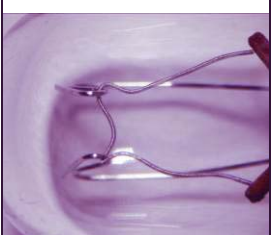
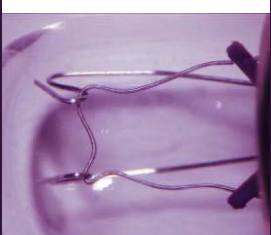
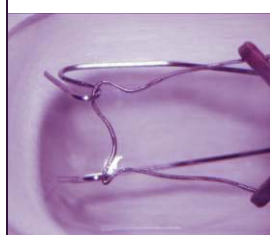
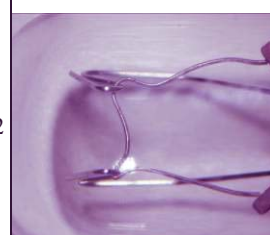
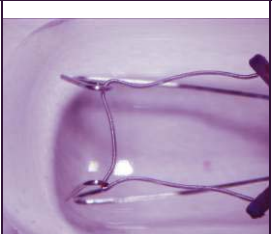
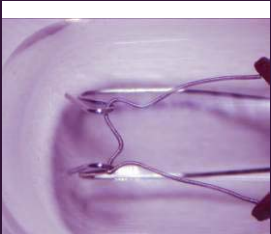
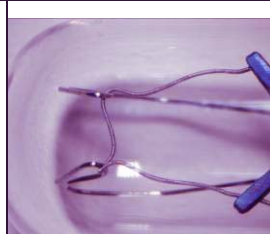
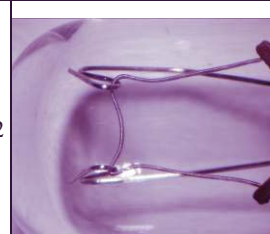
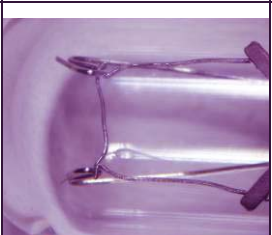
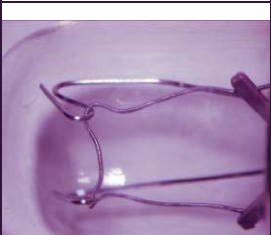
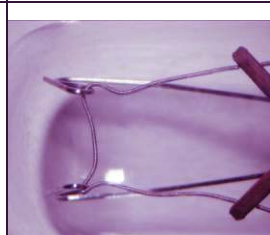
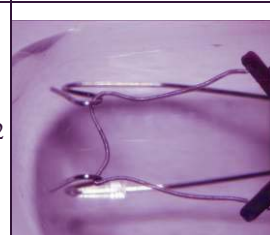
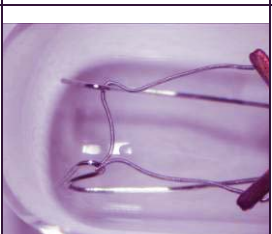
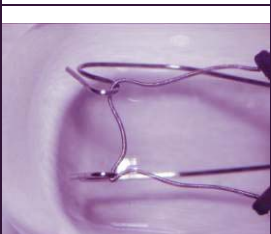
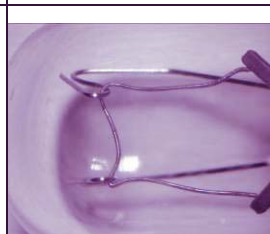
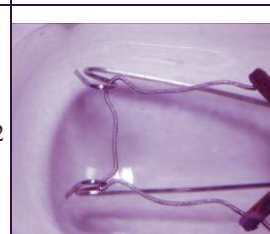
本頁空白

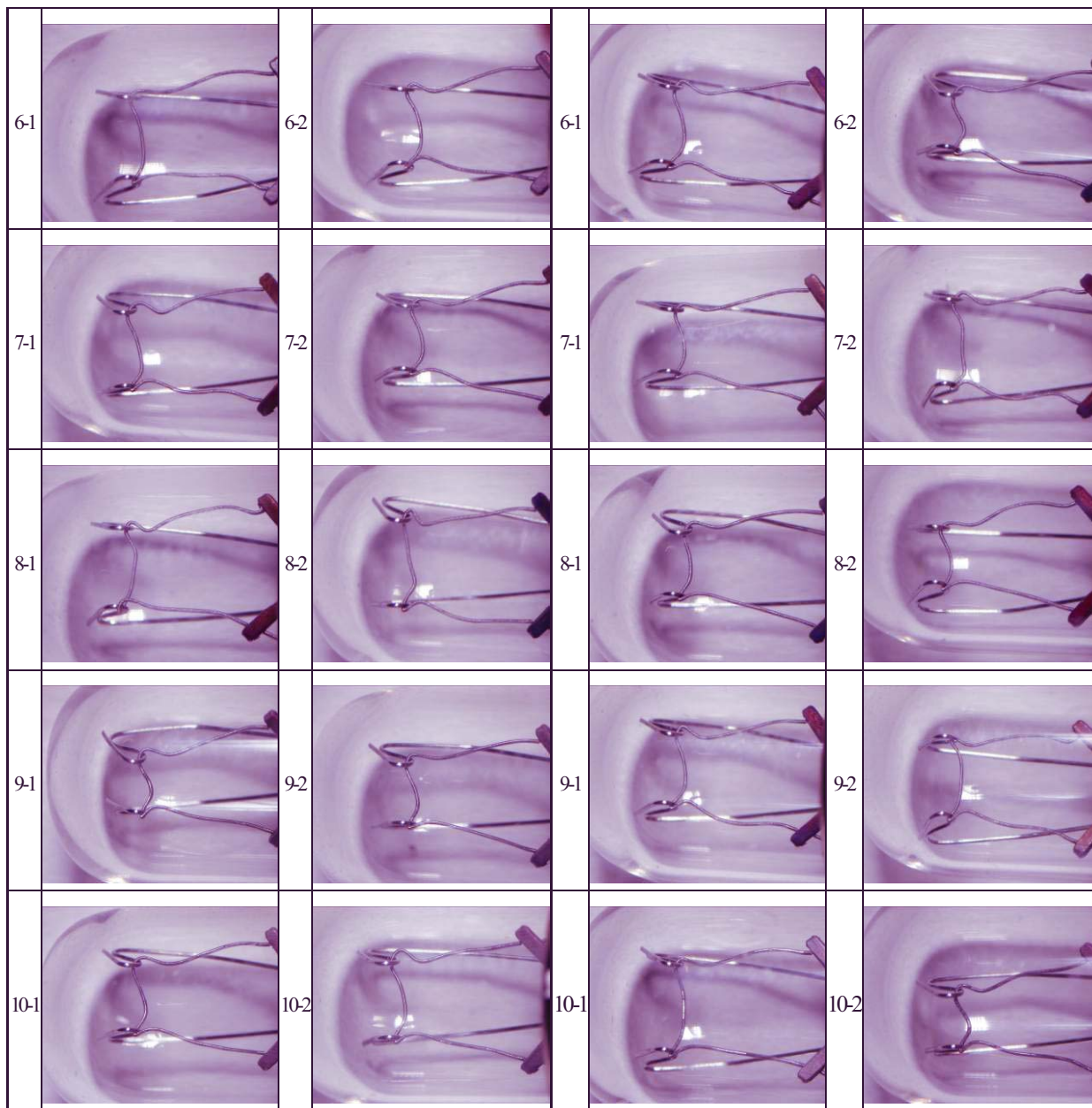
附錄一 亞洲區域腐蝕環境嚴重程度地圖



本頁空白

附錄二 警示燈燈泡檢視結果照片

上排燈泡				下排燈泡			
編號	照片	編號	照片	編號	照片	編號	照片
1-1		1-2		1-1		1-2	
2-1		2-2		2-1		2-2	
3-1		3-2		3-1		3-2	
4-1		4-2		4-1		4-2	
5-1		5-2		5-1		5-2	



附錄三 燃油品質試驗報告

空軍第一後勤指揮部航空燃油品質試驗報告

燃油樣品編號	B-31019	申請單位	凌天航空
樣品來源	油箱	試驗型別	甲型
樣品類別	JET A-1	取樣日期	
收樣日期	2014/12/29	化驗日期	2014/12/29
報告日期	2015/01/08	報告編號	141229JETA1001

試驗名稱	試驗標準	試驗值	試驗方法
總酸度	0.010mg(KOH/g)	MAX 0.00189	ASTM D3242
芳香烴	25%(vol%)	MAX 12.52	ASTM D1319
含硫量	0.3%(wt%)	MAX 0.0503823	ASTM D5453
蒸餾試驗-10%回收溫度(一大氣壓 1013mbar)	205°C	MAX 165.8	ASTM D86
蒸餾試驗-50%回收溫度(一大氣壓 1013mbar)	實測值	190.8	ASTM D86
蒸餾試驗-90%回收溫度(一大氣壓 1013mbar)	實測值	231.5	ASTM D86
蒸餾試驗-終餾點(一大氣壓 1013mbar)	300°C	MAX 255.4	ASTM D86
蒸餾試驗-損失百分率	1.5(vol%)	MAX 0.4	ASTM D86
蒸餾試驗-殘餘百分率	1.5(vol%)	MAX 1.3	ASTM D86
閃火點	38°C	MIN 47	ASTM D93
密度(15°C, kg/m ³)	775-840	791	ASTM D1298
凝固點	-47°C	MAX -53.9	ASTM D7153
粘度(-20°C)	8Cs	MAX 3.46726	ASTM D445
熱值(燃燒熱)	42.8 MJ/kg	MIN 43.4	ASTM D3338
煙點	18mm	MIN 21	ASTM D1322
苯烷	3.0	MAX 0.65	ASTM D1840
銅片腐蝕(100°C, 2 小時)	NO. 1(1a, 1b)	MAX 1a	ASTM D130
熱氧化穩定性-壓力降 mmHg(260°C, 150 分鐘)	25mmHg	MAX 0	ASTM D3241
熱氧化穩定性-加熱管積碳率(260°C, 150 分鐘)	<3	1	ASTM D3241
含膠量	7mg/100ml	MAX 0.6	ASTM D381
水分離指數(含靜電消散劑)	70	MIN 97	ASTM D3948
傳導性	50-600 ps/m	263	ASTM D2624
傳導性(油樣溫度)°C	實測值	24	ASTM D2624

分析結果:如下列有(V)者: (V) 合格 () 不合格

本頁空白

附錄四 民航局有關 B-31019 事故調查之回復

1. 本案事實資料顯示凌天航空 B-31019 直升機自 2008 年 10 月 1 日引進起至 2014 年 12 月 18 日事故發生前，共計 6 年餘之時間中，僅執行 33 次發動機清洗作業，未能確實於每日飛航作業結束後，針對壓縮機葉片及輪葉，使用純淨水執行清洗。

請貴局說明對凌天之適航檢查是否涵蓋上述維護作業？並說明未能於事故前發現該公司未於每日飛航作業結束後以純水清洗壓縮機葉片及輪葉之原因為何？

回覆：依據航空器飛航作業管理規則第 268 條「航空器使用人對其航空器：包括航空器機體、發動機、螺旋槳、航空器各項裝備及其零組件負妥善維護之主要責任並保持其符合持續適航標準」。查該公司於飛行後檢查工單之項次 1. A. "任何時間飛機曾於已知或懷疑之鏽蝕大氣中運作時"有列入檢查需求，且紀錄顯示該項工作均有勾選。

另查 B-31019 機自 2008 年 10 月 1 日至 2014 年 12 月 18 日僅執行 33 次發動機清洗作業，該 33 項清洗紀錄係在航機進廠定期檢查時執行。有關航機每日飛行後清洗之需求，該公司於事故後已依據 RR CSL-1135 服務信函對污染區之規範，修正飛行後檢查工作單，修正為每日飛行後以純淨水清洗壓縮機葉片及輪葉，並據已執行。

2. 本案事實資料顯示凌天 B-31019 直升機自 2008 年 10 月 1 日引進起至 2014 年 12 月 18 日事故發生前，所執行之 8 次發動機壓縮器檢查作業中，未曾對葉片侵蝕情形執行尺碼檢查、公司未備有測量工具、及無法提供相關檢查紀錄等情形。

請貴局說明對凌天之適航檢查是否涵蓋上述維護作業？未能於事故前發現前揭諸多缺點之原因為何？

回覆：經查，原廠發動機維修手冊第 18 版(June.1,2013)發動機 300 小時定檢係執行目視檢查，並無葉片呎碼量測需求，事故前發動機之維護係依據第 18 版執行，尚無量測葉片尺碼需求。原廠另於 June 2014 發佈第 19 版，增加使用 10 倍放大鏡檢查葉片有無腐蝕，亦無量測葉片尺碼需求。凌天公司維護計畫 Rev.14(Dec. 10 2014)已依原廠維護手冊第 19 版修訂。另查，有關以測量工具執行尺碼檢查，係屬 1750 小時定期檢查工作項目。凌天航空將該工作委託國外合格維修廠執行。

鑒於本次事故經驗及參考貴委員會意見，凌天航空針對發動機 300 小時檢查項目，另增訂如發現腐蝕，將提前進廠執行 1750 小時檢查之規定。

3. 本案事實資料顯示該機自接機開始即有諸多靜置超過 5 天而未執行壓縮器防腐作業之情況。尤其在事故發生前，自民國 103 年 3 月 19 日至 10 月 21 日皆未使用該機達 215 天，未執行手冊規定之靜置超過 5 天即須執行

壓縮器防腐作業，亦未執行手冊規定之靜置情況下每 30 天即需執行一次之防腐檢驗作業。

請貴局說明對凌天之適航檢查是否涵蓋上述維護作業？未能於事故前發現前揭諸多缺點之原因為何？

回覆：有關靜置超過 5 日與之後每 30 日需執行防腐作業之規範，係訂於發動機手冊 72-00-00 Page342 與 343，屬於該直昇機與發動機之封存程序（請參考民航法規 06-01A 定義）。經查，凌天航空機隊於上述所指靜置期間，仍持續依據持續適航維護計畫執行有關檢查與地面試車，維持其適航條件。

4. B-31019 直升機操作人不知臺灣本島係手冊認定之嚴重腐蝕區域，而未依手冊規範於每日飛行後執行發動機壓縮器水洗作業；操作人未依手冊規範執行發動機壓縮器腐蝕檢查；操作人未依手冊規範執行靜置超過 5 天即須執行壓縮器防腐作業，亦未依手冊規範執行靜置每 30 天即需執行一次之防腐檢驗作業。凌天係一運作多年之普通航空業，由現場維修員至高層管理人皆不具備前述之基本維修專業知識。

請貴局說明對凌天之適航檢查是否涵蓋上述維護作業？未能於事故前發現前揭諸多缺點之原因為何？

回覆：有關凌天航空未依規定於每次作業完成後執行水洗發動機乙節，回復如第 1 題；有關靜置超過 5 天即須執行壓縮器防腐作業，及其後靜置每 30 天即需執行一次之防腐檢驗作業乙節，回復如第 3 題。

5. 請問貴局於 B-31019 飛航事故發生後，未參酌調查所發現之事實資料，要求凌天航空對公司所有直升機發動機壓縮器葉片進行一次性檢查之原因為何？

回覆：B-31019 機 103 年 12 月 18 日發生飛安事件後，基於風險考量，本局指派檢查員即要求凌天航空執行一次性發動機特別檢查(103 年 12 月 21 日完成)；其後配合貴委員會調查發現，另要求凌天航空執行壓縮器特別檢查，該公司於 104 年 1 月初完成機隊壓縮器特檢工作。

附錄五 事故機錄影影像



本頁空白

飛航事故調查報告

中華民國 103 年 12 月 18 日，凌天航空公司 Bell 206B3 型機，國籍標誌及登記號碼 B-31019，於彰化縣清掃電塔絕緣礙子時喪失動力航機迫降

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) 8912-7388

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 105 年 1 月（初版）

GPN：4910500127

ISBN：9789860479386

*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 978-986-04-7938-6



GPN:4910500127