



# 飛航安全調查委員會

## 航空器飛航事故 調查報告

中華民國 105 年 12 月 7 日

中華航空公司 CI027 班機

波音 737-800 型機

國籍標誌及登記號碼 B-18605

於巡航階段客艙乘客手機冒煙

報告編號：ASC-AOR-18-01-001

報告日期：民國 107 年 1 月

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

中華民國飛航事故調查法第 5 條：

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

國際民航公約第 13 號附約第 3 章第 3.1 節規定：

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

## 摘要報告

民國 105 年 12 月 7 日，中華航空公司一架波音 737-800 型客機，國籍標誌及登記號碼 B-18605，執行自帛琉羅曼國際機場至臺灣桃園國際機場之定期航班任務，航班編號為 CI027，機上載有正駕駛員、副駕駛員，客艙組員 6 員，乘客 133 員，共計 141 員。該機約於 1940 時，經過馬尼拉（菲律賓）飛航情報區上空，高度 38,000 呎時，一只正充電中之手機產生煙霧，經客艙組員依程序執行處置，將該冒煙手機煙霧撲滅，並依程序存放該手機。該事故經機長確認無安全顧慮後，繼續飛往目的地，並於 2205 時安全於桃園機場落地。

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、國家通訊傳播委員會、中華航空公司及三星電子股份有限公司。

本事故「調查報告草案」於民國 106 年 8 月完成，依程序於民國 106 年 8 月 29 日經本會第 60 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，於民國 106 年 11 月 21 日經本會第 63 次委員會議審議通過。獲通過之調查報告經與相關機關（構）確認，經三星電子股份有限公司於 12 月 26 日本會第 64 次會議來會陳述意見後，於民國 107 年 1 月 5 日公布。

本事故調查經綜合事實資料及分析結果，獲得之結論共計 5 項，分述如後：

## **調查發現**

### **與可能肇因有關之調查發現**

1. 事故手機電池可能於充電中造成短路，使電池於手機密閉空間內產生高熱而燃燒碳化致冒煙。

### **與風險有關之調查發現**

無。

### **其它發現**

1. 本事故與飛航組員、航機之載重平衡、維修及適航無關。
2. 事故機客艙組員曾受客艙滅火訓練、具備滅火能力，並能完全依據客艙相關程序，適當處置該手機冒煙之狀況。
3. 事故機飛航組員係依中華航空公司相關程序檢查火源，經評估後認為可安全繼續飛航，符合中華航空公司相關程序之規定。
4. 航空公司應可自行評估在客機上配置類似性質鋰電池滅火輔助器材之必要性。

## **改善建議**

無。

# 目錄

摘要報告 .....	i
目錄 .....	iii
表目錄 .....	vi
圖目錄 .....	vii
英文縮寫對照簡表 .....	viii
第 1 章 事實資料 .....	1
1.1 飛航經過 .....	1
1.2 人員傷害 .....	3
1.3 航空器損害 .....	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
1.5.1.2 副駕駛員 .....	5
1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動 .....	6
1.6 航空器資料 .....	6
1.6.1 航空器與發動機基本資料 .....	6
1.6.2 載重與平衡 .....	7
1.7 天氣資料 .....	8
1.8 助、導航設施 .....	8
1.9 通信 .....	8
1.10 場站資料 .....	8
1.11 飛航紀錄器 .....	8
1.11.1 座艙語音紀錄器 .....	8
1.11.2 飛航資料紀錄器 .....	9
1.12 航空器殘骸與撞擊資料 .....	9
1.13 醫療與病理 .....	9

1.14	火災.....	9
1.15	生還因素.....	10
1.15.1	客艙組員配置及緊急應變裝備.....	10
1.15.2	手機冒煙及滅火過程.....	11
1.15.3	客艙組員訓練.....	11
1.15.4	公司宣導.....	11
1.16	測試與研究.....	12
1.16.1	事故手機檢測.....	12
1.17	組織與管理.....	15
1.17.1	緊急處置程序相關規定.....	15
1.17.2	危險物品空運相關規定.....	18
1.17.2.1	民航局規定及做法.....	18
1.17.2.2	華航規定及做法.....	20
1.17.3	鋰電池滅火輔助器材.....	21
1.17.4	民航局宣導及查核.....	22
1.18	其他資料.....	23
1.18.1	訪談紀錄摘要.....	23
1.18.1.1	飛航組員訪談摘要.....	23
1.18.1.2	客艙組員訪談摘要.....	23
1.18.1.3	手機持有乘客自述.....	24
1.18.2	事故手機相關資訊.....	24
1.18.2.1	手機及鋰電池.....	24
1.18.2.2	驗證規定.....	25
1.18.3	三星對事故手機檢測意見及UL說明.....	25
1.18.3.1	三星對檢測報告意見及UL說明.....	25
1.18.3.2	三星對事故電池內短路意見及UL說明.....	27
第 2 章	分析.....	29
2.1	概述.....	29
2.2	手機冒煙原因.....	29
2.3	手機於航機上充電規定.....	31

2.4	客艙滅火程序.....	31
2.5	飛航組員應變程序.....	32
2.6	鋰電池滅火輔助器材.....	32
第 3 章	結論.....	34
3.1	與可能肇因有關之調查發現.....	34
3.2	與風險有關之調查發現.....	35
3.3	其它發現.....	35
第 4 章	飛安改善建議.....	36
4.1	改善建議.....	36
附錄 1	事故手機檢測結果英文摘要 .....	37
附錄 2	航機操作手冊第 4.90 節內容 .....	38
附錄 3	台灣三星電子公司意見陳述內容 .....	39

## 表目錄

表 1.5-1 飛航組員基本資料表 .....	4
表 1.6-1 航空器基本資料 .....	7
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 .....	8
表 1.17-1 民航局含鋰離子電池之可攜式電子裝置限制 .....	19
表 1.17-2 華航含鋰離子電池之可攜式電子裝置限制 .....	21

## 圖目錄

圖 1.1-1 事故機之飛航軌跡 .....	2
圖 1.14-1 冒煙手機.....	10
圖 1.15-1 客艙組員及緊急應變裝備配置圖 .....	10
圖 1.16-1 事故手機外觀.....	12
圖 1.16-2 電池電腦斷層掃描結果 .....	13
圖 1.16-3 未損壞電池電腦斷層掃描即展開圖 .....	14
圖 1.18-1 電池左下角外觀疑似變形位置 .....	26
圖 1.18-2 電池左下角外觀與電腦斷層影像 .....	27
圖 1.18-3 事故手機電腦斷層掃描影像 .....	28

## 英文縮寫對照簡表

AOM	Airplane Operations Manual	航機操作手冊
CVR	Cockpit Voice Recorder	座艙語音紀錄器
FDR	Flight Data Recorder	飛航資料紀錄器
FOM	Flight Operations Manual	航務手冊
IATA	International Air Transport Association	國際航空運輸協會
ICAO	International Civil Aviation Organization	國際民航組織
KATS	Korean Agency for Technology and Standards	韓國科技標準局
KOLAS	Korea Laboratory Accreditation Scheme	韓國實驗認證機構
MAC	Mean Aerodynamic Chord	平均空氣動力弦
PBE	Protective Breathing Equipment	防護性呼吸裝備
PC	Proficiency Check	適職性考驗
PF	Pilot Flying	操控駕駛員
PM	Pilot Monitoring	監控駕駛員
PT	Proficiency Training	適職性訓練
R&TTE	Radio and Telecommunication Terminal Equipment	無線電通訊終端設備
SEP	Safety and Emergency Procedures	安全及緊急程序

# 第 1 章 事實資料

## 1.1 飛航經過

民國 105 年 12 月 7 日，中華航空公司（以下簡稱華航）一架波音 737-800 型客機，國籍標誌及登記號碼 B-18605，執行自帛琉羅曼國際機場（以下簡稱羅曼機場）至臺灣桃園國際機場（以下簡稱桃園機場）之定期航班任務，航班編號為 CI027，機上載有正駕駛員、副駕駛員，客艙組員 6 員，乘客 133 員，共計 141 員。該機於經過馬尼拉（菲律賓）飛航情報區上空時，一只正充電中之手機產生煙霧，經客艙組員處置，機長確認無安全顧慮後，繼續飛往目的地並安全於桃園機場落地。

CI027 班機於臺北時間 1810 時<sup>1</sup>，使用羅曼機場 27 跑道起飛，正駕駛員坐於左座擔任操控駕駛員（pilot flying, 以下簡稱PF），副駕駛員坐於右座擔任監控駕駛員（pilot monitoring, 以下簡稱PM）。離場及爬升過程正常，該機約於 1837 時到達巡航高度 38,000 呎，飛航狀況正常。

約於 1940 時，一名客艙組員（3L）正由客艙前段向後執行回收餐盤之作業，於通過第 17 排座位走道時，前段客艙有乘客呼叫客艙內有煙霧，該員回首查看，發現第 15 排座位旁地板上有一只正冒煙中之手機，於是回頭走向手機位置。此時另外兩位客艙組員立即拿取 3R 位置的水滅火器給 3L 組員實施滅火，以防止手機起火燃燒，同時由 3RA 客艙組員以機內通話向機長報告客艙產生煙霧之狀況。該冒煙手機經滅火程序後煙霧消除，之後由帶班事務長於手機旁持滅火器警戒約 10 分鐘，判斷手機冒煙狀況已充分獲得控制後，始穿戴防護手套將手機置入裝滿冷水之冰桶內存放並持續觀察。依據 15C 座位乘

---

<sup>1</sup>除非特別註記，本報告所列時間皆為臺北時間（UTC+8 小時）。

客之自述，該手機係置於其前方置物袋充電時產生煙霧，經其發現後立即將手機自座位前方之置物袋中取出丟棄於地板上，未發現有著火狀況。目擊手機冒煙之客艙組員亦表示，自發現手機冒煙起至完成相關滅火程序，未發現有火光現象。

飛航組員表示事故當時氣流穩定良好，正通過 MASAG 航點附近，客艙組員通知，有一乘客之手機冒煙，正執行滅火程序中。之後正駕駛員將航機之操控權轉換至副駕駛員，至客艙觀察並瞭解相關狀況；發現客艙組員當時已將手機產生之煙霧撲滅，僅目視第 15 排乘客座位走道附近有水漬，冒煙之手機已由客艙組員置入盛水之冰桶內保存，並持續監控，客艙內無任何煙霧，僅存一些焦味，航機無任何受損情形。飛航組員討論後認為煙霧狀況已排除，且無任何異常狀況，決定繼續飛航至目的地，同時請客艙組員密切觀察後續狀況。

該機約於 2205 時於桃園機場安全落地，人機均安，本班次全程飛航軌跡如圖 1.1-1。

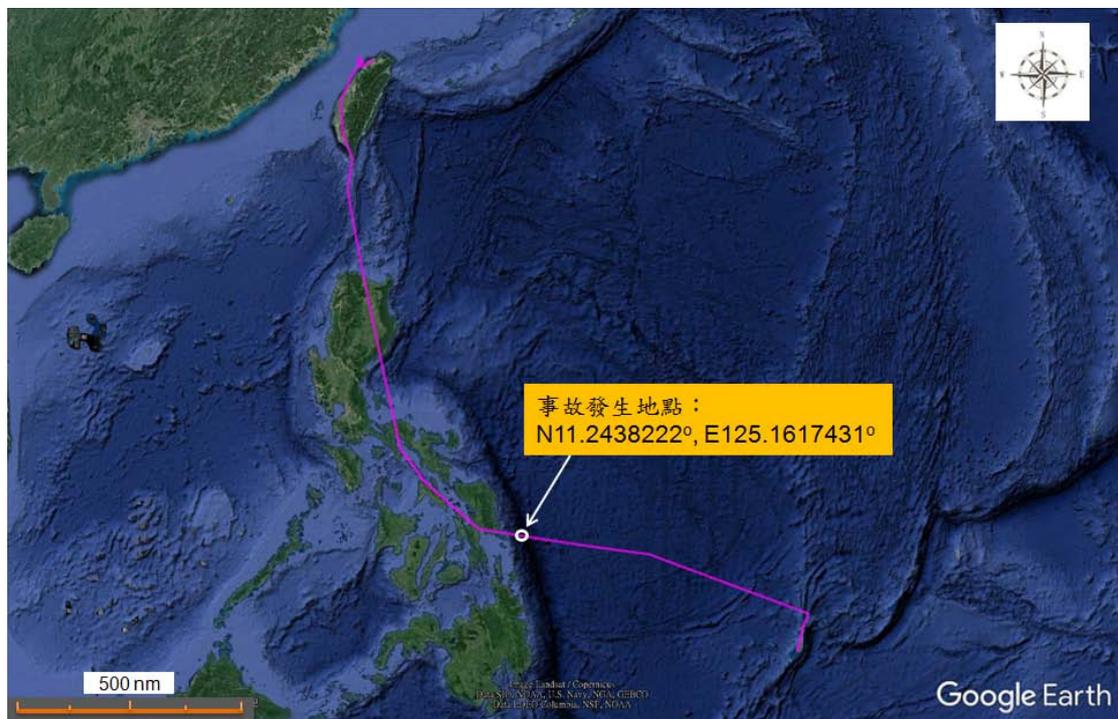


圖 1.1-1 事故機之飛航軌跡

## **1.2 人員傷害**

無人員傷害。

## **1.3 航空器損害**

航空器無損害。

## **1.4 其他損害情況**

無其他損害。

## **1.5 人員資料**

### **1.5.1 駕駛員經歷**

飛航組員基本資料如表 1.5-1。

表 1.5-1 飛航組員基本資料表

項 目	正駕駛員	副駕駛員
性 別	男	男
事 故 時 年 齡	40	39
進 入 公 司 日 期	民國 92 年	民國 96 年
航 空 人 員 類 別	飛機民航運輸駕駛員	飛機民航運輸駕駛員
檢 定 項 目	B-737, B747-400	B-737
發 證 日 期	民國 102 年 11 月 18 日	民國 103 年 12 月 15 日
終 止 日 期	民國 107 年 11 月 17 日	民國 108 年 12 月 14 日
體 格 檢 查 種 類	甲類駕駛員	甲類駕駛員
終 止 日 期	民國 106 年 06 月 30 日	民國 106 年 4 月 30 日
總 飛 航 時 間	9,417 小時	6,179 小時
事 故 型 機 飛 航 時 間	2,024 小時	5,918 小時
最 近 12 個 月 飛 航 時 間	662 小時	790 小時
最 近 90 日 內 飛 航 時 間	181 小時	156 小時
最 近 30 日 內 飛 航 時 間	67 小時	50 小時
最 近 7 日 內 飛 航 時 間	7 小時	13 小時
24 小 時 內 已 飛 時 間 <sup>2</sup>	7 小時	6 小時
事 故 前 休 息 時 間	23 小時	22 小時

### 1.5.1.1 正駕駛員

正駕駛員為中華民國籍，於民國 92 年 4 月進入華航，為華航培訓之駕駛員。持有中華民國飛機民航運輸業駕駛員檢定證，檢定項目欄內之註記為：「飛機，陸上，多發動機 *Aeroplane, Land, Multi-Engine*，儀器飛航 *Instrument aeroplane B-737 B-747-400* 具有於航空器上無線電通信技能及權限 *Privileges for operation of radiotelephone on board an aircraft*」，特定說明事項欄內註記為：「無線電溝通英語專業能力 (Y-M-D) *English Proficient; ICAO<sup>3</sup> L4 Expiry Date 2018-11-26*」

<sup>2</sup>事故日已飛時間包含事故航班之飛行時間，計算至事故發生當時為止。

<sup>3</sup>國際民航組織 (International Civil Aviation Organization, 以下簡稱 ICAO)。

正駕駛員最近一次適職性訓練 (proficiency training, 以下簡稱 PT) 於民國 105 年 9 月 18 日完成, 評語及訓練結果欄內無不正常紀錄; 適職性考驗 (proficiency check, 以下簡稱 PC) 於同年 10 月 28 日完成, 考驗結果為:「滿意 (satisfactory)」; 最近一次之年度實機考驗 (Aircraft Check) 於民國 105 年 1 月 10 日完成, 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 105 年 12 月 6 日, 體檢及格證限制欄內無註記。該機於桃園機場落地後, 由機場航務處人員執行酒精測試, 酒精測試結果為零。

### 1.5.1.2 副駕駛員

副駕駛員為中華民國籍, 於民國 96 年 6 月進入華航, 為華航培訓之駕駛員。持有中華民國飛機民航運輸駕駛員檢定證, 檢定項目欄內之註記為:「飛機, 陸上, 多發動機 *Aeroplane, Land, Multi-Engine*, 儀器飛航 *Instrument Rating B-737* 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:「B-737 F/O」; 特定說明事項欄內註記為:「無線電溝通英語專業能力 (Y-M-D) *English Proficient; ICAO L4 Expiry Date 2020/01/20*」

副駕駛員最近一次之 PT 於 105 年 10 月 4 日完成, 評語及訓練結果欄內無不正常之紀錄; PC 於同年 11 月 28 日完成, 考驗結果為:「滿意」; 最近一次之年度實機考驗於民國 105 年 3 月 23 日完成, 考驗結果為:「滿意」。

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 105 年 6 月 6 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.*」。該機於桃園機場落地後, 由機場航務處人員執行酒精測試, 酒精測試結果為零。

## 1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動

### 正駕駛員：

- 12 月 5 日： 休假在家休息。
- 12 月 6 日： 0800 時至 1230 時體檢。
- 12 月 7 日： 中午 1200 時至桃園機場，執行台北-帛琉-台北飛航任務。

### 副駕駛員：

- 12 月 5 日： 0540 時至 1530 時，執行台北-日本富山-台北之飛航任務。
- 12 月 6 日： 0630 時至 1310 時，執行台北-香港-台北之飛航任務。
- 12 月 7 日： 中午 1200 時至桃園機場，執行台北-帛琉-台北飛航任務。

## 1.6 航空器資料

### 1.6.1 航空器與發動機基本資料

事故機基本資料詳表 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 105 年 12 月 7 日)	
國籍	中華民國
國籍標誌及登記號碼	B-18605
機型	737-809
製造廠商	波音公司
出廠序號	28404
生產線序號	130
出廠日期	民國 87 年 11 月 12 日
交機日期	民國 87 年 11 月 13 日
所有人	中華航空股份有限公司
使用人	中華航空股份有限公司
國籍登記證書編號	100-1159
適航證書編號	105-11-244
適航證書生效日	民國 105 年 11 月 1 日
適航證書有效期限	民國 106 年 10 月 31 日
總使用時數	52,027 小時 22 分
總落地次數	23,967 次
上次定檢種類及日期	RE2 檢查/民國 105 年 11 月 23 日
上次定檢後使用時數	117 小時 30 分
上次定檢後落地次數	55 次

事故機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 (統計至民國 105 年 12 月 7 日)		
製造廠商	CFM INTERNATIONAL	
編號 / 位置	No. 1/左	No. 2/右
型號	CFM56-7B	CFM56-7B
序號	874428	874415
製造日期	民國 87 年 10 月 1 日	民國 87 年 9 月 16 日
總使用時數	41,902 小時 26 分	46,076 小時 26 分
總使用週期數	19,386 週期	21,396 週期

## 1.6.2 載重與平衡

表 1.6-3 為本事故機之載重與平衡相關資料。

表 1.6-3 載重及平衡相關資料表

單位：磅

最大零油重量	135,999.0
實際零油重量	123,464.0
最大起飛總重	172,499.0
實際起飛總重	153,001.0
起飛油量	29,538.0
航行耗油量	20,404.0
最大落地總重	144,000.0
實際落地總重	132,598.0
起飛重心位置	21.2%MAC
MAC: mean aerodynamic chord	

## 1.7 天氣資料

依據飛航組員於事故發生時，飛航中觀察之天氣報告：能見度 10 公里；無雲。

## 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

### 1.11.1 座艙語音紀錄器

該機裝置固態式座艙語音紀錄器 (cockpit voice recorder, 以下簡稱 CVR), 製造商為 L-3 Communications 公司, 件號及序號分別為 2100-1020-00 及 000604740。該 CVR 具備持續記錄最近 2 小時之通話能力, 超過 2 小時之通話將因自動記錄之功能而遭覆蓋。CVR 之 4 軌語音資料皆為高品質錄音, 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 CVR 下載情形正常, 記錄品質良好, 所記錄之語音資料共 2 小時 4 分 14.4 秒。事故後該機持續飛航航程至落地超過兩小時 (約 2 小時 25 分), 因於飛航過程中該 CVR 持續記錄, 因此事故時之語音資料已遭覆蓋, 故未包括事故發生當時之過程。

#### **1.11.2 飛航資料紀錄器**

該機裝置固態式飛航資料紀錄器 (flight data recorder, 以下簡稱 FDR), 製造商為 L-3 Communications 公司, 件號及序號分別為 2100-4046-00 及 000000163。該飛航資料紀錄器儲存有 46 小時 53 分 2 秒之資料。依據「07-02A 航空器飛航作業管理規則」之「附件十二飛航紀錄器」, 該機應裝置 II 型 FDR, 記錄 32 項必要參數。本會依據華航提供之解讀文件, 解讀事故機之資料, 解讀結果顯示該飛航紀錄器共記錄約 1,012 項參數, 包含 32 項必要之參數, 符合法規規範。

#### **1.12 航空器殘骸與撞擊資料**

無相關議題。

#### **1.13 醫療與病理**

無相關議題。

#### **1.14 火災**

本次事故係客艙中 15C 之乘客，將其手機置於座位前方置物袋內使用行動電源充電時產生煙霧，其發現後，將此手機自置物袋中取出，丟棄於座位旁走道上（如圖 1.14-1 左圖）。經其他乘客反映，由客艙組員以水滅火器，對該手機執行滅火程序後，煙霧消除（如圖 1.14-1 右圖）。



圖 1.14-1 冒煙手機

## 1.15 生還因素

### 1.15.1 客艙組員配置及緊急應變裝備

該班機共計派遣 6 名客艙組員，客艙組員配置及緊急應變裝備配置如圖 1.15-1：

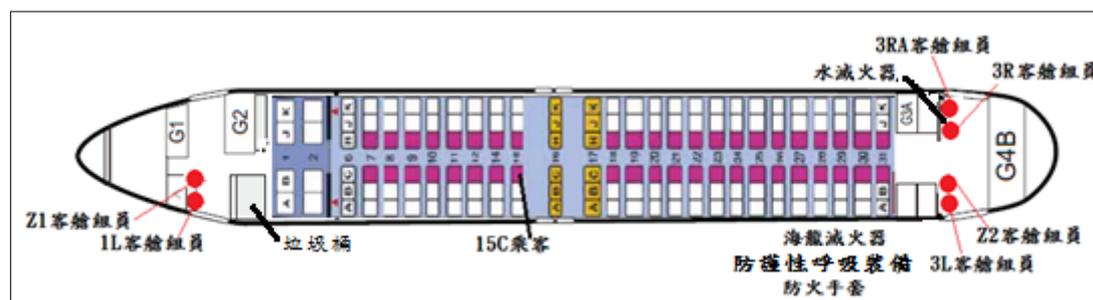


圖 1.15-1 客艙組員及緊急應變裝備配置圖

### 1.15.2 手機冒煙及滅火過程

依據客艙組員報告及訪談，該機起飛 90 分鐘後，約於 1940 時，3L 客艙組員於收餐階段因乘客呼叫客艙有煙霧，而發現第 15 排座位旁走道上有一只冒煙手機，於是回頭走向手機位置，此時另外兩位客艙組員立即拿取 3R 位置的水滅火器給最靠近 15C 的 3L 客艙組員實施滅火，以消除手機煙霧。滅火過程中由 3RA 客艙組員以機內通話向機長報告客艙煙霧狀況。該手機煙霧消除後，Z2 客艙組員再取得海龍滅火器、防護性呼吸裝備 (protective breathing equipment, PBE) (3L 組員座位下) 及防護手套 (3L 附近客艙緊急裝備置物箱) 備用。

之後由帶班事務長於手機旁持滅火器警戒約 10 分鐘，判斷手機冒煙狀況已充分獲得控制後，始穿戴防護手套將手機移至一裝滿冷水之冰桶內，並放置於前廚房檯面上，由 1R 客艙組員及隨機機務人員全程監控。落地前 30 分鐘，帶班事務長將 1L 廁所內垃圾桶清空，套上塑膠袋裝上清水，再將手機置入其內，直至落地。

### 1.15.3 客艙組員訓練

依據華航提供之客艙組員年度複訓資料：該機 6 名客艙組員民國 105 年複訓課程內容，均含有安全及緊急程序 (Safety and Emergency Procedures, SEP) 課程 (14.5 小時)、危險物品課程 (1.5 小時) 及安全課程 (內含 2016 年 FIRST AID、CRM、R5 安全課程共計 8 小時)，並通過考驗及格；另該公司空服處於民國 105 年客艙管理會議及任務行前簡報中有相關鋰類電池的應變提醒；鋰類電池失火亦為民國 105 年駕駛艙及客艙聯合演練課目之一。

### 1.15.4 公司宣導

華航對於鋰類電池等危險物品空運除臨櫃提醒外，另於自助報到機上，有乘客不得託運行動電源之宣導，此外華航官網及機上雜誌亦

有相關安全規定。

## 1.16 測試與研究

事故手機為三星電子股份有限公司（以下簡稱三星）產品，型號為 Galaxy S6 edge，其外觀及損壞狀況如圖 1.16-1 所示，左下圖為手機正面，上、下、左、右分別標示如圖所示，右下圖則為手機背面。

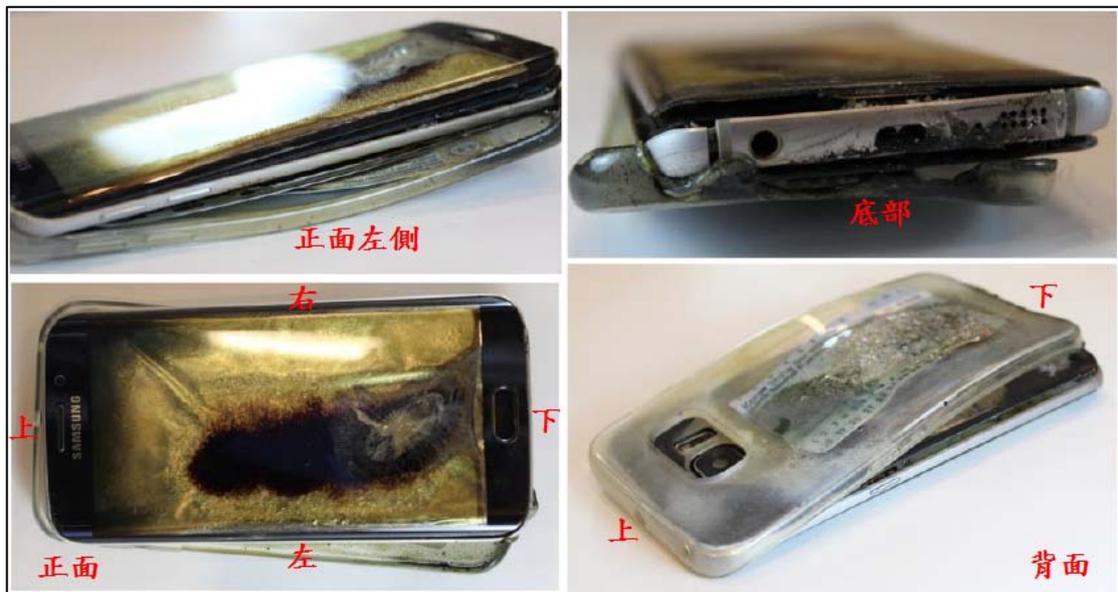


圖 1.16-1 事故手機外觀

### 1.16.1 事故手機檢測

為瞭解事故手機冒煙損毀之原因，以利事故調查工作之進行，本會委託具備國際知名度之臺灣優力國際安全認證有限公司（Underwriters Laboratories Taiwan Co. Ltd, 以下簡稱 UL），執行事故手機之檢測。依據民國 106 年 2 月 22 日專案調查小組與 UL 及三星代表召開之測試前會議結論，UL 執行之檢測項目及內容僅限於該具事故手機，經拆解並確認事故手機安裝之電池型式後，三星須提供一個由相同廠家生產且未損害之同型式手機及電池，供 UL 參考，以利測試時比對之用；UL 執行檢測期間，專案調查小組及 2 位來自韓國

三星總部之工程師全程參與相關檢測及討論。

依據 UL 提供之檢測報告，拆解事故手機電池展開第一層極片後，可觀察到可能存在內短路（internal short-circuit）之徵狀，經檢視事故手機外觀（詳圖 1.16-1）並比對電腦斷層掃描影像，此內短路位置非常靠近手機初始起火點；在電池第一層極片上可觀察到有一個約 1 公釐直徑之破洞，此破洞位於捲繞式電池極片之捲摺處，該處破洞正好面對疑似內短路之位置，其電腦斷層掃描照片如圖 1.16-2。然而，本次檢測無法確認內短路的發生原因，因為若是內短路是由於隔離膜存在雜質、結晶或缺陷所造成的，這些證據極有可能在熱失控的高溫狀況下被燒毀破壞。

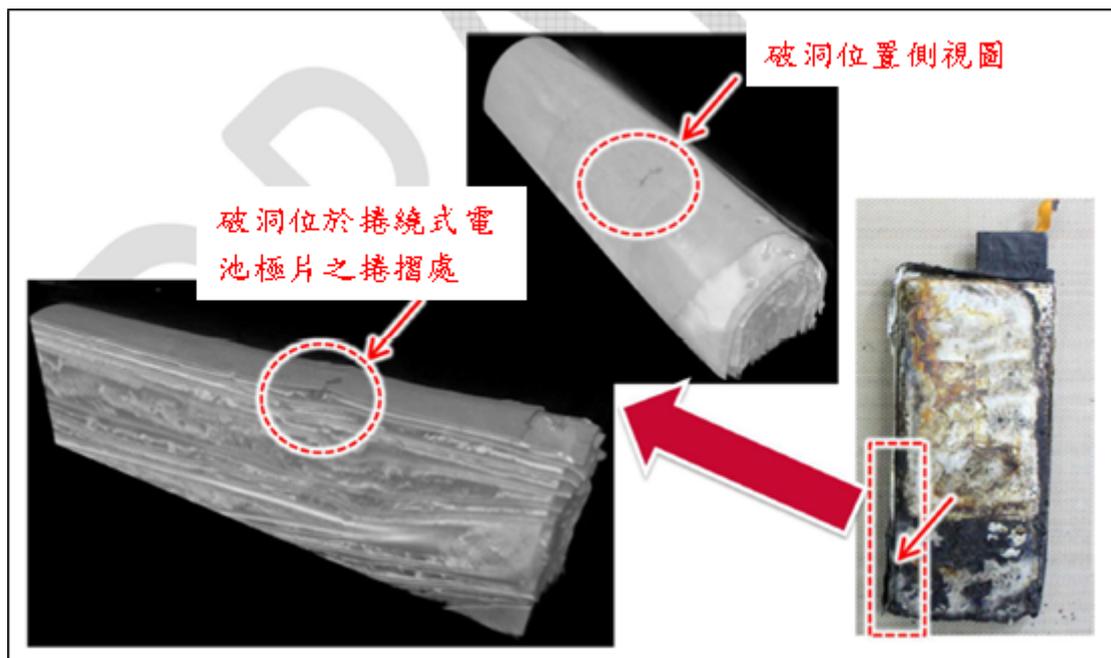


圖 1.16-2 電池電腦斷層掃描結果

經 UL 比對電池鎳片焊接點確認事故電池型式後，由三星提供同型式未損壞之電池予 UL，該未損壞電池之電腦斷層掃描照片如圖 1.16-3，其中上圖為電池極片未展開之結構圖，下圖為電池極片展開後之結構圖。

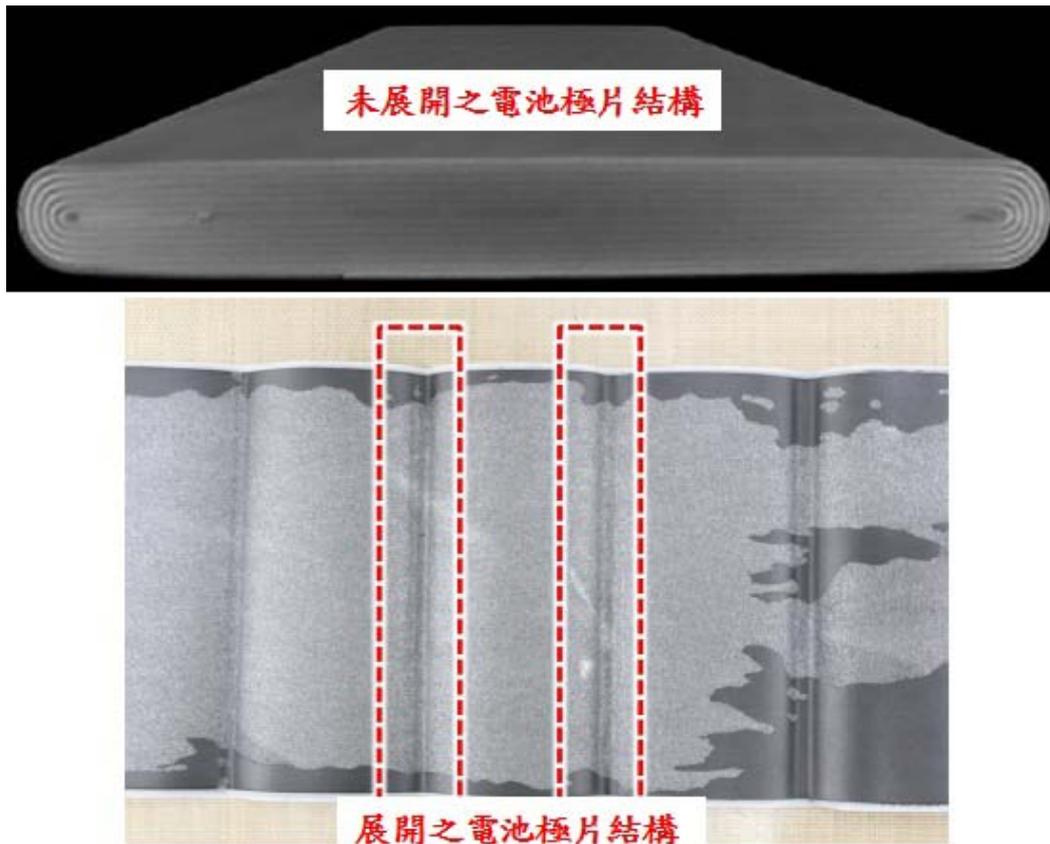


圖 1.16-3 未損壞電池電腦斷層掃描及展開圖

UL 檢測報告之主要發現中文摘要（英文摘要如附錄 1）如下：

1. 根據事故電池樣品之斷層掃描與拆解檢查分析，起火點是位於方型軟包裝電池的其中一個靠近手機喇叭模組的角落，而且起火點的位置則是根據以下客觀事實所做出的判斷：
  - 1) 在研判為起火點的位置上，可在極片表面發現一個約1mm寬之凸出狀，在凸出區域的中心位置可以發現一個非常微細的破洞，這些現象有可能是由內短路所造成。
  - 2) 在研判為起火點附近之電極片有較明顯燃燒後的跡象，在電池拆解的過程中，起火點附近之極片因為碳化嚴重而顯得結構脆弱。
  - 3) 依據斷層掃描結果，在起火點附近之極片的變形較為明顯。
2. 在手機內部的所有靠近起火點的元件與部品中，均無法找出

任何可能造成過熱或電池失效的證據與跡象。

3. 在此事件中，最有可能的失效模式是電池的內短路，而短路點發生的位置應該在靠近電池起火點的區域，且該區域是位於此捲繞式極捲電芯之捲摺處。
  - 1) 在該事故的手機內部除了電池以外的元件中，無法找出任何跡證是造成此電池失效的原因。
  - 2) 該事件發生時，該手機正經由一個外在的行動電源進行充電，因充電過程中行動電源不斷的提供該電池能量，有可能因此造成較為嚴重的電池失效。
  - 3) 此調查案僅限於該事故的手機與電池之拆解分析，所取得的證據僅限於該事故發生後的該手機樣品之分析的結果，實際的造成電池內短路的機制則需要進一步的研究才能找到更具體的證據。

## 1.17 組織與管理

### 1.17.1 緊急處置程序相關規定

#### 客艙滅火相關程序

依 ICAO 9481 號文件 2015/2016 版有關航機與危險物品有關事故之緊急處理指引（Emergency Response Guidance for Aircraft Incidents Involving Dangerous Goods）第三章第 4 節內容，當遭遇鋰類電池或可攜式電子裝置於客艙失火或冒煙時，客艙組員之處理程序如下：

1. *Identify the item* 確認失火裝置
2. *Apply fire-fighting procedure* 執行滅火程序
3. *Remove Power* 拆除電源
4. *Douse the device with water(or other non-flammable liquid)* 以水或非可燃性液體滅火
5. *Leave the device in its place and monitor for any reinitiation* 留置

物品於原處並監看是否會起火

6. *When the device was cooled...completely submerge the device in a suitable empty container with water or other non-flammable liquid* 當裝置冷卻後...將裝置完整浸入有水或非可燃性液體的容器中
7. *Monitor the device and the surrounding area for the remainder of the flight* 剩下航程，監控該裝置及周邊區域

依據華航第 21 版之客艙組員作業手冊(於民國 105 年 9 月 10 日經民航局認可)，含鋰電池之手機屬第 9 類危險物品，第一章通則，第 4.3 節為有關危險物品之處理程序，相關內容敘述如下：

#### 4.3.2. 飛航中

...

##### 4.3.2.1. 可攜式個人電子用品電池過熱、產生燒焦味

- 關閉電子用品電源，中斷外接電源(充電中)。
- 若電子用品使用機上電源，須立即中斷電源供應。
- 過熱的電子用品須置於明顯處，以便持續監控。
- 電子用品發生著火現象時，依滅火程序處理。參閱 *SEP GENERAL PART CHAPTER 2 Fire Fighting*。

另依據華航第 22 版之緊急應變手冊(於民國 105 年 7 月 1 日經民航局認可)，其滅火程序通則，有關鋰電池注意事項、失火處置程序之應變作為如下：

#### **Lithium battery**

*In the case of Portable Electronic Devices (PEDs) or spare lithium battery fire in the cabin or when notified by the flight crew:*

- *Utilize a Halon, or water extinguisher to extinguish the fire.*
- *After extinguish the fire, douse the device with water or other nonalcoholic liquids to cool the device.*

**Warning:** *Do not cover the device or use ice to cool the device. Ice or*

*other materials insulate the device, increasing the likelihood that adjacent battery cells will reach thermal runaway and reignite.*

- *Do not touch or move the device until you are sure it has cooled sufficiently (monitor for any reigniting at least 15 minutes.)*
- *Put on protective gloves and store into lavatory (e.g. lavatory waste container can be used. Not all the container is watertight, so the plastic bag may be used if necessary.).*
- *The affected lavatory must be blocked and regularly monitored for the remainder of the flight to ensure that the device remains immersed.*

<b>CABIN FIRE PROCEDURE</b>		
All cabin crews have to know the items listed in the bold frame thoroughly.		
<b>CABIN FIRE PROCEDURE</b>		
Fire or smoke ..... verify and call second CC Fire source ..... locate and fight immediately Fire extinguisher/equipment ..... equip PBE ..... put on if necessary Flight crew and cabin crew ..... inform First cabin crew ..... assist Additional fire fighting equipment ..... provide Communication with flight crew ..... maintain	first CC first CC first CC first CC second CC second CC other CC cabin manager	
<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;"> <b>ATTENTION</b>            If smoke is evaporating from the lavatory or the lavatory door is hot, keep door closed until you have prepared for fire fighting and have donned the PBE.         </td> </tr> </table>		<b>ATTENTION</b> If smoke is evaporating from the lavatory or the lavatory door is hot, keep door closed until you have prepared for fire fighting and have donned the PBE.
<b>ATTENTION</b> If smoke is evaporating from the lavatory or the lavatory door is hot, keep door closed until you have prepared for fire fighting and have donned the PBE.		

**航務手冊 (Flight Operations manual, FOM)**

依據華航第 32 版之航務手冊 (於民國 105 年 8 月 1 日經民航局核准)，其第 5.14.3 節訂有飛航中火警或煙霧處置之內容；述明客艙組員應完成客艙滅火訓練，具備滅火能力。發生火災時，機長應立即評估火勢作適切處置，必要時應派遣飛航組員檢查火源。其原文之內

容如下：

#### **5.14.3 Inflight Fire or Smoke**

Cabin crewmembers have been trained to fight cabin fires. However, the PIC must promptly evaluate the condition of the fire and determine the appropriate course of action. If it is necessary to send a flight crewmember to inspect the fire source, a Halon fire extinguisher and PBE from the cockpit should be carried.

On freighter aircraft, fire-fighting equipment is limited. The best course of action is to starve the fire of oxygen by depressurizing and divert to the nearest suitable airport.

### **航機操作手冊 (Airplane Operations Manual, AOM)**

華航第 35 版之航機操作手冊(於民國 105 年 6 月 30 日經民航局備查)，其異常程序第 4.90 節煙霧/起火處置程序，內容中提及航機如遭遇火災或確定有持續之煙霧，應立即撲滅並儘速落地(詳細程序如附錄 2)。

#### **1.17.2 危險物品空運相關規定**

##### **1.17.2.1 民航局規定及做法**

民航局依民用航空法第四十三條訂定「危險物品空運管理辦法」，該管理辦法第二條明訂航空器所有人、使用人或託運人等，應依 ICAO 發布之「危險物品航空安全運送技術規範 (Technical Instructions for the Safety Transport of Dangerous Goods by Air, Doc 9284-AN/905)」執行空運危險物品作業。依據 ICAO 及國際航空運輸協會 (International Air Transport Association, 以下簡稱 IATA) 之「危險物品處理規則 (Dangerous Goods Regulations)」，危險物品分為九大類，鋰離子電池屬第九類其他危險物品。

依民航局「旅客及組員可攜帶或託運上機之危險物品」項目公告，含鋰離子電池之可攜式電子裝置為第 19 項第 1 款，如表 1.17-1。

表 1.17-1 民航局含鋰離子電池之可攜式電子裝置限制

項目	物品	位置			須經航空公司同意	須告知機長	限制
		託運行李	手提行李	隨身攜帶			
							註：二氧化碳氣瓶水容量 50 毫升 (mL) 等同於 28 公克氣罐 (cartridge)。
19.	可攜式電子裝置 (如手錶、計算機、照相機、行動電話、筆記型電腦及攝影機等) 【Portable electronic devices (such as watches, calculating machines, cameras, cellular phones, laptop computers, camcorders)】						
	含有鋰金屬或鋰離子電池蕊或電池之可攜式電子裝置 (含醫療設備) (含有鋰金屬或鋰離子電池蕊或電池以提供電力予其他裝置為主要功能之物品，必須以備用鋰電池之規定攜帶) 【Portable electronic devices( including medical	可	可	可	否	否	1. 限乘客及組員個人使用； 2. 建議以手提行李方式攜帶； 3. 電池不得超過以下規範： (1) 鋰金屬電池，其鋰含量不超過 2 公克； 或 (2) 鋰離子電池不得超過 100 瓦特小時； 4. 電子裝置採託運行李方式運送時，必須採取措施防止該裝置意外啟動；和

項目	物品	位置			須經航空公司同意	須告知機長	限制
		託運行李	手提行李	隨身攜帶			
	devices) containing lithium metal or lithium ion cells or batteries( articles containing lithium metal or lithium ion cells or batteries the primary purpose of which is to provide power to another device must be carried as spare batteries in accordance with the item below)】						5. 每個電池或電池蕊必須符合聯合國「測試和標準手冊」第 3 部分,38.3 節 (UN Manual of Tests and Criteria, Part III, section 38.3) 之每項試驗要求。

上述款項敘明，攜帶含有鋰金屬或鋰離子電池芯或電池之可攜式電子裝置不需經航空公司同意或告知機長，可置於託運行李或手提行李攜帶上機，惟須滿足下列限制條件：

- 限乘客及組員個人使用；
- 建議以手提行李方式攜帶；
- 鋰金屬電池，其鋰含量不超過 2 公克，或鋰離子電池不得超過 100

瓦特小時；

- 電子裝置採託運行李方式運送時，必需採取措施防止該裝置意外啟動；
- 每個電池或電池芯必需符合聯合國「測試和標準手冊」第3部分，38.3節（UN Manual of Tests and Criteria, Part III, section 38.3）之試驗要求<sup>4</sup>。

此外 IATA「危險物品處理規則」第2.3節也有類似規定：行動電源認定為備用電池，須單獨保護以避免短路，不須經航空公司許可，不可拖運，可以手提攜帶上機，不需告知機長存放位置等。

### 1.17.2.2 華航規定及做法

華航參考 IATA「危險物品處理規則」，將與危險品相關之作業規範訂定於客艙組員作業手冊中，手冊敘明凡對健康、安全、財產與環境會造成危害的物品或物質皆屬於危險品；依航空運送限制，危險品分為四類：禁止空運（forbidden for transport by air）、國家豁免（exempted by States）、允許做為航空貨物（permitted as air cargo）以及視為行李（expected as baggage）。

危險品依不同危害特性分為九種類別，其順序與危險程度無關，鋰離子電池屬第九類雜項危險物品，含鋰離子電池芯或電池之可攜式

---

<sup>4</sup>試驗方法共計8項（T1~T8），用於評估空運過程中可能發生的各種情況，包括：

T1 – Altitude Simulation (Primary and Secondary Cells and Batteries)

T2 – Thermal Test (Primary and Secondary Cells and Batteries)

T3 – Vibration (Primary and Secondary Cells and Batteries)

T4 – Shock (Primary and Secondary Cells and Batteries)

T5 – External Short Circuit (Primary and Secondary Cells and Batteries)

T6 – Impact (Primary and Secondary Cells)

T7 – Overcharge (Secondary Batteries)

T8 – Forced Discharge (Primary and Secondary Cells)

電子裝置管制規範及運送規定如表 1.17-2 所示。

表 1.17-2 華航含鋰離子電池之可攜式電子裝置限制

項目	隨身行李	託運行李	隨身攜帶	危險品管制規範
可攜式電子裝置，內含一般電池/ 鋰電池	Yes	Yes	Yes	可攜式電子裝置： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 限旅客/ 組員個人使用之可攜式電子裝置，包含醫療設備（例如：攜帶式製氧機）及消費性電子用品。例如：相機、手機、手提電腦、平板電腦等。</li> <li>- 電子裝置內之鋰電池或備用電池須符合以下規範               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 鋰金屬或鋰合金電池：鋰含量不得超過 2 公克。</li> <li>- 鋰離子電池：功率不得超過 100 瓦特/ 小時。</li> </ul> </li> <li>- 鋰電池須符合 UN Manual of Tests and Criteria, Part III, subsection 38.3 規範。</li> <li>- 如放置於託運行李內，旅客/ 組員須採取預防措施，避免電子裝置不預期啟動。</li> </ul>

上述款項敘明，含有鋰電池之可攜式電子裝置限制條件包含：

- 限旅客或組員個人使用；
- 鋰金屬電池之鋰含量不超過 2 公克，或鋰離子電池功率不得超過 100 瓦特小時；
- 鋰電池必需符合聯合國「測試和標準手冊」第 3 部分，38.3 節之規範要求；
- 可放置於手提行李或可隨身攜帶，若放置於託運行李必須採取預防措施，避免電子裝置不預期啟動

有關客艙組員之作業權責，客艙組員作業手冊同時規範客艙組員應提高警覺，發現有疑似危險品攜入客艙時應立即回報客艙經理及機長。

### 1.17.3 鋰電池滅火輔助器材

鋰電池滅火輔助器材可包含防止復燃劑、耐熱手套或可重複密封的儲存袋等，防止復燃劑可提供足夠的冷卻降溫效果以防止復燃，耐熱手套及密封之儲存袋則可用以安全處理及清除滅火留下的碎屑。

美國聯邦航空總署規定，對因過熱而冒煙，或燃燒的含鋰電池可攜式電子裝置，應使用滅火器滅火。之後可視需要使用鋰電池滅火輔助器材，將防止復燃劑倒在該裝置上以迅速冷卻降溫。在確認狀況安全後使用耐熱手套將該裝置移入可重複密封的儲存袋，再把剩餘的防止復燃劑倒入儲存袋中，確實密封後置放於垃圾桶內，再將該垃圾桶移到洗手間內，標示禁止進入並持續監控。

航機於飛航中如發生可攜式電子裝置內含鋰類電池冒煙起火，經撲滅後，該器材可協助用於處理置放燒燬之可攜式電子裝置或鋰類電池，以避免復燃。現階段國、內外航空監理單位法規，並未規定航機必須配備鋰電池滅火輔助器材。

華航表示，該公司於 2016 年初即已進行有關鋰電池滅火後之相關安全議題，決定航機上應配備鋰電池滅火輔助器材並即進行相關採購作業，且自 2017 年 2 月 1 日起，於各機隊客機上配置一瓶防止復燃劑備用。

#### **1.17.4 民航局宣導及查核**

民航局對鋰類電池查核督導引用之法規包括：民用航空法第 43 條及航空器飛航作業管理規則第 99 條。

民航局針對危險品之宣導資訊含民航局網頁危險物品資訊，鋰電池宣導海報（民國 100 年）等。

民航局於民國 105 年對華航之鋰類電池危險物品之檢查措施，包括：訓練計畫檢查、多航班客艙組員及待命組員應變作為抽測、危險物品申報及識別檢查、危險物品作業手冊相關內容、客艙組員手冊相

關內容、符合法規之客艙組員訓練計畫及內容、使用危險物品收運檢查表、危險物品資訊臨櫃及託運提示檢查、危險物品正確放置位置檢查、機長通知書抽查、站務作業人員作業觀察及自動報到系統提示檢查及定期報告等。檢查結果為：該公司緊急應變訓練僅有起火訓練。華航已於檢查後依民航局建議於教材中加入 ICAO 9481 所述電子產品冒煙等訓練內容。

## **1.18 其他資料**

### **1.18.1 訪談紀錄摘要**

#### **1.18.1.1 飛航組員訪談摘要**

受訪者表示：接獲手機冒煙訊息時，航機之高度為 38,000 呎，以 0.77 馬赫巡航中，由正駕駛員擔任 PF，氣流穩定，能見度良好，於馬尼拉航管導引下，正通過 MASAG 航點，後艙通知有一乘客之手機冒煙，正執行滅火程序。正駕駛員考量當時巡航中之工作量並不繁重，因而於交接操控後至客艙觀察；組員已完成滅火程序，只見第 15 排座位走道上有水，冒煙手機已置入冰桶內保存，客艙內無任何煙霧，僅存一些焦味。經討論認為狀況已排除，且無任何異狀，因而決定繼續飛航至目的地，並請客艙組員密切觀察後續並回報任何異常狀況。之後使用機上衛星電話向機隊通報，並請機隊幫忙澄清與確認落地後的相關處理事宜。後續航程按正常操作，安全結束任務。

#### **1.18.1.2 客艙組員訪談摘要**

客艙組員表示：事故發生前，大約是台北時間 1940 時，離冒煙處最近之空服員 3L 正由客艙前排向後執行收餐作業，於通過第 17 排時，前段客艙有乘客呼叫有冒煙，回頭見 15 排座位地板上有一只手機正在冒煙，係由 15C 座位之乘客丟於地板上。其他空服員已由客

艙後段（3R 位置）傳來滅火器，由 3L 組員向手機噴灑，之後煙霧消散。滅火過程中，3RA 客艙組員曾以機內通話向機長報告客艙煙霧狀況，煙霧消除後由帶班事務長於冒煙手機旁持滅火器警戒約 10 分鐘，判斷手機冒煙狀況已充分獲得控制，之後將手機置入冰桶內降溫。自發現手機冒煙起至執行滅火程序，全程未發現有火光。

### 1.18.1.3 手機持有乘客自述

受訪者自述：其持有之手機為三星 Galaxy S6 edge，於 2016 年 3 月於德國購入。事發當時，手機正置於前方之置物袋內，使用行動電源充電中。手機狀態為飛航模式，Wifi、GPS 及其他功能均處於關閉狀態。用完晚餐，於回收餐盤後，感覺聞到怪味。幾分鐘後，發現很多煙從前方置物袋內冒出，立刻將充電電源線拉出發現是手機冒煙，於是將其丟棄於旁邊之地板上，幾秒鐘後，空服員便帶著手提式滅火器到達進行滅火作業。

## 1.18.2 事故手機相關資訊

### 1.18.2.1 手機及鋰電池

事故手機係持有人購自德國自行使用，該手機為三星公司產品，型號為 Galaxy S6 edge，長寬厚尺寸分別為：14.21 公分、7.01 公分及 0.7 公分，內裝一顆鋰電池，含電池重量 132 克，銀幕尺寸為 5 吋，使用 Android 作業系統，充電方式可透過電話本體的 USB 介面充電。

本事故手機使用之電池為電壓 3.85 伏特 (V)、容量 2600 毫安培小時 (mAh) 之鋰離子聚合物電池，電池內部結構包含正負極片、隔離膜、電解液及導電柄等，正極片使用鋁箔材料，負極片則為銅箔，正負極片中間以隔離膜隔開進行捲繞成型，電池功率經換算後相當於 10.01 瓦特小時。

### 1.18.2.2 驗證規定

歐洲聯盟（以下簡稱歐盟）規定，凡於歐盟市場銷售之無線電及通訊設備均需符合其無線電及通訊終端設備（radio and telecommunication terminal equipment, R&TTE）指令標準，手機之安全標準需符合歐盟 EN 60950(含 1:2006、A11:2009、A1:2010、A12:2011 及 A2:2013) 規範，其鋰電池另外需滿足歐盟 EN 62133（第二版）安全規範。

事故手機於民國 105 年 11 月經歐盟授權第三方驗證機構 TÜV 南德意志集團（TÜV SÜD）驗證，符合歐盟 R&TTE 規範，其中關於安全驗證測試，係依據韓國科技標準局（Korean Agency for Technology and Standards, KATS）之官方認證組織，韓國實驗室認證機構（Korea Laboratory Accreditation Scheme, KOLAS）之認證實驗室出具符合 EN 60950 規範之檢驗報告。

手機所使用之鋰電池必須通過由國際電工委員會電工產品合格測試與驗證組織（IEC System of Conformity Assessment Schemes for Electrotechnical Equipment and Components）認可之認證機構，依據 EN 62133 規範完成測試，取得相關安全規範認證方能上市銷售。在航空運送方面，手機所使用之鋰電池必需通過聯合國「測試和標準手冊」第 3 部分，38.3 節之測試，方能攜帶上機。經檢視事故手機使用之鋰電池，均符合前述之認證規定。

### 1.18.3 三星對事故手機檢測意見及 UL 說明

#### 1.18.3.1 三星對檢測報告意見及 UL 說明

UL 完成事故手機初步檢測後，專案調查小組於民國 106 年 3 月 24 日於本會召開證物檢測結果討論會議，邀請 UL、三星及國家通訊傳播委員會等單位參加。討論會議先由 UL 簡報檢測之初步調查發現，

再由各與會單位代表提問及討論；三星針對該具事故手機於外蓋拆除後，發現電池左下角存在疑似外力所造成之變形，疑似變形部位如圖 1.18-1 所示。



圖 1.18-1 電池左下角外觀疑似變形位置

針對三星意見 UL 說明擇要如下：依據事故手機電腦斷層掃描影像(如圖 1.18-2 右側圖)，整個電池的結構是完整的，也就是圖 1.18-1 右側圖看起來很像是凹陷的部分，其實是因為該處的燃燒碳化嚴重，沒有凹陷變形存在，只是視覺上因為視角與顏色而誤判疑似存在變形，事故手機電池的主結構沒有因外力造成凹陷的問題。



圖 1.18-2 電池左下角外觀與電腦斷層影像

### 1.18.3.2 三星對事故電池內短路意見及 UL 說明

專案調查小組於民國 106 年 5 月 25 日於本會召開事實資料確認會議，除本會外，計有民航局、國家通訊傳播委員會、華航、三星及 UL 等單位代表參加。

三星依據 UL 檢測報告中之事故手機電腦斷層掃描影像（如圖 1.18-3），推測電池左下端角落是發生內部短路的地方；參考圖 1.18-3 右側圖電池左下端角落處，該變形部位可能是手機掉落或外部撞擊導致電池損壞。針對圖 1.16-2 電池下端左方 1 公釐的裂縫，三星認為有可能是下列兩項物理性因素所導致的損壞：(1)冒煙時，電池膨脹造成手機內部零件之間的推擠，(2)手機掉落時，因電池輕微位移引起的機械性破裂。

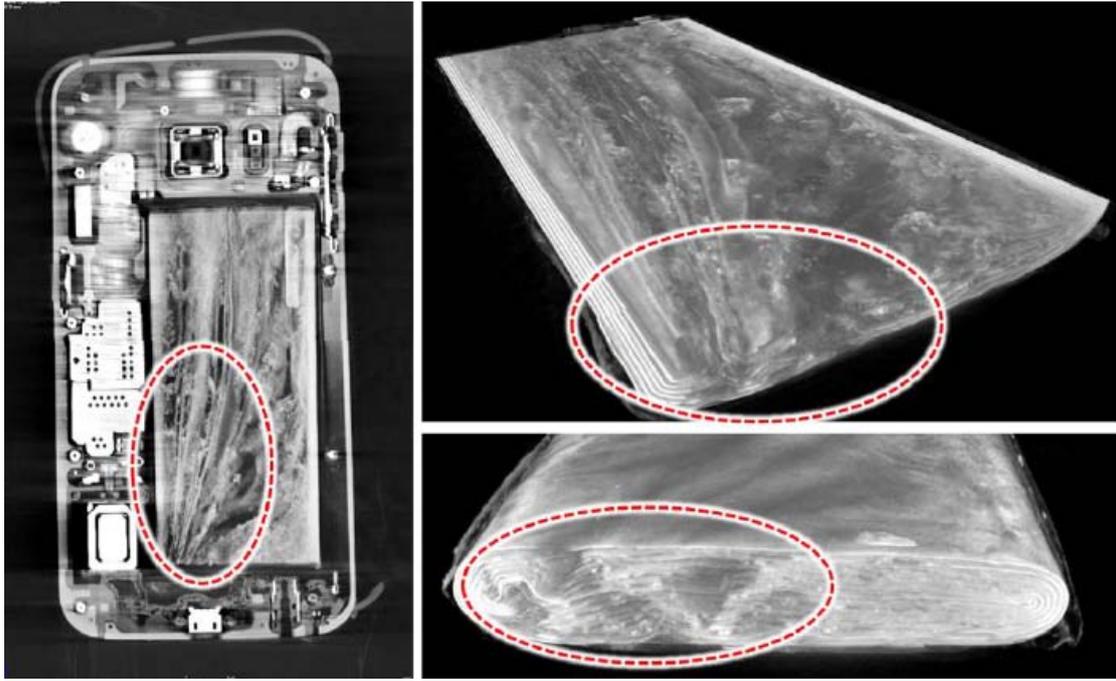


圖 1.18-3 事故手機電腦斷層掃描影像

針對三星意見 UL 說明擇要如下：UL 無法完全排除三星所指稱的可能失效機制，但以目前為止找到的所有客觀資訊來說，並無任何直接證據支持三星的推論。此電池的內部左下角雖有變形，但電池外觀並沒有明顯看到因為機械性誤用而造成的任何明顯損傷，同時，負極的基材（銅箔）在左下角起火點附近也沒有發現明顯的破損，根據以往經驗，機械性的誤用而造成的電池失效是較容易造成極片的基材破損的，如果是電池內部的缺陷則較容易保留負極銅箔基材的完整性，然而這些都是依照一般正常的經驗而論，仍然不排除有例外。

## 第 2 章 分析

### 2.1 概述

本事故機飛航組員飛航資格符合現行民航法規之規定，事故前 72 小時之休息及活動正常，無證據顯示飛航組員於飛航中曾受任何藥物及酒精影響。該機之載重平衡在限制範圍內，有關該機之適航及維修符合現行民航法規之規定，本次事故與飛航組員、航機之載重平衡、維修及適航無關。

本事故之分析係針對手機冒煙原因、手機於航機上充電規定、客艙滅火程序、飛航組員應變及鋰電池滅火輔助器材等項，分述於後。

### 2.2 手機冒煙原因

事故手機於航機巡航中使用行動電源充電；此時行動電源開始放電，手機內鋰離子之電池芯內部即產生熱化學反應而接受來自行動電源之電能。依據事故手機檢測報告（參考 1.16.1 節），該手機內部所有零組件中，除電池以外均未發現任何可能造成手機本體冒煙之證據與跡象，故手機本體之所有零組件除電池外，應與充電當時冒煙之原因無關。

事故手機之電池結構（如圖 1.16-3）以正負極片捲繞包覆而成，正負極片之間則以隔離膜隔開。手機檢測報告顯示，初始起火點係位於電池第一層極片後，且可觀察到存在內短路之徵狀，在疑似內短路處有一個約 1 公釐直徑之破洞（如圖 1.16-2）。

有關造成電池內短路之原因包括：曾遭碰撞造成電池在彎折處變形，或電池隔離膜於製程中有缺陷（存在雜質），均可能誘發電池內短路。當鋰電池存在內短路狀況時，於內短路部位會有快速放電現象，快速放電造成大量電流通過，導致電池局部溫度升高，其發熱速率大

於散熱速率且無法抑制時，即有可能造成電池過熱、失效或甚至熱失控；事故手機冒煙當時正處於充電狀態，於不斷供應電能狀況下，造成電池內短路處溫度持續升高。於高溫狀態下，使電池內正、負極片隔離膜開始熔化。因電池熱化加速，產生高溫導致電池及手機機殼燃燒冒煙。依據檢測結果，包覆於電池內層之鋁箔正極片因熔點較低而熔化，之後與銅箔負極片黏附在一起。

依據三星對 UL 檢測報告之意見，三星同意事故手機電池左下端角落為發生內短路位置，但認為電池左下端角落 1 公釐之破洞成因可能為電池發熱膨脹，因內部零件互相推擠所致，或手機因掉落時電池輕微位移所造成。但依據 UL 過去經驗，手機掉落或遭碰撞等機械性誤用而造成之電池短路，較容易造成其極片基材之破損，如因電池內部缺陷造成之電池失效則較容易保留負極銅箔基材的完整性。UL 測試結果顯示，事故手機電池外觀並無任何明顯損傷，起火點附近亦未發現任何明顯之破損，且該電池經冒煙燃燒後之銅箔基材依然完整。

另依據與事故手機電池與同型式且未損壞電池之電腦斷層掃描影像比較，相較於展開後之電池極片平坦處，極片折痕顯示在彎折處極片有較大應力集中狀況，因而電池極片及隔離膜結構強度在彎折處，會較平坦處脆弱。該手機如有掉落或遭碰撞等機械性誤用狀況時，電池正、負極片之彎折處應較有可能會造成損傷，但依據檢測結果，事故手機之電池並無任何明顯之損傷。因此，電池的內部左下角雖有變形，但電池外觀並無明顯因掉落或遭碰撞等造成之任何明顯損傷；同時，在燃燒過後的負極（銅箔）左下角起火點附近，除前述位於捲摺處約 1 公釐直徑之破洞外，並無其他明顯破損。故依據 UL 提供事故手機電池檢測報告，並無任何直接證據可支持該電池之短路係因遭受碰撞，致使電池產生短路之推論。

綜上所述，事故手機可能因電池內部缺陷，於充電中造成短路，使電池於手機密閉空間內產生高熱而燃燒冒煙。

## 2.3 手機於航機上充電規定

民航局「危險物品空運管理辦法」中有關於鋰離子電池運輸之規定係參照國際民航組織「危險物品航空安全運送技術規範」制定，並公告於「旅客及組員可攜帶或託運上機之危險物品」中，以為航空警察局安檢及航空公司安全規定之依據。依民航局「旅客及組員可攜帶或託運上機之危險物品」項目公告，第 19 項第 1 款攜帶含有鋰金屬或鋰離子電池芯或電池之可攜式電子裝置，可置於託運行李或手提行李攜帶上機，惟須滿足如 1.17.2.1 節所述之限制條件；ICAO「危險物品航空安全運送技術規範」、IATA「危險物品處理規則」及華航「客艙組員作業手冊」均有相同敘述。

事故手機持有人，依據上述規定，上機後，將手機關機並於巡航時使用行動電源充電時，發生手機冒煙之狀況。民航局目前並未禁止乘客於客艙中使用行動電源進行可攜式電子裝置之充放電，雖符合國際上運輸相關規定，然可攜式電子裝置之鋰類電池因屬高能量及高活性電池，若電池本身為非合格認證產品，或存在設計缺陷、製造瑕疵、曾遭嚴重撞擊掉落等狀況，當乘客於飛航過程中執行充放電，電池芯於放熱化學反應過程中，較有可能造成電池內短路，甚至導致電池熱失控而產生燃燒之狀況。

綜上述，顯示鋰類電池本身如因品質問題，或存在設計之缺陷及瑕疵，或曾遭不正常撞擊等狀況，則可能存在於放熱化學反應過程中，因短路而過熱或起火之潛在風險。

## 2.4 客艙滅火程序

依華航航務手冊第 5.14.3 節：明述客艙組員應曾受滅火訓練並具備滅火能力；華航「客艙組員作業手冊」第 4.3.2.1 節及華航「緊急應變手冊」第 2 章等程序及原則，訂有客艙冒煙應立即確認地點及來源，行動電子裝置起火應使用海龍或水滅火器滅火，完成滅火後應將

起火之裝置置於水或非酒精之溶液中降溫，經確認降溫且無復燃之可能後，使用防護手套將其置於洗手間內並持續保持監控直至落地之規定。

事故機客艙組員均曾受滅火訓練，發現手機冒煙後，依序執行確認冒煙之手機位置及狀況後，以水滅火器執行滅火程序，完成滅火後將手機留置原處並監看，確認無復燃可能後以防護手套將手機浸入盛水之垃圾桶中，並移至洗手間內，並於航程中，持續監控該裝置及周邊區域。

本次事故，顯示該機客艙組員曾受客艙滅火訓練、具備滅火能力，並能完全依據客艙相關程序，適當處置該手機冒煙之狀況。

## 2.5 飛航組員應變程序

華航航務手冊第 5.14.3 節，述及發生火災時，機長應立即評估火勢即時處置，必要時應檢查火源；該型機航機操作手冊第 4.9 節亦提及如航機遭遇火災或確定有持續性之煙霧，應立即撲滅並儘速落地。

飛航組員於飛航中接獲客艙煙霧狀況報告後，正駕駛員親自至客艙查看。發現客艙已完成滅火程序，該冒煙手機已依程序保存，且客艙內除有少許煙味外並無其他異狀，依程序不需改變飛航計畫，因而決定繼續飛航至目的地。

本次事故，飛航組員係依公司相關程序親自檢查火源，經評估後認為可安全繼續飛航，符合公司相關程序之規定。

## 2.6 鋰電池滅火輔助器材

依據 1.17.3 節內容，鋰電池滅火輔助器材內之防止復燃劑能於鋰電池火災完成滅火後，有效提供降溫作用以防止其復燃。耐熱手套及可重複密封的儲存袋可安全處理滅火後之殘留物，且可以密封方式暫

時儲存滅火留下之碎屑，為一有效之鋰電池滅火輔助裝備。

民航局現行法規未規定航機必須配備鋰電池滅火輔助器材，且鋰電池滅火輔助器材內之防止復燃劑和可重複密封的儲存袋僅為滅火後防止其復燃之輔助器材，並非必要裝備。經檢視華航現行之鋰電池滅火程序及機上裝備之滅火功能與效益，已可涵蓋客艙火警之狀況處理，並能符合民航局及國際規範。另華航於事故前即已進行鋰電池滅火輔助器材之採購作業，並於 2017 年 2 月 1 日起，該公司客機均配置一瓶防止復燃劑，以為鋰電池火災完成滅火後，提供降溫並防止其復燃之用。

綜上述，航空公司應可自行評估在客機上配置類似性質鋰電池滅火輔助器材之必要性。

## 第 3 章 結論

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

### 與可能肇因有關之調查發現

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

### 與風險有關之調查發現

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

### 其他調查發現

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

#### 3.1 與可能肇因有關之調查發現

1. 事故手機電池可能於充電中造成短路，使電池於手機密閉空間內產生高熱而燃燒碳化致冒煙。(1.16.1, 2.2)

### 3.2 與風險有關之調查發現

無。

### 3.3 其它發現

1. 本事故與飛航組員、航機之載重平衡、維修及適航無關。(1.1,1.5, 1.6, 2.1)
2. 事故機客艙組員曾受客艙滅火訓練、具備滅火能力，並能完全依據客艙相關程序，適當處置該手機冒煙之狀況。(1.15, 1.17.1, 1.18.1, 2.4)
3. 事故機飛航組員係依中華航空公司相關程序檢查火源，經評估後認為可安全繼續飛航，符合中華航空公司相關程序之規定。(1.17.1, 1.18.1, 2.5)
4. 航空公司應可自行評估在客機上配置類似性質鋰電池滅火輔助器材之必要性。(1.17.3, 1.17.4, 2.6)

## 第 4 章 飛安改善建議

### 4.1 改善建議

無。

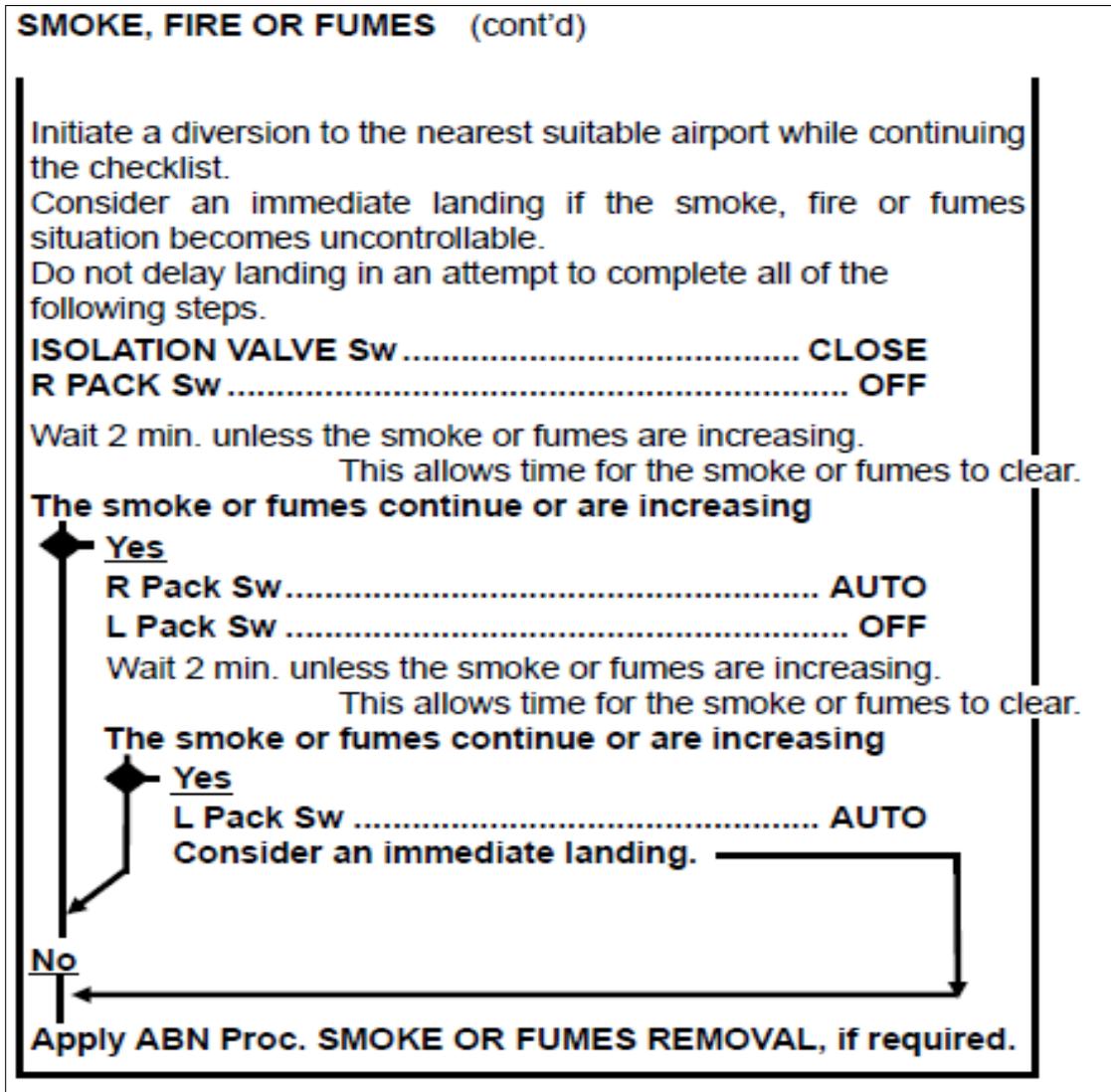
## 附錄 1 事故手機檢測結果英文摘要

3 | Page

### KEY FINDINGS

1. CT and Teardown observation of the damaged battery showed signs of initial burning point at one corner of the battery, which is close to the speaker module of the smartphone. Key indications supporting the judgment of the initial burning point are listed below:
  - i. A tiny protrusion with a small crack at the center (about 1mm in length) can be observed at the initial burning point, which could possibly result from an internal short-circuit event (Figure 11, Figure 12, Figure 13 and Figure 14).
  - ii. The electrode sheets around the burning point are more severely damaged so they become extremely fragile during the sample teardown (Figure 15).
  - iii. More deformation in electrode layers around the burning point can be clearly observed according to CT scan images (Figure 6).
2. No sign of overheating or failure can be identified on the chips or the other components around the burning point of battery within the smartphone device.
3. The most likely failure mode of the event sample is an internal short-circuit (ISC) in the battery triggered in the folding edge where the signs of burning and more deformation in electrode sheets can be clearly observed.
  - i. No sign of burning or cause of failure can be identified in any other component outside of the damaged battery.
  - ii. The smartphone was charging by an external powerbank while this incident happened, therefore the continuous energy source caused a more severe failure mode under ISC.
  - iii. The scope of this investigation is only on the damaged smartphone. With limited evidences found, further analysis is needed to identify the root-cause of ISC in the battery of this incident.

## 附錄 2 航機操作手冊第 4.90 節內容



### 附錄 3 台灣三星電子公司意見陳述內容

#### 台灣三星電子公司意見陳述

頁數/章節/段落/行數	調查報告草案內容	建議修正	理由
ii 34/3.1/1/1	事故手機可能因電池內部缺陷，於充電中造成短路，使電池於手機密閉空間內產生高熱而燃燒冒煙。 (1.16.1,2.2)	事故手機可能因曾遭碰撞造成電池在彎折處變形，或事故手機電池於製程中有缺陷，於充電中造成短路，使電池於手機密閉空間內產生高熱而冒煙。 (1.16.1,2.2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依據2.2分析手機冒煙原因之第三段，有關造成電池內短路之原因中包括曾遭碰撞造成電池在彎折處變形，因此建議此處也應有一致的摘要報告與結論。</li> <li>2. 此外，根據1.15.2之描述，該事故手機僅有冒煙，並未燃燒，因此建議修改。</li> </ol>