

# 台灣地區春夏雷暴天氣與飛航操作經驗談

李金萬

## 一、前言

雷暴是劇烈天氣現象之一，由強盛垂直伸展濃厚龐大的積雨雲(CB, Cumulo-nimbus)與正、負電核放電產生的閃電及雷聲結合而成。積雨雲形如大山或巨塔，雲底之下經常極為黯黑，雲頂通常有一部分平滑或有部分平展成鐵砧形之雲砧(Anvil)；雲中包含大、小水滴、冰晶及伴隨強烈垂直氣流；當水滴破裂並形成較大正、負電核集中區時，將可造成雲本體內(IC, In Cloud)或雲對雲(CC, Cloud to Cloud)或雲對地(CG, Cloud to Ground)放電而產生強光(閃電)與巨響(雷聲)現象。航空氣象的觀點，以上各項雷暴特性及其衍生之各種現象，例如閃電、雷擊、風切、亂流、積冰、強烈降水、陣風鋒面、強陣風、...等，均可直接或間接影響飛航操作，例如雷暴天氣將影響起飛及降落機場之地面風(頂風分量、側風分量及尾風限制)、溫度、氣壓以及跑道污染物等，可能會限制起飛之飛航操作，導致比期望更低的酬勞或加油量(少於計算的最大可允許起飛載重量)，或修正降落時之使用跑道長度和誤失進場的基本考量；而航路中遇此不利的天氣發生時，可能被迫選擇不符合飛航計畫所得出最佳的飛航空層或航段；嚴重者甚至於造成飛安事件。

本文之目的係就本區雷暴天氣特性及其對飛航的潛在威脅與飛航操作觀點，整理出一些個人經驗，期望可提供航空業者之參考。

## 二、台灣地區 5~8 月份雷暴天氣

利用民用航空局所屬航空氣象測站觀測資料,統計民國 82~91 年(計十年) 5~8 月份國內主要民航機場(松山、中正、高雄、豐年、金門、綠島、蘭嶼)發生雷暴的時間如表一 (註:部分離島機場測站設站歷史不足十年,其統計時間係取有觀測資料之部分,見表中備註欄說明)。表一中基本上已經將發生於 5~6 月份的雷暴,歸類為梅雨鋒面激發者,而發生於 7~8 月份者,則歸屬為氣團(熱)或伴隨颱風系統類。

分析表一之資料,顯示雷暴發生之時間,在梅雨季節以松山機場 19,697 分鐘為最多,金門機場 11,886 分鐘次之;夏季氣團性質或颱風季節亦為松山機場 24,358 分鐘為最多,高雄機場 21,001 分鐘次之;若綜合 5~8 月份雷暴發生之時間,當然仍屬松山機場 44,055 分鐘為最多,但高雄機場 29,949 分鐘遠超過金門機場 19,780 分鐘為次之,其中金門(19,780 分鐘)、中正(18,939 分鐘)、豐年(18,893 分鐘)等三個機場發生雷暴天氣的時間十分接近。

表一、1993~2002 年松山、中正、高雄、豐年、金門及 1999~2002 年綠島與 2000~2002 年蘭嶼等機場 5~8 月份發生雷暴天氣時間(分鐘)。

測 站	松山	中正	高雄	豐年	金門	綠島	蘭嶼
5/6 月(梅雨)	19697	8000	8948	8339	11886	831	671
7/8 月(熱/颱)	24358	10939	21001	10554	7894	1684	1627
總 計	44055	18939	29949	18893	19780	2515	2298
備 註	統計年份 1993~ 2002	"	"	"	"	統計年份 1999~ 2002	統計年份 2000~ 2002

進一步分析台灣地區 5~8 月份雷暴天氣伴隨之天氣系統，大致可獲得下述幾個特性：

- (一) 發生於 5~6 月份雷暴天氣主要係伴隨準滯留之梅雨鋒面帶系統上或落入鋒面前約 400 公里至鋒面後 200 公里區域。
- (二) 發生於 7~8 月份雷暴天氣且伴隨颱風系統者，主要係受颱風雨帶移入之影響，次為颱風眼牆移入所致。
- (三) 發生於 7~8 月份雷暴天氣且為氣團(熱)雷暴者，發展區域可概分為山頂上、山坡上及海面上等三個主要區域。當台灣地區之天氣系統與氣象條件，有利於熱雷暴之發展時，可進一步參考 700 及 500 hPa 天氣圖台灣附近氣流分布情形，能更精確預報在陸地上雷暴發展的地點及海上的雷暴是否會移到陸地。概言之，當 700 及 500 hPa 均為中至弱之西南風時，雷暴發展將集中於山脈西麓的山坡上，到達成熟期之後，部分雷暴沿著約 800 公尺等高線順風往東北移行，部分則一面前行並順坡度往下滑至丘陵平原處；至於沿坡往東北移行之雷暴胞群之生命史，另可利用都卜勒(Doppler)氣象雷達觀測對流胞與砧雲回波之交角及輻散場分布情況，以獲得更準確的即時預報。而當 700 hPa 風場為較弱的東南風時，雷暴發展則集中於山頂上，然後順有利斜坡下滑消散或持續發展至山谷或平原。海上雷暴對流胞之移行，一般係受 500 hPa 氣流所導引，除高空冷心低壓所引發的雷暴外，該流場可作為其移行之短期預報的指標。

### 三、航空氣象即時測報資訊

當機場上空或四週 8 公里範圍以內有雷暴發展時，航空氣象台將即時發布例行(METAR)或特別 (SPECI) 觀測及報告，透過航空通信網路提供航空相關人員應用。天氣報告中有關雷暴之電碼部分說明如下：

- (一) TSRA(Thunderstorm with rain)：表示兼有下雨之雷暴
- (二) TS(Thunderstorm)：只有聽到雷聲而無下雨。
- (三) VCTS(Thunderstorm vicinity)：表示機場上空無雷暴亦無下雨，而機場外至距機場 8 公里四週區域某處有雷暴(含雷聲、閃電)發生。
- (四) 趨勢預報之變化指示：
  - 1.BECMG：表示預報項目為規則持續的變化。
  - 2. TEMPO：表示不規則且短暫之變化。
  - 3. NOSIG：表示無顯著變化。

例子：METAR RCSS 050900Z 16003G13KT 9999 TS  
SCT018 FEW020CB BKN120 26/25 Q1007  
TEMPO 3000 TSRA FEW009 SCT012CB  
BKN018=

由此例子可得知松山機場航空氣象台於 5 日當地時間下午 5 時 (0900Z) 觀測到只聽聞雷聲而無下雨之雷暴天氣(TS)，CB 雲量為 1/8 至 2/8 (FEW) 雲底高度為 2,000 呎 (020)；其趨勢預報表示預報當天下午 5 時至 7 時期間，將會有不規則且短暫(TEMPO) 發生兼有下雨之中等雷暴(TSRA)，CB 雲量增為 3/8 至 4/8 (SCT)

雲底高度降低至 1,200 呎 (012), 且其總出現時間不超過一小時。

除了氣象觀測員目視或耳聞雷暴外, 民用航空局目前應用在偵測雷暴之工具及其作業分析之重點為:

- (一)、都卜勒氣象雷達: 當觀測到降水回波強度達 30dBz(少數個案達 25dBz 即為雷暴天氣)或以上區域。
- (二)、同步氣象衛星 (Geo-stationary Meteorological Satellite): 分析紅外線雲圖當雲頂超過 20,000 呎, 呈胞狀且邊緣輪廓比較清晰明顯者, 配合可見光雲圖顏色為明亮之白色(雲層較厚)區域。
- (三)、低空風切預警系統(LLWAS, Low Level Wind-shear Alert System): 當系統顯示為微爆氣流(Microburst)之警訊時, 表示雷暴天氣已到達機場跑道頭 3 哩或以內範圍了。

#### 四、雷暴天氣與飛安

飛航係利用空氣動力學原理達成空渡目的, 即藉助氣流浮力舉升與發動機推力前進, 讓飛行器順利平穩起飛爬升、巡航及進場落地, 以遂行其安全快速輸運旅客及(或)貨物。回顧前述, 雷暴本體特性或其伴隨之天氣現象, 例如強盛垂直伸展濃厚龐大如大山或巨塔的雲體、黯黑之雲底、閃電、雷聲、強烈垂直氣流、過冷水、超豪大雨等及其衍生的現象, 可能直接影響航空器之操作或因大氣釋放不穩定度的而顯著破壞氣動力學平衡, 均會導致嚴重的危害飛航安全。本節將針對雷暴天氣可能影響飛安之部分, 作較完整的整理

但扼要簡明敘述，期望有助於飛航有關業者參考應用。

- (一)、閃電 ( Lightning ) : 其強光可使人短暫眼盲及心悸，因此建議空中航機之駕駛艙燈光得調到最亮，以降低強烈之對比。
- (一)、雷擊 ( Thunder ) : 理論上機體外圍金屬蒙皮足可保護機艙內不受雷擊危害；惟大氣中釋放巨量電荷能量，導致放電處瞬間超高熱和電流，經驗上曾造成對機身、翼尖、引擎或其他突出物擊出小洞，通信天線被燒損或被擊變形 ( 此種情形將干擾通信及導航，嚴重者甚至通信失效 ) 或擊損 Pitot Tubes ( 此種情形將使空速產生誤差 )，襟翼驅動馬達亦可能被擊損失效 ( 此種情形將影響航機起降之操作 )，甚至於影響數據化儀表、航空電子、雷達或導航系統輸出資訊有誤差，亦曾有油箱被擊起火等情形。
- (三)、強陣風 ( Gust ) : 雷暴發展到達成熟期時，高空冷重水滴降落過程會順勢產生強烈下降氣流 ( 下或微爆氣流，Down or Microburst ) 直達地表面，造成強烈的地面陣風及陣風鋒面。陣風鋒面處將引發強烈之風切亂流，而強陣風則視其與跑道夾角大小，產生不同大小的頂風、尾風及側風，皆足以影響起降航機的操作或安全。
- (四)、豪雨 ( Heavy Rain ) : 不但降低能見度，亦可造成濕或污染跑道，必需延長煞車距離。

- (五)、冰雹 ( Hail ) : 可擊損空中或地面航機之蒙皮、玻璃或天線。
- (六)、亂流 ( Turbulence ) : 由於顯著垂直風切，在雲內部、下方、四週及頂部，均為中度至強烈亂流區範圍。
- (七)、積冰 ( Icing ) : 介於攝氏 0 度至零下 15 度高度區間之雲雨帶，為過冷水集中區域，最易有中度或嚴重結冰之發生。
- (八)、風切 ( Wind Shear ) : 除伴隨亂流外，由於較大的空速變化，對處於低空飛行的航機，由頂風至尾風會使空速及仰角均降低，操作困難度倍增。
- (九)、低能見度 ( Low Visibility ) : 陣性降水影響發生較大之能見度變化，大雨及雨幡區內能見度將顯著降低。
- (十)、下或微爆氣流：除前述之強陣風效應外，對正在進場逐漸降低高度的航機，下或微爆氣流將影響航機姿態變為不穩定並偏離航道。下或微爆氣流影響落地航機偏離航道示意圖請參考圖一。

## 五、雷暴天氣飛行

雷暴天氣的確存在潛在危害飛航的因素，不適宜飛行操作，因此交通部民用航空局於 2002 年 6 月頒布 ASB No: 91/003/ FS 之飛安公告，主旨為「雷雨飛行」之文中即明白揭示：「迴避雷雨是最佳之飛航政策」。因此摘引一些專家學者論述及個人經驗建議，提供飛行員參考；若能確實執行，相信天天都是安全快樂飛航

的日子。

- (一) 切勿於雷暴移向機場時起降，因陣風鋒面之低層亂流可能導致航空器失控。
- (二) 雷暴為強烈（+TSRA）或雷達回波強烈（ 50 dBz）者，應至少避開該雷暴 20 哩；特別應避開砧狀大型積雨雲下方。
- (三) 飛航區域十分之六為雷暴覆蓋時（參考雷達回波、衛星雲圖及顯著天氣圖），應避開整個區域。
- (四) 迫不得已必需穿越雷暴之飛航高度，應低於結冰空層或高於攝氏零下 15 度之空層，以避開積冰區域。
- (五) 依照各航機（或各公司）飛航手冊建議之穿越亂流空速設定油門。
- (六) 為避免因閃電而造成短暫的失明，應將駕駛艙內之燈光強度調至最亮。
- (七) 應維持恆定飛航姿態，讓航機乘風上下；若為保持高度，將導致航空器承受之應力增加。當使用自動駕駛時，應解除高度保持與速度保持模式。
- (八) 當航空器已進入雷暴時，勿轉向或回航。維持固定的航向，為穿越雷暴危險區最快速通過方式，改變航向之操作將只會增加航空器應力。
- (九) 請機上所有乘客繫緊安全帶及肩帶（若有），並固定所有會移動之物件。
- (十) 確認開啟空速管加熱裝置並啟用發動機或汽化器之防冰



系統，以減低該處積冰的危害。

(十一)、砧狀雲中亦有閃電及雷擊，應避免飛入。

(十二)、閃電發生距離機場 5 哩以內時，地面應暫停加油作業。

(十三)、良好的除冰 ( De-icing ) 或防冰 ( Anti-icing ) 裝置亦僅能達到部分保護；若遇積冰、亂流、風切及儀航天氣條件同時出現時(雷暴內)，需特別謹慎確實完全遵循飛航手冊規定或建議操作。

(十四)、航機不幸遭受雷擊，落地後將應全面檢視外觀之損壞及檢測電子設備，將受損部分確實修復後，方可再出勤執行任務。

## 六、結語

民用航空局於民國 92 年 6 月完成「航空氣象現代化系統」( AOAWS, Advanced Operational Aviation Weather System ) 計畫，並於該年 7 月 1 日啟用該系統正式上線作業；其中多元化顯示系統( MDS, Multiple Display System ) 為 AOAWS 系統核心之一，因為它整合了 90% 以上航空氣象作業資訊；為推廣和方便使用該系統及不影響航空氣象作業安全考慮，另建立網頁版 MDS( WMDS, Web MDS；網址為：<http://wmds.aoaws.caa.gov.tw> )，提供各航空公司及相關民航人員申請帳號與密碼使用，以利隨時隨地可透過網路進入網站瀏覽參考。台灣地區即時的雷暴天氣觀測資訊，在 WMDS 系統中可在 METAR、SPECI、都卜勒氣象雷達或氣象衛星

類別中獲得；特別建議航空相關業者充分利用該系統，以確保掌握最新的劇烈天氣--雷暴資訊，促進飛安並維持業務正常運作。

最後引用 JEPPESEN 出版之「Aviation Weather」一段話，作為本文之結束語：「*A thunderstorm is always a threat to aircraft operations. A wise pilot will be sure he or she understands the what(何物)? why(為何)? and where(何處)? of thunderstorms for safety reasons.*」

### 參考文獻：

1. Aviation Weather, JEPPESEN, Sanderson Training Products, 1995.
2. Weather Satellites: Systems, Data, Environmental Applications. Amer. Meteor. Soci., Boston,1990.
- 3.地面氣象測報作業規範，交通部中央氣象局，民國 75 年 12 月。
- 4.航空氣象規範，交通部民用航空局，民國 93 年 1 月 1 日。
- 5.雷雨飛行，交通部民用航空局 ASB No: 91/003/ FS 飛安公告，民國 91 年 6 月。

---

作者為前台北航空氣象中心主任

圖一、下或微爆氣流影響落地航機偏離航道示意圖

