

雷雨飛行中雷電對飛機之影響

The Influences of Thunderstorms On an Airplane 李白華 (譯)

引言

一九六七年七月美國環境科學勤務處飛行研究機構，派了一架四引擎飛機，在阿里桑納佛萊格斯特 (Flagstaff Ariz.) 上空從事雷雨研究。該地當時正在雷雨之中，飛機曾三次遭受雷擊，而每次的結果都使飛機的結構受到輕微的損壞。

該機為一架 De-6 型機，有良好的空用裝備，可以測量及紀錄大部份氣象及電學方面的因子。機上使用三具雷達系統：一具為 X——波段 (註：指定為 5,200—11,000 兆週間之無線電頻段) 測高雷達，一具為 C——波段前進掃描雷達以及一具裝在腹部 360° 的 S——波段 (註：自 1,550—5,200 兆週間之無線電頻段) 雷達系統。

由凱斯謀 (Kasemir) 設計的電場表裝在機頭及機腹。裝在機頭的儀器用以測量垂直方面及翼軸電場的分量，而裝在機腹的儀器則測量翼軸及飛行方向的電場分量。因電場表之裝置已校正，所以飛機的放電不致影響電場的測量。

雷擊飛機並非奇事；但同時測量電場及氣象因子的實際文獻却相當的少。所以對此事有報導的必

觀測

在七月十一日至七月廿五日間曾作十八次飛行。穿越雷雨的飛行有九次，且常一再而數度地通過同一的雷雨雲，起初的兩次雷擊，發生在同一雷雨雲中。第一次是擊在機頭長桁上，該長桁裝有前方

場電板。第二次是擊在飛機右側翼梢的溫度儀探針上。幾天後，第三次雷擊在前艙頂的一根天線上，而且擊得甚為嚴重。

三次雷擊時有價值的資料列在附表內。第一、二次雷擊發生在一九六七年七月十五日，穿越同一雲塊的連續飛行中。此雲為一消散期中之積雨雲 (Dissipating Cumulonimbus)，其直徑約七公里，橫越在阿里桑納沙漠五十公里狹長的路徑上。而其所降的雨水及雹相當的大。第三次雷擊發生在一九六七年七月二十四日，亦是在一塊消散期中，但却大得多的積雨雲裏。飛行路徑却僅在雲內近邊緣處。七月十五日的雷雨高度及大小乃自飛機目視估計而得因雷達設備已失却作用。七月二十四日的雷雨雲高度則由裝設的三具雷達系統很準確地測量出。

討論

在附表內所列發生的三次雷擊，其氣象條件甚為相似。每一次雷擊，飛機均在雲內，接近結水高度 (Freezing Level)。而且每一次都遭遇到雨及水雹。大約在雷擊前二秒鐘，飛機的通訊系統上可清晰地看見「電暈放電」 (Corona discharge) 但當飛機遠離最高電場地區時則未再發生。

電場的垂直及水平分量乃作如下設置：水平電場分量 E_x 及 E_y ， E_x 為平行翼軸而 E_y 平行飛行方向，而且正極分別指向飛行方向之右。垂直電場正極分量 E_z 指向上方。

附表：——三次雷擊事件概況

E_x 電場	放電前	第一次	第二次	第三次
	放電後	+30VCm ⁻¹	0VCm ⁻¹	-40VCm ⁻¹
E_y 電場	放電前	+10	+2	+25
	放電後	-15	0	0
		0	0	+40

E_z 電場	放電前	-160	-40	-270
	放電後	-50	+75	+230
閃電前合電場 $\sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$		163	40	273
行高度 (平均海平面)		4,870 m	4,870 m	5,340 m
氣溫		0° C	0° C	0° C
主雷雨胞 (Storm Cell) 直徑		7公里	7公里	12公里
雷雨高度 (平均海平面)		9,000 公尺 (估計)	9,000 公尺 (估計)	14,800 公尺 (雷達測得)
飛機高出雲底高度		1200 公尺	1200 公尺	1800 公尺
飛機損壞情形		小雨及水雹 (Graupel)	大雨及雹	大雨及雹
備		輕度	嚴重	中度
考		裝設機頭長桁電場表燒一小洞	針孔並飛機翼梢探頂上天線發生一12	針孔並飛機翼梢探頂上天線發生一12
		進入小積雨雲邊緣電暈放電清晰可見。	強裂下降氣流電暈放電清晰可見。	雷達回波集中在西方8公里電暈放電清晰可見。

由附表可以看出，每次雷擊前，以垂直電場強度分量為主，而飛機上之水平分量對電場合向量並不重要。

此處所報告之雷擊飛機事件垂直電場為五至十次。較 Gunn 及 Fitzgerald (註：Gunn 發表於一九四八年五月出版的應用物理雜誌第十九卷第五期上，「在自然雲內之電場強度」及 D. R. Fitzgerald 發表於一九六七年十二月出版的氣象月刊第九十五卷第十二期上「飛機可能在某些雷雨發閃電」) 報告指出對此發生所需之高電場成份為少。第二次雷擊飛機之垂直電場僅只有 40VCm⁻¹ 而水平分量可被忽略。

七月二十四日的雷雨較第一次的紀錄更為詳細。國家環境科學服務處的 De-6 型機是作方形航線 (Square Pattern) 慢慢地上升飛行，每邊十六公里，自雲底到六公里，航路大多在雲裏。在同一時間一架 C-47 型機，亦在作電場測量，且在雲底重複的穿越降水地區。C-47 型機是在降水區中而且是

在一帶正電荷的地區，當時 De-6 在上方一帶負電荷區為閃電所擊。當閃電事件時 C-47 機所紀錄的垂直電場變為同磁力而約為在較高飛行之飛機所測量的一半大小。值得注意的是第三次雷擊時垂直電場分量 E_z ，在放電前與放電後正負號之變換，產生相反且絕對值幾相等 (自 -270 變為 +230VCm⁻¹)。此或可認為乃係相反電流所導致的次雷擊，但紀錄顯示垂直電場自正 230VCm⁻¹ 穩定地遞減，通過零值而作負值地增加，而在同一雷雨雲有幾分鐘，再沒有放電的紀錄。

L. P. Harrison 及 H. T. Harrison 認為一架飛機可能在某些條件下導致閃電放電。Fitzgerald 曾作三十多次對一架裝有儀器的 F-100 機於佛羅里達雷雨之閃電放電的事件報告。他結論認為依據相當可靠的事實，一架飛機進入一早期消散期的雷雨雲中，可能觸發一次閃電放電。此處所報告的資料對上述之結論相當符合。