

雷雨中飛行遇電的預報問題

P. E. Lehr 著
張敦明 譯

雖然吾人已熟知冰雹形成於雷雨內，但關於飛過雷雨，預報其將遭遇冰雹的或然率之確實意義，知道的仍少。

為提供解答此一問題之指南，本文對討論發生在加拿大阿爾柏達 (Alberta) 省及美國大陸 (阿拉斯加除外) 雷雨中冰雹的特性。

一、緒 論

雷雨雲在其生活期的參個階段中，至少有兩個階段是含有冰晶的。此即表示溫度條件宜於冰雹之形成。雷雨中的冰雹，僅當雷雨雲內有強大的上升氣流時方能產生。吾人認為雷雨雲內，此等強大上升氣流係孤立而維持時間短暫的。因此，航空器在含有冰雹的雷雨中飛行，可以避過任何冰雹。氣象人員不可能預報個別冰雹氣柱之位置、強度與橫斷面，但如考慮次段所列的因素，吾人可以定性的估計出雷雨區中遭遇冰雹的或然率。在飛行中欲迴避冰雹區，因下雨因素更顯複雜：(1)含冰雹的雷雨雲常被卷層雲的密雲幕全部遮去；(2)航空器的雷達很難發現在雷雨雲外晴空中所降落的冰雹。

雷雨區中飛行時，預報其可能遭遇冰雹的或然率，必須考慮下列因素，此將於次段中詳為討論。

1. 觀測紀錄與測站網。
2. 季節的變化。
3. 地理區域。
4. 雷雨外的冰雹。
5. 隱蔽的雲。
6. 氣團穩度。

二、預報考慮事項

(一) 觀測紀錄與測站網：

1. 現有紀錄幾乎全屬到達地面的冰雹報告。此種紀錄必然無代表性，因(1)來自雷雨的冰雹非連續者，(2)通常的觀測網是稀疏的。故冰雹的發生，一定較已知報告所指出的更為頻繁。

2. 高空冰雹的報告，指出自地面以至 45,000 呎間各層皆遭遇有冰雹。高空雹石 (Hailstone) 之直徑自小於 $\frac{1}{4}$ 吋以至 4 吋。在 35,000 呎處曾報告有直徑大於 2 吋的冰雹。而在 45,000 呎處亦有 1 吋的冰雹。隨着高空飛行之增繁，則高層遭遇冰雹的報告亦可望增多，但除非預報與雷達探測程序大加改進。

3. 增加測站網密度的結果，冰雹發生與雷雨發生報告之比率亦必增加。在 Denver 區美國航線冰雹

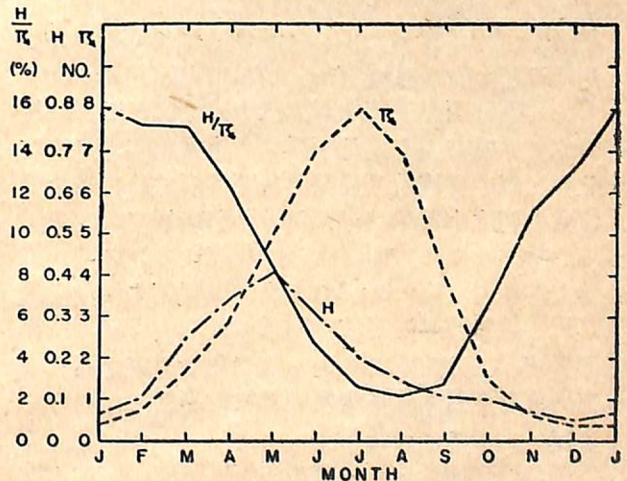
的研究指出，自 1949 年至 1955 年的冰雹雷雨比率 (Hail-thunderstorm ratio 或 H/R ，下同)，美國氣象局 (USWB) 報告為 1 : 7；在同期中航空公司 (UAL) 網密觀測網的報告，其比率為 2 : 3。在雷電異常活躍的 1951 年，美國氣象局的比率為 1 : 4，而航空公司為 9 : 10。另外在加拿大阿爾柏達 (Alberta) 省網密觀測網研究下，7 月 4 日至 9 月 20 日間之比率為 77 : 108 (近乎 5 : 7)。次節所討論的資料，乃按點的觀測而得，但在討論時仍可代表該區情形。

(二) 季節的變化：

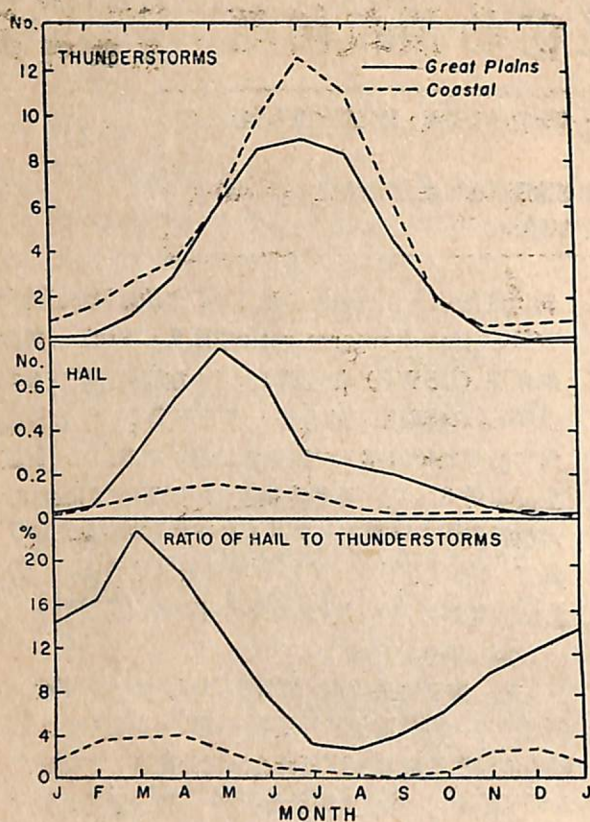
圖一表示美國雷雨、雹陣與 H/R 比率的月變化。由圖可見，雖然雷雨在仲夏頻率極大，但雹陣極大的頻率却發生於晚春。雷雨將含冰雹的機會，在初春最大夏季最小；其間雷雨最為頻繁。圖一示元月份的 H/R 最大，此乃因西海岸雷雨幾全含有小冰雹之故。

(三) 地理區域：

大平原及其他鄰近大西洋與墨西哥灣沿海地區之雷雨，會分別予以考慮。用作大平原研究的測站有 Bismarck 等十處。用作海岸研究的有 Asheville 等十處。雖然加拿大阿爾柏達省研究的結果未併入圖內，但圖二的大平原曲線或能代表該省之雷雨。阿爾柏達計劃乃含有 15,000 平方哩的面積。在 Penhold 裝置的



圖一：美國 1904-1934 年各月雷雨 (R) 雹陣 (H) 與冰雹雷雨百分比 (H/R) 之平均值



圖二：太平洋與海岸區之比較

雷達，可以精察到 100 哩半徑內的區域，幾乎包含網密測站網觀測區的極南部分。

1. 大平原的研究，指出每一百個雷雨中 H/R 變化於 3-23 間，最大比率在三月，最小比率則在八月（見圖二）。因該圖係 30 年長期平均的結果，故無極端值的傾向。

2. 大西洋與墨西哥灣沿岸的研究，在相同的 30 年內，指出 H/R 最大在四月份，約為 4/100；而最小為七、八、九月份的小於 1/100。

3. 冰雹的發生，五月份在兩地區頻率皆達最大。此 H/R 在大平原為 13/100，而在海岸區約為 2/100。

4. 美國西海岸的 H/R，從十月至次年五月均接近 100%。當吾人考慮及冰雹之大小與雷雨之多寡時，此種比率之可怖性顯為減色。西海岸之冰雹形小者，常成透明之小雪球狀，且平均雷雨日數每年僅 5 天。

5. 除 Denver 區外，在山脈區 (Sierras)、大盆地與落磯山 (Rocky Mt.) 山區的雷雨未被充分地研究過，故未將其冰雹危害的結論列入。因該區內測站網稀疏，充分的資料告乏。當預報此等區之雷雨時，主要應考慮局部地形與氣團特性的影響。

(四) 雷雨外的冰雹：

雖然冰雹產生於強大雷雨的上升氣流中，但在雷雨四周的晴空或遮蔽的雲中，常能穿落下降。強烈垂直風切的出現，使卷雲之頂向下風延展，或許造成了

雷雨的傾斜，因此增大了冰雹在活躍雷雨下風面雲外降落的可能性。所以在雷雨四周的二三哩內，甚至在下風面之十哩內，均可能遭遇冰雹。商業出版物與氣象局定期刊物上，會有很多報告指出在雷雨雲雷達影像之外遭遇到冰雹。

一篇對有限的 103 次飛行中遭遇冰雹的研究揭示如下：

1. 一萬呎以下飛行，約 30% 在雷雨雲外之晴空中遭遇冰雹。

2. 一萬呎至二萬呎間飛行，幾乎 40% 在晴空中遭遇冰雹。在此等晴空遭遇冰雹的情形中，有 82% 係發生在伸出雷雨雲外之雲層下方。

3. 二萬呎以上飛行，有 20% 之機會在晴空中遭遇冰雹。所有此種情形乃發生於雷雨雲的砧狀雲或其他突出雲之下方。

(四) 隱蔽的雲：

大而孤立的雷雨，特別是發生於大平原的面際與輓線雷雨，常產生大的卷雲雲幕，在風暴的下風面伸達 100 哩之遠。雷雨亦常為高層雲所遮掩。被卷雲遮蔽的雷雨中，「冰雹氣柱」向上伸展會高達 45,000 呎。此項伸展顯然因卷雲幕的遮蔽看起來似乎卷雲頂與雷雨無關。

(四) 氣團穩度：

美空軍氣象處第 105-37 號技術手冊「劇烈天氣預報」及美國氣象局「龍捲風及劇烈雷雨預報」(1956) 兩書中有最佳最有效的方法，利用氣團穩度來作冰雹之預報。

(四) 用雷達迴避風暴：

若可能在雷雨區中飛行，應使用雷達的偵察程序。雷達可偵知被其他雲所遮去的雷雨雲。不幸地此標準航空器雷達以正常作業的方法，無法提供充份選擇來鑑別影像最劇烈的部分，而該部分多半含有冰雹與嚴重的亂流。為補償計，此種缺陷可望改善，直至其僅能反射劇烈影像為止 (Isoecho contour radar 已能勝任)。當然，吾人應迴避此種最劇烈且又最高的雷雨雲。

三、結 論

每一個雷雨中，不拘其發生之區域、季節或高度，均可預期遭遇到冰雹。冰雹多半產生於最劇烈而又最高大的雷雨雲中；因此應盡可能使用雷達來鑑定之。晴空或雷雨四周遮蔽的雲中，遭遇冰雹的可能性可達其四周兩三哩遠，風暴下風處甚至可達十哩以上。雷雨區中飛行遭遇冰雹的可能性將隨下列因素而改變：

1. 雷雨的強度。
2. 穿越雷雨的實際次數。
3. 一地內雷雨的密度。
4. 雷雨區之大小。

(譯自 Bulletin of the AMS May, Vol.42, No.5, 1961)