

台北飛航情報區飛機積冰之預報

劉昭民

民航局飛航服務總台台北航空氣象中心

摘 要

本文主要依據歷年國內民航機駕駛員之觀察及筆者近年來參加國內航路見習氣象之觀察，與各種氣象資料之分析，得出台北飛航情報區對流雲與穩定性雲層飛機積冰預報方法。

1. 在對流雲方面，春季、梅雨季及夏季有積雲及積雨雲存在時，則 $0^{\circ}\text{C}\sim-15^{\circ}\text{C}$ （10000~25000 呎）之雲層中容易出現飛機積冰。

2. 在穩定性雲層方面，700hPa 槽前及各種鋒面上 $0^{\circ}\text{C}\sim-15^{\circ}\text{C}$ （5000 呎或 10000~20000 呎）之雲層中，而且符合 $(T-T_d)_{700}=0^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度 $(R.H)_{700}\geq 70\%$ 兩條件時，容易出現飛機積冰。

本文最後並進一步製作預報流程圖及飛機積冰預報校驗表，提供日常作業參考。

一、前言

飛機積冰對飛機安全的影響非常重大，當飛機遇到積冰時，不但容易改變原先流線體之外觀，使飛行員對起初的環境流場產生誤判，也使得飛機之升力在瞬間減少，拖力、阻力、重量、耗油量、失速同時增加，使飛機之飛行倍增困難，甚至發生意外之不幸事件。而且，飛機積冰常發生在飛機操縱系統外部可活動部分（例如飛機引擎等）之表面，也會造成飛機飛行速度和高度表讀數失靈或飛機操縱系統失靈之危險，所以航空氣象界人士常常強調飛機積冰對飛航安全之重要性（林得恩，2003）。因此國際民航組織規定飛機積冰為編發顯著天氣（SIGMET）之要件之一，當預測或觀測到有嚴重飛機積冰時，就要編發 SIGMET，並以 SEV ICE 表示之。再者，台北飛航情報區冬季和春季結冰層（ 0°C Freezing Level）之高度概在 10000 呎~15000 呎之間（有強烈寒流來襲時則低至 5000 呎~10000 呎之間），而國內航空公司之 ATR-72 型及 DH8-300 型民航機之巡航高度，多在 10000 呎左右至 20000 呎之間，當冬季和春季遇天氣不佳，雲層甚厚，雲中飽含過冷水滴時，極容易遭遇到飛機積冰。因此飛機積冰之預報，乃航空氣象人員日常作業重要課題之一，值得航空人員及航空氣象人員重視。

二、台北飛航情報區飛機積冰之預報

台北飛航情報區（Taipei Flight Information Region, TPE FIR）之範圍自北而南及自西而東，依次為北緯 27 度、東經 117.5 度，北緯 21 度、東經 117.5 度，北緯 21 度、東經 121.5 度，北緯 23.5 度、東經 124 度，北緯 27 度、東經 124 度，北緯 27 度、東經 117.5 度，包括中國大陸東南沿海、台灣海峽、台灣本省陸地、巴士海峽北部、台灣東部近海、東海之西南部地區等，地處副熱帶和熱帶地區，所以冬半年飛機積冰之高度較溫帶和寒帶地區高，吾人必須探尋適用於台北飛航情報區之預報方法。自 1990 年 5 月開始，筆者即經常參加國內民航機駕駛艙見習航路氣象，不但親自觀察不穩定對流雲和穩定性雲層之亂流和積冰，而且還和機長、正駕駛、副駕駛等討論有關飛機積冰方面的問題，並分析天氣圖、斜溫圖以及各種氣象資料，歸納得出適用於台北飛航情報區之飛機積冰預報方法。

由於飛機積冰乃飛機在含有過冷水滴的雲層中飛行，空氣受到擾動，機體表面溫度達到 0°C 以下時，過冷水滴就會在飛機的突出部位積冰。因此進行飛機積冰預報首先要考慮兩個基本條件，一是

0°C 結冰層之高度，二是要有飽含過冷水滴之雲層。因此吾人可將 TPE FIR 飛機積冰之預報方法分以下兩部分來說明。

(一) 不穩定天氣之濃積雲和積雨雲中之飛機積冰

在春季 3~4 月間，鋒面南下並伴隨有鋒面雷雨時，則 0°C~-15°C (10000~25000 呎) 之對流雲中容易出現中度以上飛機積冰。

在常年 5~6 月之梅雨季中，遇有梅雨鋒南方之對流雲及梅雨鋒上的對流雲存在時，則 0°C~-15°C (10000~25000 呎) 之雲層中容易出現中度及強烈飛機積冰。夏季和秋季期間，預報有濃積雲和氣團雷雨出現時，則 0°C~-15°C (10000~25000 呎) 之雲層內容易出現飛機積冰。

(二) 穩定性天氣雲層中的飛機積冰

在冬季、春季及梅雨季中，700hPa 高空槽前以及各種層雲、層積雲、厚高積雲、雨層雲、高層雲內，10000~20000 呎 (0°C 等溫線為 5000 呎時，則 5000~20000 呎) 雲層內容易出現中度以上飛機積冰。關於穩定性雲層內積冰之預報，國內氣象界人士曾引用美國氣象界所發展之「應用霜點」(-8D) 法則，式中 D 代表 (T-Td)，表示過冷水滴

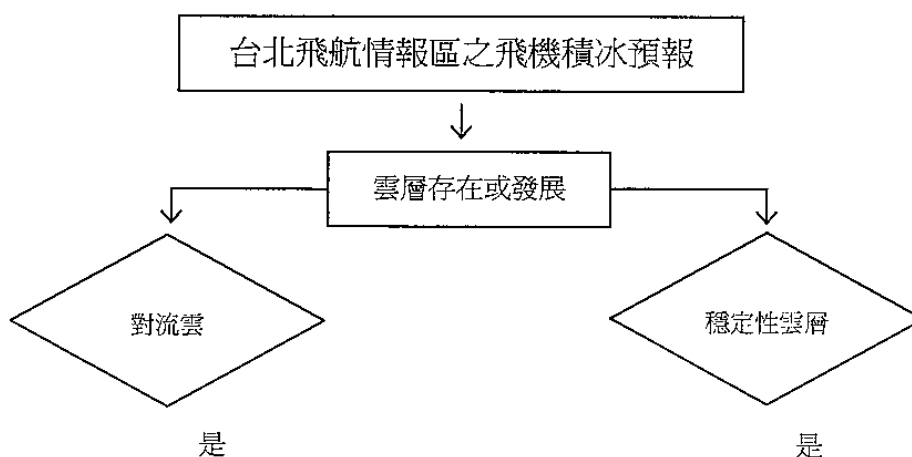
飽和之程度，可應用其法則製作預報圖解，提供預報校驗和改進 (鮑學禮，1976)。國內氣象界人士亦曾使用霜狀冰標尺決定積冰之有無 (蔡正德，1995)，其原理為飛機巡航高度之溫度露點差 (T-Td) $\leq 3^{\circ}\text{C}$ ，則積冰之機率達 80%，反之，若 (T-Td) $> 3^{\circ}\text{C}$ 則 84% 無積冰。

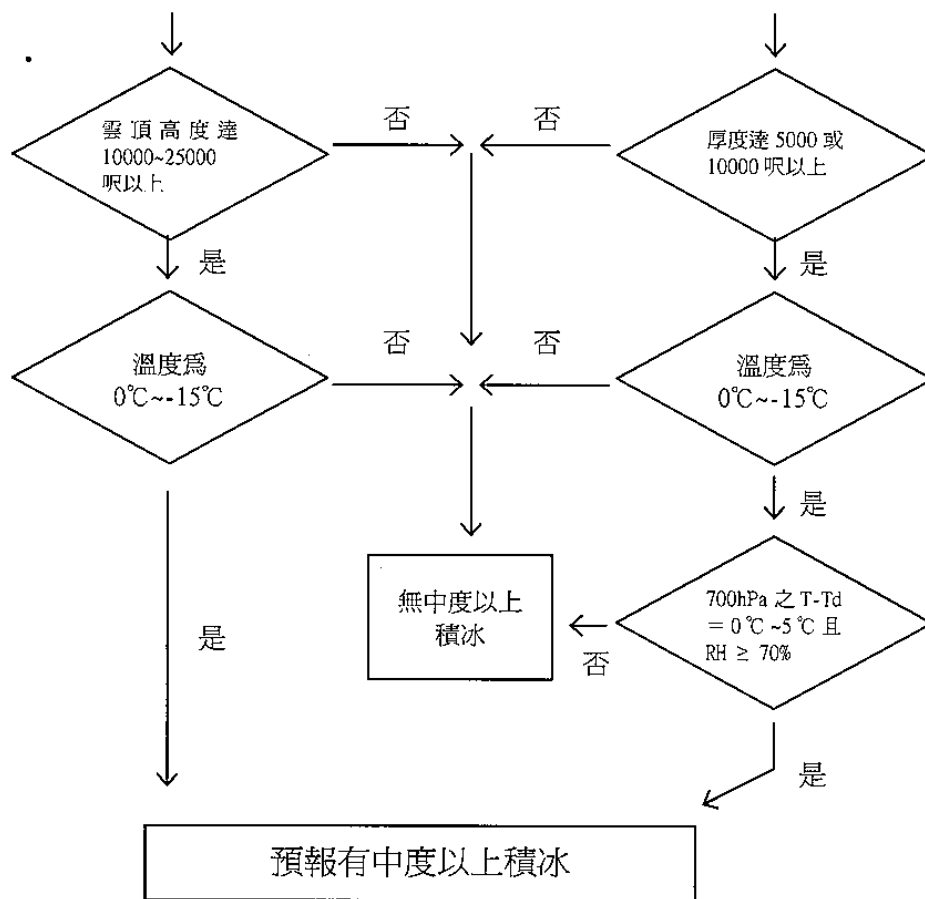
由於冬半年，東海西南部、台灣陸地和台灣海峽 0°C 之高度大約在 10000 呎左右，因此吾人可使用 700hPa 溫度露點差之大小來預報積冰 (強盛寒流來襲時，則使用 850hPa 溫度露點差之大小)，根據 1993~2002 年十年來筆者所收集國內飛機積冰資料與台北探空 (46692) (代表 TPE FIR 北部地區)、屏南探空 (46750) (代表 TPE FIR 中南部地區)、花蓮探空 (46699) (代表 TPE FIR 東部地區) 等資料之比較和統計，可見 700hPa 溫度露點差 (T-Td)₇₀₀ $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 所出現中度以上積冰佔 92%，而 (T-Td)₇₀₀ $> 5^{\circ}\text{C}$ 者僅佔 8%，因此同時符合雲層中氣溫 0°C~-15°C，(T-Td)₇₀₀ = 0°C~-5°C，相對濕度 (R.H)₇₀₀ $\geq 70\%$ 三條件時，可預報將有中度以上飛機積冰。

表一：最近十年來國內飛機積冰報告與 (T-Td)₇₀₀ 值比較表

700hPa 溫度露點差 (°C)	0-0.9	1.0-1.9	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-4.9	5-5.9	6-6.9	≥ 7
中度以上積冰之百分比 (%)	21	33	20	11	7	3	4	1

綜合以上所論，吾人可製作台北飛航情報區飛機積冰預報流程圖如下 (見圖一)：





圖一：台北飛航情報區飛機積冰預報流程圖

綜合以上所論，吾人亦可製出台北飛航情報區飛機積冰預報檢查表如下（見表二）：

表二：台北飛航情報區飛機積冰預報檢查表

(一) 觀測

- 1. 有雲或雨區且， 是 (), 否 ()
- 2. 前述區域之溫度 0°C~-15°C 是 (), 否 ()

(二) 預報

- 1. 有雲或雨區存在，預報該區溫度可降達 0°C~-15°C 是 (), 否 ()
- 2. 伴隨鋒面或槽線之雲雨區，預報由大陸移到 TPE FIR
且溫度可降達 0°C~-15°C 是 (), 否 ()
- 3. (T-Td)₇₀₀=0°C~5°C，相對濕度 (R.H)₇₀₀≥70% 是 (), 否 ()
- 4. 預報地形迎風面有雲雨區發展且溫度可降達 0°C~-15°C 是 (), 否 ()
- 5. 預報有對流雲發展區域 (TCU, CB, TS) 是 (), 否 ()

三、結論

由以上之討論，可知台北飛航情報區中度以上飛機積冰之預報，可分不穩定天氣之對流雲和穩

定性天氣雲層中之飛機積冰兩方面說明，通過飛機積冰之定義、飛機報告、天氣圖和探空資料之分

析，吾人可以得到以下飛機積冰之預報方法。

1. 在對流雲方面，春季、梅雨季及夏季有積雲及積雨雲存在時，則 $0^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ （10000~25000 呎）之雲層中容易出現飛機積冰。
2. 在穩定性雲層方面，700hPa 槽前及各種鋒面上 $0^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ （5000 呎或 10000~20000 呎）之雲層中，而且符合 $(T-T_d)_{700} = 0^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度 $(R.H)_{700} \geq 70\%$ 兩條件時，容易出現飛機積冰。

四、參考文獻

1. 林得恩，2003：影響飛航安全的氣象要素，空軍學術月刊第 555 期 p. 70~74。
2. 鮑學禮，1976：〈飛機產生之天氣現象預報〉、《特別天氣現象預報課程》p. 1~33。
3. 蔡正德，1995：〈飛機積冰問題之探討〉、《航空氣象》半年刊第 3 期 p. 62~70。

五、致謝

作者在收集飛機報告及參加航路見習氣象的過程中，曾承蒙復興航空公司聯管中心副主任牛毓豪先生、機師黃惠中、木清華、鄭達天、蕭倩雯等教官，立榮航空公司機師陳兆珞、翁厚昌、王震中、張志宏等教官，遠東航空公司機師楊善、戴建煌、杜俊卿、許正輝、許國牧、羅劍輝、譚文中等教官，口頭提供飛機報告以及許多飛機積冰方面的寶貴經驗，使本文得以順利完成，萬分地感謝。在製作飛機積冰預報檢查表時，亦曾承蒙民航局飛航服務總台氣象中心主任李金萬先生提供寶貴意見，最後並過目匡正全文，在此一併表示謝忱。

The Forecasting Methods of Aircraft Icing in TPE FIR

Chao-Ming Liu

Taipei Aeronautical Meteorological Center

Air Navigation and Weather Services, CCAA

Abstract

According to the practical observations from pilots and the analysis of meteorological data, the author has gotten some forecasting methods of aircraft icing for TPE FIR as follow :

1. When cumulus and cumulusnimbus occur during the period of Spring, Mei-Yu, and Summer season, the aircraft icing will easily happen from 0°C to -15°C in cloudy layer.
2. The cloudy layers in front of 700hPa trough line and all kinds of fronts, its temperature ($0^{\circ}\text{C}\sim-15^{\circ}\text{C}$) agreed with the conditions of $(T-Td)_{700}=0^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ and $(R.H)_{700}$ (relative humidity at 700hPa) $\geq 70\%$, will easily appear aircraft icing.

Finally, the author has made an operational flow chart and check list for forecaster to forecast aircraft icing.