

澳門國際機場雷暴警告發佈現況

冼桓明
澳門地球物理暨氣象局

<摘要>

“雷暴”是華南地區重要天氣現象，亦是對機場航班升降有著重大的影響。因此，澳門地球物理暨氣象局 (SMG) 與澳門國際機場專營管理有限公司 (ADA) 等有關部門共同商議後，於 2006 年 7 月 10 日開始實施新的雷暴警告系統，以符合機場內各部門人員的需求。

本文主要探討警告實施以來，所遇到的情況及其發佈的準確度，作一簡要的分析 and 檢討。

Review of the new thunderstorm warning system

For Macau International Airport

Sin Yun Meng
Macao Meteorological and Geophysical Bureau

<Abstract>

“Thunderstorm” is the most important weather phenomenon in South China, such phenomenon greatly influences the safety of aircrafts which are landing or taking off. Therefore, Macao Meteorological & Geophysical Bureau (SMG), Administration of Airports Ltd. (ADA) and other airport related entities collaborated and on 10 July 2006, implemented a new thunderstorm warning procedure which, conforms to the request from all internal entities in the airport.

The purpose of this report is to review and examine the efficiency of the new thunderstorm warning system, the various procedural problems encountered and the accuracy of the warnings issued.

澳門國際機場雷暴警告發佈現況

冼桓明

澳門地球物理暨氣象局

一. 引言

雷暴發生時，機場操作區內作業人員有被雷電擊中的危險，此為主要的安全隱患。雷暴來臨前，必須通知所有涉及在機場禁區內作業的工作人員，如貨物裝卸、燃油補充、導航員引導以及飛機的服務檢查及維修活動，如有需要，須停止一切戶外技術作業和運作。

有鑑於此，澳門機場航空氣象中心遂應要求於 2006 年 7 月 10 日開始，實施有預報功能的新機場雷暴警告。

二. 新雷暴警告機制

澳門國際機場航空氣象中心發出兩個級別的雷暴警告：黃色和紅色，分別代表不同的天氣狀況和不同的應對要求。

1. 黃色雷暴警告為一種提醒信號，表示雷暴接近澳門特別行政區域並可能對機場造成影響。
 - 黃色信號一旦發出，即時生效。
 - 黃色信號如有需要可改為紅色信號。
2. 紅色雷暴警告信號表示雷暴造成直接影響，並對機場形成直接危險。
 - (1) 信號的發出
 - 紅色信號可在黃色信號未有發出的情況下發出。
 - 紅色信號應在生效前三十分鐘發出。
 - (2) 有效期
 - 紅色信號在兩個小時內有效，根據雷暴出現的情況而定。
 - 應對有效期的起始及結束做明確說明。
 - (3) 更新
 - 紅色信號應根據雷暴的動態和發展在其有效期結束前十五分鐘進行如下更新：
 - (i) 延期： 紅色信號可延長兩個小時。
 - (ii) 替換： 如雷暴對機場暫時沒有影響，或仍有重新發出紅色信號的可能，可將紅色信號改為黃色信號。
 - (4) 更新

在雷暴有效期開始之後，如雷暴的動態(或快/或慢)和發展(增強/減弱)發生突然變化，應發出新的警告信號以作更正。

3. 取消

- 黃色與紅色兩種信號皆可直接取消。

注意：(1) 所指機場範圍為機場參考點(跑道中段)起八公里。

(2) 颱風懸掛八號風球時，將不再發出機場雷暴警告信號。

三. 雷暴警告下對應措施

1. 黃色雷暴警告措施

- (1) 各部門需採用最有效的方法通知所有員工並做好發出紅色雷暴警告的準備。
- (2) 暫停所有非重要戶外或遠點作業。
- (3) 清潔承包商停止一切戶外和高空作業。
- (4) 維修承包商停止所有戶外作業，只允許站內的維修活動。
- (5) 暫停戶外燃油系統的作業。
- (6) 飛機可在減壓的情況下繼續加油。

2. 紅色雷暴警告措施

(1) 空中交通管制

- 通知尚未執行退出的飛機，紅色雷暴警告已經生效，飛機有待延遲直至警告降級或取消。
- 如飛機已經開始退出，可以繼續執行指令，但應通知飛機開車許可被中止直至警告降級。
- 通知到達飛機紅色雷暴警告已經生效，飛機可能需要在滑行道或停機坪滑行通道上待命。

(2) 機場運作協調人中心

- 暫停地面指揮引導服務。
- 與 ATC 協調安排到達候機大樓的停機位，僅提供引導車導航服務。
- 通知清潔承包商停止任何戶外及高空作業。
- 通知公關部將雷暴對航班的影響情況發佈及通知候機大樓的乘客。

(3) 乘客處理

- 暫停使用登機橋登機或下機。
- 停止遠距離機位登機，將已在擺渡車上的乘客送回候機大樓。
- 暫停乘客下機，將已步出搭乘擺渡車的乘客送到候機大樓。

(4) 裝貨和卸貨

- 停止飛機所有裝卸貨運作。
- 集裝箱拖車停止所有運行作業。
- 員工應停留在安全的地方。
- 員工不應停留在飛機，裝卸車上或地面。

等等 ...

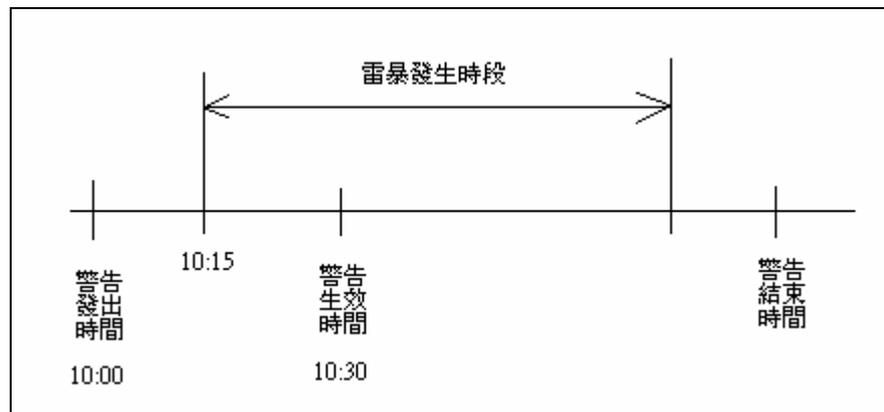
四. 雷暴警告的預報評估

評估主要分為兩部分：

(1) 警報的提前期(Lead Time)，定義為雷暴起始時間與警告生效時間之差。(雷暴是指發生於機場方圓 8 公里範圍內的雷暴活動。)

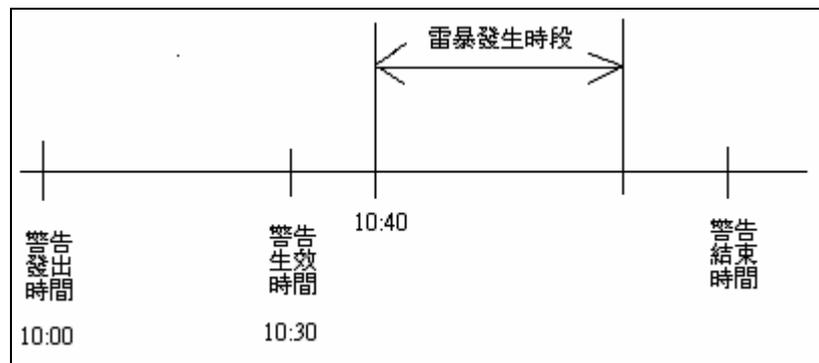
準則：

a. 雷暴起始發生於警報生效期之前，則 $Lead\ Time < 0$ 。



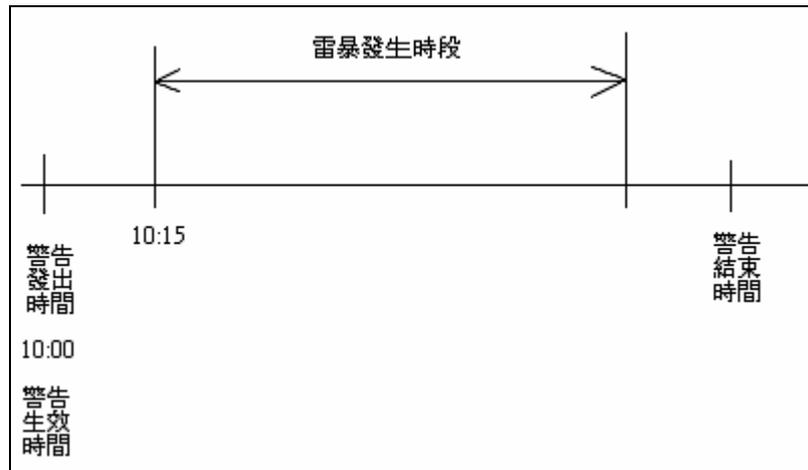
以上例子， $Lead\ Time = -15\ min$ 。

b. 雷暴起始發生於警報生效期之後，則 $Lead\ Time \geq 0$ 。



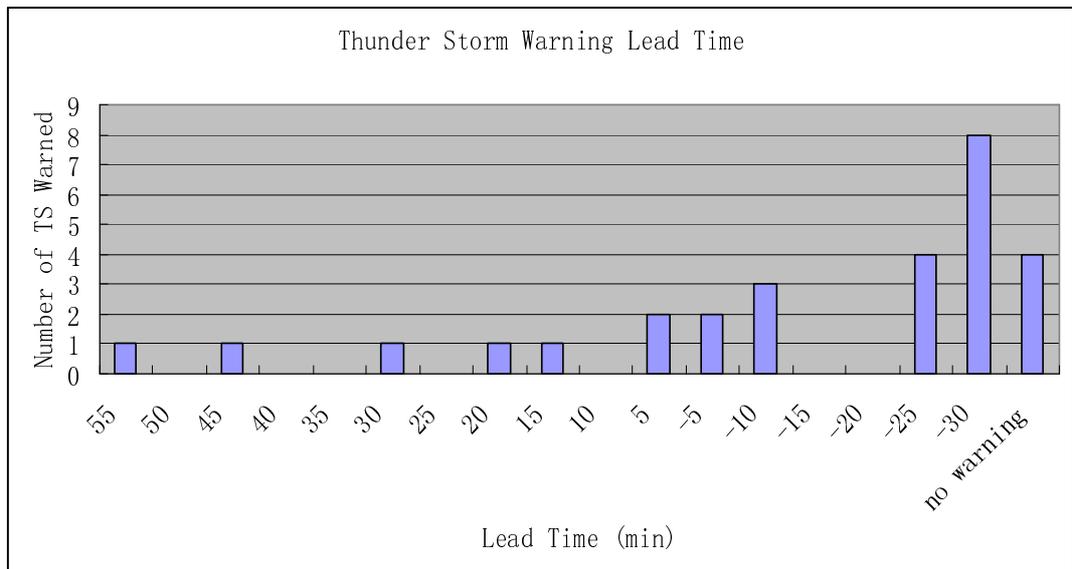
以上例子， $Lead\ Time = 10\ min$ 。

c. 警告發出時間與警告生效時間相同，則 Lead Time = -30 min。



以上例子，Lead Time = -30 min。

結果：



從上圖可見：

- (a) Lead Time 為-30 分鐘，代表警告發出時間與警告有效時間是一樣的，佔總數 $8/24=1/3$ 。
- (b) 若以+30, -15 分鐘為可接受程度，則佔 $10/24=0.42$ 。

(2) 警報的有效期

準則：

- a. 雷暴發生於警告有效期內且 Lead Time ≥ -15 分鐘
 → Hit (正確預報)
- b. 雷暴發生於警告有效期內但 Lead Time < -15 分鐘 或
 雷暴發生了，但並沒有相應的警告發出 → Miss (錯誤預報)

c. 雷暴完全沒有發生於警告有效期內 → False Alarm(虛報)

結果:

(列聯表 Contingency Table)

觀測	是	否
預測 是	12 (Hit)	5 (False Alarm)
否	16 (Miss)	X

-- Probability of detection (hit rate) 成功率,

$$POD = \frac{Hit}{Hit + Miss} = \frac{12}{12 + 16} = \frac{12}{28} = 0.43$$

(POD 數值介乎 0-1 之間, 數值愈大愈接近正確預報。)

表示在觀測到的雷暴事件中, 有 43%是正確預報的。

-- False alarm ratio 虛報率,

$$FAR = \frac{FalseAlarm}{Hit + FalseAlarm} = \frac{5}{12 + 5} = \frac{5}{17} = 0.29$$

(FAR 數值介乎 0-1 之間, 數值愈小愈接近正確預報。)

表示在預報雷暴發生事件中, 有 29% 是虛報的。

-- Critical success index 臨界成功指數,

$$CSI = \frac{Hit}{Hit + Miss + FalseAlarm} = \frac{12}{12 + 16 + 5} = \frac{12}{33} = 0.36$$

(CSI 數值介乎 0-1 之間, 數值愈大愈接近正確預報。)

表示在雷暴發生事件中(實測和/或預測), 有 36%是正確預報的。

五. 結論

由於在紅色雷暴警告下, 機場內航機的升降基本止是暫停的, 因此雷暴警告的預報能力對機場運作有著莫大的影響, 但在分析中可知有接近 1/3 的警告是沒有預報作用; 至於在 POD, FAR, CSI 的反映亦不是十分理想, 故此, 今後有需要預報工作上作進一步的加強。

參考書目:

1. Forecast Verification – Issues, Methods and FAQ
(Web site: http://www.bom.gov.au/bmrc/wefor/staff/eee/verif/verif_web_page.html)
2. Guidelines on performance assessment of public weather services
(Web site: <http://www.wmo.ch/web/aom/pwsp/downloads/guidelines/TD-1023.pdf>)