

2013 年 2 月 24 日強勁東北季風與松山機場低空風切個案研究

^{1,2} 蒲金標² 徐茂林

¹ 財團法人中華氣象環境研究發展中心

² 誠開股份有限公司研發部

摘要

本文利用 2013 年 2 月 24 日強勁東北季風與松山機場低空風切個案，就機場跑道兩頭 R10 和 R28 之風速、氣壓和氣壓梯度等跳動情形，分析其與低空風切之相關性。

研究結果顯示東北季風盛行之際，當風速越大，其風速、氣壓和氣壓梯度等跳動幅度越大；風速越小，其風速、氣壓和氣壓梯度等跳動幅度越小。松山機場 R10 與 R28 風速、氣壓和氣壓梯度等跳動範圍超過一個標準差(1σ)之時段和頻率，與低空風切有密切相關。跳動範圍超過 1σ 之頻率越多，引發風切警告次數越多且越強。機場利用跑道現有測風塔風速超過 20KT，以及風速、氣壓和氣壓梯度等跳動範圍超過 1σ 之時段和頻率，就可偵測低空風切的發生，也可以彌補現有機場低空風切警告系統(FAA/LLWAS-III)還有 10% 以下的風切警告失敗率。本研究成果可提供研發機場新一代低空風切警告系統(NextG/LLWAS)之參考。

關鍵詞：東北季風、低空風切、標準偏差、風速跳動、氣壓跳動和氣壓梯度跳動

蒲金標/財團法人中華氣象環境研究發展中心副董事長兼執行長、誠開股份有限公司研發部技術總監

兼任副教授地址：10670 台北市大安區和平東路三段 9 號 9 樓

手機：0932-592-908 E-Mail：pu1947@ms14.hinet.net

徐茂林/誠開股份有限公司副總經理

一、前言

大氣偶而會發生惡劣天氣，嚴重影響飛行安全，減少航空運量，降低民航營運效率。這些天氣的變化有時可以準確地預報，但是有時天氣發生突然的變化，造成了飛機的誤點，最嚴重還會釀成空難事件，造成旅客生命和財產的損失。其中以低空風切(Low-level Wind Shear)或微爆氣流(Microburst)是對飛安構成最嚴重威脅之一。由於低空風切發生在最低層——500m (1,600ft) 以下，風向或風速之突然變化，引發低空風切現象。低空風切現象對飛機起降而言，則特別重要。當飛機在爬升離場和降落進場階段，飛機速度和高度都接近臨界值，飛機容易遭受風切的危險。

國際民航組織文件低空風切手冊(Doc 98 17-AN1449)提到氣壓感應(微型氣壓計)裝設在機場週遭來偵測陣風鋒面冷空氣等所引起的氣壓跳升(pressure jump)，在某些情況下，可偵測到陣風鋒面的時間比地面測風所測到的時間，提早三分鐘。這種地面風場和氣壓的組合曾經測試過，但是尚未應用到 LLWAS 系統。

Wakimoto(1982)認為雷暴雨所引發的陣風鋒面

(GUST FRONT)經過測站，常帶來氣壓上升和氣溫下降、風向突變以及風速突增的現象，這種現象是造成低空風切主要現象之一種。蒲(2003)研究認為松山機場雷雨陣風、颱風強風、鋒面過境風場改變大以及強勁東北季風都是引發低空風切之主因。何等(2005)研究顯示松山機場無論在強盛西南風盛行或結構完整的鋒面影響時期，其低空風切皆集中於風向 $280^\circ \sim 290^\circ$ 間發生。蒲等(2014)分析松山機場當鋒面前強勁西風和雷雨帶來風向不穩定之強陣風時，會引發低空風切的發生，通常雷雨愈強，愈會有氣壓突降或跳升現象，升降幅度越大，低空風切越強。

當大氣發生劇烈變化時，其風速、氣壓、氣壓梯度、氣溫和濕度等觀測值，會產生大幅度的跳動現象，而其大幅度跳動現象，可能與低空風切發生有其關聯性。Viana, et al. (2007)曾以小尺度和短時間之地面氣壓跳動(pressure fluctuations)來研究大氣邊界層(atmospheric boundary layer)之特性，將地面氣壓跳動光譜特性與亂流加以比較。

本文為解決機場腹地不足，無法架設低空風切警告系統，嘗試以 2013 年 2 月 24 日強勁東北季風與松山機

場低空風切個案，來分析風速、氣壓和氣壓梯度等跳動與低空風切之相關性。

二、 資料來源和研究方法

本文資料採用民航局松山機場低空風切警告系統(LLWAS-III)，2013年2月24日風切警告資料(每10秒擷取風塔資料)、松山機場地面觀測報告(801C)(定時和特別觀測)和地面自動化測報系統(Automatic Weather Observation System; AWOS)(每秒一筆資料)以及日本氣象協會地面天氣圖等資料。

機場在穩定大氣之下，一般氣象要素如氣壓等觀測，其每秒前後觀測數值跳動幅度，通常是在一定範圍內，若跳動範圍是近似於常態分佈的機率分佈，約68%數值分佈在1個標準差之內。在不穩定大氣之下，該等氣象要素跳動大，可能會超出1個標準差。本文嘗試就松山機場風速、氣壓和氣壓梯度每秒或每分鐘前後觀測跳動範圍超出1個標準差之頻率與機場低空風切發生頻率加以比較。

三、 東北季風概述

2013年2月24日0000UTC，高壓(1040hPa)和分裂高壓(1032hPa)分別位在 50°N 、 120°E 和 34°N 、 125°E ，整個高壓向南延伸經台灣至巴士海峽，台灣位在等壓線密集區，氣壓梯度大，如圖1a。松山機場R10和R28於0000-0559UTC氣壓由1023hPa逐漸降至1019hPa，東風風速由16KT，逐漸增強至20KT以上，其中於0200-0500UTC頻頻出現吹25-35KT之強風，如圖2。在這段時間機場低空風切系統不斷發出低空風切警告。

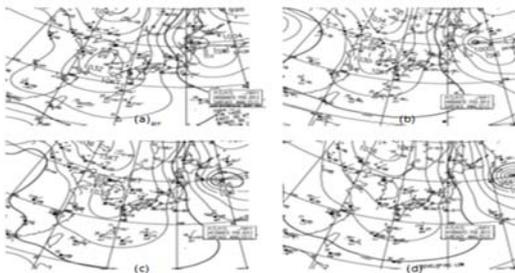


圖1 2013年2月24日冬季東北季風期間天氣圖
(a) 0000UTC (b) 0600UTC (c) 1200UTC (d) 1800UTC (摘自日本JMA)

24日0600UTC，高壓(1034hPa)和分裂高壓(1030hPa)分別位在 48°N 、 122°E 和 36°N 、 126°E ，整個天氣系統向東移，高壓仍向南延伸經台灣至巴士海峽，台灣位在高壓西南緣和等壓線密集區，氣壓梯度仍大，如圖1b。

松山機場R10和R28於0600-1159UTC氣壓在1021-1023hPa間，吹東風，風力仍強，其中於0600-0900UTC仍頻頻出現吹20KT以上之強風，如圖2。在這段時間機場低空風切系統和氣象台天氣報告仍有低空風切警告紀錄。

24日1200UTC，高壓(1036hPa)和分裂高壓(1030hPa)分別位在 48°N 、 120°E 和 37°N 、 128°E ，整個天氣系統向東移，漸漸移出台灣，台灣所處之處，氣壓梯度逐漸變小，機場吹東南東風，風力也逐漸降至20KT以下，如圖2c。在這段時間機場低空風切系統和氣象台天氣報告不再有低空風切警告紀錄。

24日1800UTC，高壓(1036hPa)位在 48°N 、 121°E ，原分裂高壓消失，整個天氣系統向東移至 130°E ，高壓仍向南延伸至巴士海峽以東，台灣位在高壓西緣和等壓線變稀疏區，氣壓梯度轉小，松山機場吹東風，風力降至10KT以下，如圖2。在這段時間機場低空風切系統和氣象台天氣報告也不再低空風切警告紀錄。

以上分析顯示，冬季東北季風期，歐亞大陸分裂高壓出海，整個高壓向南延伸經台灣至巴士海峽，台灣位在等壓線密集區，氣壓梯度大，當機場風速大於20KT時，常會有低空風切現象發生；當分裂高壓向東移出後，台灣處在高壓西緣，氣壓梯度變小，機場風速減至20KT以下，機場低空風切現象就消失。

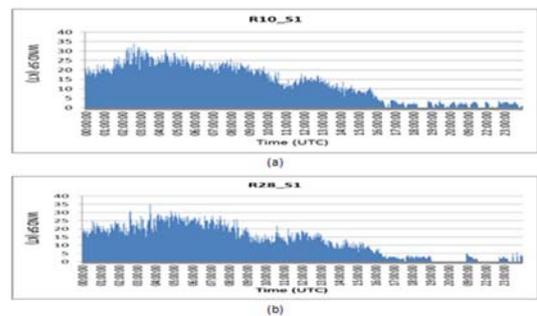


圖2 2013年2月24日松山機場地面自動測報跑道R10和R28風速(KT)之時間分布 (a)R10 (b)R28

四、 低空風切警告

2013年2月24日松山機場低空風切警告系統發布風切警告和氣象台機場定時天氣報告逐時發布風切警告頻率分布，如圖3。

2013年2月24日0000UTC，受分裂高壓南伸東移，氣壓梯度大的影響，松山機場R10和R28於0000-0559UTC，東風風速增強至20KT以上，其中於0200-0500UTC頻頻出現吹25-35KT之強風。在0100-

0600UTC 期間機場低空風切系統每小時各發出 20 次、32 次、41 次、17 次、44 次和 51 次風切警告，如圖 3，其中 0200UTC 還發出 6 次強烈風切警告。

24 日 0600UTC，仍受分裂高壓南伸東移，氣壓梯度仍大的影響，機場 R10 和 R28 於 0600-1159UTC，吹東風，風力仍強，其中於 0600-0900UTC 仍頻頻出現吹 20KT 以上之強風。在 0700UTC 機場低空風切系統發出 25 次風切警告，如圖 3，唯 0800-0900UTC 氣象台根據飛行員報告，天氣報告仍有風切紀錄。

24 日 1200UTC，分裂高壓南伸東移，漸漸移出台灣，台灣所在之處，氣壓梯度逐漸變小，機場吹東南東風，風力也逐漸降至 20KT 以下，在 1200-1800UTC 期間風切系統和氣象台天氣報告不再有低空風切警告紀錄。

24 日 1800UTC，高壓系統東移，移出台灣，台灣位在高壓西緣和等壓線稀疏區，氣壓梯度轉小，松山機場吹東風，風力降至 10KT 以下，在 1800UTC 之後，風切系統和氣象台天氣報告也沒有低空風切警告紀錄。

顯示機場受分裂高壓南伸東移，台灣處於氣壓梯度密集區，受風速大的影響，引起松山機場低空風切的發生。隨後，台灣處於分裂高壓回流，風力減弱至 20KT 以下，低空風切現象就沒有發生。

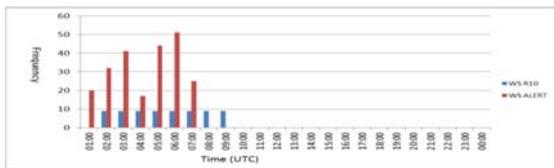


圖 3 2013 年 2 月 24 日松山機場低空風切警告系統警告發布(紅色)與氣象台風切報告(藍色)，頻率 9 表示風切之時段與頻率分布。

五、風速、氣壓和氣壓梯度

根據松山機場地面自動測報系統(AWOS)，以跑道兩頭(R10 和 R28)地面自動測報每秒資料，嘗試以 2 月 24 日東北季風期間，機場跑道兩頭之風速、氣壓和氣壓梯度(距離 2500 公尺之氣壓差)之跳動(fluctuation)情形，三者與機場低空風切警告系統發出風切警告頻率和發生時段加以比較。

2 月 24 日松山機場地面自動測報跑道 R10(R28)風速跳動幅度，平均為 1.48KT/-1.33KT(1.42KT/-1.31KT)，眾數都是為 1.00KT/-1.00KT，標準偏差為 0.86KT/0.64KT (0.82KT/0.63KT)，超過一個標準偏差(1 σ)跳動幅度為 >2.34KT/<-1.97KT (>2.24KT/<-1.94KT)。氣壓和氣壓梯度跳動幅度，平均都是 0.11hPa/ -0.11hPa，眾數也都是 0.10hPa/

-0.10hPa，換句話說，R10 和 R28 無論是氣壓或氣壓梯度，前後一分鐘跳動平均都是 0.11hPa 或 -0.11hPa，多數在 0.10hPa/-0.10hPa；

標準偏差為 0.86KT/0.64KT(0.82KT/0.63KT)，超過一個標準偏差(1 σ)跳動幅度分為 0.03hPa/0.03hPa，0.02hPa/0.02hPa 和 0.05hPa/0.05hPa，R10 超過 1 σ 跳動幅度略大於 R28，氣壓梯度超過 1 σ 跳動幅度又更大一些。當風速、氣壓和氣壓梯度等三者跳動幅度超過一個標準差之值，其發生之時段和頻率，與低空風切警告系統發出風切警告者相當一致。

(一)、風速跳動幅度

2013 年 2 月 24 日機場受分裂高壓南伸東移，東北季風增強；隨後，台灣處於分裂高壓回流，東北季風減弱。在東北季風增強階段(0000-1200UTC)，東風風速增強至 20KT 以上，風速每秒跳動幅度非常大。於 0000UTC-1100UTC 時段，風速每秒跳動幅度，相當多出現 3.0KT~10.0KT 間或 -3KT~-8KT 間，其中 R10 高達 6.0-9.0KT 或 -6.0KT 如圖 4a；R28 高達 6.0-10.0KT 或 -6.0KT~-8.0KT，如圖 4b。而在這段時間正是機場低空風切現象發生最為頻繁。

在東北季風減弱階段(1200-2400UTC)，東風風速減至 20KT 以下，風速每秒跳動幅度變小。R10 僅僅於 1203UTC 和 1407 風速每秒跳動幅度分別出現 5KT 和 6KT，如圖 4a；R28 僅僅於 1333UTC 風速每秒跳動幅度出現 6KT，如圖 4b。而在這段時間機場低空風切現象就不再發生。

顯示在東北季風增強階段，風速增強至 20KT 以上，風速每秒跳動幅度甚大，是機場發生低空風切現象最頻繁之時段；在東北季風減弱階段，風速降至 20KT 以下，風速每秒跳動幅度很小，機場低空風切現象就不再發生。

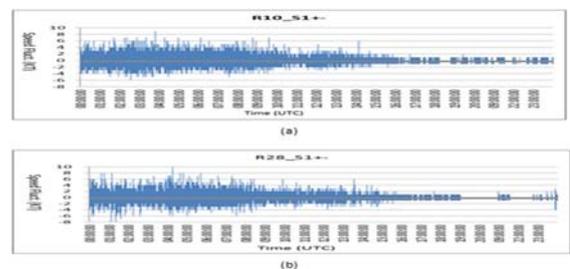


圖 4 2013 年 2 月 24 日松山機場地面自動測報跑道 R10 和 R28 風速(KT)每秒跳動之時間分布 (a) R10 (b) R28

(二)、氣壓跳動幅度

2013 年 2 月 24 日在東北季風增強階段(0000-1200

UTC)，氣壓跳動幅度甚大。R10 於 0200UTC-1000UTC 氣壓每分鐘跳動幅度相當多數出現 0.2hPa~0.3hPa / -0.2~-0.4 hPa，其中於 0922UTC、0225UTC 和 0325UTC 分別出現 0.3hPa、-0.3hPa 和 -0.4hPa，如圖 5a；R28 於 0100UTC-0900UTC 風速每分鐘跳動幅度出現 0.2hPa~0.3hPa / -0.2hPa，其中於 0342UTC 出現 0.3hPa，如圖 5b。而在這段時間正是機場低空風切現象發生最為頻繁。

在東北季風減弱階段(1200-2400UTC)，R10 和 R28 氣壓分鐘跳動幅度甚小，都在 0.1hPa~0.1hPa 間，如圖 5。而在這段時間機場低空風切現象就不再發生。

顯示在東北季風增強階段，氣壓每分鐘跳動幅度甚大，機場發生低空風切現象最為頻繁；在東北季風減弱階段，氣壓分鐘跳動幅度很小，機場低空風切現象就不再發生。

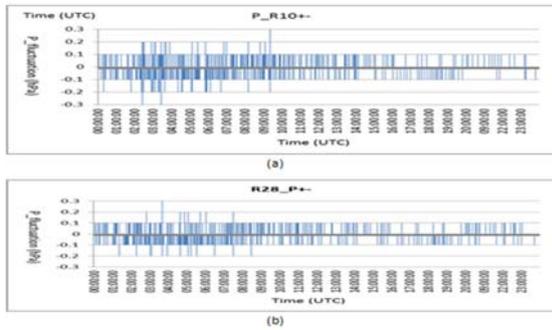


圖 5 2013 年 2 月 24 日松山機場地面自動測報跑道 R10 和 R28 每分鐘氣壓跳動之時間分布 (a) R10 (b) R28

(三)、氣壓梯度跳動幅度

2013 年 2 月 24 日在東北季風增強階段(0000-1200 UTC)，氣壓梯度每分鐘跳動幅度相當多數出現 0.2hPa~0.4 hPa 間或 -0.2hPa~-0.4hPa 間，其中於 0219 UTC、0224 UTC、0227 UTC、0326 UTC 和 0700 UTC 出現 0.3hPa，於 0303UTC 出現 0.4hPa，於 0019UTC、0223UTC、0229UTC、0325UTC 和 0731UTC 出現 -0.3hPa，於 0225UTC 和 0504UTC，如圖 6。而在這段時間正是機場低空風切現象發生最為頻繁。

在東北季風減弱階段(1200-2400UTC)，氣壓梯度分鐘跳動幅度甚小，僅僅於 1340UTC 和 1359UTC 出現 0.2hPa，1358UTC、1400UTC 和 1407UTC 出現 -0.2hPa，其他絕大部分時間出現在 0.1hPa~0.1hPa 間，如圖 6。而在這段時間機場低空風切現象就不再發生。

顯示在東北季風增強階段，氣壓梯度每分鐘跳動幅度甚大期間，是機場發生低空風切現象最頻繁之時段；在東北季風減弱階段，氣壓每分鐘跳動幅度很小，機場低空風切現象就不再發生。

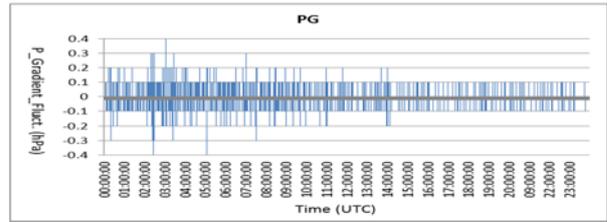


圖 6 2013 年 2 月 24 日松山機場地面自動測報跑道 R10 和 R28 間每分鐘氣壓梯度跳動之時間分布

(四)、風速跳動時段與頻率

2013 年 2 月 24 日松山機場在東北季風增強階段 (0000-1200UTC)，機場地面自動測報跑道 R10 和 R28 風速跳動幅度大於 1σ ($R10_S1_fluct.>2.34KT/<-1.97KT$; $R28_S1_Fluct.>2.24KT/<-1.94KT$) 出現時段和頻率之分布，圖 7。

東北季風增強階段(0000-1200UTC)，機場風速每秒跳動幅度大於 1σ ，R10 每小時有 2 次-51 次，R28 每小時有 4 次-57 次。其中 R10 於 0300UTC 每小時高達 51 次，R28 於 0600UTC 高達 57 次。機場低空風切警告系統在這個階段於 0100UTC-0700UTC 每小時發出 17-51 次，其中於 0300UTC 有 41 次風切警告，於 0600UTC 有 51 次風切警告。氣象台根據飛行員報告，於 0800UTC-0900UTC 天氣報告仍繼續發布 R10 風切紀錄，但是低空風切警告系統卻沒有發出風切警告。

東北季風減弱階段(1200-2400UTC)，機場風速每秒跳動幅度大於 1σ ，僅僅於 1300-1500UTC，R10 每小時有 2-10 次，如圖 7a；R28 每小時有 4-13 次如圖 7b。而在這段時間機場低空風切現象就不再發生。

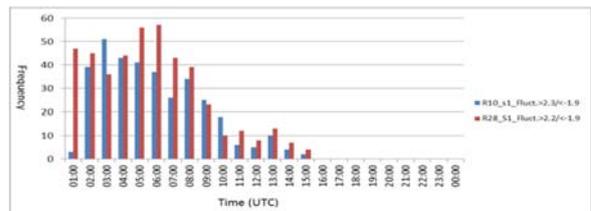


圖 7 2013 年 2 月 24 日松山機場地面自動測報跑道 R10 和 R28 風速每秒跳動幅度大於 1σ ，其出現時段和頻率之分布。藍色表示 R10，紅色表示 R28。

(五)、氣壓跳動時段與頻率

2013 年 2 月 24 日松山機場在東北季風增強階段 (0000-1200UTC)，機場地面自動測報跑道 R10 和 R28 氣壓跳動幅度超過 1σ ($R10_P_Fluct.>0.14/<-0.15$; $R28_P_Fluct.>0.13/<-0.13$) 之時段和和頻率分布，圖 8a。

東北季風增強階段(0000-1200UTC)，機場氣壓每分鐘

跳動幅度大於 1σ ，R10 於 0100-1000UTC 每小時有 6 次-78 次，R28 於 0200-0900UTC 每小時有 6 次-30 次。其中 R10 於 0300UTC、0400UTC 和 0600UTC 每小時分別高達 54 次、78 次和 48 次之多，R28 於 0400UTC 和 0600UTC 高達 30 次。機場低空風切警告系統在這個階段於 0100UTC-0700UTC 每小時發出 17-51 次，其中於 0300UTC 有 41 次風切警告，於 0600UTC 有 51 次風切警告。氣象台根據飛行員報告，於 0800UTC-0900UTC 天氣報告仍繼續發布 R10 風切紀錄，但是低空風切警告系統卻沒有發出風切警告。唯一，R10 氣壓每分鐘跳動幅度大於 1σ 於 1000UTC 仍有 18 次。

東北季風減弱階段(1200-2400UTC)，機場氣壓每分鐘跳動幅度皆小於 1σ ，如圖 8a；機場低空風切現象也不再發生。

顯示在東北季風增強階段，氣壓每分鐘跳動幅度大於 1σ ，就可能發生低空風切，而且其幅度愈大，風切頻率越多，風切強度也愈大。氣壓每分鐘跳動幅度大於 1σ ，可以彌補風切警告系統漏報之不足。惟一仍有一個時段，氣壓每分鐘跳動幅度大於 1σ ，而風切警告系統和天氣報告則無風切現象。

4.3.6 氣壓梯度跳動時段與頻率

2 月 24 日松山機場在東北季風增強階段(0000-1200 UTC)，機場地面自動測報跑道 R10 和 R28 氣壓梯度跳動幅度超過 1σ (PG_Fluct. >0.16 / <-0.16) 之時段和頻率分布，圖 9。

東北季風增強階段，機場氣壓每分鐘跳動幅度大於 1σ ，每小時有 6 次-102 次，其中於 0300UTC、0400UTC 和 0900UTC 每小時分別高達 84 次、102 次和 63 次之多。機場低空風切警告系統在這個階段於 0100UTC-0700UTC 每小時發出 17-51 次，其中於 0300UTC 有 41 次風切警告，於 0600UTC 有 51 次風切警告。氣象台根據飛行員報告，於 0800UTC-0900UTC 天氣報告仍有 R10 風切紀錄，但是低空風切警告系統卻沒有發出風切警告。唯一，氣壓梯度每分鐘跳動幅度大於 1σ 於 1000-1200UTC 每小時仍有 12-36 次。

東北季風減弱階段(1200-2400UTC)，機場氣壓梯度每分鐘跳動幅度大於 1σ ，僅僅於 1300-1400UTC，每小時有 12-18 次，如圖 9，但在這段時間機場低空風切現象就不再發生，氣象台天氣報告也沒有風切紀錄。

以上分析顯示，在東北季風增強階段，風速、氣壓和氣壓梯度每秒或每分鐘跳動幅度大於 1σ ，就可能發生低空風切，而且其幅度愈大，風切頻率越多，風切強度

也愈大。又風速、氣壓和氣壓梯度每秒或每分鐘跳動幅度大於 1σ ，可以彌補風切警告系統漏報之不足。惟一有小部分時段，風速、氣壓和氣壓梯度每秒或每分鐘跳動幅度大於 1σ ，而風切警告系統和天氣報告則無風切現象。

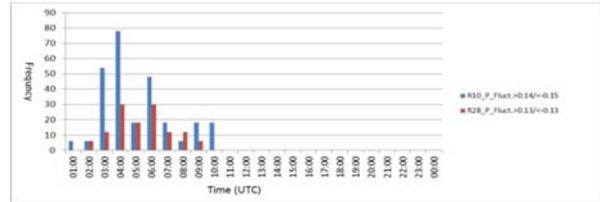


圖 8 2013 年 2 月 24 日松山機場地面自動測報跑道 R10 和 R28 氣壓跳動幅度超過 1σ 時，其出現時段和頻率之分布。圖中藍色為 R10、紅色為 R28。

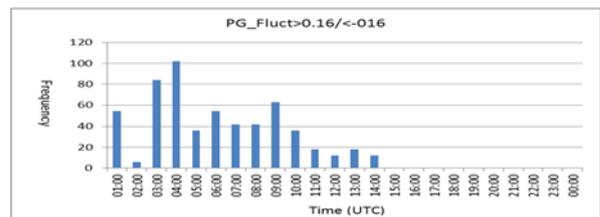


圖 9 2013 年 2 月 24 日松山機場地面自動測報跑道 R10 和 R28 間氣壓梯度跳動幅度超過 1σ 時，其出現時段和頻率之分布。

六、討論

Viana, et al. (2007) 分析標準偏差 (σ_{P70}) 亂流之相關，認為風切是控制了氣壓的跳動。本文以氣壓和氣壓梯度跳動範圍超過常態分佈的機率分佈，約 68% 數值分佈在 1 個標準差之外，其發生時段和頻率與現有低空風切警告系統觀測到的低空風切相當符合。以氣壓和氣壓梯度之跳動來偵測低空風切的發生，確實是可行的方法。

陳與袁(2014)使用診斷數學模式和測風儀，來克服 LLWAS 無法監測的「盲區」。他們以相鄰兩個測風儀所測得風速訊號相減值，代表跑道上的風速變化，風速變化量 7.7 (m/s) (15 節風)，達輕度低空風切警報之發布標準。本文分析顯示松山機場在強勁東北季風影響之下，風速大於 20KT 或者風速每秒跳動幅度大於 2.2KT 或小於 -1.9KT，就可能發生低空風切。

本文分析在強勁東北季風影響之下，機場 R10 和 R28 之風速、氣壓和氣壓梯度等跳動超過 1σ ，與機場低空風切警告系統發出風切警告之時段和頻率，彼此相當一致性，三者發生頻率越多，風切頻率則越多，風切強度也愈大。又風速、氣壓和氣壓梯度每秒或每分鐘跳動幅度

大於 1σ ，可以彌補風切警告系統漏報之不足。顯見風切警告系統根據風向和風速來計算輻合或輻散，據此發布風切警告，仍有其侷限性，而機場風速超過 20KT 以及氣壓梯度和氣壓跳動超過 1σ 之頻率，可以彌補機場低空風切警告系統之侷限性。惟有一小部分時段，風速、氣壓和氣壓梯度每秒或每分鐘跳動幅度大於 1σ ，而風切警告系統和天氣報告則無風切現象，有待進一步研究。

本研究顯示機場利用跑道現有測風塔風速、氣壓和氣壓梯度跳動等超過 1σ 之頻率，就可偵測到低空風切的發生，也可以彌補機場低空風切警告系統還有 10% 以下的風切警告失敗率。本研究成果可提供研發機場低空風切簡易警告系統參考。

七、結論

本文利用 2013 年 2 月 24 日強勁東北季風與松山機場低空風切個案，根據地面自動測報系統測報資料，就機場跑道兩頭 R10 和 R28 之風速、氣壓和氣壓梯度跳動等變動情形，分析其與低空風切之相關性，獲得下列成果：

- (一) 當風速越大，其風速、氣壓和氣壓梯度等跳動幅度越大；風速越小，其風速、氣壓和氣壓梯度等跳動幅度越小。
- (二) 機場 R10 與 R28 風速、氣壓和氣壓梯度跳動超過 1σ 範圍之時段和頻率，與低空風切有密切相關，跳動超過 1σ 範圍之頻率越多，引發風切警告次數越多且越強。
- (三) 機場利用跑道現有測風塔風速、氣壓和氣壓梯度等跳動超過 1σ 之頻率和時段，就可偵測到低空風切的發生，也可以彌補機場低空風切警告系統還有 10% 以下的風切警告失敗率。
- (四) 本研究成果可提供研發機場低空風切簡易警告系統參考。

八、致謝

本文在經濟部業界開發產業技術計畫「機場低空風切警告系統研發設計(NextG/LLWAS)專案補助下完成。感謝民用航空局飛航服務總台台北氣象中心提供松山機場觀測和風切警告資料，感謝總台飛航業務室主任管制員劉珍雲、台北氣象中心前主任童茂祥、副主任陳海根、莊清堯和黃禹璵等先生的協助和誠開公司游志遠先生、黃芷薰小姐協助資料處理。

九、參考文獻

- 何台華、涂明聖、蒲金標及魏志憲，2005：
2002 年梅雨季桃園與松山機場低風切之個案研究，大氣科學，33，119-142。
- 陳介中與袁曉峰，2014：低空風切警報系統的改進，航空安全及管理季刊，1，85-102。
- 蒲金標，2003：台灣松山機場低空風切警告系統與低空風切診斷分析，大氣科學，31，181-198。
- 蒲金標、徐茂林、游志遠及劉珍雲，2014：台灣低壓鋒面與松山機場低空風切個案研究，航空安全及管理季刊(近日出刊)
- ICAO, 2005: Manual on Low-Level Wind Shear, 1st, International Civil Aviation Organization.
- S. Viana, C. Yagüe, G. Maqueda and G. Morales (2007): Study of the surface pressure fluctuations generated by waves and turbulence in the nocturnal boundary layer during SABLES2006 field campaign. Física de la Tierra, 19, 55-71. Ed. Univ. Compl. Madrid.
- Wakimoto, Roger M., 1982: The Life Cycle of Thunderstorm Gust Fronts as Viewed with Doppler Radar and Rawinsonde Data. Mon. Wea. Rev., 110, 1060-1082.,

A Case Study of NE-Monsoon and Low-Level Wind Shear at Sung-Shan Airport during 24 February, 2013

Chin-Piao Pu^{1,2} Hsumaolin¹ Frank Yu¹

¹ Research Dep., ProAction Technology Inc.,

² Institute for Chinese Meteorology and Environment R&D Center

Abstract

In this case study, we focus on the estimation and identification of low level wind shear phenomena. We based on the existing Sung-Shan airport Automatic weather observation, every second storage data, adopting the ground weather parameters, wind speed (on 10 meter Tower), pressure and pressure gradient fluctuation at both runway threshold, i.e. R10 & R28. analyzing the time variation of these parameters and their correlation with the wind shear alert that issued by the existing low level wind shear system, hereafter.

The result shows that under the strong influence of the northeast monsoon, the wind speed of Song-San airport is stronger, the greater fluctuation amplitude of its wind, barometric pressure and pressure gradient. The Fluctuation amplitude of wind speed, pressure and pressure gradient exceeds one statistics sigma(standard deviation, 1σ) that the duration and frequencies are very close to the existing LLWAS system in the Song-San airport.

With the aid of this research, we believe the Wind shear false alarm rate will be reduced and be able to compensate the 10% false alarm prediction.

Keyword: Standard deviation, Soulik typhoon, low level wind shear, the fluctuation of the wind speed, pressure and pressure gradient.

Chin-Piao Pu, Cell Phone : 0932-592-908 E-Mail : pu1947@ms14.hinet.net

Vice Chairman and Chief Executive Officer, Institute for Chinese Meteorology and Environment R&D Center