

板橋探空儀之落點分析與預測

楊立宇¹、劉清煌¹、洪甄聲²、游志淇²、溫嘉玉²

中國文化大學大氣科學系¹

中央氣象局²

摘要

臺灣自 1985 年開始常規施放探空儀收集高空大氣資料，鮮少對探空儀墜落的軌跡與地點作為討論，但因時空背景不同，目前探空常規作業的板橋氣象站已是位處在人口密集的都會區，且鄰近的城市不管是交通或是人口皆屬於高密度狀態，所以自板橋氣象站施放探空儀之其墜落地點應格外關注。本研究採用 2016-2018 年板橋、花蓮站探空資料，統計出探空儀三種墜落時可能的落速，並結合探空儀上升時所測得的水平風場，以四階 Runge-Kutta 法來預測探空儀墜落至海平面時的三個可能地點。

本研究將 2016-2018 年間探空儀升空後於墜落至 1,000 百帕以下仍有取得數據的探空儀，逐一將其預測結果與實際墜落地點相互比對，以了解該預測方法的精準度。從結果得知，中速、快速落速之平均誤差值各約為 5.66 公里及 5.25 公里，為預測結果較良好的落速；此外亦經統計獲得預測落點誤差的機率範圍，以提供可能墜落的區域。本研究期盼日後得以預測得知探空可能墜落地點，並提前通知該區域人員或對其發布預警，以減少不必要事故發生。

關鍵字：探空儀、墜落地點、Runge-Kutta 法

一、前言

探空儀 (Raidosonde) 為測量於不同高度上大氣參數特徵及變化的儀器，即便在科技演進下已有不少遙測觀測儀器問世，但身為透過直接觀測取得數據的探空儀仍是大氣觀測的主要工具之一。臺灣自 1985 年開始常規施放探空儀，固定收集在全球標準時間 0 時及 12 時兩個時段的低層至高層大氣資料，其中執行北部探空常規作業的板橋氣象站，隨時空變遷下周圍已是人口稠密的都會地帶，其鄰近行政區無論交通、人口亦屬於高密度狀態；然於板橋站施放的探空儀在升空進行觀測後，其氣球破裂後的墜落軌跡及最終墜落至地表的位置鮮少作為討論，基於考量民眾財產安全及維護都市機能等因素，自板橋站施放探空儀之其

墜落地點應格外關注。

板橋氣象站探空儀飛行軌跡季節差異與掉落點分析 (劉與黃, 2015; 洪等, 2019) 以探空儀於墜落後仍持續收集的資料推測板橋站探空儀墜落地點，發現在 5、6、9 及 10 月均易墜落至臺灣本島，提升危害民眾生活財產及都市機能的機率。本研究參考洪等之預測方法，透過與真實案例之比對，以了解兩者間之差異，並探討誤差的可能原因。考量探空儀可能之墜落位置的預警需求，當探空氣球破裂時，立即啟動落點位置預測系統，以不同之探空儀落速，得到落地位置機率分布圖，以供預警之參考。

二、資料來源與分析方法

中央氣象局始於 2015 年啟用 MW41 探空系統，

在氣球破裂後仍持續收集探空資料，因此本研究採用 2016-2018 年間板橋站全部探空資料 (Vaisala RS41)，以觀測資料得出探空墜落速度及水平風，進而計算模擬其墜落軌跡及地點。然而板橋站周圍蓋有高樓層之集合住宅致使該站探空儀收取墜落資料的樣本量較少，故亦納入距離較接近板橋及較無建築物遮蔽問題的花蓮站 2016-2018 年有懸掛降落傘之探空資料 (Vaisala RS41)，盼以得出較接近真實的墜落速度。

本研究先將所有探空資料之墜落速度得出其平均值及標準差，將大於平均值加兩個標準差以上的落速值視為偏離值 (outlier) 逕行篩除後，以新的平均值作為中速落速，並另將平均值各加減一標準差分別作為快速、慢速落速。考慮每顆探空之氣球破裂高度皆不一及因建築物遮蔽或探空儀電力耗盡等因素，使高層與低層之墜落資料較缺乏，故分別以曲線、線性擬合取代上述三種落速之高、低層觀測值得出理想落速曲線。本研究以上述三種落速曲線及探空儀上升時所量測的水平風，透過四階 Runge-Kutta 法計算得出探空儀墜落時之逐秒位移高度差並以積分而得水平移動之距離，將其通過海平面後的位置視為預測墜落地點。

本研究利用板橋站墜落至 1,000 百帕以下仍有收取資料的探空作為比對之案例，比對其最後一筆資料之地點與預測間的差異。因板橋站之可用案例數較不足，為求此預測方法之準確性，在統計落速及誤差分析時增列花蓮站之可用案例。

三、結果分析

比對墜落至 1,000 百帕以下仍有收取資料共 87 個案例之實際落點與其預測落點間之差異可見，以中速、快速落速預測之結果誤差值多分布於 10 公里內，慢速落速之預測誤差值則分布較廣泛 (圖 1 上)；平均誤差值部分，慢速落速之值約為 12 公里、中速落速之值為 5.66 公里、快速落速值則為 5.25 公里，顯示中速與快速落速之預測結果較良好。考量預測皆存有誤差之現實，如僅透過三種不同落速預測而得三點探空墜落位置，其資訊量仍難以得知可能墜落之區域，故另再針對全部案例統計得出誤差之累積分布函數

(Cumulative Distribution Function)；可見中速、快速

落速的誤差值有 50% 機率約在 3-4 公里內，80% 機率約在 7.5-8 公里內 (圖 1 下)。如令預測墜落位置加上該誤差值範圍，即可作為日後判斷可能影響之區域。

針對預測誤差的成因，經查閱誤差值較大的個案後，可發現其主要原因是探空儀之實際墜落速度與給定之落速差距過大 (圖 2)，推測是探空儀於墜落期間，受微尺度紊流或氣球殘骸、氣球與探空儀間的繫線纏繞影響，造成本該使探空儀穩定下降的降落傘於部分或全部墜落時段開傘不全，致使探空儀實際墜落速度與理想落速差異過大而導致較大誤差。此外，探空儀於墜落時之風場與上升時之風場如存有一定差異，亦會導致些許預測誤差，此種狀況可能發生於距離測站遙遠使得該地環境之水平風場與測站鄰近區域水平風場不一，抑或是於短時間內有系統移入或生成，致使風場產生變化而導致其差異。

四、結論

綜合上述分析，可統整三種主要造成誤差之因素如下：

1. 水平風速較強之空層，探空儀墜落速誤差較大，直接影響水平位置。
2. 探空儀墜落時之環境風場與上升時不同。
3. 降落傘無正常運作。

本研究結果顯示中速、快速之墜落位置誤差較小，可提供較精細的預測墜落區域。

面對臺灣都市化程度持續增長，探空儀墜落至民眾生活範圍的機率日漸增大，努力降低其意外風險屬必要之事。本研究將持續之作業如下：

1. 建立預測系統，並針對預測墜落之區域發布預警或提前通知該區域人員，以減少不必要事故發生。
2. 日後持續輸入新增之案例，以逐步改善該系統之預測準確性。
3. 結合高解析度系集模式模擬之風場，得出多種探空儀可能墜落之地點。

五、參考文獻

劉清煌、黃紹欽，2015「板橋、花蓮探空氣球軌跡分析」104天氣分析與預報研討會

洪甄聲、楊菁華、劉清煌，2019「板橋氣象站探空儀
飛行軌跡季節差異與掉落點分析」108天氣分析與
預報研討會

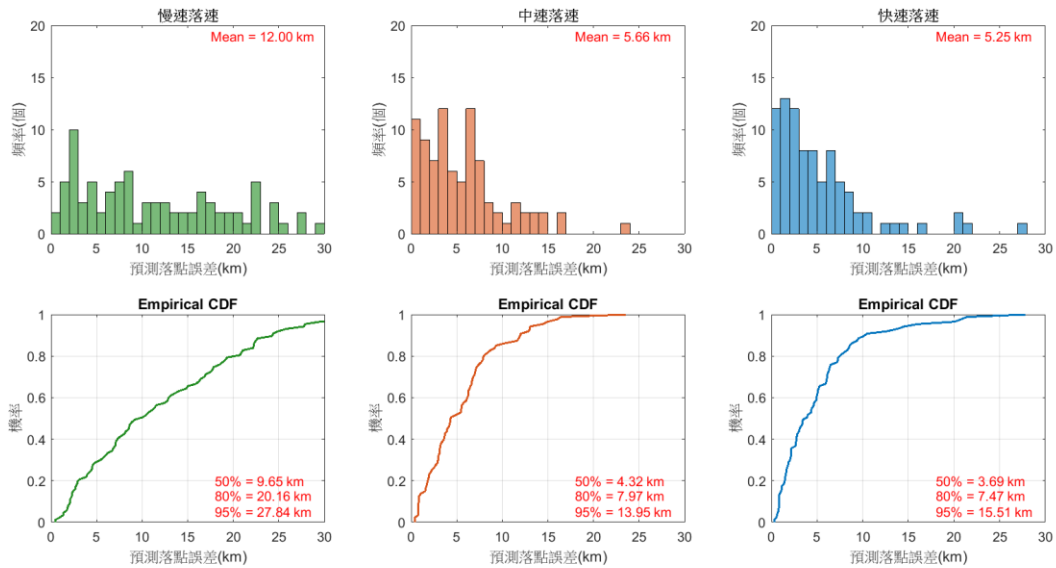


圖1：三種落速之預測落點誤差狀況。上三圖由左至右分別為慢速、中速、快速落速之頻率分布圖；下三圖由左至右分別為慢速、中速、快速落速之累積機率分布圖。

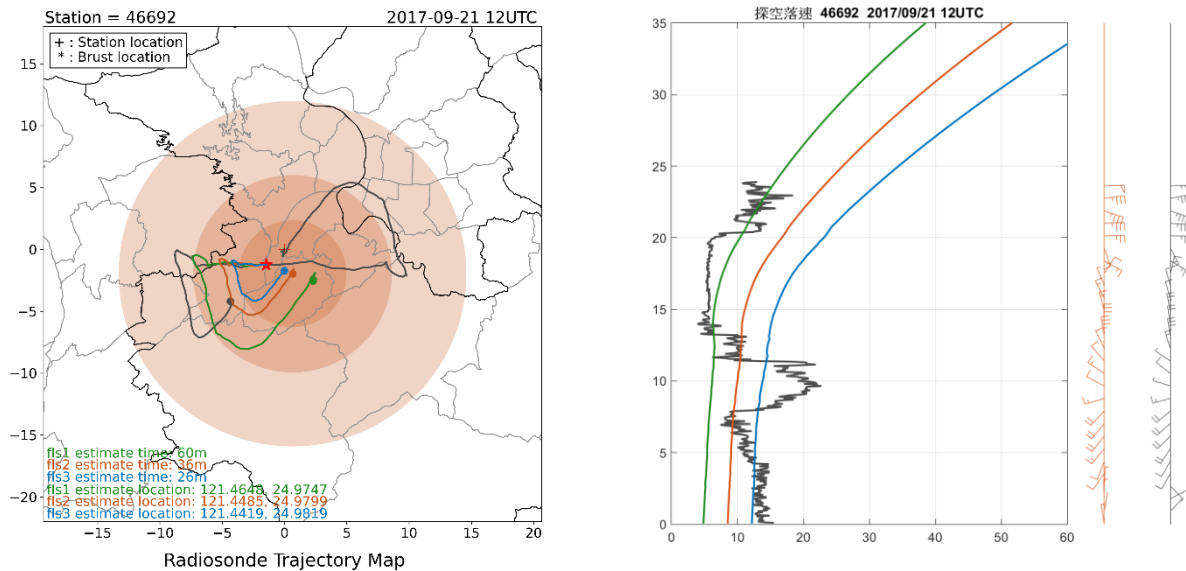


圖2：全球標準時間2017年9月12日12時板橋站探空儀之實際與預測比對。左圖為該探空儀升空後之實際軌跡（黑線）、落點及其於氣球破裂後之三種預測軌跡（綠線、橘線、藍線）、落點；右圖為該探空儀之實際墜落速度（黑線）及預測墜落速度（綠線、橘線、藍線），以及上升（橘色）與墜落（黑色）時之風場。

Analysis and prediction of Banchao sounding landing locations

Li-Yu Yang¹, Ching-Hwang Liu¹, Jen-Sheng Hung², Tsu-Chi Yu², Chia-Yu Wen²

Department of Atmospheric Sciences, Chinese Culture University¹

Central Weather Bureau²

Abstract

Taiwan has routinely deployed radiosondes since 1985. The trajectories and locations after the radiosonde falling are rarely discussed. However, due to the environment change, the Banchao station currently operates routine radiosondes is already located in a metropolitan area. In the neighboring cities, both traffic and population are in a high-density state, so the location where the radiosonde is dropped from Banchao station should be paid more attention. This study uses the radiosonde data collected from Banchao and Hualien stations from 2016 to 2018 is used to calculate radiosonde falling speeds. Combining the horizontal wind field measured when the radiosonde rises and using the fourth-order Runge-Kutta method, the predicted radiosonde locations are obtained.

In this study, the predicted locations are verified with the actual positions obtained from the radiosonde. It shows that the mean landing location error is about 5km at medium and fast falling speeds. This results are quite encouraged. However, the error is larger (~12km) at slow falling regime.

In addition, the probability range of the predicted landing location is obtained through statistics to provide a possible landing area. This prediction system is under construction. We hope the system will become operational in the near future.

Key word: radiosonde, landing location, Runge-Kutta methods