

## 無人飛機 UAV 偵測空污之成效

賈澤民<sup>1</sup> 朱光華<sup>1</sup> 巫美儀<sup>2</sup> 呂冠毅<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 輔英科技大學 立體環境監測中心

<sup>2</sup> 空軍航空技術學院 戰航管氣象組

### 摘要

無論是空氣品質監測站或是移動式空氣品質監測車，最大的限制就是僅能監測地表附近的空氣品質變化，但是空氣污染的整體擴散機制，卻並非只侷限在地面。大氣的對流、地形抬升以及局部的風場等效應都會影響污染物在大氣中垂直運動的模式，因此高濃度的污染物分佈可能會出現在較高的空層，地面上反而測不到高濃度的污染物，為了對三度空間中的污染分佈有全盤的了解，需要能突破空間限制的監測方式，而採用無人飛行載具(UAV)就是未來最佳之立體即時污染物監測利器。

### 一、前言

高雄市的都會型態傳統上皆以工業發展為重心，轄區內有中鋼、中油以及諸多高耗能、高污染之傳統產業。近年來由於環保意識抬頭，對空氣污染與環境品質議題愈加受到重視，在『綠色環保、生態高雄』的理念下，高雄市政府致力於打造低污染的綠色生態城市。因此，對高雄市周遭空氣品質進行有效的監控，成為重要的課題。

### 二、空氣品質監測技術與限制

傳統上空氣品質監測任務主要是在定點的空氣品質監測站進行，站內配置有各種感測器可偵測空氣中的臭氧、二氧化氮、二氧化硫與懸浮微粒等污染物質的濃度，以及氣溫、風向風速等大氣資訊，並進行長期的監

控，高雄市政府環保局在楠梓、左營、前金、前鎮、小港及復興等各地都有空氣品質監測站，監控高雄市的空氣品質。

為了彌補空氣品質監測站只能在固定地點監測的不足，另有移動式空氣品質監測車可機動監測空氣品質，以因應突發或臨時之需要，移動式監測車上同樣配備有偵測臭氧、二氧化氮、二氧化硫與懸浮微粒等污染物質的儀器。在2009高雄世運期間，市府環保局即以移動式監測車進駐世運主場館週邊執行機動監測任務。此外，當發生工廠發生氣體外洩、火災或是河川揚塵等突發空氣汙染事件時，移動式監測車可迅速在第一時間至現場進行監測，協助分析污染擴散的情形，提供決策單位進行損害管制的參考。

無論是空氣品質監測站或是移動式空氣品質監測車，最大的限制就是僅能監測地表附近的空氣品質變化，但是空氣污染的整體擴散機制，卻並非只侷限在地面。大氣的對流、地形抬升以及局部的風場等效應都會影響污染物在大氣中垂直運動的模式，因此高濃度的污染物分佈可能會出現在較高的空層，地面上反而測不到高濃度的污染物，為了對三度空間中的污染分佈有全盤的了解，需要能突破空間限制的監測方式。

目前偵測三度空間中污染物分佈的任務主要由繫留式氣球與飛船(圖1)做為主要載具，繫留式氣球以高強度纜線與絞盤控制氣球升降，可在纜線上不同高度處裝置具有定時控制之採樣袋偵測儀器，進而求得不同高度處之污染物之濃度。但繫留氣球因纜線與絞盤之限制，只能在定點執行監測，若要對大範圍的區域進行三度空間空氣品質監測，將需要大量的繫留氣球分別監測不同點、不同高度的空氣汙染情形而難以執行，因此需要更具有機動性的空中平台來執行監測任務。

### 三、無人飛機偵測空污優點與運用現

#### 況

為進一步解決以上問題，諸如輕航機和無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicles, 簡稱無人飛機或UAV)也開始嘗試應用於空氣品質偵測任務，利用飛行的高機動性，監測

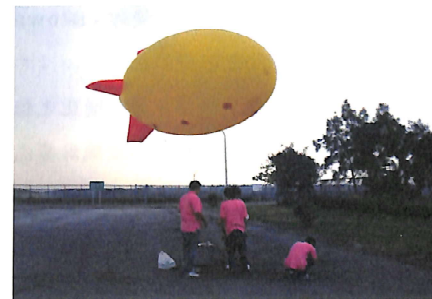


圖1 繫留氣球執行空氣品質偵測任務

大範圍區域的空中空氣品質。而相較於輕航機偵測的花費龐大與需要較長的跑道以及較嚴格的操作條件限制，無人飛機由於其機體成本價廉，且易於操作以及較不受空間及環境安全限制之特性，更適合用於空中空氣品質監測。

無人飛機具有輕便、隱蔽性好、機動靈活、使用成本低等特點，使得產業界與學術界紛紛投入無人飛機的研究發展領域，目前世界各國已發展各種用途、各種性能指標的無人駕駛飛行器。諸如氣象資訊的搜集，水土保持與環境保護探勘，數位通訊中繼等等。另外由於近年來在小型電腦、相關周邊配備、電子感測元件與光學遙測等設備在技術的快速進展，已使得無人飛機已經逐漸具有長程視距外飛行的發展潛力。

隨著相關技術的開發，無人飛機在民生領域中，獲得了更廣泛的應用，主要可分為如下數種：

(一) 環境監測：陸、海、空域的環境監測或大氣污染物監控。例如美國加州聖

地牙哥大學應用於棕色雲(Blown Cloud)方面的研究。

(二) 氣象監控：蒐集氣流、大氣變化之相關氣象資訊。例如台大的追風計畫應用無人飛機觀測颱風動態。

(三) 即時救災：於災害發生時，進入災區執行搜救任務與災害狀況資料蒐集。例如美國卡雀那颶風災區搜救、大陸四川汶川、青海玉樹大地震災區空拍。

無人飛機雖然具有上述的優點，但目前環境監測上的運用仍然相當有限，原因之一是一無人飛機雖然具有輕巧靈活特性，但相對的酬載的空間和重量就受到限制而無法搭載許多環境監測儀器；另一個影響應用的因素則是無人飛機飛行的速度和高度變化會造成偵測儀器對空氣採樣的困難。由以上可知，要應用無人飛機進行空氣品質監測，除了無人飛機本身的技術開發以外，偵測儀器與介面的開發也同等重要，儀器和無人飛機必須從設計階段就針對空中空氣品質監測任務的需求量身訂作，才能發揮無人飛機的優點順利執行任務。

輔英科技大學立體環境即時監測聯合技術發展中心與空軍航空技術學院合作已發展出多種高性能無人飛機，並針對無人飛機飛行高度速度需求，開發輕量化、微型化的機載空氣品質偵測儀器。這些技術開發現在都已獲得豐碩的成果，並發展出全球首創的空中即時偵測臭氧、二氧化氮以及非甲烷碳氫

化合物(NMHC)濃度的技術，利用無人飛機從空中同時監測多種空氣污染物目前算是創舉，將無人飛機在環境監測上的應用更往前推進了一步(圖2)。



圖2 輔英科技大學綠色環境守護者無人飛機

#### 四、無人飛機偵測成效

為了落實高雄市綠色生態都市的理念，對高雄市周遭空氣品質進行有效的監控，並且進一步探討新的環境偵測技術在執行上的可行性，高雄市政府環保局於2010年委託輔英科技大學「立體環境即時偵測聯合技術發展中心」執行「利用無人飛機偵測高空大氣污染物」計劃，完成30次在不同高度(分別在250m、500m、750m)每次滯空一小時以上之空污量測工作，蒐集高雄市大林蒲上空不同高度之空氣樣品。每次任務均同時偵測臭氧(O<sub>3</sub>)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)以及非甲烷碳氫化合物(NMHC)三種污染物，並即時將污染濃度值之實際三度空間分佈，增加臨場觀察視覺。

欲完成這種全新環境偵測技術，有許多技術工作需要突破，諸如UAV本身之可靠性要很穩定，須有完整空氣動力、結構與動力

等分析數據，且要具備能製造與維修之能力，此外如自動航行能力、天線信號及量測數據資料傳送穩定性等皆不可或缺，最後如何設計空污量測儀器及空污採樣進氣孔道以滿足外界污染大氣採樣需求，亦是重要關鍵。這項利用UAV同時偵測三種空污成分且即時傳回地面接收站之技術，已屬全球創舉，將為未來大氣環境監測工作提升至另一展新局面，圖3為無人飛機在大林蒲執行空氣品質監測任務之情形。



圖3 無人飛機在大林蒲執行空氣品質監測任務

由於執行任務的大林蒲地區附近為中油、中鋼等工業廠區，「立體環境即時偵測聯合技術發展中心」開發的無人飛機具備自動起飛、自主飛行技術，可依規劃航路路線、航高、飛行路徑等任務需求，完成自主飛行作業，不需人員於機上操作，且搭配有電源或引擎失效時，可固定空速、姿態滑翔降落之安全機制，執行任務安全性相對較高，即便無人飛機異常或故障，也不會有機組人員傷亡之二次災難發生。

圖4為計劃執行結果，顯示無人飛機偵測到的臭氧濃度在三度空間中分佈的情形，空中監測結果並與鄰近的大林埔空氣品質監測站比較進行比對，顯示僅有些微之差異，這些空中整體監測結果可以用來進行氣團逆軌跡分析，探討臭氧污染來源，進一步協助研擬防治臭氧污染的辦法。

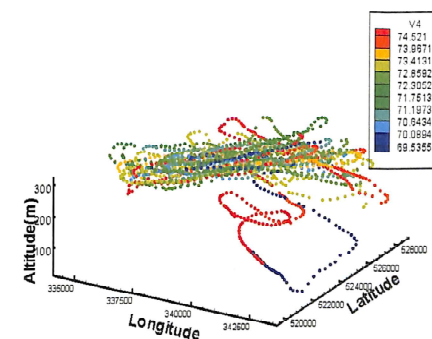


圖4 臭氧濃度在三度空間中分佈的情形

本中心的無人飛機並搭載GPS定位與導航設備，因此空中空氣品質監測的結果都可與GPS座標資料互相結合，輸出後可以進一步的和地理資訊系統與衛星空照圖互相搭配，顯示污染物分佈的精確位置與周遭工業區或住宅區的相關位置資訊。此外，無人飛機也搭載了高解像的攝影系統，在監測空氣品質的同時，可以視訊化的方式了解周遭環境變化，例如工廠排放廢氣或是廢水，都能夠在空拍下無所遁形。圖5為空中空氣品質監測結果與衛星空照圖共同顯示之情形；圖6則是無人飛機空拍大林蒲工業區的影像。

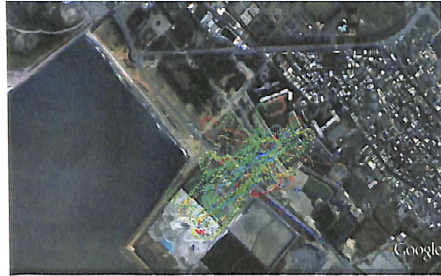


圖5 空中空氣品質監測結果與衛星空照圖共同顯示



圖6 無人飛機空拍大林蒲工業區結果

## 五、結語

由以上介紹可知，目前無人飛機在空氣品質監測上的應用，已獲得豐碩的成果。未來相關技術更為成熟後，在操作上將更為便利，其應用性也將更為廣泛。將這些技術結合政府單位或民間環境保護業界需求，擴充為對重大天然災害(如颱風、洪災)或環境汙染/工安事件之偵測及緊急應變處理之工作團隊，也為無人飛機在環境保護與監測上的應用，開啟新的方向與思維。

## Achievements of Using UAVs to Monitor the Air Pollutions

Jir-Ming Char<sup>1</sup> Harry Chu<sup>1</sup> Maye Wu<sup>2</sup> Kuan-Yi Lue<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jtcam, Fooyin University

<sup>2</sup> Aviation Control and Meteorology Division, CAFIT

### Abstract

No matter of an air pollution monitor station or an air quality control vehicle, the limitation of them is that they can only measure the air quality on the ground. But, the air pollution is dispersed via the atmospheric convection, local wind field, and land geometry, etc. All these factors will influence the pollution species concentrations moving, and therefore some important species may not be measured accurately on the ground stations. Hence, the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) will be the best platform to monitor the 3-Dimensional, Real-time air pollution variations.