

7月26日凌晨，今年第12號颱風「紅霞」登陸廣東。在颱風登陸前夕，中國氣象科研團隊依託設於深圳的全國首個低空經濟無人航空氣象保障野外科學試驗基地，成功開展國內首次颱風過境全程蜂群無人機立體觀測試驗，以多機協同組網方式完成極端天氣高頻次、多維度探測，既補齊近海低空觀測短板，亦為低空產業釐清極端天氣安全飛行邊界。●文：香港文匯報記者 郭若溪 深圳報道 圖：香港文匯報深圳傳真

此次試驗由中國氣象科學研究院專項氣象保障技術研究中心聯合深圳市國家氣候觀象台牽頭實施，於7月24日在深圳大鵬半島啟動。不同於傳統單點、單層探測模式，試驗採用小時級高頻立體探測方案，4架無人機組成協同觀測陣列，首次採用蜂群無人機觀測方式，突入颱風邊緣強風與劇烈湍流之中，在複雜極端氣象環境下穩定保持編隊飛行、機間通信與同步採集。

其間，可持續同步獲取颱風過境影響前後低空溫度、濕度、風場和湍流等關鍵氣象參數的垂直廓線觀測資料，同步採集記錄無人機飛行姿態、航跡偏移、電量功耗變化等運行參數，系統探索極端天氣過程無人機安全飛行的氣象約束邊界，並可有效補齊近海低空觀測短板，為提升颱風強度研判、風雨落區預報精準度提供關鍵實況數據支撐。

跳出單一氣象觀測框架

試驗負責人、中國氣象科學研究院研究員郭建平表示，此次試驗聚焦新城新質氣象裝備創新應用，跳出單一氣象觀測框架，依託蜂群無人機同步開展颱風邊界層探測試驗與極端天氣適航性雙重研究。颱風既是核心觀測對象，亦是無人機裝備與低空飛行技術的天然極端壓力測試場，通過真實工況試驗，同步攻克氣象精準探測與低空安全保障兩大技術難題。既要讓蜂群無人機精準探測颱風邊界層結構，也要觀察天氣怎樣影響不同型號無人機的飛行姿態。

此次試驗重點圍繞三個方面展開：一是在無人機上集成搭載風、溫、濕度探測、湍流監測、全天空成像儀等載荷，對比檢驗不同氣象設備在颱風環境下的觀測穩定性和探測精度；二是構建多機型無人機組網觀測陣列，實現多高度、多水平點位同步協同探測，填補颱風近海雲層下方低空氣象觀測空白；三是持續監測風雨擾動下無人機航向偏移、機身震盪、能耗波動等特徵，量化極端氣象條件下無人機低空飛行安全閾值。

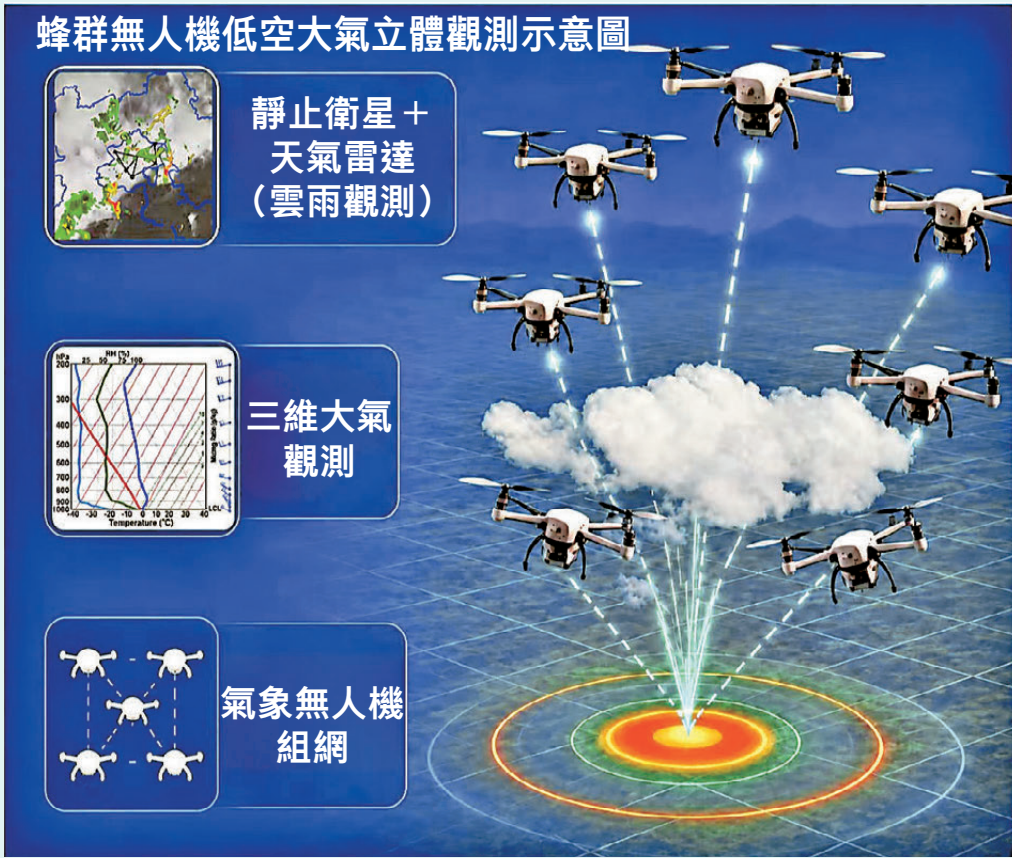
推動颱風監測預報技術迭代

郭建平介紹，中國已建成由風雲氣象衛星、氣象雷達、地基遙感垂直觀測系統和地面氣象站等組成的立體氣象觀測網，但受雲層遮蔽、低空探測盲區較大等因素制約，颱風近海雲下低層大氣熱動力結構觀測仍存不足。此次蜂群組網觀測突破單點探測局限，通過多點位、多層次、高密度立體採樣，如同為颱風開展全方位動態CT掃描，既可彌補單點探測局限，也能補齊近海低空觀測短板，為提升颱風監測預報能力提供關鍵實況資料，也為探索極端天氣條件下無人機安全飛行邊界積累科學數據。

當前，低空物流、空中巡檢、應急救援等低空產業態加速落地，對低空精細氣象保障服務的需求持續攀升。此次試驗不僅有助於揭示風暴環境對不同機型無人機飛行姿態、航跡和能耗的影響規律，量化極端天氣下低空安全飛行的氣象邊界條件，也可為過境颱風搭建機動科學合理的立體觀測體系、推動颱風監測預報技術迭代、保障低空飛行安全積累核心試驗數據。

給「紅霞」做「動態CT」 中國首次無人機蜂群追風

補齊近海低空觀測短板 量化極端天氣安全飛行邊界



氣象蜂群無人機測試突破要點

- 1、載荷驗證：檢驗颱風環境氣象設備穩定性與精度
- 2、組網觀測：多機協同填補颱風近海低空觀測空白
- 3、閾值量化：量化極端天氣低空飛行安全邊界

氣象空-地協同觀測體系

- 1、星地遙感探測：靜止衛星+天氣雷達，精準監測全域雲雨態勢
- 2、立體大氣探測：開展全域、高精度三維大氣參數觀測
- 3、無人機組網探測：蜂群組網，實現極端天氣低空精細化觀測

整理：香港文匯報記者 郭若溪



●7月25日19時，參與颱風「紅霞」觀測試驗的無人機在空中懸停測量數據。



●颱風登陸前夕，中國氣象科研團隊成功開展國內首次颱風過境全程蜂群無人機立體觀測試驗。圖為團隊成員進行無人機飛行前檢查。

從「海燕」到蜂群組網 八年攻堅低空氣象新賽道

特稿

蜂群無人機追風，並非一日之功。

早在2018年，中國氣象局就已啟動「海燕計劃」，率先開展大型無人機氣象觀測試驗。2020至2022年，項目連續三年針對海洋颱風、青藏高原大氣與冰雪環境開展高時空分辨率垂直探測。數據顯示，2020年獲取的試驗資料投入數值模式後，颱風影響區域預報評分提升3%。從「海燕」單機探測走向蜂群組網，從單一大型無人機發展至多機型協同作業，整整走了八年。

2025年12月9日，中國氣象局粵港澳大灣區低空經濟無人航空氣象保障野外科學試驗基地在深圳揭牌，這是中國首個低空經濟氣象保障野外科學試驗基地。該基地依託深圳石岩觀測基地建設，由深圳市氣象局聯合中國氣象科學研究院共建，填補了國內低空經濟專屬氣象野外試驗平台

空白，標誌中國低空產業氣象保障體系建設邁出關鍵一步。

據介紹，基地圍繞科研與應用目標，規劃四大發展方向、十一項重點建設任務。核心聚焦低空氣象精細化探測，搭建立體觀測系統，補齊低空航路、起降點位專用觀測設備，開展城市風場、大氣邊界層觀測試驗，融合多源數據產出高精度、高時效的低空氣象實況產品。同時同步推進氣象裝備研發測試、危險天氣預警、氣象服務產品落地等工作，全方位夯實低空飛行安全保障能力。

此番技術突破，更帶來顯著產業外溢效應。當前低空物流、救援、植保等商用無人機，長期受制於複雜氣象條件約束。過往飛行安全標準多依託實驗室模擬與有限外場試驗，而蜂群無人機直面颱風獲取的一手實測數據，直接釐清極端天氣

下無人機安全飛行邊界。

可延伸應用至海洋監測等多領域

同時，「蜂群協同+氣象探測」模式通用性極強，可延伸應用至海洋監測、災害預警、生態調查等諸多領域，一項核心技術突破，持續釋放多維價值。正如試驗負責人、中國氣象科學研究院研究員郭建平所言，本次試驗聚焦新城新質氣象裝備創新應用，其深遠影響早已超越氣象行業本身。

下一步，基地將立足產業實際需求，重點攻克強對流天氣預警等技術難題，深化跨領域協同創新，推動氣象數據與低空管理、基礎設施資源深度融合，全力打造一流低空氣象科研平台，為全國低空經濟氣象保障體系建設提供可複製、可推廣的大灣區方案。

粵轉移人員近90萬 國家啟動四級救災應急響應

香港文匯報訊（記者 李紫妍 廣州報道）26日凌晨3點50分前後，今年第12號颱風「紅霞」以強颱風級登陸廣東惠州市惠東縣平海鎮沿海，登陸時中心附近最大風力有14級（45米/秒，強颱風級），是近10年來登陸珠江口以東的最強颱風。此後至27日凌晨，「紅霞」向北偏西穿越廣東省，帶來極強風雨影響。登陸當天，廣東連續發布多條洪水預警，國家發展改革委緊急安排1億元（人民幣，下同）支持廣東做好災害應急恢復。國家防災減災救災委員會啟動國家四級救災應急響應，派出工作組赴災區一線實地查看災情，指導和協助地方做好災情核查、群眾轉移安置、基本生活保障等災害救助工作。截至26日18時，廣東累計轉移人員896,254人。

惠州高層住戶：不敢入睡

「紅霞」於7月24日凌晨生成，25日早晨達到颱風級，一天之內連跳三級，以強颱風的強度登陸，是今年以來登陸中國的最強颱風，也是21世紀以來登陸廣東的最強初颱。25日夜間，隨着其核心風圈不斷接近，惠州、深圳、汕尾、東莞等多地狂風大作，許多居民表示「吵得睡不着」「根本無法入睡」。

平海鎮：當天可恢復生活秩序

登陸地惠東縣從夜間零時起，風力不斷加強並疊加暴雨，街道上樹木劇烈搖晃，不時有枝葉掉落。颱風正面登陸區域的海邊掀起大浪，大雨像高壓水槍般掃過，狂風暴雨橫掃街區，大量雜物被颶到路中央，廣告燈箱、鐵皮等被颶落捲飛，有樹木、路燈被吹斷，籃球架也被颶倒。有大亞灣高層住戶拍攝視頻稱：

「樓都在風雨裏晃，風在拚命推玻璃門，不敢睡覺，甚至屏住呼吸。」

颱風過境後，惠州、汕尾等地陸續開展搶通救援工作。當天下午，颱風過境後的平海鎮現場狼藉一片，現場隨處可見掉落的電線和斷枝垃圾，居民和當地村幹部、救援隊伍正全力清理積水、路障等。平海鎮新村村黨總書記蘇永雄表示，「紅霞」正面襲擊給當地造成較大影響，正有序推進災後恢復工作，包括清理颱風帶來的生活垃圾、搶修基礎設施、恢復供電等，「預計今天（26日），正常的生活秩序可以恢復到位。」

需警惕後續極端暴雨

「紅霞」登陸後帶來的極端風雨更值得警惕。中國天氣網氣象分析師介紹，此次颱風本體帶來的強降雨，疊加季風水汽輸送影響，給粵閩沿海帶來猛烈雨勢，其中河源、梅州、潮州、揭陽、汕尾、惠州等地部分地區降雨具有一定極端性。有分析稱，雨強或將接近此前廣西遭遇颱風「美莎克」時的情況。之後，「紅霞」還將深入內陸，降雨影響將持續至28日前後，最速可波及河南、山東等省份。

颱風登陸後，廣東多地有暴雨、局地特大暴雨，全省有11條河流、13個水文站超警。廣東省水文局陸續發布多個洪水預警，截至26日18時，生效洪水預警36個，其中洪水紅色預警2個，分別為榕江下社段洪水紅色預警（汕尾市陸河縣水唇鎮下社村）、崩坎水紅饒站洪水紅色預警（揭陽市普寧市雲落鎮紅饒村）。

「紅霞」給廣東多地帶來暴風、強降雨，對當地生產生活造成嚴重影響。登陸當日，國家防災減災救災委員



●颱風過境後，惠州消防部隊正在搶險救援。 香港文匯報廣州傳真



●養殖場的牆壁被吹倒。



●7月26日，在台風登陸點惠東縣平海鎮，一養殖場的工棚被吹倒。

會緊急啟動國家四級救災應急響應。國家發展改革委緊急安排中央預算內投資1億元，支持廣東省做好颱風災害災後應急恢復，重點用於災區受損道路、水利等基礎設施和學校、醫院等公共服務設施災後應急恢復建設，



●颱風過境，路面樹木倒伏。 網上圖片

推動盡快恢復正常生產生活秩序。國家糧食和物資儲備局調運摺疊床、摺疊桌凳、毛巾被、夏涼被、家庭應急包等2.5萬件中央救災物資，支持廣東、江西、湖南做好受災群眾緊急避險轉移和安置救助工作。