

利用福爾摩沙衛星七號軌道衰減評估太空天氣影響

李奕德¹ 黃成勇¹

¹國家太空中心衛星操控組

摘要

2022年美國SpaceX公司的星鏈(Starlink)任務再一次發射過程中，因為遇上了一場相對較弱的磁暴事件，導致正在部屬的49顆衛星中損失多達的38顆。在此事件之後，太空天氣變化對於高層大氣的中性密度升高，以及此一現象對於人造衛星運作和操控的影響再度受到關注。然而，由於當時大多數人造衛星所運行的軌道高度都比星鏈衛星高上許多，因此國際上並沒有再有類似報告。而在2024年5月，一場異常強烈且長延時的磁暴事件，引發了許多衛星在短時間內出現軌道衰減的現象，這也為評估空氣阻力對於衛星軌道的影響提供了寶貴的機會。為了避免使用單一衛星分析時，軌道衰減的變化可能會受到其他外力的影響。因此選定使用福爾摩沙衛星七號的六顆衛星進行分析，以呈現總體的軌道高度變化及與太空環境變化的關係。分析2024年全年由台灣資料分析中心(TACC)所提供的福七軌道資料，結果顯示在太陽活動相對較低和地磁擾動較為平靜條件下，福七軌道的日衰減率約為每天40至60公尺，且各衛星之間有著交錯波動的變化。但當有顯著的地磁擾動發生時，軌道在一日內能夠額外衰減下降100至150公尺，且6顆衛星的反應相當一致。另外，透過熱氣層與電離層耦合數值模型所模擬的熱氣層中性大氣密度顯示，在磁暴發生期間的中性大氣密度會較寧靜時期增加120到290%。最後，本研究嘗試利用福七任務的精確軌道變化來初步推算沿軌道的中性大氣密度，反演結果與數值模擬的趨勢基本一致，但反演後的中性大氣密度甚至相較於模式有更顯著的增強現象，尤其是在2024年5月的磁暴事件期間。這項研究展示了衛星星系用來研究太空天氣事件對於衛星操控影響的實用性，也初步展示了衛星精確軌道用於反演大氣密度變化中的可能性。

關鍵字：福衛七號、軌道衰減、太空天氣、大氣遲滯

Keyword：FORMOSAT-7, orbital decay, space weather, air drag