



文/ 林建爭

近地小行星 99942 (99942 Apophis, 又稱作阿波菲斯) 大小約340公尺, 於2004年由NASA發現後, 初期對此小行星的軌道分析顯示, 該小行星在2029與2036年會很接近地球, 隨即被列入對地球有威脅的小行星清單中。



**NASA 排除**

圖1. 小行星掠過地球的想像圖。©ESA

## 近地小行星**99942 Apophis** 撞上地球的可能

小行星撞地球對人類帶來的影響可大可小, 直徑超過五公里以上的小行星撞上地球後, 可能跟恐龍滅絕一樣對人類及現有物種造成大規模滅絕; 即便直徑小一點約幾百公尺的小行星, 如果撞上地球, 也是會造成不小災害。

小行星 99942 (99942 Apophis, 又稱作阿波菲斯) 是一顆近地小行星, 大小約340公尺, 於2004年由美國國家航空暨

太空總署 (NASA) 發現後, 隨即被列入對地球有威脅的小行星清單中。Apophis 源自古埃及神話人物, 被認為是破壞、混沌、黑暗的化身, 將小行星99942 命名為 Apophis 也意味著這顆近地小行星可能會對地球帶來巨大威脅。天文學家在初期對此小行星的軌道分析顯示, 該小行星在2029與2036年會很接近地球 (見圖1), 甚至有可能撞擊地球; 然而隨著觀測技術的進步, 軌道

參數不斷進行修正, 對地球具有威脅的時間點也持續調整, 直至今年三月初, 天文學家仍表示在2068年, 阿波菲斯尚有些微可能對地球帶來影響。

在2020年十一月, 數十名小行星專家專門為阿波菲斯小行星舉行了為期3天的特別會議, 主要是想要探討一個問題: 究竟這顆小行星是否會在2068年撞擊地球呢? 為此他們申請了不少電波雷達觀測時間, 可惜阿雷西博電

波望遠鏡 (Arecibo Observatory) 在2020年十二月初因鋼纜斷裂無法支撐結構而坍塌全毀，天文界失去了一個先進的雷達儀器。儘管如此，今年的三月初，天文學家們仍利用 NASA 金石電波天文臺 (Goldstone Deep Space Communications Complex) 的70米口徑天線，持續追蹤阿波菲斯的行蹤，金石電波天文臺是一個衛星地面接收站，坐落在美國加州莫哈韋沙漠 (Mojave Desert) 附近的巴斯托市 (Barstow)。該研究團隊為了獲得更完整的觀測資料，他們也利用了位在美國西維吉尼亞州100米口徑的電波望遠鏡 (Green Bank Telescope, 綠堤望遠鏡) 接收資料。在今年3月初的12天觀測時間中，金石電波天文臺持續向阿波菲斯發射500千瓦的高頻無線電波，而綠堤望遠鏡負責接收反射回來的電磁波以用來重建阿波菲斯的影像。

阿波菲斯當時正以距地球約1,700萬公里的距離掠過，儘

管看似遙遠，但透過電波雷達觀測，NASA 噴射推進實驗室 (Jet Propulsion Lab, JPL) 的科學家 Marina Brozovic 主持的研究團隊已可準確分析其軌跡，精確度達150公尺；雖然綠堤望遠鏡的雷達影像看似粗糙 (如圖2)，但實際上每個像素的解析度可達38.75公尺，考量到這顆小行星仍有1,700萬公里之遙 (約地球與月亮距離的44倍)，這樣的解析能力確實非常厲害，倘若你有此解析力的雙筒望遠鏡，當你在臺灣最北端的富貴角燈塔時，便能看到在臺灣最南端的鵝鑾鼻燈塔上的一隻螞蟻。

來自 JPL 的 Davide Farnocchia 也表示：「從目前的分析結果看來，我們不僅將2068年的威脅完全排除，在往後的一百年阿波菲斯亦不會對地球造成威脅。藉由最新的可見光與地面雷達觀測資料，我們將2029年阿波菲斯繞行軌道的誤差從數百公里下修到僅數十公里，而這次

的估算也讓我們能更準確預測它的運動軌跡，因此我們才有信心地將阿波菲斯從危險名單中排除。」事實上，圍繞在地球周圍的近地小行星仍有許多，在 NASA 的近地天體研究中心 (Center for Near Earth Object Studies, CNEOS) 網站上，可以查到目前對地球具有威脅的小行星清單 (註：<https://cneos.jpl.nasa.gov/sentry/>)，此列表是一個自動化的監測系統，監視並估算著未來100年內可能對地球造成影響的小行星，原本阿波菲斯的杜林危險指數 (Torino scale) 是二級，意指該物體會接近地球，但不會太過於接近；不過隨著後來的追蹤觀測，阿波菲斯的杜林危險指數已經更新為零級。

三月份的電波雷達觀測對阿波菲斯的外觀也有更進一步的瞭解，目前已知阿波菲斯的輪廓呈現雙瓣型，有點類似杏仁的形狀，這樣的外型在大於200公尺的近地小行星中算常見，至少佔

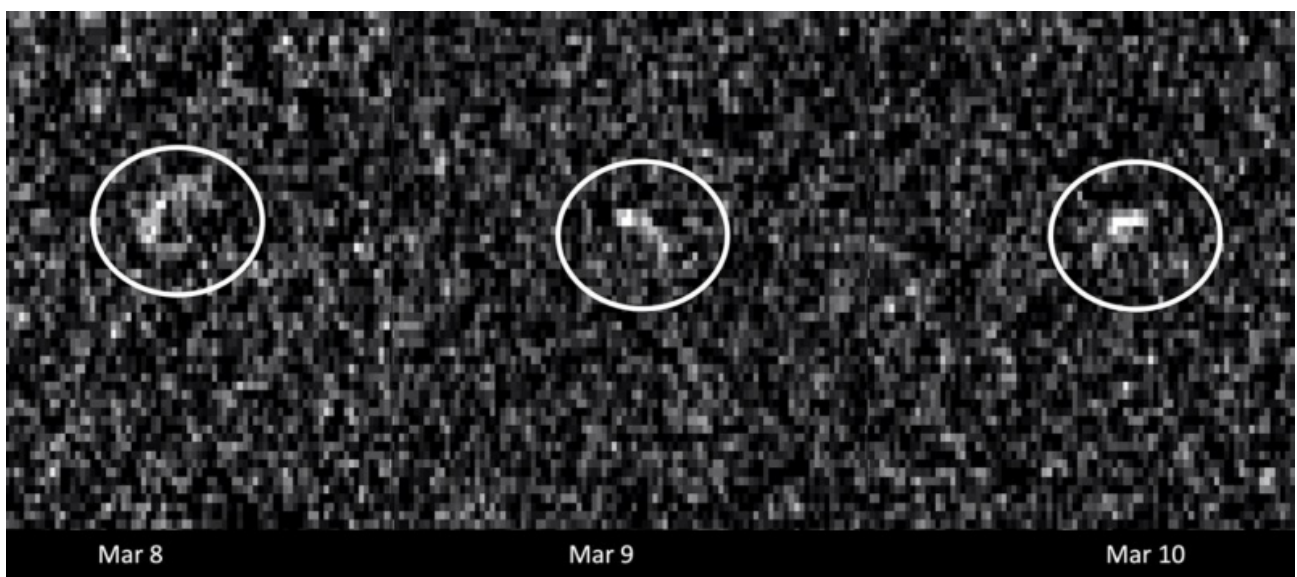


圖2. 影像由左至右是阿波菲斯分別於2021年3月8、9、10日天文學家用金石電波天文臺及綠堤天文臺的電波望遠鏡觀測結果。當時該近地小行星約在1700萬公里之外，影像上的每個像素解析度約38.75公尺。©NASA



圖3. 依據光變曲線建構出的小行星99942可能外形。(圖片來源：Wiki)

有六分之一。除了小行星軌道分析與外型，JPL團隊還希望能了解阿波菲斯的旋轉速率與自旋狀態 (rotation rate and spin state)，當阿波菲斯於2029年近距離掠過地球時，可能會受到地球引力場的影響而出現小行星地震 (asteroid quake)，這幾項參數有助於天文學家分析地球引力對小行星帶來的影響。目前科學家認為，阿波菲斯在2029年飛掠過地球時，它的表面可能會受引力拉扯而造成局部破碎或是改變外形輪廓，而其運行方向也可能會受引力影響而改變。來自麻省理工學院的行星科學家 Richard Binzel 表示，這將會是一場精彩的大自然實驗，若地球引力足以使小行星的表面因地震而破碎，我們將有機會由內而外的觀察小行星，這將是一個難能可貴的機會！

小行星阿波菲斯將於2029年4月13日以大約 31,500公里的距離經過地球，這比一些近地人造衛星的軌道還低，其亮度有機會等同於星等 3.5 等的亮星，位於東半球的我們甚至有機會肉眼看到阿波菲斯。JPL 的科學家 Jon Giorgini 認為最佳的觀測位置在坦尚尼亞的吉力馬札羅山 (Mount Kilimanjaro)，也是非洲的最高峰 (5,895公尺)。當小行星經過天頂時由於大氣消光較小，該星甚至能達到星等1等的亮度，這裏所謂的亮度並非小行星自行發光，而是反射太陽光。這對天文學家來說也是前所未有的好機會，可以近距離的觀察太陽系的遺骸，而無需顧慮他會對地球帶來立即性的危險。

參考資料：

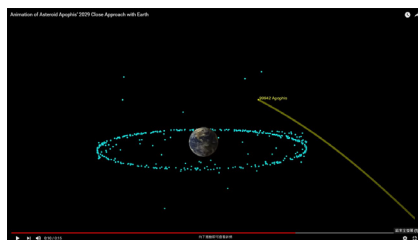
<https://www.jpl.nasa.gov/news/nasa-analysis-earth-is-safe-from-asteroid-apophis-for-100-plus-years>

<https://skyandtelescope.org/astronomy-news/asteroid-apophis-will-miss-earth-in-2068/>

<https://www.space.com/asteroid-apophis-march-2021-flyby-science-preparations>

林建爭：美國夏威夷大學天文研究所  
泛星計畫博士後研究員  
王品方校稿：美國夏威夷 專案文物修復師

YouTube相關影片：



阿波菲斯於2029年掠過地球的模擬

<https://www.youtube.com/watch?v=hjJlyZKbHqc>



著名的小行星大小比較

<https://www.youtube.com/watch?v=bSkPNMjRRio>