

# 天聞

中華民國111年

春季號

中研院天文所季報

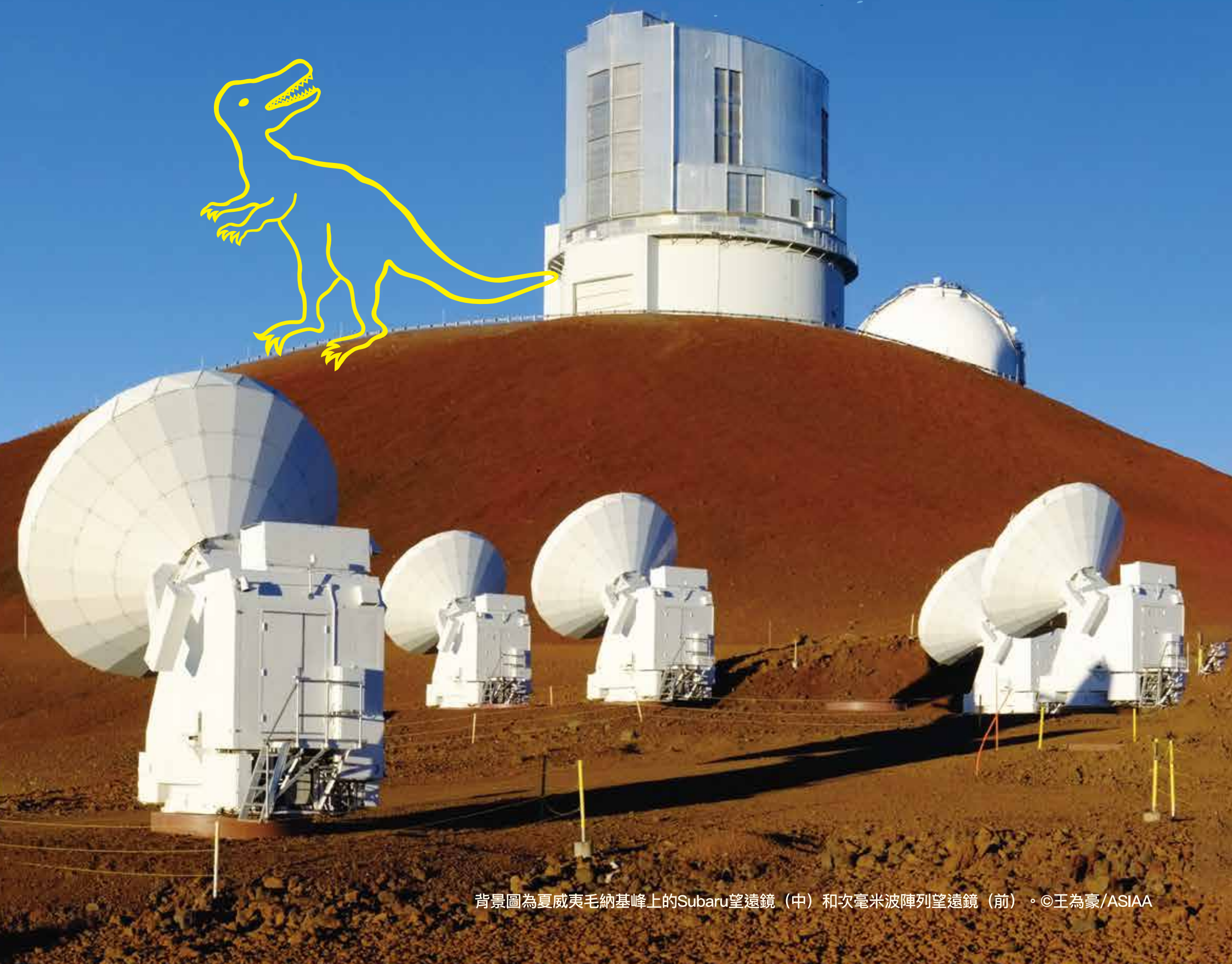
ASIAA Quarterly Press

<http://www.asiaa.sinica.edu.tw>



## 一起抬頭看

## 太陽系小天體



背景圖為夏威夷毛納基峰上的Subaru望遠鏡（中）和次毫米波陣列望遠鏡（前）。©王為豪/ASIAA

## Just Look Up ! 簡介改變小行星軌道的計劃：

# DART

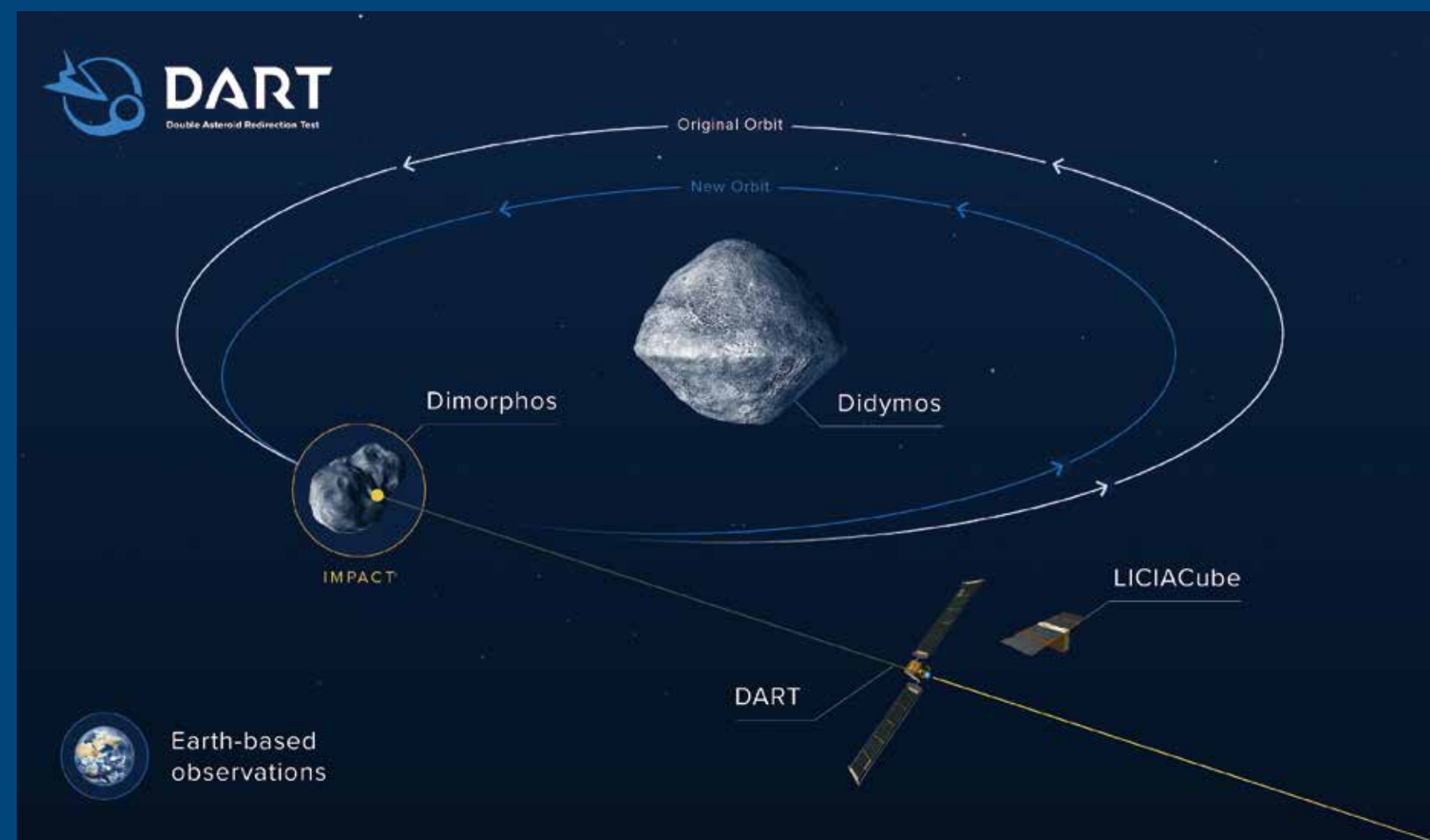
作者 陳英同

一個足夠大的小行星撞擊地球後，可能會造成大規模並且毀滅性的爆炸、海嘯或是長期的氣候改變。這種撞擊事件，目前已知是古代恐龍滅絕事件最有可能的原因。可想而知，假如這種類似的撞擊發生在現今的地球上，一定會造成大部分國家、人類、或是所有生物的重大毀滅。按照我們

在月球上或是地球上所觀測到的隕石坑，幾乎可以說，地球確定會被一顆毀滅性的小行星擊中，只是我們不知道什麼時候會發生。在面對小行星撞擊地球這種機率還不是很確定但是危害很大的天文事件，未雨綢繆總比臨渴掘井來的好。除了利用大大小小的望遠鏡仔細巡天，找尋可能的近

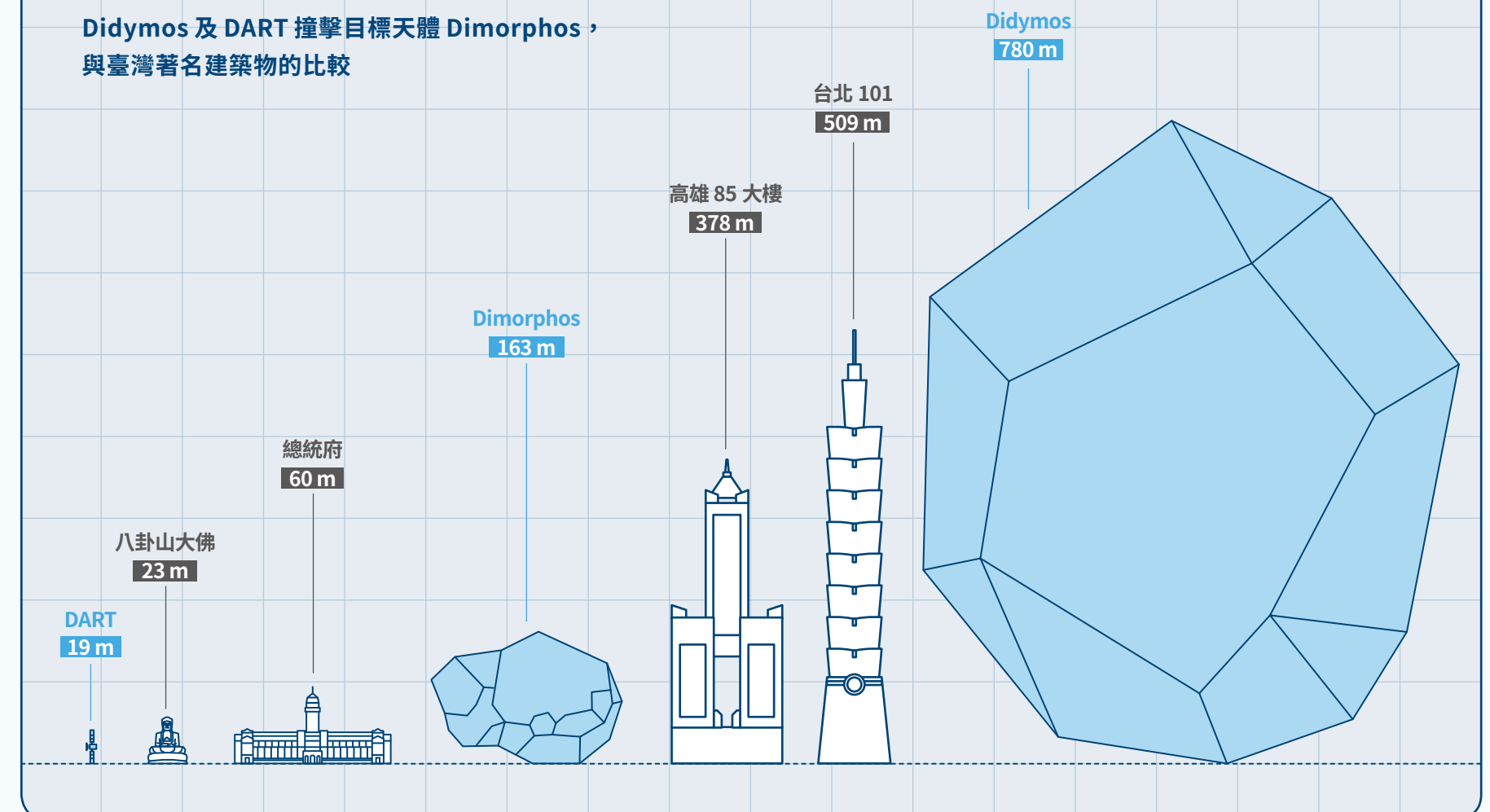
地小行星，確認它們軌道與地球交會的機率外，預先構思一些潛在的解決方案也是非常重要的作為。

天文學家、工程學家、理論物理學家在這十幾年來陸續提出了各種可能方案，希望將撞擊機率盡可能的降低，例如：(1) 利用微重力牽引機，在撞擊之前的數十年間去推拉小行星，使其離開目前的高風險軌道，(2) 利用離子束來長期推移小行星離開現行軌道，(3) 或是利用撞擊來改變小行星的運行軌道。



DART 計劃的示意圖（不代表實際物體與軌道大小）。©NASA/Johns Hopkins APL

Didymos 及 DART 撞擊目標天體 Dimorphos，  
與臺灣著名建築物的比較



Double Asteroid Redirection Test（雙小行星改道測試，簡稱為 DART）就是現在正在執行的計劃之一，dart 的英文意思是飛鏢，剛好符合這個計劃的意象，類似對小行星射一個飛鏢。這項耗資超過 90 億台幣的計劃目的地是一顆直徑約 780 公尺、編號為 65803 Didymos 的小行星，希臘語的意思是雙胞胎，因為 2003 年發現它其實是有一顆直徑約 160 公尺伴星 Dimorphos 的雙小行星系統。DART 的飛行器在 2021 年 11 月 23 日由 SpaceX 的 Falcon 9 火箭發射，預計在 2022 的九月底，以超過 500 公斤伴以秒速 6.6 公里撞擊 Dimorphos（注：撞擊目標為小顆的伴星，不是大顆的主星）。跟以往的太空撞擊計劃不同，例如 2005 年的 Deep Impact 是發射撞擊物，此次是「自己」撞上目標，撞擊前拍攝 Dimorphos 的表面地形，而且會預先在十天放出一顆「自拍小衛星」來觀測撞擊過程。DART 的撞擊時間也設計在幾乎是最靠近地球的時候（月地距離 30 倍以內）。雖然這個小行星雙星系統目前的軌道對於地球沒有威脅，但是它與地球相對接近，所以成了觀測撞擊實驗的絕佳對象，地球上的望遠鏡屆時都能夠觀測及測量。這個撞擊實驗只會極小的改變這個

伴星的軌道週期，預計在數個月內就能觀測到軌道的改變，改變幅度約在 1%，相當於 12 小時的公轉週期縮短 10 分鐘，這個微小改變會隨著時間的推移被不斷放大。這個任務的重要性在於，科學家實際上對於撞擊拋射物帶來的反衝力還不是很了解，也就是這個計劃的撞擊資料能夠幫助科學家構建出更加精確的模型，在未來真的面對即將撞擊地球的小行星時，能夠降低計劃失敗（人類毀滅）的風險。

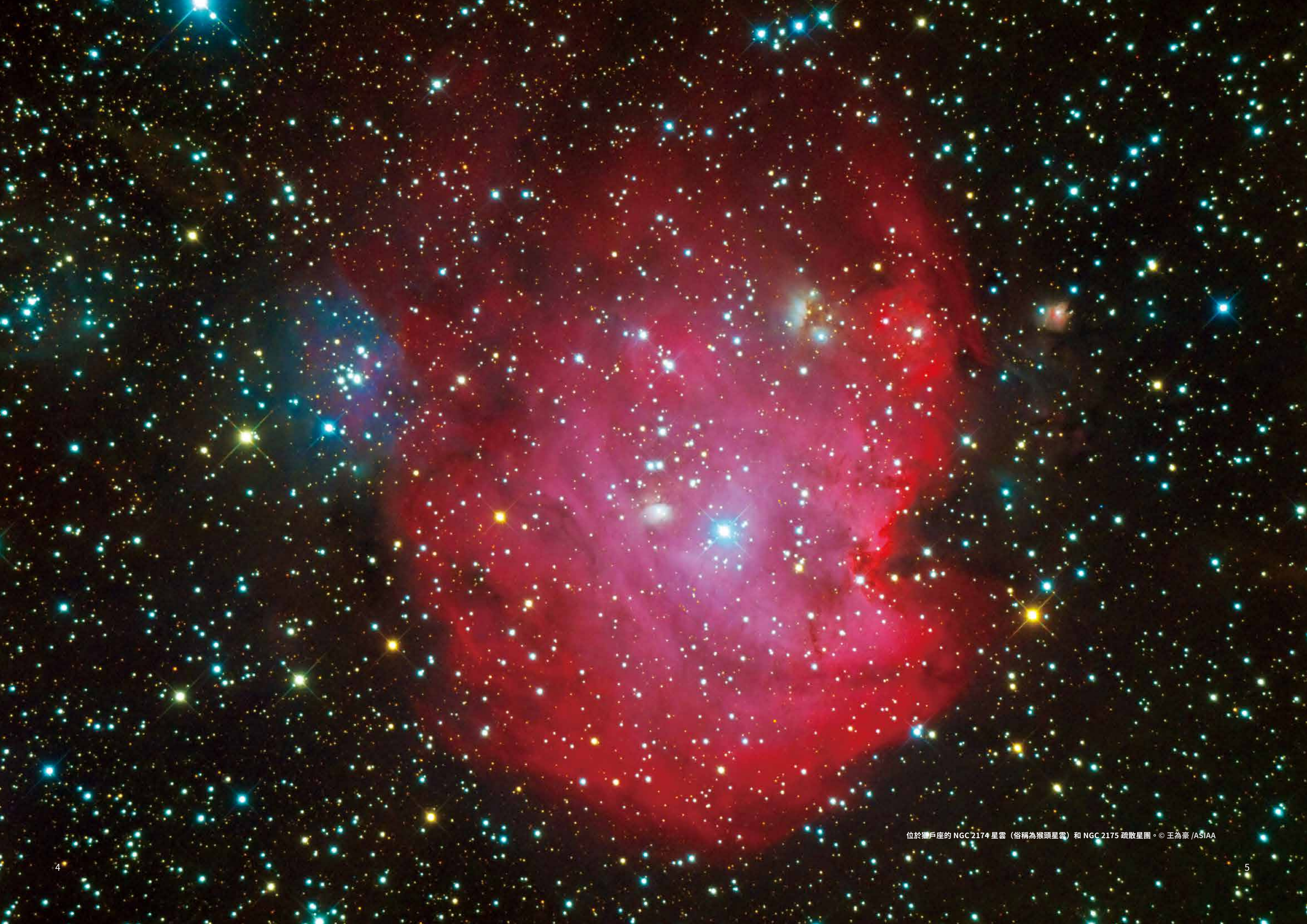
原本歐洲太空總署（ESA）計劃與美國國家航空太空總署（NASA）的 DART 合作，進行一個名叫 AIDA 的計劃，預先發射一顆叫 AIM 的太空船到 Didymos，長期觀測這個雙星系統的表面組成以及內部結構，並提供這些資料給 DART 的團隊以調整撞擊器的設計，當然也會觀測整個撞擊的過程，但是此計畫因故而取消。然

而 ESA 在 2019 年重新通過計劃，將會在 2024 年發射名叫 Hera 的探測器，在 2027 年到 Didymos 去觀測更多撞擊結果的細節，另外 Hera 還會帶上兩顆小型立方衛星來進行雷達探測以及影像觀測。

目前天文學家已發現了大約 1000 顆直徑一公里的小行星。監控資料顯示，這些這麼大顆的小行星在幾世紀內沒有撞擊風險（注：滅絕恐龍的小行星估計約 10 公里大）。但是 100 公尺以上的小行星卻還沒被完整的追蹤，估計還有 60% 以上還未被發現，這個大小的小行星（也就是 Dimorphos 的大小），在適當的撞擊速度及角度是能夠輕易的摧毀地球上的大型城市或區域。DART 計劃是人類有史以來首度嘗試去改變天體的運行軌道。我們不確定什麼時候會有撞擊事件發生，但是我們非常確定不希望有有生之年看到它發生！



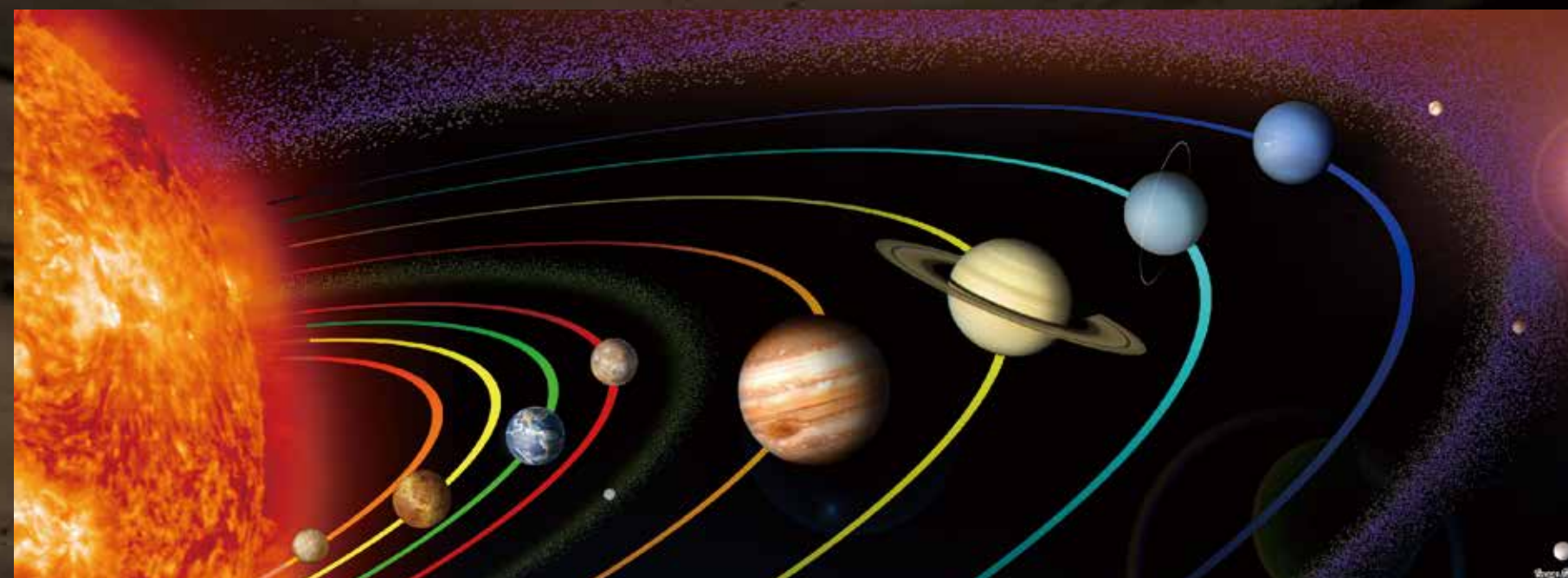
DART 太空船與地球及小行星的軌道相對位置可參考『雙小行星改道測試』維基網頁的動畫示意圖（網址請掃 QR code），其中藍色軌跡是地球軌道、紫色是 DART、綠色是 Didymos 小行星的軌道，可以看到 DART 並非直線往 Didymos 小行星飛去。



位於獵戶座的 NGC 2174 星雲（俗稱為猴頭星雲）和 NGC 2175 疏散星團。© 王為豪 / ASIAA

# 太陽系的活化石——小天體

作者 章展誥



初生太陽系的插畫示意圖。  
© NASA/JPL-Caltech

主帶小行星（綠色暗帶，上面的白色小點是矮行星穀神星）和海王星外天體（紫色暗帶，上面的兩個白點代表矮行星冥王星和鳥神星）在太陽系的位置示意圖。©NASA/JPL/Image Editor 維基百科

當今網路便利、搜尋引擎發達、社群媒體蓬勃，資訊的流通與取得非常便捷。撇除真實性與可靠度，內容若不夠聳動也難以誘發點擊率、關注程度與轉發。因此，近十年來最容易見到關於小行星的消息，便是哪一個小行星可能會在某某年有機會撞擊地球，或者是哪一顆小行星以幾分之幾的地月距離掠過地球，以一種世界末日可能到來的觀點切入報導。然而，小行星真的如此恐怖嗎？其實不然，太陽系內極大多數（>99.9999%）的小行星以一種非常優雅而穩定的狀態繞行著太陽，只有極少數的小行星對地球有潛在性的威脅，比中樂透還難。

太陽系除了我們的母星——太陽外，還有八大行星；而在行星之間尚有許多大大小小的行星在不同位置盤踞著。如果以台灣的大小類比，太陽在頭，水星、金星、地球與火星則分布在台北市內，而木星、土星、天王星與海王星則在桃園、苗栗、雲林與高雄，矮行星冥王星約在墾丁。在木星以內通常稱為內太陽系，以外則為外太陽系。太陽系存在著三個主要的小天體族群，分別是位於火星與木星軌道間的主帶小行星（Main-Belt Asteroids）、在木星軌道旁的木星特洛伊小行星（Jupiter Trojans）與在冥王星軌道區域的海王星外天體（Trans-Neptunian Objects）。這三個族群不太受行星的重力干擾，因此以非常穩定的軌道存在著，幾乎在太陽系剛形成不久後就沒有離開過。除此之外，在火星軌道以內與在木星與海王星軌道間另有兩個為數不多的小行星族群——分別為近地小行星（Near-Earth Asteroids）與半人馬小行星（Centaur），這兩個區域有複雜的行星重力干擾而使得他們的軌道不太穩定，大概停留個百萬年便會逃離這兩個區域；有趣的是，這兩個族群都維持一定的數量，所以有穩定的來源持續補充著。半人馬小行星的來源目前還沒有定論，但是近地小行星則是來自主帶小行星，由於主帶軌道內有數個與木星軌道的共振區，所以處在這些共振區的主帶小行星就有機會被木星的重力甩成近地小行星。有一些近地小行星會通過地球軌道，如果一個近地小行星的直徑大於 150 公尺、且其軌道與地球軌道最小相距小於

19.5 個地月距離，則被視為具潛在性的威脅，因為他們若撞擊地球會造成相當程度的損害，所以近十年來太空防衛的概念與發展逐漸成形。

小天體被稱為太陽系活化石，其物理性質改變少，保留著形成時的原始特性，因此是太陽系考古的重要環節。在 90 年代，我們認為太陽系透過一個平和的過程形成，太陽在中心誕生，並伴隨著一個巨大的拱星盤，其溫度由內而外逐漸遞減。而微行星（planetesimals）在拱星盤上形成，在某些區域進而聚集變成行星，其他的則被遺留下成為小天體。在溫度較高區域形成的小天體由被加熱過的物質組成，而在溫度較低區域則由較原始的物質組成，因此理論上小天體組成物質在拱星盤上由內而外呈現一個漸進式的分布，在當時的內太陽系小行星的觀測資料也驗證了這個現象。然而，在 2000 年後，更多小尺寸小行星觀測資料被取得後卻發現，小尺寸小天體的組成物質分布卻遠比 90 年代理解的來得複雜許多，而且內太陽系的木星特洛伊小行星竟然與外太陽系的海王星外天體的性質分布有一些類似，這使得行星科學家開始認為太陽系形成早期可能不如當初想像的那麼平靜。在 1984 年，費南德茲與葉永恒提出了行星遷移理論。在太陽系形成初期，由於拱星盤上尚有許多微行星，因此行星可藉由與微行星間的軌道角動量交換而造成其軌道的改變，在某一些特別的狀況下甚至會造成行星間的軌道交換。如此的軌道變化使得拱星盤受到嚴重的重力擾動，進而讓原本存在外太陽系的微行星有機會進入內太陽系被捕捉而留在內太陽系，使得目前空間上不相關的內外太陽系的小天體族群有性質分布上的相似之處。此外，主帶小行星也有機會在主帶內遷移，使得原本在內主帶上的跑到外主帶上，反之亦然。雖然目前許多觀測證據顯示在太陽系早期行星的確有遷移過，但是如何遷移尚未有定論，許多太陽系形成的細節在數據模擬下尚無法體現，對於整個太陽系小天體的觀測資料也尚未齊全。我們期待在不久的將來，在模擬運算與觀測技術雙重突破下，能讓我們對太陽系的形成能了解得更透徹。

# 宇宙電波爆

## 精確定位到一個令人驚訝的位置

天文學家找到至今最接近地球的快速電波爆（簡稱 FRB，詳情請參閱天聞季報 2020 秋季號），這是一種神秘的閃光源，每次閃光只持續千分之一秒。快速電波爆是無法預測的、來自太空的極短閃光。自 2007 年首次發現，但目前只有電波望遠鏡看到過。然而，這種只有千分之一秒的爆發能量卻相當於太陽一天發出的能量。每天可以在天空中看到幾百次這種閃光，大多數都距離地球很遠，遠至數十億光年外的星系中。

近日一個國際團隊在《自然》期刊上發表新的觀測結果，本所特聘研究員兼所長彭威禮、資深研究天文學家包傑夫以及博士後研究林修賢皆為論文共同作者。這次的觀測目標是位於大熊座的重複爆發源，分析測量結果後發現重複的電波閃光來自鄰近的螺旋星系 M81 外圍，距離我們約 1200

萬光年。這是目前偵測到最近快速電波爆發源，而且該位置恰好是一個球狀星團裡，是由非常古老的恆星組成的緻密星團。

許多快速電波爆都是在年輕大質量恆星附近發現。科學家們開始相信，可以在稱為磁星的天體中產生快速電波爆。磁星是恆星爆炸後留下的極緻密殘留物、是宇宙中已知最強大的磁鐵，之前認為不會被古老恆星包圍。因此，科學家們認為，這次的電波閃光來源是之前曾預測、但從未見過的：當白矮星的質量大到足以在自身重量下塌縮（collapse）時形成的磁星！

假以時日，像太陽這樣的普通恆星會變老，變成小而緻密的明亮天體，稱為白矮星。星團中有許多恆星是雙星系統，在星團數以萬計的恆星中，有幾顆恆星距離夠近，可以從另一顆恆星那裡吸取物質。如

果一顆白矮星能夠從它的伴星身上獲取到夠多的額外質量，它就可以變成一種密度更大的恆星，稱為中子星。這是一種罕見的情況，但在一群古老的恆星中，這是製造快速電波爆最簡單的方法。

天文學家進一步研究觀測資料，發現有些閃光持續時間比預期的還要短。閃光在短短幾十奈秒內就會閃耀，這表示它們來自一個很小的空間，大小甚至可能只有幾十米。在蟹狀星雲中的脈衝星，也可以看到這種很快的閃光訊號。它是西元 1054 年在金牛座方向看到的超新星爆炸，之後留下的微小、緻密的殘餘物。磁星和脈衝星都是不同種類的中子星：具有太陽質量的超高密度天體，體積約為一個城市大小，並且具有強磁場。這表示我們確實看到了磁星，而且是在以前從未發現過磁星的地方！

（摘自本所新聞稿）

