

原子慘遭壓碎 中子星剩什麼？

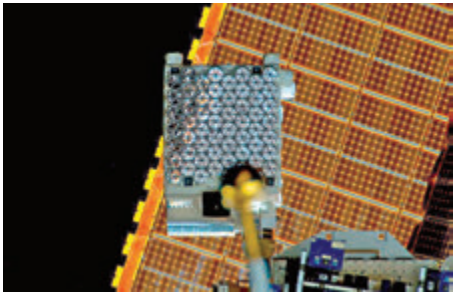
科學講堂

上一次和大家談到了「中子星」這種星體：當某些星星耗盡內部的燃料而要「死亡」，最終就會因為無法負荷本身的重量而進一步收縮；強大的壓力，甚至大到可以把原子壓碎而變成中子。這種星體就被稱為中子星。它們的壓力、密度有多高？一顆典型的中子星的質量可以比太陽還要多百分之四十，但其直徑卻可能只有大約20公里，也就是從元朗到上水的距離，因此我們可以嘗試想像將比太陽還要重的物料全部塞進比香港更要小的空間：其巨大的密度可想而知。如此令人震撼的密度當然會在中子星的中心造成極大的壓力，因此天體物理學家其實一直在設想，在中子星的中央物質究竟是以何種形式存在？今天就跟各位分享一下一些相關的研究計劃。

中心壓力太大 或許只剩夸克

大家可能已經聽說過，原子核中的質子及中子其實是由三顆更微小的粒子所組成的；這些更小的粒子叫作「夸克 quark」。其中一個猜想，是中子星中心的壓力其實太大了，中子早已被進一步壓碎，以夸克的形式存在着。另一個可能性，就是中子星中心的高能量令其他日常罕見的夸克更容易出現（比如說所謂的「奇夸克 strange quark」），因而組成類似中子的其他粒子。（中子、質子之中沒有「奇夸克」；類似中子但含有「奇夸克」的粒子一般統稱為「超子 hyperon」。）自然這些並不是唯一存在的可能性。

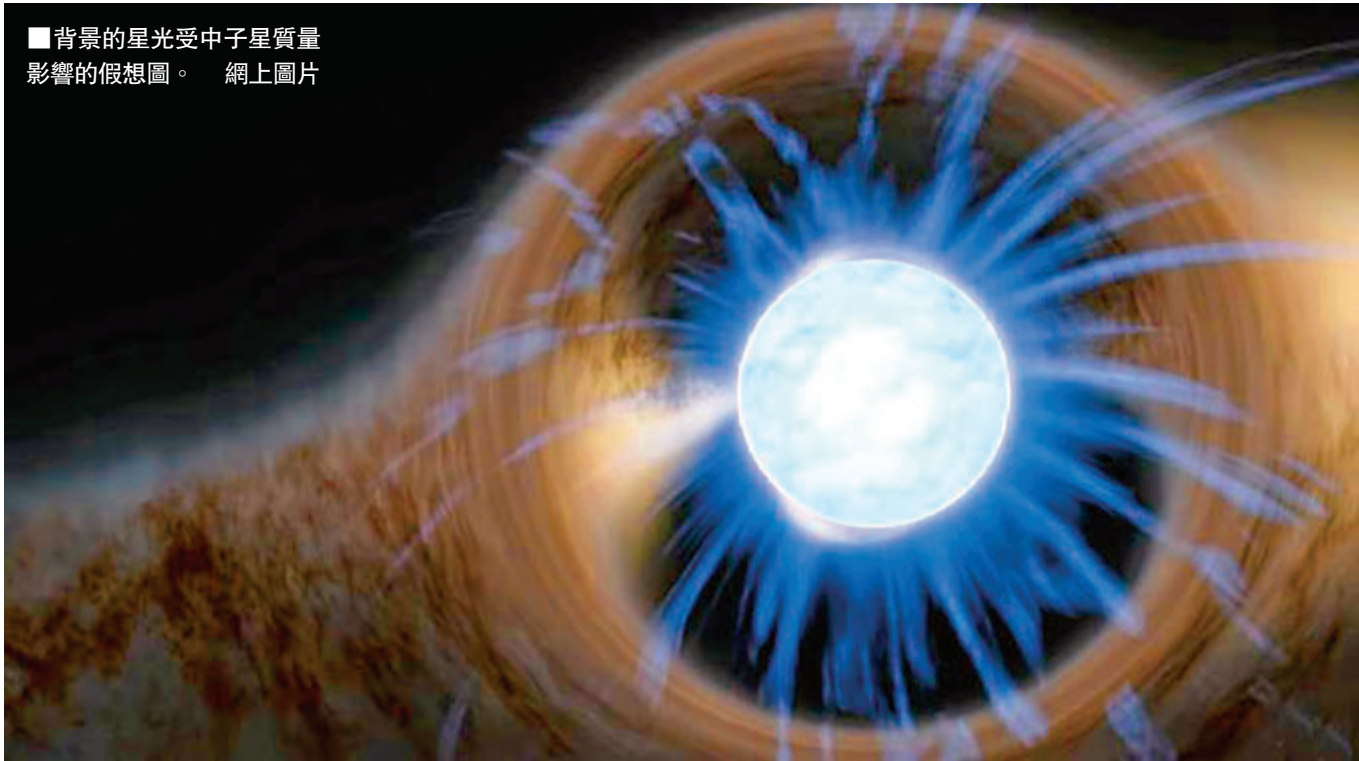
然而，中子星距離我們十萬八千里，其中心更是難以企及，我們如何可以得知它們的內部是怎樣的？其中一個可能的方法，就是依賴不同物質對壓力、密度的不同反應：試想像兩件物件的重量相同，一件以較容易擠壓的物料造成，另外一件的



■現已安裝在國際太空站上的「中子星內部成分探索者」。

網上圖片

物料卻較為剛強，兩者的大小自然不會相同。（例如一個以鋼鐵製成的球與另一個橡膠球，倘若兩者質量一樣，大小自然不會相同。）同樣道理，量度中子星的體積與質量，或許能告訴我們其中心的玄機。假若我們能觀測到質量相近但大小迥異的中子星，我們甚至可能推論出內部成分不同的中子星：或許中子星達到某個質量，其中心就會由一種狀態變成另一種。



量度熱點X光 計算星體質量

現已安裝在國際太空站上的「中子星內部成分探索者 Neutron star Interior Composition Explorer」（簡稱 NICER）就是為此而設的設備。其實除了高密度這個特色以外，中子星還會高速旋轉，並且發射出強烈而複雜的輻射。因此在我們的角度看來，中子星其實真的很像一座燈塔：中央的一枚大燈泡在不斷自旋，將光芒向四方掃射。中子星表面的磁場也是很強很複雜，以致表面一些部分會比其他部位更光亮、發出更強的輻射。NICER 之上正好就有56個精密的望遠鏡去準確地觀測從這些「熱點」發射出來的強烈X光，因此能夠清楚捕捉到這些「熱點」如何在中子星的表面上移動，再進而計算出中子星的大小。觀察這些X光原來也可以容許我們推導出中子星的質量：根據愛因斯坦的廣義相對論，質量可以扭曲空間，以致

包括X光在內的光線的移動也受到影響；反過來說，知道了X光受到質量的影響有多少，我們就可以找出中子星的質量。

有關中子星的研究，看來在近年將會愈來愈精彩！不過縱然有NICER的準確儀器，也不一定能夠馬上斷定中子星的中心是什麼。可是這看來就是科學的一般進程：在許多人的持續努力下，我們慢慢地一步步向前進步。

■張文彥 香港大學理學院講師

短暫任職見習土木工程師後，決定追隨對科學的興趣，在加拿大多倫多大學取得理學士及哲學博士學位，修讀理論粒子物理。現任香港大學理學院講師，教授基礎科學及通識課程，不時參與科學普及與知識交流活動。

巧算中的疑問

奧數揭秘

初初接觸奧數的人，多數都是由巧算題開始，就是怎樣把平常的加減乘除計得快一點。當中的問題，固然是特別設計的，學習重點在於明白怎樣把巧算的技巧應用在平常的運算中。由初時學生未懂巧算技巧，到由特殊設計的問題中，理解到巧算技巧，再由日常在計算術時的觀察中，漸漸應用到各樣的巧算技巧，加快運算速度，這就是學習巧算的過程。這次介紹一道巧算題。

問題：計算 $1^2 - 2^2 + 3^2 - \dots - 1998^2 + 1999^2$ 。

答案：考慮恒等式 $a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$ ，
留意到 $-2^2 + 3^2 = 3^2 - 2^2 = (3+2)(3-2) = 2+3$ ，
類似地有 $-4^2 + 5^2 = 4+5$ 。
因此原式化為
 $1+2+3+\dots+1998+1999 = \frac{1999 \times 2000}{2} = 1999000$ 。

解題過程中，除了用到恒等式，也用上了 $1+2+3+\dots+n = \frac{n(n+1)}{2}$ 的求和公式，這個求和公式太出名，這裏就不詳述。不難發現，若果最右邊的項不是 1999^2 ，而是再大一點的數，比如 2999^2 時候，只要順着恒等式的想法，改改數字還是做得到。

改數字看來容易，但若果改的不是最右項底下的數1999，而是改指數上的數字，那就會難起來，比如計算 $1^3 - 2^3 + 3^3 - \dots - 1998^3 + 1999^3$ ，題解裏的恒等式就不管用了，因為各項都不是2次。跟題解裏2次的恒等式差不多的，也有3次的形式，比如 $a^3 - b^3 = (a-b)(a^2 + ab + b^2)$ 。只是這樣做下去，當中有些項比如 $-2^3 + 3^3 = (3-2)(3^2 + 3 \times 2 + 2^2) = 2^2 + 2 \times 3 + 3^2$ ，看起來就不簡單。沿着這個思路好像會挺多曲折，但其實也有辦法的，就是把算式化成 $1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + 1999^3 - 2(2^3 + 4^3 + 6^3 + \dots + 1998^3) = 1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + 1999^3 - 16(1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + 999^3)$ ，然後再知道 $1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + n^3 = \frac{n^2(n+1)^2}{4}$ 就可以了。有興趣的讀者可以試做看看。

單是上文提到的公式已有兩條，那若是不懂什麼

公式的話，要怎樣探索這道問題才好？老實說，不懂公式，也可以作為一個問題，繼續思考下去的，閒時在網上找找資料，或者找找書都可以，未必一定要答得很徹底，因為這個問題是自己提出來的，不是什麼功課，也不是什麼考試升班那回事，不會做不到就有什麼壞後果。

比如之前的問題，也有些沒常見公式的問法，例如把指數改成根號，即是怎樣計算 $\sqrt{1} - \sqrt{2} + \sqrt{3} - \dots - \sqrt{1998} + \sqrt{1999}$ ？這樣就未必很易計到準確值了，那就可以轉個問法，例如可以問它的範圍，大概在哪兩個連續整數之間。

這些問題看來有點難，只是也沒需要一朝一夕就懂，或者讀多了一點之後，知道的工具多了，又會有新的看法。閒時把舊的巧算題推廣一下，推廣到有些自己未答得出的問題，留在腦海裏，久而久之，也是一種趣味。

求學的時候，平常把自己未能解決的問題記下來，閒來思考一下，是好的習慣。生活裏有許多等待的時間，比如等車等人，腦海裏其實也可以思索着各樣的事情，比如探索一下數學，那至少比閒着多一個選擇。

■張志基



■疫情出現後，口罩成為生活必需品。資料圖片

疫情影響生活 科技改善狀況

科技暢想

新型冠狀病毒 COVID-2019 疫情持續，全球死亡人數還在增加。實際死亡率5.5%這個數字，讓香港至少60間廠商設立製造口罩的生產線，以前從來沒有想過口罩這種醫護人員的配備竟然成為我們每一個人的生活必需品。

在口罩下生活，我們減少了化妝，減少了表情，我自己甚至連說話都減少了。我以前完全不懂分辨口罩品質，現在買口罩都會仔細看清三個標準，細菌過濾率（BFE）、微粒子過濾效率（PFE）、病毒過濾效率（VFE）。畢竟戴着口罩，也不是件輕鬆的事，既然戴了，就希望將

防護做得更好，所以起碼能夠阻隔到98%以上細菌才會考慮購買。

幾個月前，我們急著搶購口罩，現在，大多數人家中都有一點儲備。但問題還沒有完全解決，包括大量用完的口罩所引致的環保問題、手機沒法使用人面識別解鎖等等，這些大大小小的問題都跟我們生活息息相關。美國廠商成功開發出全球第一個透明口罩，應用碳過濾、紫外線及即時數據分析技術，做到自動消毒及通風效果，阻隔細菌99.9997%，是一個可穿攜的空氣清新機，它的原材料矽更能被分解、重複使用。

在這個艱難的時候，每日單看新聞，已經夠讓一般人疲憊。另一邊廂，也有種Ironman型的人，就算被逼至困境、資源緊絀，仍然將自己的信念堅持到底，甚至做出新發

明。疫情期間，有人研究疫苗，有人發明口罩。在生活點滴中，能夠欣賞科技怎樣提升我們的生活質素；在遇到狀況，想要運用科技能夠改善狀況。

如果有這種想法，不妨趁年輕，多研究科學及工程的知識，科學和工程知識都同樣是科技發明的基礎，運用理性、邏輯和系統化方法探索知識，擁有這些知識，才可以將天馬行空的科技理念，落實成為發明。

同時，我誠意邀請各位小學生及中學生參與本會所舉辦的「全國青少年科學影像節」，參與比賽固然有機會獲得獎項殊榮，參觀比賽同樣可以增廣你的見聞、啟發你的小宇宙。詳情請瀏覽本會facebook及網址。學會欣賞別人的成功，世界會很不一樣。

■趙穎詩

簡介：本會培育科普人才，提高各界對科技創意應用的認識，為香港青年人提供更多機會參與國際性及大中華地區的科技創意活動，詳情可瀏覽www.hknetea.org。

