

# 量度碳14含量 斷定文物「歲數」

## 科學講堂

長久以來，人們一直致力於更準確地計時，更精準地斷定事件發生的時間和物品的「歲數」。之前就和大家討論過，如何透過更仔細地了解原子、離子這些微小的粒子，來製作更精確的時鐘。那麼較為古遠的物件，比如從西伯利亞挖掘到的早期人骨，我們又怎樣知道它是屬於哪個時代的呢？各位可能早已聽說過「放射性碳年份法（radiocarbon dating）」這個技術；今天就和大家講解一下背後的原理，以及近日有關這個技術的重大發展。

### 元素放出輻射 衰變成新元素

上一次已經和大家說過，要量度並計算時間，我們需要利用一些固定的重複的現象，例如固定升降的太陽，或是從原子發放出來、頻率固定的輻射。不過，要斷定物品的「年齡」和事件發生的時間，難度可能就更高，因為我們需要確定這些重複的現象，從過去到現在就一直在固定地進行着；假如這些現象並不是絕對固定重複的，我們就需要知道它們在以往有怎樣的改變。



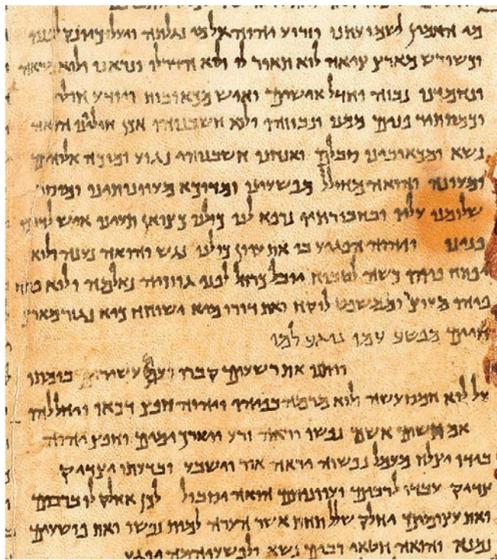
■燃燒化石燃料會改變大自然的碳14含量。圖為海上鑽油台。 資料圖片

放射性元素的數量，那麼我們只需要測量物件現有的放射性元素數量，就可以推斷出中間經過了多少時間了。

這就好比原來我的口袋中有一千塊，而（不知為何）我口袋中的錢每天都會有一半不見了；幾天後我發現口袋裏只有二百五十塊，我們還是可以計算出當中其實過了多少天。

十九世紀初期，多位科學家如貝克勒和居里夫婦等等，發現和研究的輻射現象，成為了我們確定物品「年齡」的重要工具。他們發現一些現在被稱為放射性元素的物料，會以固定的速度轉化成另外一些元素，而在這個過程之中會放出輻射，比如X光，我們稱之為衰變。

由於這些輻射是來自那些放射性元素的，自然地放射出來，被我們量度到的輻射愈多，就代表存在的放射性元素愈多。假如我們能夠預先清楚地量度出放射性元素衰變的速度，例如每隔多久現存的放射性元素就會減少一半，再加上知道原來放



▲科學家們一直在利用樹木年輪和其他方法去改進碳14年份法。 網上圖片

◀要斷定死海文卷這類物品的「年齡」，「放射性碳年份法」是個常用的方法。 網上圖片

### 碳14非處處一樣 參照年輪改良方法

如何將這個方法應用到考古文物之上？考古文物例如遠古骨頭和古代工具，大多含有碳這種元素，而大自然之中，一定比例的碳是放射性的，也就是所謂的碳14。碳14主要來自太空的宇宙射線造成，而它們在大自然中的比例長久以來一直相對固定，也就是由遠古直至現在。

不過，對精益求精的我們，這個碳14的方法還是有改善的空間。這是因為碳14在大自然中的比例，其實並不是絕對的固定：核試、化石燃料的燃

可是動植物在死亡以後，自然不能繼續吸取碳14，因此碳14的數量就會因為衰變而慢慢變少。實驗室中的量度告訴我們，碳14的數量大約每5,700年就會減少一半；在測量了現在的碳14數量以後，我們就可以計算出這個動植物死了多久。

燒，都會改變大自然的碳14含量；海洋會吸取更多的碳14，而南半球有較多海洋，因此地球上的碳14含量並不是完全處處一樣。

正因如此，科學家們一直在利用其他的方法，例如參照其他放射性元素衰變的情況、樹木的年輪等，去改良這個碳14年份法，以求令其變得更加準確。最新的結果將會在幾個月內正式發布，但是部分結果，已經被用來更新其他的研究了。

■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。

## 十字相乘法與係數的關係

### 奧數揭秘

這次分享一道關於一元二次方程的問題，情景很常見。

問題：一元二次方程式  $ax^2 + bx + c = 0$  之中， $a$ 、 $b$  和  $c$  都是整數。若方程的解都是有理數，證明： $a$ 、 $b$  或  $c$  中，必有一個雙數。

答案：假設  $a$ 、 $b$  和  $c$  都是單數，設有理數解為  $\frac{p}{q}$  和  $\frac{r}{s}$  其中  $p$ 、 $q$ 、 $r$  和  $s$  都是整數。則有

$$(px - q)(sx - r) = 0$$
$$psx^2 - (pr + qs)x + qr = 0$$

由於  $ps$ 、 $-(pr + qs)$  和  $qr$  分別是單數  $a$ 、 $b$  和  $c$  的因數，因此亦為單數。

因為  $ps$  和  $qr$  都是單數，所以  $p$ 、 $s$ 、 $q$  和  $r$  都是單數，但這會推出  $-(pr + qs)$  是雙數，矛盾。因此  $a$ 、 $b$  和  $c$  之中，必有一個雙數。

題解中要留意的是，算式  $psx^2 - (pr + qs)x + qr = 0$  當中，雖然看來跟原本的算式  $ax^2 + bx + c = 0$  很相似，但不能說  $a$  就是  $ps$ ， $c$  就是  $qr$  之類，因為可以是差了一個倍數的。比如  $4x^2 + 2x - 2 = 0$ ，解是  $2$  和  $-1$ ，但如上邊的做法，把算式寫成  $(2x - 1)(x + 1) = 0$ ，展開後得出的算式卻是  $2x^2 + x - 2 = 0$ ，各係數就相差了一個倍數。

這道題有趣的地方，是結論很常見，但沒留意的話真的一直不會發現。係數為整數的一元二次方程，解為有理數的，多數在解一些基本的一元二次方程、練習十字相乘法的時候，就會見過無數條相關的題目，但原來係數當中總有個雙數。說明白了，原理很簡單，但沒聽過的話就未必會留意到。

看奧數的題目，有時用欣賞的角度去看問題，也是挺好的，未必看來就難到不得了才算好。比如题目的情景很常見，結論卻是從前沒想過的想法，那也不錯。就像這次的情景和結論，若是論難處來說，可能未必有什麼挑戰性，但在看一些一元二次方程的時候，多了一個角度，長遠也豐富了思想。

從應用角度來說，若果見一元二次方程裏的係數都是單數，那就不能輕易做到十字相乘，直接用公式好了。比如  $3x^2 - 3x - 1 = 0$ ，係數都是單數，按這次的結論，要解就用公式，不用費神去試用十字相乘。

在平常做數學題的過程中，不時留意一下有什麼情景較普遍的，對學數學很有益處，就像在一個小地區的交通網絡上加多了幾條高速公路，長遠來說，方法也就更快了。

這些情景普遍的題目，好處明顯，但也是可遇不可求，就是想找也未必能找到多少。在艱難的問題裏，耐力練得夠好，遇着這些較淺易的技巧，一學就會了。若是一心去找些小工具，難找之餘也練不出什麼，一會就放棄了。

暑假快到了，學生多了時間待在家裏，閒時可以看看一些數學網頁，培養對數學的興趣。遇上難題時，有意志去鍛煉，不是一朝一夕想做就做得好的，背後都是靠興趣。興趣的來源，有時是些數學故事，有時是有趣的問題，有時是精彩的推理，這些都是依靠閒時體驗。

■張志基

## 領養「哥斯拉」 悟尊重生命

### 綠得開心@校園

根據環保署2017年的報告，香港固體廢物每日棄置量有大概一萬公噸，而當中大概三分之一是廚餘，大大增加了堆填區的負擔。本校早前參加了由港燈舉辦的「綠色能源夢成真」比賽，構思出綠色生命教室，解決廚餘問題之餘亦有利生態發展。

綠色生命教室包含三種概念，「綠色」代表環保，我們從報章得知，中大學者朱利民教授曾研究利用黑水虻幼蟲消化廚餘，隨後學生亦發現到世界各地學者也有相關研究，啟發我們嘗試使用黑水虻幼蟲處理學校產生的廚餘。同時，我們裝置的設備是透過太陽能板供電，避免使用非再生能源污染環境。

第二是「生命」，愛惜生命及尊重生命是我校宣揚的五個核心價值之一，為了將此訊息帶給本校中小學的師生，我們從香港兩棲及爬蟲協會領養了一隻被遺棄的盾臂龜，取名為「哥斯拉」，養殖在綠色生命教室之內，希望初中學生從照顧盾臂龜起居飲食中，學懂尊重生命。

第三個概念就是「教室」，藉着我們設計的裝置作為一個流動教室，能教育學生多種科學概念，包括蟲魚菜共生相關原理、盾臂龜的特徵和行為等知識，另外還設計了小實驗，讓學生感受一下用試紙驗水質的多種成分、



■同學設計及製作黑水虻飼養機，利用太陽能培育黑水虻幼蟲消耗廚餘，並配以種植及飼養龜，成為流動教室。 作者供圖

用水質計測試養魚水的混濁度，亦可利用uhandy顯微鏡接駁平板電腦，將黑水虻幼蟲放大觀察，最後高中學生就主力探討使用電能廚餘機和用黑水虻幼蟲處理廚餘的效能作比較。

我們改裝一部運貨的鐵籠車，頂部安裝太陽能板，而頂層就是「哥斯拉」的家，中層飼養黑水虻幼蟲處理廚餘，再用幼蟲餵飼下層的食用魚，魚缸水中的硝化細菌就可以將魚的排泄物轉化成營養素，灌溉掛在鐵籠車周圍的番薯藤，番薯藤便可作「哥斯拉」的食物，整個系統將物質循環，生生不息。我們將五種各具不同生存條件的生物共處在一起，包括黑水虻幼蟲、盾臂龜、食用魚、番薯藤及硝化細菌，成為五位一體的流動綠色生命教室，是大膽創新的嘗試。

反思整個研究過程並不順利，尤其是掌握黑水虻幼蟲的生命周期特別困難，畢竟飼養黑水虻是一個新嘗試，學生最初以白飯餵飼黑水虻幼蟲，發現牠們的生長非常緩慢，但並未氣餒，隨後嘗試使用不同組合的廚餘，有肉類、蔬菜及麵湯等等，令生長速度有所提升，可惜又遇上天氣開始轉寒，令牠們的消化廚餘速度及蛻變速度都比預期慢。

但無論如何，「綠色生命教室」確能帶給本校中小學生一個難得的機會，學習多種科學知識及科學探究的技巧。雖然比賽已結束，本校亦十分榮幸獲得優異獎，但我們並未停下來，繼續探究使用黑水虻幼蟲消化廚餘的效能及優化我們的裝置，將「綠色生命教室」的概念推廣至全港中小學。

■東涌天主教學校

（港燈「綠得開心計劃」「綠得開心學校」之一，2019「綠色能源夢成真」比賽優異獎）港燈綠得開心計劃，致力教導年輕一代及公眾人士培養良好的用電習慣，目前已有四百多間全港中小學校加入「綠得開心」學校網絡。如欲了解詳情，歡迎致電3143 3727或登入 [www.hkelectric.com/happygreencampaign](http://www.hkelectric.com/happygreencampaign)。

簡介：奧校於1995年成立，為香港首間提供奧數培訓之註冊慈善機構(編號：91/4924)，每年均舉辦「香港小學數學奧林匹克比賽」，旨在發掘在數學方面有潛質的學生。學員有機會選拔成為香港代表隊，獲免費培訓並參加海外重要大賽。詳情可瀏覽：[www.hkmos.org](http://www.hkmos.org)。

