

論述	大陸透視	法今天地	工作園地	科技新知	健康生活	生態保育	文與藝	文化臺灣	其他
----	------	------	------	------	------	------	-----	------	----

那體積幾乎為零的原始火球，膨脹程度大到難以言喻。

物理奇譚（1） 「大霹靂（Big Bang）」——匪夷所思的混沌之初

◎ 吳蜀魏

最近的一則消息，詳見95年9月25日的《聯合報》萬象版，其標題為聳人聽聞的「宇宙何其多 絕對不止一個」，內容略謂10月號的《美國大眾科學》雜誌，依例選出了十位最搶眼的科學家，哈佛大學的天才型物理系教授哈梅德（Nima Arkani-Hamed）入選其中，此歸功於他從重力的五度時空理論，進一步所推展出的多重宇宙說。

物理學在歷經了百年來的快速與蓬勃發展，無論在理論或應用方面，其過程與結果均讓人眼花撩亂與目不暇給。有許多輝煌且實際的成就，諸如核能、雷射與電腦等，固早已成為我人生活中的一部分而被大眾所熟知；然而，也有不少的理论學說，雖因未得全然證實而尚在發展中，但由於其奇特的出人意表與不可言狀，所以就更引人入勝且使人著迷。

筆者有鑒於此，乃匯集了一些手邊資料，擇其饒富趣味且鮮為人知者，編而撰之，輯成「物理奇譚」若干篇，次第在《清流》雜誌上連續或不定期刊出，藉以作為推廣科普教育的一環，其中或有不到乃至謬誤之處，尚祈讀者先進多予指正。

從天文學到宇宙學

自有信史以來，歷史便記錄著人們對知識的無窮盡追求。作為歷史古老的人類文化之一——「天文學（Astronomy）」最早祇是職司著天象的觀測與記載任務，我國約始於公元前2000年；至於西方世界，在哥白尼（Copernicus）時代之前，則多附屬於「星占學（Astrology）」之範疇，直到哥氏倡立太陽中心學說之後，始得獨立成為一門學科。

爾後隨著物理學的發展與滲透，天文學與物理學的一個交叉分支學科，被稱為「天體物理學（astro physics）」，這是一門應用物理學的理論、方法與技術，來探討天體的型態、結構與演化規律的學科。自天文學發展到天體物理學，其間經歷了兩次大飛躍，第一次是在16~17世紀，第二次則在19~20世紀。

由於我們所身處其間的「宇宙（Universe）」，長期以來就一直受到世人廣泛而認真的關注，幾乎所有的宗教都認為宇宙是由神創造的，哲學家所思考的，包括了宇宙的起源和有限或無限問題，而科學上，則在探索如何建立一套有關宇宙的理论。直到1917年，愛因斯坦在建立了他的「廣義相對論（General theory of relativity）」兩年之後，即對宇宙作了人類科學史上第一次的偉大考察，並提出第一個靜態的宇宙模型。雖然靜態的宇宙後來被認為是錯誤的，但愛氏本人及其所建立的廣義相對論，卻的確為世人對宇宙的探索，揭開了新頁。

稍後在1922年與1927年，分別由傅里德曼（A. Friedmann）與勒梅特（G. Lemaitre），在求解愛因斯坦引力場方程式時，得到了動態宇宙模型。繼起的不斷研究與發展，於是就在原先的天體物理學基礎上，形成了現時所稱的「宇宙學（Cosmology）」，顧名思義，它是一門從整體上來研究宇宙之起源、結構與演化的學問；更進一步的情形是，將「量子力學（Quantum Mechanics）」引入其中者，則稱之為「量子宇宙學（Quantum Cosmology）」，其建構人物之一，便是大名鼎鼎的史蒂芬·威廉·霍金（Stephen William Hawking）。

大爆炸理論

公元1929年，美國天文學家哈伯（E. Hubble）經由對24個星系的測量研究，首次觀察到著名的星系譜線「紅移（Red shift）」現象，亦即由遠方星系持續發射而抵達地球上的電磁波，會有向（紅色）長波段方向移動的現象，按物理學中的「都卜勒效應（Doppler effect）」來說，這意味著各星系都在遠離我們而去。

同時，哈伯還得到了一項簡單的線性關係（ $v=Hr$ ），此一關係式指出星系遠離我們的速度 v ，與地球及其間之距離 r 成正比，這就鮮明地表示了，各星系在彼此奔離中，因而宇宙是處於不停的膨脹狀態，其結果是，「宇宙在持續擴張」的說法，由此而為人們所接受，且至今都確信無疑。

既然「當下」的宇宙是在擴張中，那麼「當初」的情形又如何呢？循著時光的長河逆流追溯，人們期盼能勾勒出一幅開天闢地的景觀圖。1948年及其稍後，物理學家加莫夫（G. Gamow）等人，乃根據傅里德曼—勒梅特動態宇宙模型和哈伯關係式，並結合了當時的核物理與粒子物理的知識，提出了所謂的「大爆炸（Big Bang）」理論（註：Big Bang，中文亦有譯作大霹靂者），認為今日的宇宙膨脹，始自於一次猛烈的爆炸，爆炸之初，宇宙有如一個溫度超高、密度超大而體積超微的「原始火球」，隨著時光之箭的行進，其溫度降低、密度變小而體積增大，在歷經了約1百50億年之後，始才形成今日的局面。

隨後的歲月，大爆炸理論的內容不斷地被豐富與充實起來，以至大爆炸模型常被稱為宇宙演化的「標準模型」。當然，這是需要有科學根據來加以支持的，一般來說，至少有下列的四項觀察事實或測量結果，正足以強化世人對大爆炸理論的信念：

其一是有關「宇宙的年齡」，大爆炸理論認為恆星都是在溫度下降之後所產生的，因此天體之年齡都小於1百50億年，實際所測得者與此相符。其二是有關「氦的豐度」問題，大爆炸理論預言，爆炸之初所形成的氦占23.6%，此符合氦豐度的觀測資料，因各種天體上的氦含量大致相同，約為20%至30%，這不是用核反應機制所能說明的。其三是有關「紅移現象」的本身，它標明著一個仍在膨脹中的宇宙，而這正是宇宙爆炸的結果。其四則是有關「微波背景輻射」的證實，大爆炸理論預言，在整個宇宙中，至今仍存有溫度約為2.7k的黑體輻射遺跡，而1964年所測得之數值約為3k，可說與預言非常一致。

暴漲

在整個大爆炸理論中，形諸宇宙本身的變化，最為精彩的部分，就在宇宙誕生時那「一剎那」，真是令人拍案驚奇，否則筆者也就不會用「匪夷所思的混沌之初」來作為副標題了。

事實上，大爆炸中還有大爆炸！這正是用來指述混沌之初的那一剎那，被科學家稱之為「暴漲（inflation）」的過程：在極端短暫的時間內，那體積幾乎為零的原始火球，伴隨著溫度的急遽下降，其膨脹程度竟大到難以言喻！為了便於說明，讀者請參照我們所附上的簡略表格。

大爆炸模型的宇宙演化史

時間(秒)	溫度(凱氏度k)	尺度(米)	主要標示
10^{-44}	10^{32}	10^{-35}	大統一作用中的重力分離
10^{-36}	10^{28}	10^{-30}	強作用分離
10^{-11}	10^{15}	10^{10}	弱作用分離
10^{-6}	10^{12}	10^{13}	強子開始形成
5×10^{17}	2.7	10^{26}	宇宙的現今

對大數目不是很有直覺感的朋友們，先請注意到附表中的最下方一行。只需經過簡單的換算，就會知道「 5×10^{17} 秒」大約等於「158億年」；以及「 10^{26} 米」大約等於「106億光年」。須知光每秒的速度為30萬公里，而1光年就代表光線行進一年的距離，正因106億光年= 10^{26} 米，至此總該感受到大數目 10^{26} 的可怕吧。

現在再來檢視附表中的其它資料，你會發現在「百萬分之一秒」尚不到（由 0.44 秒到 10^{-6} 秒）的時間內，宇宙的尺度增大了「1048倍」（由 10^{-35} 米到 10^{13} 米），而相應的溫度也下降到原先的「 10^{20} 分之一」（由 10^{32} k到 10^{12} k），與剛才所提到的大數目 10^{26} 比較一下，我們將不得不承認，宇宙在那混沌之初的變化，的確是令人匪夷所思。

畢竟，大爆炸模型在細節上，仍存有若干疑難，且在可預見的未來，又難以斷言必能解決，而這正是世人仍需努力之處。我們在附表中所列示的前四行數據，目的是強調宇宙在暴漲階段的奇特行為，至於其右方的文字說明，那是高能物理學中的相關用語，將在稍後的單元中另予闡述之。

（作者是物理學博士）

論述	大陸透視	法今天地	工作園地	科技新知	健康生活	生態保育	文與藝	文化臺灣	其他
----	------	------	------	------	------	------	-----	------	----

新觀念、新知識、新視野。

科技新聞摘要

◎ 林治平

地球暖化影響 全球氣候異常

臺灣又逢暖冬，首波寒流12月中才報到，導致植物生長週期錯亂，這種氣候異常現象近幾年已非新鮮事，可能是地球暖化的後果，世界氣象組織已在年底宣布，2006年是有紀錄以來年平均溫度第5高的一年。自20世紀初以來，地球的平均溫度已升高約攝氏0.7度，近30年來增溫的速度加快，與作為基準的1961至1990年平均溫度攝氏14度相比，如今已高了0.42度。

雖然2006年的溫度不及1998年的最高紀錄，然而，地球近年持續發燒已搞得世界天候異常，例如西歐出現最暖的秋天，美國1至9月的均溫是歷來最高，北半球不同地區的冬天也冷暖異常。專家指出，地球暖化的影響並非全球一致，不同地區有不同的影響，後果也不只是植物生長期錯亂，例如在中國和澳洲造成乾旱，在非洲和拉丁美洲則帶來豪雨，可能危及人類的生計和生命。

氣候影響農業 威脅人類肚皮

地球暖化影響氣候，干擾植物生長，將危及人類肚皮，農業專家預見此一危機，在最近一項國際會議中呼籲採取緊急行動，防止氣候暖化導致糧產減少，以免增加饑荒的危機，使得世界上的窮苦者生活更困難。這些來自15個研究機構的專家在這項會議中建議，因應危機的首要急務是加強研究以提升氣候和糧產的預測能力，同時要研發改良作物品種，使之能適應氣候變暖和變濕。

氣候暖化對各地農業的影響也不一致，例如在坦尚尼亞和莫三比克等非洲國家，乾旱可能更嚴重，使作物的生長季節縮短，而在孟加拉等沿海國家，水患增加更不利種植作物，另外哥倫比亞等國家的作物產量也可能因氣候而減少。各種作物所受影響也不一樣，以馬鈴薯為例，北半球的產量可能增加，但在非洲、南亞和南美洲北部的產量則可能減少，當地以之為主食的居民可能會餓肚子。

極冰加速融解 沿海地帶有難

地球發燒不但會危及人類肚皮，恐怕還將讓人類容身之地大減，原因是冰天雪地的南北極都出現冰層加速融解變薄的情況，而這將使海平面逐漸上升，對有許多大城市的海岸地帶造成威脅。這不是杞人憂天，過去25年來北極圈的冰已減少4分之1，冰層厚度也薄了四成，根據美國太空總署贊助的研究，極冰融化的速度如果加快，到2040年時，北極恐怕會出現夏季無冰的景象。

南極的冰層融化問題更為嚴重，因為南極大陸長達2千公里，面積達1千4百萬平方公里，覆蓋厚厚的冰雪，占全球冰層面積的九成，若全部融化，地球的海平面估計將上升約80公尺，幾乎全球所有的大城市都將成為海底城。糟的是資料顯示地球暖化對南極影響甚大，南極半島的氣溫50年來上升攝氏兩度，超過全球升溫速度，已導致半島上冰河消退，而南極冰棚的厚度也每年減少10公分。

反制地球暖化 奇想怪招頻出

要遏阻地球暖化，尚無迅速有效對策，不時有人提出奇想，例如包括獲得諾貝爾化學獎的荷蘭氣候學家克魯琛在內的科學家主張，必要時可以故意製造空氣汙染，形成罩子，幫助地球降溫。這似乎有些聳人聽聞，但有人認真研究，以菲律賓的皮納杜波火山於1991年爆發事件為佐證，指出那次火山爆發噴出估計多達1千萬噸的硫，煙塵使地球的溫度降低了攝氏0.9度，為時1年之久。

無獨有偶，氣候學家原本認為森林火災會增加大氣中的二氧化碳，使地球暖化情況加劇，但最近也有科學家提出另類看法，表示林火可能有區域性降溫效果，因其會導致林冠變化，在其後數十年將更多陽光反射回太空。研究顯示，這種冷卻效果抵消了林火產生溫室效應氣體的影響，因此就全球平均狀況而言，林火對溫度的影響接近中性，而北半球的林火還可能導致溫度略為低些。

天帆捕風推舟 省油錢又環保

油價居高不下，大家都想少燒點油，德國有家船公司由古代的帆船找靈感，想出以巨型風箏幫助提升船隻推進力的點子，這種面積廣達160公尺的高科技風箏已成功試用數年，估計可節省油料15?20%。目前全球貿易的商品有超過九成由船隻運輸，商船總數超過3萬艘，首艘裝配這種省油風箏的新貨船雖然要到明年初才首航，10年後使用此系統的船隻估計將增至1千5百艘。

這家德國公司將這種大小如同中型客機的風箏稱為「天帆」，其形狀有如飛行傘，繫在船隻主桅上，由中央操控系統控制，能捕捉海面上100至300公尺高度的強風助航，不過在逆風時即無用武之地，對航速超過16節的船隻也沒有助益。這種技術省油又環保，只是價格不低，由50萬歐元起跳，而且初期須請工程人員操作，加以其效果和可靠性可能還讓人存疑，要打開市場還有待努力。

美國放眼月球 將建永久基地

遭冷淡許久的月球近年又趨熱門，各國競相提出登月計畫，美國的太空總署最近宣布，在2020年展開預定的重登月球任務後，將隨後在月球建造永久性基地，地點可能在南極。這處基地將作為科學研究的前哨，用來測試未來前進火星所需使用的技術，由於經費龐大，太空總署打算尋求國際與商業夥伴合作。

在月球上設立基地的地點，兩極地區比赤道地區理想，原因是溫度較為適宜，而且日照時間較長，有利於利用太陽能，另外兩極地區附近可能有資源可供開採利用。建立這處基地大約需時4年，初期尚無法供人長期停留，太空人一次只能留駐1週，但其後可望將停留時間延長到6個月。