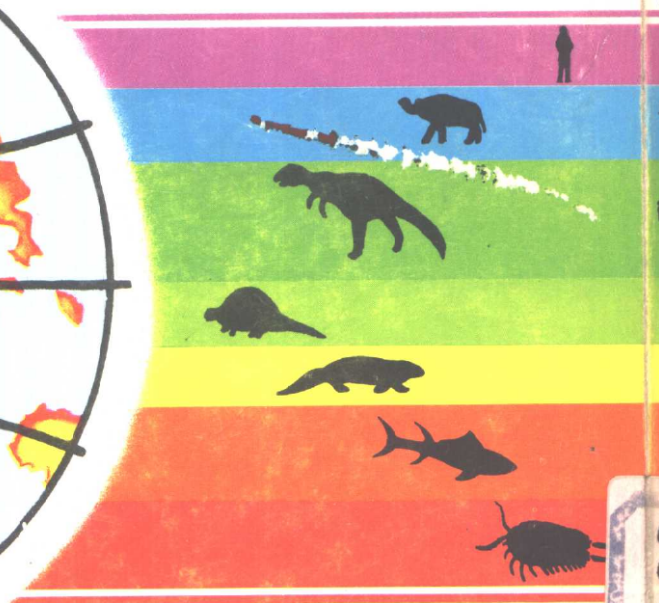


談今古球地

by GEORGE GAMOW

喬治·葛茂著
澄泉譯



A PLANET CALLED EARTH

ccc
Q 6
606

地 球 古 今 談

著 喬 治 · 葛 茂
譯 泉 澄

今 日 世 界 社 出 版

A PLANET CALLED EARTH by George Gamow.
 Copyright © 1941, 1947, 1959, 1963 by George
 Gamow. Issued by arrangement with the Viking
 Press, New York.
 Chinese edition published by World Today
 Press, Hong Kong.
 First printing May 1967

地球古今談

著者：喬治·葛茂

譯者：澄泉

封面設計：辜宣鏞

出版：今日世界社

印刷：香港九龍郵箱五二二七號
 河洛印刷廠

九龍土瓜灣鳳儀街二十號
 電話：六三五一三八

定價：港幣一元五角

公元一九六七年五月出版
 民國五十六年



序

——獻給阿瑟·賀姆斯教授

二十二年前，我寫過一本書，題爲地球的傳記，扼要敘述了關於我們地球的天文學、地質學和生物學上的消息。這本書出版以來重印過許多次，印行過袖珍本，也印過特別版給在歐洲和亞洲戰線上作戰的美國軍人閱讀。它又給翻譯成十多種外國文字。

一九五九年威肯出版社要我修訂此書，重新印行。但修訂工作受到出版費用的限制，要在極嚴格的條件下進行。我盡力而爲，但要令一位年華已逝的美人返老還童，僅僅替她塗幾抹唇膏，撲幾下香粉是辦不到的。因此，修訂本問世後，引起許多位評論家的尖銳批評，特別是一位著名的地質學家阿瑟·賀姆斯（Arthur Holmes），他發表評論於自然雜誌，說這本書是「地球歷史的大雜燴」。而我也不得不承認：這項批評在許多方面是有道理的。

因此，在我想來，唯一的解決辦法只有靜坐下來費一番真功夫，把這本書從頭到尾完全重新寫過，換一個新書名，舊版本裏只有某些部份是當初出版以來一直沒有變動過的事實和理論，才沿用於新書中。我樂於將這本書題獻給賀姆斯教授，自從他的評論刊登後，我們通訊商討，很是友好。

目 錄

第一章	地球誕生了	1
第二章	我們忠實的月亮	27
第三章	行星的家庭	49
第四章	我們腳底下的黃泉	67
第五章	形成地球的表面	89
第六章	天氣和氣候	137
第七章	我們頭頂上的碧落	171
第八章	生命的性質和起源	185
第九章	生物的進化	201
第十章	地球的將來	229

第一章

地球誕生了

古老的傳說

自從有史以前開始有人類的時候起，人就一直在想方設法要瞭解自己生活於其中的世界，關於創造世界的各式各樣的故事，無可避免地同當時的各宗教信仰有聯繫。

根據亞敘人和巴比倫人的說法，創世的經過是這樣的：瑪杜克是清水之神厄阿的兒子，他同雌龍提阿馬特（代表混亂渾沌）打了一場大仗。瑪杜克打敗了提阿馬特的丈夫肯古和他率領的十一個怪物；然後又打敗並殺死了提阿馬特。瑪杜克把提阿馬特的尸身切成兩半，用一半做成天空，另一半做成大地。然後瑪杜克將肯古和那十一個怪物的尸體粘到天空中，聯成一條寬闊的環狀的帶，這樣形成了黃道帶（獸帶）的十二個宮（星座），並且使月亮和各行星都循着這條帶行動。這時

候，瑪杜克的父親厄阿，用肯古的尸體流出來的血，作成了一個人，生活在新創造的世界裏。

根據埃及人的傳說，世界的開創是從太陽神阿蒙——拉起首的。阿蒙——拉是蓮花所生，蓮花生長於原始時代的海洋表面。阿蒙——拉有三個孩子，一是女兒，名叫努特，兩個兒子名叫舒與克布。大約有一天，舒發現克布和努特糾纏不清，他爲了把兩人分開，便將努特的身體高高舉起，而讓克布躺在腳下。於是努特成爲天空，克布成爲大地，舒成爲空氣，隔開二者。

印度人的吠陀經（印度婆羅門教的古代經典，共四卷）裏關於創世的說法，敘述性少而抽象理論多。它開頭是說，在最初的時候，既無存在也無非存在，既無空氣也無天空，既無死亡也無不死，既無夜也無晝。那時只有個「獨一無二」，此外甚麼都沒有。這個「獨一無二」自行呼吸或不呼吸。然後，藉着簡樸——它是存在和非存在的第一個「對頭」——的力量，產生了積極的能和消極的物質。再往後，藉着欲望——它是心靈的萌芽——就出現了一切發展。

世人熟知的古代希伯來人關於創世的說法，是這樣的：起初，神耶和華創造了大地，但大地既無形狀又是空虛的。於是耶和華創造了蒼穹，他稱之爲天，又命令天底下的水流集中到一個地方，命令乾燥的陸地出現於衆水流之間。在這之先，他已創造了光，於是他把光分派到一個個新創造的來源，如太陽、月亮和星星。

奇怪的是：希臘神話雖然極爲關心奧林巴斯山上諸神的譜系，卻沒有創世的故事。諸神和他們生活於其上的奧林巴斯山，以及這座山矗立於其上的陸地，在希臘人看來，都是永恆的。這種觀點，可說是現代的「穩定狀態」宇宙理論的前驅，根據這種理論，宇宙是永恆地存在的，無始無終。

(本書作者另有一書，名為宇宙的創造，一九五二年由紐約威肯出版社出版，修訂本印行於一九六一年。晚近對於這個學說的討論，見於本書作者的文章，一九六二年發表於今日的偉大思想，由大英百科全書出版。)

海洋的年齡

我們的行星究竟有多大年紀？解答這個問題的辦法之一是追問何以海洋的水那麼鹹。假如——事實上可能確是如此——地球開頭形成的時候極為熾熱，一切的水必定化為蒸汽的形式浮在大氣層裏，要等到地球的表面冷卻到沸點以下的溫度時，水蒸汽才會變成傾盆大雨而降落。我們知道雨水是不含鹽份的，所以結論似乎必定是說：海洋當初形成的時候，所裝的一定是淡水。

那麼，今日我們在海洋裏發現的鉅量鹽份是怎樣來的呢？答案是：海水的鹽份來自河流的作用。落到各大洲的陸地表面上的雨水，本是淡水，但它順着大小山嶺的斜坡滾滾而下時，侵蝕了岩石的表面，冲刷掉微量的鹽份，將它們帶進海洋。河水裏含有微量的鹽，滋味很好，誰若是喝過不含任何化學雜質的蒸餾水，便知道兩者味道有別。海洋表面受到太陽光線的熱力照射，每天大約有一萬億噸的水化為蒸汽，原來溶解於水裏的鹽份卻逗留在海中。大氣層裏的水蒸汽凝結為雲，其中很大部份變成雨，落回各大洲上。清淡的雨水降了下來，流回海洋去，沿途又溶解更多的鹽份。像這樣，水以永恒不易的循環方式流動，而鹽的流動卻是有去無回，只能從陸地流往海洋，海水的

含鹽度就慢慢增加。

我們既然知道目前溶解於海水中的鹽的總量，和每年由河流帶進海洋的鹽的數量，就應該能藉簡單的除法，查出河流必定活動了多麼長久的時間才使海水中的含鹽量由最初的零（即不含鹽）增加到目前大約百分之三的數值。但是，藉這種方法算出的海洋年齡的數字，是很靠不住的。首先，在已往各個地質年代裏的水蝕作用的速率，未必同目前的浸蝕率一樣。事實上，我們知道，在從前好幾個漫長的時期裏，各洲大部份是平坦的，因為較老的山脈已給水流冲刷掉了，新的山脈又還沒有形成。在那些時期裏，浸蝕的速率必定慢得多，每年由河流帶進海洋的鹽量也少些。而且我們不能一口咬定說，自從海洋形成以來所送進海洋的全部鹽份，至今仍溶解於水中。大片的水域可能已同海洋流域分隔開來了（例如今日美國的大鹽湖便是如此），並逐漸蒸發，形成沉澱的岩鹽。由於這兩個因素極不可靠，上述的估計海洋年齡的方法只能提供大概的答案，據此而取得的具體數字，其真確性是要打折扣的。但是，我們把過去的水蝕作用的速率假設得最有道理，又把形成岩鹽的沉澱而損失的鹽量估計得最有道理，就算得出海洋的年齡一定有幾十億歲。

岩石的年齡

估計地球的年齡，有個精確而可靠得多的方法：構成地殼的岩石，大部份含有放射性物質，儘管含量很微，一加研究，便可知地球的年紀。放射性元素，如鈾和釷。其原子在本質上是不穩定

的，慢慢衰變為較輕的元素的原子，接着又變為更輕的元素的原子，最後終於形成鉛元素的穩定的同位素。

根據直接的實驗，科學家發現放射性物質的活動力隨時間而減少，各種放射性同位素的衰變速率也互不相同。一定份量的放射性物質，其原子的半數發生蛻變所需的時間，叫做這種物質的半衰期。舉例說，鈾二三八的半衰期為四十五億年，釷二三二的半衰期是一百四十億年。最初的一定份量的鈾或釷，要減為一半份量，需經上述那麼多億年；若要減至四分之一的份量，所需的時間便要加一倍；若要減至八分之一的份量，時間便要加兩倍。鈾二三八和釷二三二的衰變的終極產物各為鉛二〇六和鉛二〇八。由此可知，任何一塊岩石，其中仍然存留的原始的鈾和釷的份量，同它們的放射性衰變所產生的鉛同位素的份量相比，所構成的比率就精確表明自從這塊岩石當初形成以來已歷多少年代。確實，在地球內部的熔岩裏，由各種放射性元素的衰變所造成的鉛，可以同原始的物質分離而給人抽取出來。然而這種物質因火山爆發而噴出地球表面並且凝固了，新產生的鉛就停留在它的發源地，它的相對份量讓我們清楚知道：自從它所在的那塊岩石凝固以來，至今已有多少年數。

這種頗為精確地斷定火成岩的年齡的可能性——火成岩是在我們的行星的歷史上各個不同的地質年代裏形成的——對於歷史地質學和古生物學是珍貴無比的幫助，還能幫忙斷定陸地、海洋和古生物發展的確實的年代表。由於變成了化石的古生物遺體是包含在這些岩石裏的，我們就可以確切斷定：恐龍——碩大無朋的古代爬蟲——的時代是在我們的時代之前大約一億五千萬年，而原始生

物，例如三葉蟲——類似今日的蠶——生活於大約五億年前。

但地面之下的巖石相當於地球歷史上最早的時期，似乎不含有生物的遺跡。生物很可能存在於這些巖石形成的時候，但當時的生物必定限於最簡單的有機體，不能形成化石而留下痕跡。我們已知的最古老的巖石，是非洲羅德西亞的花崗巖，用鈾——鉛測定年代的方法測得這種巖石的年紀爲二十七億歲。但我們幾乎可以斷定，地下更深處的巖石的年紀更老。關於這些蒼老的巖石，我們可以獲得極有趣的消息，只要在海底鑽個深洞就行——這就是所謂「莫荷計劃」，詳情請看本書第四章。

從天而降的幫手

從地球內部的深處取得岩石並估計其年代，是件難事，想不到我們卻從恰好相反的方向得到了幫助。大大小小的石頭從行星之間的太空隕落到地球來，人在地面上拾起很多塊。這些所謂「隕石」進入我們大氣層來的數目多得驚人，每年約達一億塊，其總重量不下五百萬噸。大部分隕石比較細小，但偶爾可能重達幾十萬噸。大約八千年前，有這麼一大塊隕石撞到地球上，形成了美國亞利桑那州著名的「隕石陷坑」。另一塊隕石可能也有那麼大，於一九〇八年打中了西伯利亞。這兩次隕石撞擊所產生的能量，不下於氫彈爆炸時的威力，假如將來有那麼一塊衝到大城市裏，損失就不堪設想。幸虧這類龐大的宇宙炮彈偶然才會闖進地球的大氣層。體積較小的隕石，爲數多得多，

但還不算太多，不足以構成真正的危險。隕石造成損害的真實可靠事例，似乎只有一宗，而那顆隕石只有雞蛋那麼大，它射到美國伊利諾州一棟房子上，穿過車房的屋頂，打穿一輛停放的汽車的頂棚及後排座位，再把廢汽管打彎。但這輛車的主人們反而高興，因為他們的照片和車上損壞的部份以及闖禍的太空石彈，現在都永遠陳列在芝加哥的自然歷史博物館。

隕石在科學上有極重大的價值。它們的來源神秘莫測，但最有道理的假設認為它們是從前一度運行於火星和木星的軌道之間的一個行星的碎片。在本書第三章裏我們會看到：這兩大行星之太空隙裏有一條小遊星帶，小遊星是一大羣小天體，其體積不等，大的直徑幾百哩，小的只同鵝卵石和砂粒差不多。望遠鏡裏看得出的小遊星約有兩千顆，但比這小的必定有無數億萬顆。目前流行的假設認為很久以前必定有過一個行星——可以名之為 Aster（星）——循着那條軌道運行。它後來遭到甚麼變故，我們不知道，或許永遠都不會知道。說不定有另一顆在鄰近的軌道上運動的行星同它撞個滿懷；也說不定它給太陽系之外飛過來的極重的物體撞碎了；更說不定如笑話所講是因它的居民掌握了原子能，連人帶行星一齊炸成碎片。科學上的理論卻認為：由於古時候的這場宇宙大變動而產生的碎片，現在散佈於火星和木星之間，成爲一條寬闊的帶，其中有些碎片受鄰近的行星的重力吸引，離開了圓形的運行軌道，在太空裏亂衝亂撞，遇到甚麼就撞上去。

我們拾取的隕石，在本質上屬於兩類：一是石質的隕石，它的成份，類似於構成地壳的岩石；二是鐵質隕石，由鎳和鐵的合金構成。這個事實完全合乎「隕石是破裂的行星的碎片」的假說，因為，我們由下文可以看到，我們的地球以及別的行星（可以假定如此）的構造方式都是中央有個鐵

心，周圍是石質的厚壳。因此，研究隕石，我們就掌握了標本，從而知道那個倒霉的 Aster 的表面之下一切深處有些甚麼物質。加利福尼亞理工學院的克萊爾·C·柏德孫（Claire C. Patterson）用放射性方法研究隕石，發現隕石的平均年齡是四十五億歲。我們既然可以合理地假定太陽系裏一切的行星都是在大致相同的時候產生的，四十五億歲這個數字就可以承認是地球的準確年齡。因此，我們似乎不得不斷定：在地球表面上找到的最古老的巖石（二十七億歲）是在地球的年齡只及目前的年齡一半的時候形成的。且讓我們希望這個斷語會因將來鑽洞深入我們的行星體內而得到證實。

康德——拉普臘斯的假說和碰撞的假說

在十八世紀下半期，著名的德國科學家伊瑪努爾·康德（Immanuel Kant）出版一本書，名叫自然通史和天的理論（General Natural History and the Theory of the Heavens）發表他對於行星系統的起源的看法。他認為：太陽起初由一圈氣體物質環繞，其形狀彷彿土星的環。後來由於這個環的各部份之間的力量——即牛頓所論證的重力——的作用，環中的物質凝聚為許多球形的物體，成為各個行星，圍繞太陽而旋轉。康德此書出後過了好多年，同他一樣著名的法國數學家皮爾瑞·西蒙·德·拉普臘斯（Pierre Simon de Laplace）也發表一本書名叫論世界系統（A Discussion of the World System），他大概不知道康德出過的書，他提出的關於

行星系統起源的假說，同康德的說法本質上一樣。這兩位作者都沒有用數學作詳細的論證來支持他們的看法，而兩書又都是用純粹敘述的方式寫的。就康德而論，這是不足為奇的，他是個以哲學為專業的人，慣於如此寫作；但就拉普臘斯來說，卻是怪事，他是當時最偉大的數學家之一，卻不會一試身手，用數學來解釋他的學說的論據。

這康德——拉普臘斯假說，大約一世紀後終於頭一次受到英國理論學家傑姆士·克萊克·馬格斯韋爾 (James Clerk Maxwell) 的嚴格數學分析。馬格斯韋爾覺得許多問題很有趣，其一是土星環的問題。當時大家都知道土星環（這個環其實是由三個同心環構成的，三者之間有黑色的空間。這裏爲了討論上的方便，姑且將它們看作是一個環）不是像舊式留聲機唱片那樣一個固體的圓盤，而是一大羣數不清的物體，大的像一座山，小的只如一粒砂，它們在牛頓式重力的作用下，圍繞土星而旋轉。馬格斯韋爾追問：爲甚麼這一大羣物體不會因爲受到牛頓式重力的作用而凝聚爲若干個單獨的衛星呢？假如根據康德和拉普臘斯的假設，起初環繞太陽的圓盤凝聚爲數目較少的一個個衛星，那麼土星的環爲甚麼不依這個方式而凝聚呢？

馬格斯韋爾對於這個問題的看法是以這樣的事實爲根據的：無論對於土星的環或是假設中的年輕的太陽周圍的環，我們都必須想到有兩種力量作用於構成這些環的運動着的物體身上。第一，它們當然有相互吸引的力量，有利於凝聚。凡互相鄰近而運動着的物體，彼此拉扯到一起，形成物質的較大集團。這較大集團發出的重力拉扯，又把稍遠處的物體拉了過來，因此，凝聚的體積和質量不斷地增長。

但又有別的一些力量要把因重力作用而造成的初步凝聚集團打破。我們知道土星環不是像單獨一個堅固的圓盤那樣旋轉的，而且它的內沿的旋轉周期短於外沿的旋轉周期。這是根據克普勒（Kepler）關於行星運動的第三定律直接推斷而知的，第三定律說，任何兩顆行星的旋轉周期的平方之比，等於其與太陽的平均距離的立方之比。因此，環的一部份開始凝聚時，凝聚物靠裏面的部份跑得快些，而靠外面的部份落在後頭。結果，進行凝聚的物質再度散佈於整個圓周，初步的凝聚復歸消散。聚的力量和散的力量究竟誰戰勝誰，要看二者的相對實力而定。環中的質量越多，它各部份之間的重力吸引也越強，初步的凝聚就越有可能保持並增進，而不會消散。馬格斯韋爾運用這個規律來研究土星環，確實發現環中沒有充分的質量，不足以保持初步的凝聚而對抗因內外旋轉速度的不同所產生的離散作用。正是這個道理！土星環應該不能夠凝聚為一個個衛星，所以它就不凝聚。

第二步是運用同樣的道理來研究一個巨大得多的環，依照康德——拉普臘斯的假說，此環是圍繞着太陽的。馬格斯韋爾把太陽系裏全體行星的質量作個總計，並假定這質量曾經均勻地分佈於太陽周圍的一個扁平環裏。又把他的凝聚規律運用到這個假設的環上，得出了驚人的結論說：此環根本不可能凝聚為一個個行星。環中的質量實在不夠，重力不能夠把環變成一個個行星。這個研究結果徹底推翻了康德——拉普臘斯的假說，一百多年來，世人普遍相信它。

全世界的理論天文學家開始探究另外一種可能性。構成行星系統只能有另外一種合理的方式，是由英國的傑姆士·吉恩斯爵士（Sir James Jeans）以及美國的F. R. 莫爾屯（F. R. Moulton）

和 T. C. 錢伯林 (T. C. Chamberlin) 各不相謀地提出來的。這種理論，叫做「碰撞假說」，假定我們的太陽在上古某個時候同體積差不多大的另一個星相撞。這不一定要正面碰撞，但兩個天體必須貼身而過，才可使相互間重力拉扯作用把對方身體上的氣體物質的巨大火舌扯下來，雙方的火舌合在一起，可能形成兩個巨星之間的臨時橋梁。這兩巨星相會之後，又在太空裏各奔前程，把臨時的橋梁扯碎了，成為許多星雲，其中半數跟隨太陽，凝聚為行星，另一半給另外那顆巨星帶走了。

碰撞假說從開頭起就遭遇嚴重的困難。主要困難是：在這麼一種碰撞過程中形成的行星，應該循着大大拉長了的橢圓形軌道進行，然而我們知道：行星的軌道雖呈橢圓形，卻同圓形差別極小。而且我們幾乎不可瞭解一個拉長了的橢圓形軌道，怎麼能夠變成近乎完美的圓形。

魏扎克爾的學說

行星起源學說上的難題，終於由一位年青的德國物理學家卡爾·放·魏扎克爾 (Carl von Weizsacker) 在一九四三年秋天解決了。他運用最近天文物理學研究上搜集的新資料，設法表明：往昔反對康德——拉普臘斯假說的一切理由，可以輕易消除，而且，依照這些條途徑進行，可以建立關於行星起源的詳盡理論，解釋行星系統的許多重要特徵，是已往各種舊理論根本沒有談到過的。

魏扎克爾之所以能够有這項成就，主要是因為在前此二十年裏，天文物理學家已經完全改變了於宇宙中物質的化學成份的看法。從前大家相信：構成太陽和別的一切恆星的種種化學元素在這些天體內的分佈比例，大體上同它們在地球內的分佈比例一樣。地質化學上的分析讓我們知道：地球的身體成份主要是氧（以各式各樣氧化物的形式出現）、矽、鋁、鐵和較爲少量的其他較重的元素。輕的氣體如氫和氦（以及別的所謂罕有氣體如氖、氬等）存在於地球上的，份量極小。（我們的行星上找得到的氫，絕大部份同氧化合爲水。但人人知道：水雖然覆被着地球表面的四分之三，水的總質量同整個地球身體的質量比起來卻小得很。）

從前的天文學家既得不到別的更好的證據，便假定這些氣體在太陽和其他諸恆星的身體裏也是極爲稀罕的。但是，由丹麥的天文物理學家B·斯特洛姆格林（B. Stromgren）領導對於恆星的構造作了較爲詳盡的理論研究後，得到結論，認爲上述的假定很不正確，而且事實上，我們的太陽上的物質至少有百分之三十五必定是純粹的氫。後來這個估計數字更增至百分之五十以上，並且發現：構成太陽身體的其他成份中，有頗大的份量是純粹的氫。無論是對於太陽內部的理論研究（以M·許瓦茲希爾德 M. Schwarzschild 的重要研究工作爲極致），還是更加精心細密地用分光器分析太陽的表面，都使天文物理學家達到驚人的結論：構成地球身體的幾種常見的化學元素，在太陽的質量裏只佔百分之一左右，其餘部份幾乎由氫和氦平均分攤，氫的份量稍多於氦。顯然，這個分析也適合於別的恆星的構造情況。

不但如此，現在還知道：恆星之際的空間不是很空虛的，而是充滿着氣體和微塵的混合物，平