

庫文學科新

者纂編

(務常)士博濟道周 (編主)授教五雲王
士博陶希易 士博謀熙李 授教人樹楊

？齡年的球地

Patrick M. Hurley 主編

童 幼 學 者編

行發館書印務商灣臺

新 學 科 文 庫

編 纂 者

王雲五教授 (主編) 周道濟博士 (常務)
楊樹人教授 李熙謀博士 易希陶博士

地 球 的 年 齡 ？

著 者 Patrick M. Hurley
譯 者 梁 幼 章

臺 灣 商 務 印 書 館 發 行

新 學 科 文 庫

編 纂 者

王雲五教授 (主編) 周道濟博士 (常務)

楊樹人教授 李熙謀博士 易希陶博士

地球年齡？

How Old Is the Earth?

冊 一

版權所有・翻印必究

定價新臺幣十二元

基本定價
八 角

中華民國六十年 六月初版

原著者

Patrick M. Hurley

譯述者

梁

幼

章

發行者

臺灣商務印書館股份有限公司

印刷及
發行所

臺灣商務印書館股份有限公司

臺北市重慶南路一段三十七號
登記證：內版臺業字第〇一三號

序

余於民國二十一年秋，本館經一二八之劫，創深痛鉅，停業復業以後，爲主編自然科學小叢書三百種，嗣以其全部納入於萬有文庫二集，期藉該文庫之普遍性，以達大眾化之目的；蓋科學足以救國，盡人而知。本館忝爲歷史最久規模最大之出版家，於此殆責無旁貸也。

三十餘年後，余在臺重主本館，先後重編重印原在上海出版之鉅籍多種；其中萬有文庫舊要，並曾納入自然科學小叢書約三十種。稍後，創編人人文庫，亦陸續選輯該叢書之較通俗者若干冊。然終覺第二次世界大戰以後，自然與應用科學兩方面均有長足之進步，其領域亦日新而月異。僅將三十年前編印之自然科學圖籍重新校印，不足以饜國人之需求也。自今歲始，廣搜歐美新編印之自然與應用科學小冊，足以發揚新科學者，先後將美國通俗科學作家 Isaac Asimov 教授主撰之 *The New Intelligent Man's Guide to Science* 十餘專題，及 Bruce F. Kingsbury 主編之 *Science Study Series* 文庫五十餘小冊；以其內容皆闡明戰後新科學，而通俗易曉之故。經即延攬李熙謀、易希陶兩博士，分別就物理科學與生物科學慣選專家從事譯校，同時組織新科學文庫編纂委員會，除李、易二君外，並由本館編審委員會同人楊樹人、周道濟二君與余共同參加。每次舉行編纂

會議，對於譯校之人選，編印之體例，咸三注意焉。第一期譯印之書，以六十種爲目標，擬於民國五十九年六月以前陸續出版。

本文庫取材方面，除以上述兩種集刊文庫爲基礎外，更廣求歐美新刊名著性質相類者，相繼譯印。其原入自然科學小叢書諸書，具有恒久價值者，經詳加校訂後，亦得加入。又其他新著譯加入者，首推留美學人蕭之的教授所譯之紅的巨人與白的矮子，成爲本文庫前期出版之一書。第一期六十種出版後，每星期內擬續出一冊，期於二三年內使新科學文庫達成二百種之數，則於新自然科學與應用科學各重要論題，大體具備矣。

我國留外學人及研究人士，以專攻自然及應用科學者爲多，除能以其合乎本文庫之著作加入外，如就接觸所及，認爲適當之西文原著隨時推薦於本館，以供譯印，亦同受歡迎。又國內教授及研究生，對於新科學之著作漸多，能惠予加入於本文庫，固同拜嘉賜也。

茲當本文庫開始印行之時，謹述經過，並對海內外學術界，致其深切之期望。

中華民國五十八年十月三日王雲五識

作者小傳

赫爾利 (Patrick M. Hurley) 於二十多年以前讀過霍姆斯 (Arthur Holmes) 的一本小書地球的年代 (The Age of the Earth) 後，即對這個問題發生濃厚的興趣。於是對在地質學上的地質年代測量和核子物理的應用這兩門科學有了特殊的愛好。他的第一本著作地球的年齡 (How Old is the Earth?) 是他從各種不平凡經歷中所習得的有關這一引人入勝問題的精華。

赫爾利 於一九一二年生於香港，九歲隨家人遷往英屬哥倫比亞 的范可夫島 (Vancouver Island)。早年畢業於英屬哥倫比亞大學，獲文學士和應用工程學士學位。於探測金礦三年以後，獲得加拿大皇家協會 (Royal Society of Canada) 的獎學金入麻省理工學院 並繼續研究放射性和地質年代測量，一九四〇年獲博士學位。

二次大戰時，赫爾利 博士在國防研究委員會 (National Defense Research Committee) 為美國海軍 工作，研究反潛作戰和水下彈道學。隨後在威斯康辛大學 研究地球物理學，為時一年。一九四六年回麻省理工學院 任教，並擔任該校地質學教授和地質學系行政主管至今。爲了履行海軍研究室和原子能委員會的條約義務，除了學術上的工作之外，他曾探

究從北極圈到赤道的礦藏，並為各種學術性刊物，科學雜誌，美國科學學報(American Journal of Science)以及美國的科學人(Scientific American)撰文。

赫爾利博士對教學藝術和教育政策亦有濃厚的興趣，他曾任職於許多國立科學委員會，最近幾年則在麻省理工學院教育政策委員會服務。他堅信今日的教育計劃應特別着重「更廣泛的認識我們的自然環境，以及重行斷定人類的價值。」他認為和學生們在實驗室共同探究地球歷史是一件很欣慰的事，他希望藉地球的年齡一書拋磚引玉以「啟發一些新的探險者，去從事地球科學的研究」。

赫爾利博士和夫人及三個子女現住麻省的賴辛頓城。

緒 言

「混沌初開，乾坤始奠……………」

伊薩克·華滋 (Issac Watts 1674-1748)

人類自有了推理的能力以來，即不斷地研究宇宙。有史以前開始有人類的時候起，已有不同的語言敘述過許多有關地球，星體本質以及它們的起源，每一種敘述都有其所依據的若干證跡，以及可資作證的現象。但直到十七世紀的科學復興，始不斷努力以極有限的自然定律來解釋探討各種現象，將迷信和荒誕不經的事物，自科學的領域中剷除。

這種解釋地球，太陽系，銀河系以及宇宙的推理的擴展，導致了現代的假設，這種假設僅有新的證據——更有效的應用自然法則，或更合理的使這些自然法則適合許多事實的觀察——可予之抗衡。任何理論都將因時間而加以修正，但除非現代的地球歷史如幻影般消逝，否則，即使是暫時的，我們也應該記住，在今日的科學領域之前，我們接受一種理論，即須拋棄幻想，擇善固執。

對科學家而言，地球起源的科學思想的發展，是一項極具價值的紀錄：它說明將種種相互衝突的假設及看法歸納一起所做的努力，並指出幾年之內在意見上的改變。實際上，新的原子核知識已使年輕一輩的讀者，徹底的改變了我們對宇宙的看法。

研究放射性元素的持續分裂作時間測量，對科學和哲學發

生很大的響響。我們已知自然發生的放射性元素數量一直在增加，這種現象給予我們一個新的感覺，即我們四周的元素並非永遠都存在的，不久前某一特定時間需要創造這些元素或全部元素。因此，地球、太陽系，以及我們星體的銀河系，也都非永遠存在的。

創造這種元素的本質是甚麼呢？何時發生以及我們如何達到現在的情況呢？這些都是賢明有智之士的疑問，研究這些發展過程，無損於宇宙原有的宏偉。我們對宇宙的來歷——從星體的誕生到人類思維的進化——認識愈深，對其莊嚴偉大之崇敬亦愈深。

我們的地球不僅在人類形式的進化上有一個動的歷史，而且在使一個寒冷荒蕪如月球般的地區發生巨大的變化上也莫不如此，這種巨大的變化，為我們帶來現代適宜的氣候，陸地和海洋，豐富的礦藏和石油以及高山和平原。產生這些變化的力量是甚麼呢？山嶺和人不一樣，它們是地球表面上短命的物體，年輕時非常高大，受冰和水的浸蝕作用，而逐漸減低並成圓形，在地球歷史上很短的一個時間之內，即被蝕為廣濶的平原，除了它們基部的岩石結構而外，沒有留下存在的證據。因山嶺的受蝕，使其他的地質形狀出現，但使火山帶發展，噴出熔漿；產生地震使地動搖；將大陸從海洋底部舉起，以及使地球表面起伏和折曲的巨大能量的來源又是甚麼呢？甚麼能量使銅和金集中在沉澱物中似寶石般閃爍發光呢？

現在我們已了解這個答案。這能量是鈾和釷原子核放射性分裂

產生的，因為這種釋出的能量轉變為熱，而流到表面時需要幾十億年，所以這種能量在我們站立的地上發生的很少。地面物質移動時，阻擋了這種熱流，例如大陸邊緣沉澱物的沉積，下面的溫度增加到使岩石發生熔化，因而地殼變得脆弱而起伏。

放射性不僅供給地球大部份巨大地質事件的能量；而且可供測量發生這些事件的時間，在以後幾章我們將會知道，我們四周岩石中的每一沙粒或每一個小晶體都是一個很小的時鐘，可以指出它們形成以來經過的年代。研究這個工作需要複雜的儀器，雖然它們並非全部易於了解，但它們確是一個真正的時鐘或時計，告訴我們許多地球歷史的故事。

讓我們還是從頭開始吧！

目 錄

緒 言	1
第一章 地球的結構	1
我們如何獲知地球內部的情形——地球的地殼—— 山脈和火山	
第二章 放射性	20
放射性落塵——輻射和質點——伽馬射線的吸收—— 阿爾質點，貝他質點、熱	
第三章 放射性的地球	36
產生熱的主要元素——遍及蓋層的徙動	
第四章 測量確實的地質時間	44
行星歷史的相對時間表——地質時間測量的原理—— 母體元素和繼承同位素——年代測量的歷史—— 測量的技術和儀器——現代的測量法——碳十四測 量法	
第五章 地球歷史上的重大時期	82
生命和進化——冰河時代——人類的初期歷史—— 碳十四和洞穴	
第六章 地球的起源	101
太陽的核子火——元素的誕生——地球是星雲形成	

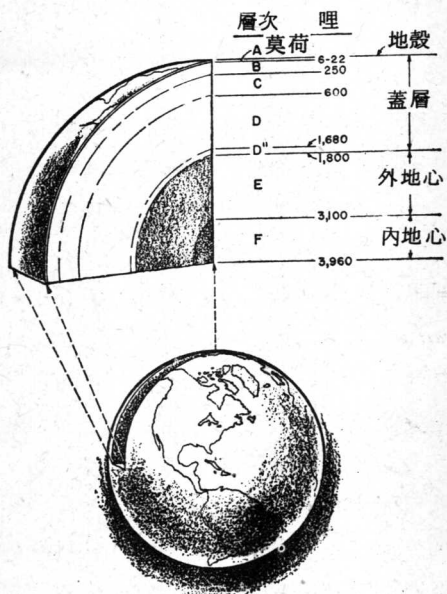
的——答案

第一章 地球的結構

地球是一個近乎圓形的球體，它自轉的離心力，使地球的赤道處凸出，兩極略呈扁平。地球的半徑大約是六，四〇〇公里（或三，九六〇哩）。我們知道地球分成若干顯著的地層，並深信它是兩種主要的物質組成的。

若你能剖視地球的橫斷面，則你在地心(core)或中心部份和蓋層(mantle)或外部之間將發現一明顯的分界。如第一圖所示，圖中地心分為內部和外部。有許多證據使人相信地心大部份都是液體狀態，由百分之九十的金屬鐵和可能是矽的元素以及百分之十的鎳所組成，前二者成三對二的比例。內地心則顯示有固體的性質。

觀察震動或地震波通過地球的方向和速度的變化，因而推斷地心和蓋層之間必定有一明顯的界限。用一種稱為地震計的儀器測得的變化，指出地心和蓋層的物理性質不同。英國的奧爾德罕(R. D. Oldham)根據地震計的資料，於一九六〇年創立地心存在之說。一九一四年，德國的本諾·谷騰堡(Beno Gutenberg)——以後擔任加利福里亞州理工學院的教授——指出地心和蓋層的分界大約在從地球表面到中心一半之處。這一界限稱為維謝爾——谷騰堡間隔(Wiechert---Gutenberg discontinuity)(又德國的額恩特·維謝爾(Ernst



第一圖。雖然我們熟知地球的表面，但是仍然僅能憑假設解釋它的內部，而這些假設又是彼此衝突的。在地球上穿鑿的洞穴最深大約僅有五哩，所以關於地球內部的資料，是由地震波的速度、隕石、火山爆發，以及其他的測量與觀察的現象推演而來的。

Wiechert 亦曾致力於地震計的發展)。

蓋層絕大部份爲氧、鎂、和矽(及少量鐵)所組成，成四個氧原子對兩個鎂原子及一個矽原子的比率；其他所有化合的元素僅佔這四種元素總數量的十分之一左右。若將一塊地的內層帶到地面上，經熔化漸行冷卻後，看起來便似深綠色的岩石，大抵爲橄欖石礦、鎂、鐵、矽酸鹽等所組成。由於蓋層內部的壓力和溫度極高(下層爲白熱)，所以還無法明瞭此等元素主要是屬何種礦物形式，但是確信其爲固體狀態。

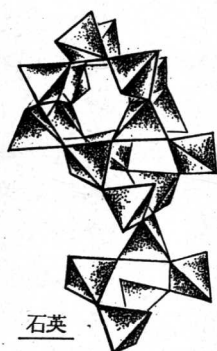
蓋層外部表面有一極薄而成分不同的面層，稱爲地殼(crust)。前敘地震波速度的顯著變化，即標明地殼和蓋層其餘部份之間的界限。克羅提亞(Croatian)的地震學家莫荷洛維奇克(A. Mohorovicic)，於一九〇九年研究巴爾幹各國(Balkans)一次地震的地震計，發現了這個界限，並以其本名命名爲莫荷洛維奇克間隔(Mohorovicic discontinuity)，或莫荷(moho)。我們在不同的區域不同的深度處都發現莫荷，但通常都是在大陸之下三十五公里(二十二哩)及海洋之下十公里左右。

地殼的成分極爲參差不一，從淺顏色的岩石如花崗岩、矽、礬、及含鹼甚多的岩石，到深顏色的岩石如夏威夷群島上富於氧化鐵和鎂土的岩石。或者是由覆蓋地殼表面廣大的一片極薄的沉澱物轉變成的頁岩、沙岩、或石灰石一樣的岩石，又如沉澱物埋藏到深處時，則焙乾而成爲結晶岩。這種水成岩僅是地球全部質量的一小部份。地球表面含有大量的

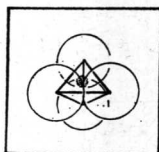
地球上較常見的元素
和普通的石質 (CHONDRITIC) 隕石之比較

元 素	地 殼			隕 石	
	原子半徑 ($\times 10^8$ 厘米)	重量 (百分數)	原子 (百分數)	體積 (百分數)	原子 (百分數)
氧	1.32	46.60	62.55	91.97	58.6
矽	0.39	27.72	21.22	0.80	16.7
鋁	0.57	8.13	6.47	0.77	1.5
鐵	0.82	5.00	1.92	0.68	6.3
鎂	0.78	2.09	1.84	0.56	14.9
鈣	1.06	3.63	1.94	1.48	1.12
鈉	0.98	2.83	2.64	1.60	.77
鉀	1.33	2.59	1.42	2.14	.08

(Clark and Washington, Goldschmidt, and Brown and Patterson)

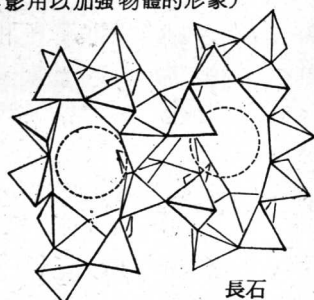


石英



矽氧化合物。每一個四面體代表四個氧離子圍繞一個矽離子。

(陰影用以加強物體的形象)



長石

第二圖。雖然一般的想法認為氧是氣體，但氧是大多數岩石中的一種成分，因此它是地球地殼的主要成分之一。石英和長石的結晶體圖解可看出氧和其他重要元素的相對比例。矽是次一重要的元素，大多數岩石狀礦物的主要成份都是稱為矽酸鹽的矽氧化合物。（本圖取材麻省理工學院提波、卓爾泰博士的模型結構。）