

科學譯叢

地殼發展的規律性與 區域大地構造

П. Н. 克魯泡特金 等著
В. В. 別洛烏索夫

科學出版社

● ● ● ● ●

繪畫圖解的規律性與 區域大地構造

江蘇 沈樹忠
南京 210004

● ● ● ● ●

科學譯叢

地殼發展的規律性與區域大地構造

П. Н. 克魯泡特金等著
B. B. 別洛烏索夫

張文佑等譯

科學出版社

1955年10月

內 容 提 要

本書選譯了蘇聯地質學家有關大地構造方面的論文 10 篇，主要是論述了天體演化學與地球構造問題、地殼發展的一些規律性問題，特別介紹了蘇聯地質學家對中國大地構造的輪廓的研究以及中國地台的構造和地盾的歷史。

本書可作為我國地質工作者和教學工作者參考。

地殼發展的規律性與區域大地構造

О закономерностях развития земной коры и
региональных тектониках

原著者	[蘇聯] 克魯泡特金等 (П. Н. Кропоткин и др.)
翻譯者	張 文 佑 等
出版者	科 學 出 版 社 北京東四區帽兒胡同 2 號 北京市書刊出版業營業許可證出字第 061 號
印刷者	北 京 新 華 印 刷 廠
總經售	新 華 書 店

書號: 0289	1955 年 10 月第 一 版
(譯) 182	1955 年 10 月第一次印刷
(京) 0001—2,770	開本: 787×1092 1/25
字數: 128,000	印張: 6 6/25 插頁: 1

定價: (8)0.91 元

目 錄

О. Ю. 施密特的天體演化學及地球的構造··· П. Н. 克魯泡特金 (1)	
地殼發展的若干一般性規律····· Е. В. 巴甫洛夫斯基 (38)	
地球的大地構造綱要圖····· В. В. 別洛烏索夫 (49)	
地殼構造和地殼發展的問題····· В. В. 別洛烏索夫 (54)	
大地構造的發展····· В. В. 別洛烏索夫 (72)	
大地構造····· В. Е. 哈茵 (87)	
中國大地構造的輪廓····· В. М. 西尼村 (119)	
中國陸台的構造及其發展····· В. М. 西尼村 (123)	
論中國地盾的歷史····· Ю. М. 謝音曼 (132)	
西伯利亞地台南部地質構造····· В. Т. 莫爾多夫斯基 (148)	

О. Ю. 施密特的天體演化學及地球的構造

П. Н. 克魯泡特金

根據 О. Ю. 施密特院士所發展的天體演化學，地球及太陽系並非由太陽中分出的熾熱的物質所形成，而是由於無數冷卻的宇宙塵及隕石的結合。

行星的密度以及地球構造的基本數據是與施密特的學說相合的。由於宇宙塵的結合而形成的地球層殼的上部的構造變形，可以看作是與地球內核的凝聚及地球半徑的縮小相聯繫的；大陸的生成則是由於超基性的基岩的局部分異以及易熔的花崗岩及玄武岩漿沿着固體地殼內的深裂隙而擠出地表，地殼本身從未經過熔化狀態。

1. 可由地質證據證明的、根據施密特宇宙成因學說所得的推論

由熾熱物質的團塊從太陽分出這一假定出發的一些較早的關於太陽系生成的理論，在近 10—20 年中已經證明其不能成立。根據秦斯 (Jeans)、傑弗瑞 (Jeffrey)、李德屯 (Littleton) 等人的假說，熾熱液態的行星及其衛星都是由此種團塊形成，然後在繼續冷卻的過程中固化。正如同巴里斯基 (N. N. Pariski) 及羅塞爾 (Russell) 所指出，這些理論以及費森柯夫 (В. Г. Фесенков) 的新旋轉假說，均與行星及太陽的動量關係相抵觸。斯賓莎 (Spitzer) 曾證明由太陽分離出來的、可以相當於任何一個行星的高熱氣體塊團，必將立即擴散。因此行星不可能直接由於災變而從太陽甩出來的物質形成，有如秦斯、傑弗瑞等人的假說所假設者。

同時天文學家已確定了一件對宇宙成因有決定性意義的新事實：太陽圍繞銀河系的中心以大約 220,000,000 年的週期而旋轉。在這些事實的基礎上，施密特 (О. Ю. Шмидт) 建立了他的宇宙生成假說、對於太陽及行星的動量關係、行星軌道半徑及整個太陽系的大小

間的關係、以及以往各學說所不能解釋的事實。如某些行星衛星旋轉方向的相反，行星沿其固有軸向的旋轉，以及一系列的太陽系中的其他現象，都可以得到解釋。施密特在其學說中假設行星及其衛星並不是由太陽中分出的熾熱物團生成，而是由於太陽經過一個分散的“黑暗物質”的雲霧而引起的隕星、宇宙塵及氣體的聚集的結果。此種宇宙塵的集團，分佈在我們的銀河系以及宇宙中的其他“島系”之中。

天文學研究的結果，證明由於附近星體的光的彌散而可以辨別冷的氣體星雲 (Gasnebel, 即所謂的分散星雲, diffuse Nebel) 常與由宇宙塵生成的星雲相連結、相混合。施密特假定：在大的行星周圍由於此種與宇宙塵同時存在的氣雲 (Gaswolke) 的凝聚，可造成厚的氣體外圈 (大氣圈)。愛琴生 (M. S. Eigenson) 的想法是很有意思的，他認為：“太陽及隕星雲霧 (Meteoritenwolke) 即施密特的太陽系的起源物，並不是偶然相遇的，而是同時并存的 (太陽可能在此種雲霧中生成)。”魏勃爾 (Whipple) 及薄克 (Bok) 的意見是：由銀河系的塵基 (staubs substrat) 造成暗星。另一方面宇宙塵及隕星本身可能是滅亡的星體在其發展的最後階段的分出物。

施密特的學說可在 1944—1948 年“科學院報告”中發表的許多文章以及“地球起源學說四講”的小冊子中看到^[29,31]。關於“隕星”論的基礎的通俗文章見於施密特及蘭溫 (B. J. Lewin) 的作品，對這個理論的批判則見於費森柯夫的著作中^[26,27]。

由施密特的基本概念可得出四個推論，都可在一定的程度上以地質資料加以證明：

1. 太陽系中內圈的行星及月球的化學成分必須是差不多相等的，而且相當於原來物質的平均成分，亦即相當於造成所有的天體的那種宇宙塵的平均成分。

2. 因此，除去大氣，行星及其衛星的原來物質在大氣壓力下的固體狀態時的平均密度，不應高於月球 (3.3 克/厘米^3)、水星 (3.8 克/厘米^3) 及火星 (3.96 克/厘米^3) 的密度。

3. 地球內熱尤其是岩漿溫度的來源，不是來自“承繼的”太陽熱

能(如泰斯、費森柯夫等人的理論所假定的),而必須是其他的來源,即:1)宇宙塵中原來含有的放射性元素的原子內部的能量,2)構造過程中的機械能在地殼變形時轉化為熱能。

4. 如施密特所確定的,這些熱源不能使地球全部變為熔漿。因此地球外層在所有的地質時間內可保持其原來的固體集積狀態。

推論 1 及 2 (雖然並不如此明顯)也可以由其他的、假設行星由太陽分出的宇宙成因論中推出,但是推論 3 及 4 必須由認為行星是由固態的、冷的小顆粒造成的學說推得(施密特的學說,以及較早的西(See)、穆爾頓(Moulton)及張伯倫(Chamberlin)等人的學說)。

除掉為太陽系構造中的力學特點所需的計算(動量的分配)以外,在評判宇宙生成假說時,有關行星及其衛星的化學成分、密度及其物理狀態的證據有着重要意義。一種宇宙成因論必須能夠說明,即使祇是概略地,我們的行星的構造以及其發展中的特點。施密特在其關於地球的小冊子中^[81],由其學說得出的結論是地球並未收縮(即地球半徑並未縮短),因此他不贊同對造山作用的最自然的解釋。施密特的這一推論,我們以為,不能由地質的及地球物理的資料方面獲得證明,亦並不成為他的宇宙成因方案的不可避免的後果。在下面的兩章之內我們將說明由冷的宇宙塵的顆粒及隕星形成地球這一概念,可與地球半徑的暫時的或永久的縮短的想法相適應,如果我們考慮地球的收縮不是由於冷卻而是由於地球內部物質的凝聚所致。

關於太陽系中其他的天體,我們此處首先討論在太陽系內圈的行星及木星與土星的一些衛星以及作為太陽系中最小的成員的隕星。如考慮到落到地球上的石質隕星(密度 3.3 克/厘米³)之量為鐵質隕星(密度 7.8 克/厘米³)的 16—18 倍,就可以證明隕星的平均密度與月球、水星及火星以及地殼極為近似,如果在計算中顧及這些天體中的物質因壓力而受到的壓縮。這種密度也是與木星及土星密度最大的衛星極為近似的(表 1)。這種情形也與隕星的平均成分相合,此項平均成分接近於地球上的超基性岩石,同時也與行星係來自同樣

成分的宇宙塵與隕星的假定相符。

表 1 沒有廣泛的大氣圈的隕星、太陽系內部行星
及大型衛星的密度(單位克/厘米³)

行 星	在一個大氣壓力下的密度	不將壓縮情況計入時之密度
隕星(按石隕星與鐵隕星的比例為 17:1)	3.5	如果考慮到土衛六時,平均密度較小
地球外殼 (<30 千米)	3.2—3.4	3.2—5.6
月球	3.29	3.34
水星	3.2—3.4	3.8
火星	3.2—3.4	3.96
密度最大的木星及土星的衛星	2.7—3.5 (平均 3.2)	2.7—3.7 (平均 3.27)

當研究木星及土星的衛星的密度與其他性質時,可以得到有關太陽系在何種條件下形成的重要論據(圖 1)及海王星都有大小與月球相似的衛星(木星的木衛一,二,三,四,土星的土衛六,其質量約為月球的 2 倍而其密度和其他較小的衛星大約相等,為 3.7 克/厘米³)。

大的木星衛星的密度為 3.3, 2.7, 2.2 及 0.9 克/厘米³,其中距行星較遠的衛星密度漸小。小的土星衛星的密度小於 1 克/厘米³,相仿的有木衛四。衛星密度如此之小,只能解釋為具有極輕的固體的或流質的凝集結合狀態的厚層。其表面的溫度特別低,約為零下 140—160°C。此種密度不大的衛星為光耀的白色體,表面具有高的反射率。

根據光度的觀察,斯捷賓斯(Stebbins)定出了木星衛星(特別是木衛四,即衛星中密度最低者)在其相當於其他衛星的新月及半月相當亮度的顯著變化,這只能在一具有固態的、多孔的表面及缺乏大氣層的情形下方有可能。木星衛星表面上的可以看到的斑點,以及土星與木星的不緻密的衛星反光能力大小的顯著差別(土衛八約為 5 倍)——藉此可以使我們在觀察時知道所見到的是哪一個半球

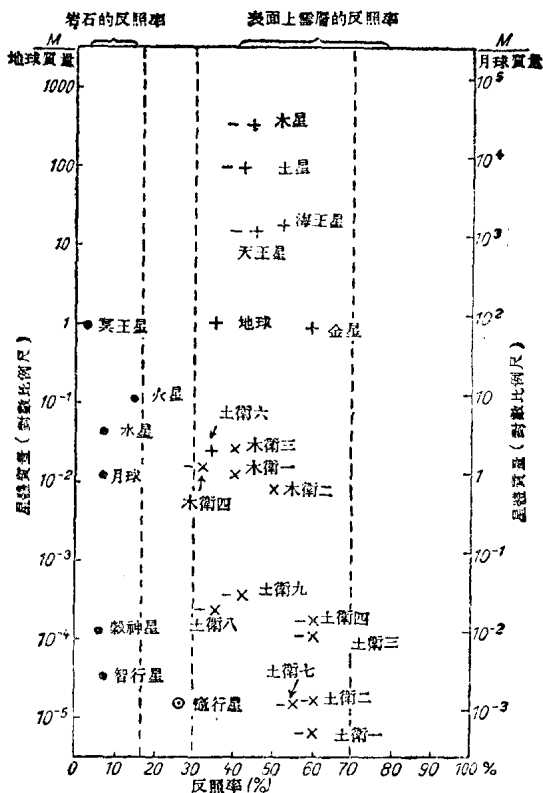


圖1 行星及其衛星與一些小行星的質量、反照率及密度

- 無大氣圈，或者只有少量而分散的空氣；密度等於或高於 3.3 克/厘米³。
- 十——有大氣圈的存在（根據光譜及其他紀錄）。
- x——天體的表面並非由氣體組成而是固態物質，或經證明（根據斯提賓斯攝影的觀察，木星衛星顯示與新月及滿月相當的光度變化），或經假定（根據衛星上斑點的存在或兩個半球上反照率的不同或者根據其較小的引力，而不能使氣體分子保留）。
- 天體的密度不超過 1.35 克/厘米³（小天體者係根據其亮度與其大小，由假定的最高反照率計算而得）。

——都說明這一點。這些星體密度之小並非由於氣體大氣圈存在的結果，而是因為在其構造中有大部分的凝集的輕的化合物。由於對土星的最大的衛星土衛一的光譜分析，確定其有由甲烷以及可能地也有由氮所組成的大氣圈，海王星最大的衛星也有同樣的甲烷大氣圈。在宇宙中存在着的化學元素及化合物中，只有少數的幾種在固態或液態時密度小於 1 克/厘米^3 ，即小於水的密度——氫 H_2 (0.07)，甲烷 CH_4 (0.42) 以及其他的多氫的碳水化合物，氨 NH_3 (0.62)，冰 H_2O (0.92) 及二氧化碳 CO_2 (0.95 克/厘米^3)。顯然地，木星及土星的密度很小的衛星大部分是由這些輕的化合物所構成。傑弗瑞曾假定它們的主要成分為冰及固態的二氧化碳。

所有這些輕的物質當溫度升高時很快地即變為氣體，因此如果這些衛星在任何時期曾經成為溫度達數千度的熔融狀態，這些輕的物質便不可能被多量地保存。衛星表面上的重力極小，以致不可能使熾熱的氣體保留。所以從這些輕的土星及木星衛星的密度與氣圈的成分來看，它們不是由太陽所分出的熾熱物質形成，而是由別種方式造成的。它們的輕質外圈可能是在結晶質或氣態的顆粒聚集的初期造成的。然後經過凝集而造成木星與土星的特別厚的大氣圈。這些行星的大氣圈由甲烷、氨及其他輕的化合物組成，表面上的溫度遠在零點之下 (-140°C , -155°C)，經不同的工作者計算的結果，約佔木星與土星的總體積的 70—80%。

從行星及其衛星係由熾熱物質形成這一學說的觀點出發，我們應該預期這些容易變為氣態的輕質的化合物 (H_2O , CO_2 , NH_3 , CH_4 及其他)，只可以在質量較大的天體上存在，而且天體的總質量 M 越大，可能保持的輕的物質越多（因為離心速度大致與 $\frac{M}{2}$ 成正比）。可是正與此相反，由圖 1 所示的關於反照率、氣體大氣圈的存在，以及行星及其衛星的密度的數據，可以看出在太陽系中並無此種關係存在。相反的，無論在大的行星或在最小的衛星之中，許多具有高度的反光力（表示有氣態的大氣圈或一層白色的凝集的化合物的存在）及

低於 1.35 克/厘米^3 的小的密度。這說明了這些事實只能與假設行星及其衛星由冷的結晶質與氣態的顆粒集聚而成的學說相符合，而不能假設為成自熾熱的物質。

2. 緻密的地核的形成及地球半徑的漸次 縮短(收縮作用)

在約 2900 千米的深度即地核與地殼的分野處，有三種完全不同的現象為其特徵，三者的共存決不可能是偶然的現象：

1. 地震橫波的透過性有突然的改變，表示物質積集狀態有所改變；

2. 密度由 5.6 突變為 9.8 克/厘米^3 ；這可以由地震縱波的傳達速度的改變來測定；

3. 磁場的擾亂中心，可由在此深度下的任何電磁作用推得（見下）。

地核的密度平均值約為 11 克/厘米^3 ，即超過地殼密度 2 倍以上。在地核部分集中了整個地球質量的 30%，地核部分的成分及物質的狀態實際上是不知道的。認為地核主要由鐵組成的假定所根據的只是以地殼與地核的成分為一方面，以石質與鐵質隕石的成分為另一方面的人為的對比。同時地球磁性的解釋也不一定需要假設地核為鐵質。此點已經盎根海斯脫 (Angenheister)、哈爾克 (Haalck)、勃拉開脫 (Blackett) 等人指出。為了解地球內部的構造，首先必須與和我們的行星在成因上相關的行星——即太陽系內圈的行星及月球——來比較。

火星、水星以及月球的密度使我們必然得出這些天體沒有緻密核心的結論，假設這些天體物質的壓縮性 (Kompressibilität) 是與地殼相同的 (圖 2 及表 2)。如果計算到在月球及水星內部的壓力狀況之下物質的壓縮性，則按照傑弗瑞，這些內部物質的平均密度在大氣壓力之下應為 3.29 克/厘米^3 。這個數值與橄欖石及超基性岩石的密度極為接近，也接近於在大陸之下 60 千米深度的基層的密度 [約

為 3.2, 3.32 克/厘米³, 根據布倫 (Bullen)]^[13]。

如果我們相信, 像從維歇爾特 (Wiechert) 以來許多人以簡化了

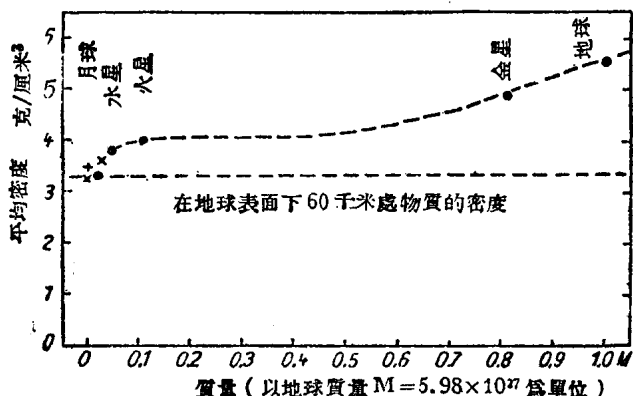


圖2 行星及大型衛星的平均密度與其質量的關係

- 行星及月球的密度; 金星的密度, 如果去掉其大氣圈應比曲線中所表示者稍高。
- ×——密度最大的大型木星、土星及海王星的衛星的密度, 數值只是近似值, 大氣的密度計入。
- +——環星的密度, 如果考慮到土衛六, 其值可能較低。

表2 行星及其衛星的質量與密度(克/厘米³)

行 星	內 圈 行 星				外圈行星, 具有厚的大氣圈				冥王星
	水星	金星	地球	火星	木星	土星	天王星	海王星	
行星的質量(以地球質量為單位)	0.04	0.81	1.00	0.11	316.9	94.9	14.7	17.2	0.93
行星的密度 ¹⁾	3.8	4.86	5.52	3.96	1.34	0.71	1.27	1.56	大於 5
大衛星的密度	—	—	3.34	?	0.6 至 3.9	3.6 及小於 1.0	?	?	—

- 1) 金星的密度在除去其大氣圈以後, 必然大於 4.68 克/厘米³。水星、地球及火星的密度係去掉大氣圈後的數值。

的方式所提出的，地核的成分與鐵隕星相當，而地殼的成分則與石質隕星相當的說法，則我們必須被迫承認造成地球的物質（鐵隕星約為 30%，石質隕星 70%）是與造成火星、水星及月球的物質（約為 100% 的石質隕星）完全不同的。顯然這種假設是與施密特假說所根據的主導觀念有原則上的衝突。這種構成行星的原始物質的密度可有如此巨大差別的假定，即使從認為行星由太陽分出的觀點上看，也同樣是不太可能的。從任何角度上來看，另一解釋更為接近事實，即所有太陽系內圈行星的原始成分是幾乎相同的，而緻密核心的構成主要的不是因為地核與地殼構成物質化學成分的不同，而是由於核心內部在行星體內受到極大的壓力而凝集的結果。如圖 3 所示，行星的密度（除掉大氣圈）愈大，緻密核心部分所佔有其總體積的部分也愈高，而行星中心的壓力也愈大。

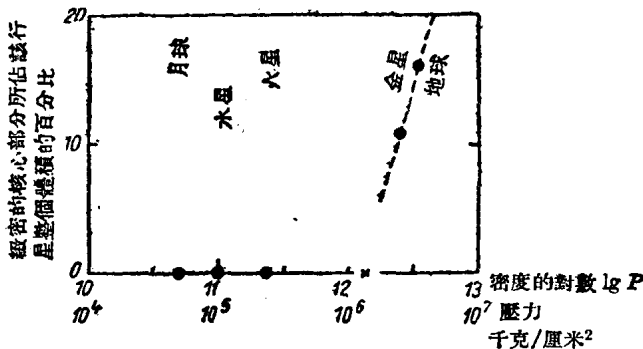


圖 3 緻密的行星核心的體積及行星中央部分壓力大小的關係

×——緻密核心界面上的壓力。

●——行星中心的壓力及在行星中緻密的核心部分所佔整個體積的百分比
(依據傑弗瑞的計算)。

由天文學及地球物理學的考慮出發，不同的工作者〔費森柯夫、施密特、洛道茨尼柯夫(В. Н. Лодочников)^[19]、克魯泡特金(П. Н. Кропоткин)^[16]及納爾克(F. Nölke)^[42]〕用地核在高壓下的凝集來解釋

地球的特有的密度。施密特院士在談到內圈行星及月球時說：“顯然的這些天體的平均密度是有很大的差別的。例如月球及火星的平均密度即小於地球數倍。代替了以前對於這個現象的幻想式的解釋，即認為是行星的原子成分不同，蘭溫的研究有力地證明了平均密度的不同完全是由於壓力的不同，也就是說平均化學成分相同，而內層的壓縮程度不同。由於行星質量的不同，故其中心部分的壓力不同，因而凝集的核心在總質量中所佔的部分，也相應地有大有小。這種看法對月球也一樣適用”（施密特）^[31]。費森柯夫認為地球的凝集是與自由氧因原來構成地核的 Fe_2O_3 的分解，而由地核向大氣圈中逸去有關。由此他並建立了與另外一些為高壓所決定的反應之間的聯繫：“如強特拉斯卡(Chandrasekhar)所指出，當行星的質量大到足以使原子構造的破裂變為不可能，並在沒有能力的來源時，物質以電子氣體的分離作用而進入退化的狀態……地球體積的縮小可由於其本身的、與化學成分相關的、在地球內部的巨大壓力下進行着的物態的變化而引起。”^[27] 費森柯夫在地心的這種凝集作用中找出造山作用、深源地震以及地球繞地軸的自轉速度的驟然變化的原因。

上面已然提到，地震縱波可以自由地通過地核。但是對橫波的傳達則相反地，地核只有極小的或幾乎不具有透過性^[7]。這種為液態或氣態物質所特有的性質顯示在地殼與地心的界面上物質的狀態有所改變。根據琴生(Jensen)的理論的推算——這一推算在直至100,000 千克/厘米²的高壓力下與勃里奇曼(Bridgeman)的實驗很相符合——可以承認在地心部分的壓力狀況下原子的電子外殼將有部分的破壞^[87]。

可以承認由於非常大的壓力(1,370,000 千克/厘米²)以及逐漸的溫度變化，在地核與地殼的接界處必有我們尚未能進一步了解的作用在緩慢地進行着，並伴之以顯著的物質的體積縮小與其他物理性質的變化。行星中心的壓力(p_c)必與其核心部分的密度成比例地增大。在行星的中心，如具有均勻的密度 δ ，則壓力與其半徑的四次方成反比：

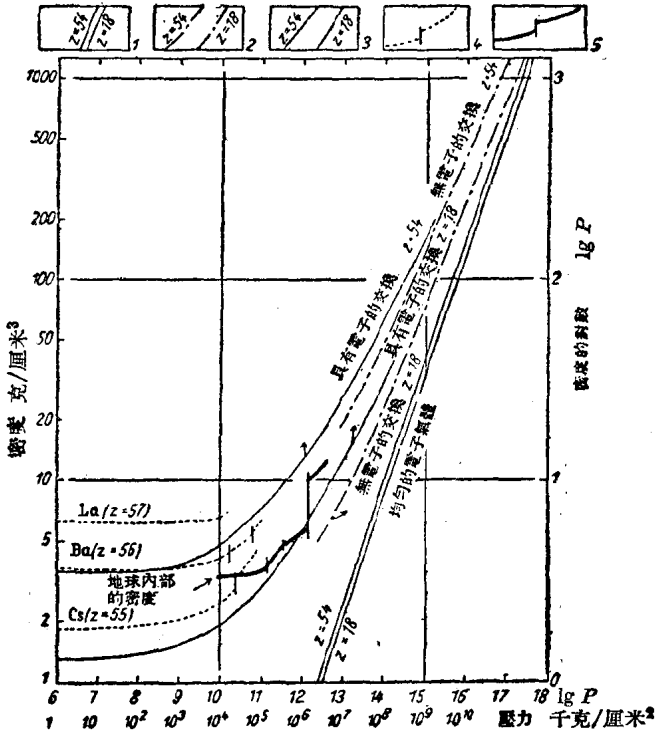


圖 4 在 0°C 時物質密度與壓力的關係 (根據琴生以及勃里奇曼的實驗結果) 及在地球內部物質密度的變化 (密度及壓力根據布倫)

1. 原子完全壓毀時形成的均勻的電子氣體的壓力；曲線代表原子序數 $z=54$ 及 $z=18$ 的元素，數值由理論上根據富勒 (Fowler) 的模型計算而得 (依據琴生)。
2. 原子序數 $z=54$ 及 $z=18$ 的元素的密度，根據托馬司-凡米 (Thomas-Fermi) 的原子模型利用鮑利 (Pauli) 原則計算而得，不考慮原子間電子的交換 (依據琴生)。
3. 同 2，但考慮電子的交換；原子的電子殼的構造在壓力為 2×10^8 千克/厘米² 及更高時有部分的破壞 (壓毀) (依據琴生)。
4. Cs ($z=55$), Ba ($z=56$) 及 La ($z=57$) 在壓力下密度變化的實測值；直立線部分相當於密度的突然改變 (依據勃里奇曼)。
5. 物質在地球內部 50 千米深度以下的壓力下的密度 (依據布倫, 1940)。

$$p_c = \frac{2\pi G}{3} (\delta R^2) = \frac{3GM^2}{8\pi} \frac{1}{R^4},$$

其中 G 為萬有引力常數, M 為行星的質量, R 為其半徑。如果密度不均勻, 則其間的關係應有不同, 但無論如何, 在行星中心或在其各層中, 壓力必然仍隨半徑的減小而迅速增加。因此半徑的縮小可以使在地核邊界上的物質凝集作用加速, 而且此種作用進行的不均勻性可能使地球自轉的速度發生變化。

地核及地殼界面上物質密度及其狀態的變化不僅反映於地球半徑及其自轉角速度的大小, 而且也必然將引起地殼上層的變形, 以及地球磁場可能的變化。如上面已提到的, 近年來以電磁深度作用研究地球磁場的擾亂, 證明其正發生在地核與地殼的界面上。磁場擾亂中心在地球內部沿水平方向移動頗快, 而有以在地球上的陸半球部分為主的特徵。“在一定的、面積比較有限的區域中, 有着某種物理作用在極大的深度中進行着, 而使地球的磁場發生變化。這種區域稱為長期的變化中心。在這種中心區域內 (有時磁場在其中加強), 在北磁半球有垂直強度 Z 、磁場絕對強度 T 及地磁傾角 I 的最大增加的焦點”(奧爾洛夫引自 [11])。磁場變化中心距地球中心的距離, 根據卡里寧 (Ю. Д. Калинин) 約為地球半徑 (R) 的 0.56, 據愛爾塞舍 (Elsässer) 為不大於 0.55 R , 據麥克尼許 (Mac Nish) 則約為 0.5 R 。因此磁變中心即在距地核與地殼的界面不遠處運動——界面位於距地心 0.54 R 處。

另一方面天文觀察所測定的地球自轉速度的週期性的與突然的變化指出在地球內部有垂直方向的質量移動發生 (例如, 任一層圈的變密)。此種位置的變化使地球的轉動慣量發生突然的變化, 因而使地球的總半徑或個別地圈的半徑也有變化^[10,23]。據曼葉爾曼 (Meyermann) 地球轉動的經常加速表示地球半徑的逐漸減小^[48]。

一系列的地質證據也同樣地證明地球半徑的縮短。

地殼的構造變形、起伏、褶皺及大規模的推掩、岩漿由地內向外的運動以及使得現在在地下 800 公里深處發生地震的彈性變形, 根