



地球形态的发展

翁文波 著

地质出版社



地球形态的发展

■ ■ ■ ■

地球形态的发展

翁文波 著

地质出版社

1958·北京

內 容 簡 介

本書是一篇有关地球科学的一般性論文。側重于研究地質年代里地球岩圈和水圈的相对运动。根据著者自己所選擇的分析方法，討論了地球科学的几个基本問題，并且提出了某些近似規律。

在書的开端，簡略的敘述了有关地球組織形态等方面研究的概况，接着是本書的主要内容，即地球动态的分析或討論；最后又討論了各学派爭論未决的几个重要問題。

本書可供从事地質学、大地構造学、沉積学、地球物理学、自然地理学等基本理論的研究工作者作为参考，也能作地質系、地理系同学的轉助讀物。

本書以闡述理論概念为主，只有極少的数学公式，这样可使不熟悉数学的讀者，也能了解本書的主要内容。

地球形态的发展

著 者 翁 文 波

出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3号

北京市書刊出版業營業許可證出字第050号

發行者 新 華 書 店

印刷者 天 津 人 民 印 刷 厂

印数(京)1—1,800册 1958年6月北京第1版

开本31"×43"¹/₂ 1958年6月第1次印刷

字数200,000 印張 9¹⁸/₂₅

定价(10)1.20元

目 錄

前 言	7
第一章 緒論	9
第二章 有关地球起源及其内部組織的理論	19
第三章 地球的形态	35
第四章 地球形态变迁的可能方式	53
第五章 地球相对扁率的变化	63
第六章 岩圈の偏心	82
第七章 海陸分布等問題	101
第八章 測高律	119
第九章 世界古地理圖的分析	127
第十章 地質年代里的海陸比例和世界气候	135
第十一章 地壳的波动、硬化和断裂	147
第十二章 关于几种沉積礦藏的問題	159
第十三章 今日的地球（第四紀的地球）	190
第十四章 各种地球發展假說的討論	205
第十五章 結束語	217

附 錄 目 錄

（附錄一） 圓諧函数	229
（附錄二） 拉普拉斯公式的解答	229
（附錄三） 不可壓縮液体与拉普拉斯公式	230
（附錄四） 不可壓縮液球的小幅度的流动	230
（附錄五） 解釋測高律的例子	233
（附錄六） 古地理圖的簡化分析	235
（附錄七） 由扁率变化所引起的坡度变化	237

附 圖 目 錄

圖 1 中亞細亞震源深度分布圖	82
-----------------------	----

圖 2	變形運動的一種方式——岩圈的东西偏心运动	55
圖 3	變形運動的一種方式——“ ” “ 南北 ” “ ” “ ”	55
圖 4	“ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” ——“ ” “ 扁率变化运动	56
圖 5	“ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” ——大陸星瓣运动	56
圖 6	“ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” ——兩極反 对称运动	57
圖 7	对流和扭曲运动的一种方式——内外層相对流动	58
圖 8	对流和扭曲运动的一种方式——南北半球的扭曲运动	58
圖 9	中生代的海進区和海退区	66
圖 10a	中國东部沉積速度的对比	70
圖 10b	“ ” “ 西 ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ”	71
圖 11	北美东部沉積速度的对比	72
圖 12a	中國东部各沉積区岩相的对比	73
圖 12b	“ ” “ 西 ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ” “ ”	74
圖 13	海西褶皺帶的分布概况	75
圖 14	地質年代內地球相对扁率的变化	77
圖 15	陸半球和水半球	82
圖 16	世界地震震心分布略圖	84
圖 17	世界火山岩的分布草圖	85
圖 18	世界中生代褶皺帶的分布略圖	87
圖 19	寒武紀到下泥盆紀的海洋進退	88
圖 20	下泥盆紀到上石炭紀的海洋進退	89
圖 21	古生代非洲大陸的隆起	89
圖 22	中生代非洲大陸的下沉	90
圖 23	新生代非洲大陸的再度隆起	90
圖 24	太平洋兩岸沉積速度的比較	92
圖 25	太平洋外圈帶的鎢錫礦分布草圖	94
圖 26	地質年代中岩圈向北偏心的幅度	96
圖 27	南北偏心和扁率变化的組合	97
圖 28	北半球鹽沉積的分布草圖	98
圖 29	北半球下古生代油苗分布草圖	99
圖 30	北半球古生代油田分布草圖	99
圖 31	北半球中生代油田分布草圖	99
圖 32	北半球新生代油田分布草圖	99

圖33	新生代褶皺帶的分布草圖	100
圖34	各緯度上岩圈面的高度	104
圖35	上古生代植物化石產地的緯度分布	105
圖36	世界主要中和下石炭紀煤田分布示意圖	105
圖37	南北極反对称运动在各緯度上的幅度变化 (根据約里奧資料)	109
圖38	南北極反对称运动在各地質年代內的幅度变化 (根据約里奧資料)	108
圖39	大陸星瓣	108
圖40	岩圈面在各經度上的平均高度	108
圖41	高緯度和低緯度上比較大陸星瓣的現象	109
圖42	世界大陸的分布	110
圖43	世界主要地盾的分布	111
圖44	地史中的大陸星瓣 (根据約里奧資料)	112
圖45	地史中亞洲、美洲的隆起 (根据約里奧資料)	114
圖46	$N10^{\circ}-S10^{\circ}$ 緯度上主要地学現象的对比	114
圖47	太平洋中的島嶼排列綫	115
圖48	北半球加里东褶皺帶的分布草圖	115
圖49	岩圈面在各高度的面積百分比	120
圖50	測高曲綫	122
圖51	$S50^{\circ}$ 的測高曲綫	123
圖52	$N50^{\circ}$ 的測高曲綫	123
圖53	測高律的圖解	124
圖54	一种均衡状态的假想	125
圖55	$N35^{\circ}$ 和 $S85^{\circ}$ 平均測高曲綫	129
圖56	赤道上的測高曲綫	129
圖57	岩圈面在各緯度上的升降运动示意圖 (根据約里奧資料)	131
圖58	地質史中海洋面積百分比的变化	137
圖59	地質史中海洋進退和海洋面積的比較	138
圖60	海洋面積变化和几种同期性的現象	141
圖61	波形运动的“逆轉”	148
圖62	北美洲东部的一个地質剖面草圖	150
圖63	北美洲聖姚金谷地的地質剖面	151

圖64a	各地質年代中構造运动速度的比較草圖	153
圖64b	各地質年代中構造运动幅度的比較草圖	153
圖65	下古生代海進区和已發表的古生代產油区草圖	169
圖66	中生代海進区和已發表的中生代產油区草圖	170
圖67	新生代海退区和已發表的新生代產油区草圖	171
圖68	我國东部中下古生代的海進海退区域略圖	173
圖69	世界二疊紀—侏羅紀和白堊紀—第三紀產煤区的划分略圖	179
圖70	鹽丘的分布草圖	189
圖71	各緯度不同角速度所產生的扭曲綫	217

附 表 目 錄

表1	地壳厚度表	29
表2	豫弛周期表	41
表3	岩石中放射性元素含量表	46
表4	我國 $N 35^{\circ}$ 綫南北几期沉積的分布	67
表5	北美中部东部在 $N 35^{\circ}$ 綫南北的沉積分布	69
表6	$N 35^{\circ}$ 和 $S 35^{\circ}$ 綫附近的海西褶皺帶	76
表7	各地質年代間地球相对扁率的变化方向表	78
表8	北半球主要含油和含鹽沉積的緯度分布 (太平洋四週除外) ...	99
表9	各种古地理圖初步分析資料 (表 a, b, c)	132
表10	几种物質中同位素的比 (表 a, b, c, d)	166
表11	世界不同时代產煤区的分布表	181
表12	想像中的第四紀扁率变化的幅度	197
表13	海洋底部沉積速度表	226
表14	地質年代年齡表	226
表15	常用的数字表	227

前 言

地球的外部，有一層大气圈、一層水圈與一層岩圈^①。它們都有自己的形狀和性質，並且也都有自己的運動方式。這三個圈的形狀，和運動組成地球的形態。地球的形態是在不斷地發展着的。

本書主要是討論水圈與岩圈之間形狀的差別和它在地質年代里變化的情況。為什麼要特別來討論水圈與岩圈形狀的差別呢？因為由於它們中間高度的差別，可以決定一個地區是海洋還是大陸，也能決定那里的海拔的高度和海深的深度。所以它與自然地理學、地質學和地球物理學都有密切的關係。

我們將要引用的主要資料，包括世界地形圖、古地理圖和一些地質資料。因為這些資料能夠說明一些過去和現在的水圈與岩圈形狀以及其他一些情況。

我們將採用的方法；有二個特點。第一、我們尽可能地將地球作為一個整體來研究，但不深入到每個地區局部的問題中去。第二、我們要把地球上發生過的複雜現象，分析為同一體系下的幾個組成部分，對每一組成部分分別地進行研究。分析的方法是一種數學上常用的圓諧函數的分析，因為這種方法對於近似於圓球體的東西，用起來是很方便的。

我們希望在下邊一些討論中，能夠提出幾個比較有意義的問題。至於這些問題的解決，當然不是本書所能勝任的，著者也不敢抱這樣

①岩圈這一名詞的定義還沒被統一起來。有人把岩圈和弱圈(Asthenosphere)對立起來，那麼岩圈的厚度就只有數十公里。也有人把岩圈和重圈對立起來，認為是厚度為1200公里的一圈(見Die Entwicklungs geschichte der Erde 1955頁33)，在本書內採用岩圈一詞具有和水圈對立的意義，它是地面以下的地球本身。

的希望。相反的，著者限于才力，涉獵的文献不夠，对于某些重要的东西，可能疏忽掉了，許多重要的問題可能說得含混，甚至于沒有說到或說錯了；因此，文內所引用的資料、处理方法以及所作的推論，可能不完全妥當和准确。所以，很希望听到批評、指正的意見，以便將來修正。

本書最初三章，除了說明几点基本概念以外，主要是把地球科学中特別是地球物理学中的現在情况，作一十分簡單的介紹。使我們能夠在現代一般認識基礎上來看問題。在第四章至第九章中，將应用自己选定的方法，來進行分析研究。最后六章是根据这些分析來討論几个專門問題。

在本文編寫过程中，得到很多同志的帮助，特在这里表示感謝。

第一章 緒 論

地球科学萌芽，發生在遙遠的古代，埃及、巴比倫、亞述和中國古代的人們，很早就着手了对地球的研究。

在中國早就流傳着“山海經”这样一本書。关于這本書，嚴格的考証工作还做得不多。根据清代的一种說法，認為：“山海經作于禹（公元前18世紀—20世紀）。益述于周秦（公元前2—12世紀），其学行于漢（公元前201年至208年），明于晋（265—420）……”。很可能这是中國最古的一部地学專業書籍。

虽然在山海經中有很多叙述是不精确的，但在一部分記載中，也还提出了地球科学的重要問題。例如“……天地之东西二万八千里，南北二万六千里。出水之山八千里，受水者八千里。出銅之山四百六十七，出鉄之山三千六百九十。”^①。

說明地球是球形的第一个假說，根据較可靠的資料來看，是由公元前六世紀時古希臘的畢達哥拉学派所提出的。公元前四世紀的亞里士多德（公元前384—322），替它提出了証据。但在中世紀，西欧文化衰落，这一学說被摒棄了。文艺复兴以后，地球科学又被重視起來。1492年克利斯托夫·哥倫布發現了美洲。1497年華斯哥·達·伽馬繞过好望角而發現了通印度的航路。1519—1522年，麥哲倫和他的伙伴們完成了第一次环遊世界的航行。

最早說明地球繞太陽运行的学說可能是阿里塔斯尔赫（公元前310—250）。哥白尼（1473—1543）在1543年提出了行星运行的規律。到牛頓（1643—1727）時，天体力学才被确定下來。

測量地球大小的工作也很早就有人進行了。公元前三世紀亞歷山大城的尼拉托斯芬，用弧度測量法初次估計了地球的大小。我國唐代天

①山海經中沉日古中次十二經之山，古本为第二十六篇。

文学者僧一行^①（公元683—727）测定了同一时间内日影在各地投影长度的差别。这一差别称为影差。在一行前，有“每千里差寸”的说法。一行和南宫洗等在南到越南中部的林邑，北到河北蔚县的“蔚州”等地进行过工作。南宫洗在河南一带求出351里80步而影差1度。用这些数字来推算可以求出子午线一度之长是351.27唐里，约合159.5公里（在纬度 30° — 40° 间子午线每度平均长约为110.94公里）。

进一步研究地球的形状，是在十七世纪末才开始的。牛顿和惠更斯说明：由于地球自转的离心力，地球不得不是一个椭球体，它的两极直径应短于赤道直径。这一种说法是指整个地球而言，就是说地球的岩圈与水圈都应当是椭球体。以后由大地测量证实以地球水圈为准的地球体或水准面很接近椭球体。

也有人从地球岩圈的形状来描写地球，例如有人把地球比之于橘子（赫瑟尔Herschell）、或番薯（乔治·达尔文）、或梨（琼斯）、或木头钉（格利高利）、或四面体（格林Lowthian Green）、五角形十面体（波蒙Elie de Beaumont）。这样就可看出，关于地球岩圈形状这一概念分歧很大。

在丰富的地球科学的文献里面，分歧的概念是很多的。

地 球 的 形 状

苏联大百科全书地球一節中說：“談到地球的形状和大小，普通指的是大地水准面的形状和大小，大地水准面是由假想的，处处与重力方向相垂直的，連續穿通大陸的海洋表面所包圍而成。拔海高度就从这个表面算起，整个地球体的精确的形状还没有确定。”^②

在实际应用上，有时也用另一个更为簡單的面来表达地球的形状与大小。这个面叫参考椭球面，它僅有数学上的抽象意义。^③可以用不很复杂的数学公式来代表，但也尽可能的接近大地水准面。近來所常說到的参考椭球面，或是一个旋轉椭球，或是一个三軸椭球。

①楊志玖：科学通报 4 頁95 1956

②Большая Советская Энциклопедия 17 頁1 1952.

③Д.В.薩格雷賓（方峻譯）：地球物理学报 3 頁 56 1954.

上面已經說過，使我們感到興趣的是水圈與岩圈之間形狀的差別。在一般問題上，把水圈作為一個旋轉橢球面來看，是足夠準確了。但嚴格地講起來，水圈與岩圈之間，是互相影響的，關係也是複雜的。

地球的物質狀態

上面我們提到了地球外部的大氣圈、水圈和岩圈。很自然地使我們想到它們的區別是在於它們的形態。大氣圈是由氣體組成的，水圈是由液體組成的，而岩圈則是由固體組成的。

“固體”這二個字的涵義有時是會引起誤會的。

一般地我們容易把固體與彈性體的意義聯繫起來，而實際上大部分的固體，即使在很小的應力下，也不是完全的彈性體。大部分固體有所謂彈性後效，也會有流動的性質。

固體與液體，有時會同熔化及溫度相聯繫起來。固體加熱到了熔點以後，就可能熔化為液體，這是我們所熟悉的現象。嚴格說起來，熔化作用是將結晶體轉變為非結晶體。而固體與液體的分別是在於它們二者之間的剛度和粘度有很大區別。但是，二者中間並沒有嚴格的區別標準。並且，固體轉變為液體，或液體轉變為固體，不一定要通過熔點。

上面的概念還只能使我們在普通物理實驗中，或一般生產實踐中，明確了“固體”的涵義。但要把這樣的概念用到地球內部的物質上去，又會遭遇到一重困難。因為地球深處，壓力可以高到幾百萬大氣壓。地球科學中某些基本的現象可以是在很大的時間或空間範圍內進行，這都不是實驗室中可以達到的。所以，我們通用的關於物體狀態的概念是引申出來的。

在這樣的引申意義上，地球在某些現象中表現出液體（或粘性體）的性質，但在另一些現象中，地球內部的物質表現出固體（彈性體）的性質。

一般說來，在長期性的、大範圍的現象中，地球顯出有“液體”的性質。假如我們把地球看作一個旋轉的液球，就可根據地球本身質

量的引力与旋轉的离心力，通过計算，說明地球的形狀应是旋轉的橢球。在实际上，不但水圈的形狀（一般即代表地球的形狀）接近于旋轉的橢球；就是岩圈的表面，也在一定程度上近似旋轉的橢球。牛頓首先用这样的假定計算地球的形狀。后来抽象地把地球比作液体包在較硬的地壳里，并称之为“牛頓体”。“牛頓体”好像是包着水的皮囊，是一种說明地球形态的抽象概念。

此外我們还观察到一系列的現象，譬如地壳有所謂均衡的現象；在岩石中可以看到流动的征象，莫不說明組成地球的物質是可以流动的。

另一方面，在短期性的、小范围的現象中，地球就顯出有“固体”性質。不用說我們日常居住在地球上，看到地壳是一种固体，并且許多自然現象也說明，地球内部的一定深度也具有固体的性質。譬如以彈性波來說，縱波和橫波都能夠通过固体。但只有縱波能通过液体，而液体是被認為不能傳播橫波的。在地震时，由地震所發出來的彈性波中，有縱波的成分，也有橫波的成分，我們实际可以观察到，这二种波的成分，都可以通过深度在 2900 公里的地心核以外的各部分，这等于說地心核以外的部分具有固体的性質。

地震的發生，有时是由于岩圈中一部分發生断裂而引起的。在太平洋的四周地区，时常有深震源的地震，据根研究結果，深的震源可以深到 700 公里。例如南美洲一帶曾有一群震源的記錄，深度在 550—600 公里之間^①（其震中在安第斯山脉之东，与山脉沒有明顯的关系，但在这一区中沒有 300—550 公里深度的震源）。这是否是在岩圈中發生断裂呢？在另一些地区，例如像日本一帶，深震源排在一个面上。这一类地震的原因，有可能是与岩圈中断裂、切变有关。物質能夠断裂、能有切变，依一般观点來說应是固体了。其他的地球物理現象，如地球的整体的潮汐作用，極点繞行（Д. Л. З.）等現象，也都可用彈性体來解說。

統一这二种物質状态的公式，自从十九世紀末期以來，已陸續地

①B. Gutenberg: Internal Constitution of the Earth 頁307 1951.

被提出了，但完全統一的意見，尚未形成。一般的講，這種統一液體與固體狀態的物性公式在某些問題上是有用的，並且在工程上與生理學上已常提到它們。在地球科學的問題上，至少可以作出一般性的解釋與描述，這也將在以下再提到它。

地球的內部運動狀態

相對於太陽說來，地球進行着自轉、公轉和旋進等等運動。其中地球自轉運動與本文討論的問題有密切關係，值得特別提出。度量地球自轉的儀器有各種天文鐘。遠在1090年我國已出現了蘇頌著的“新儀象法要”這種書，敘述了一個大的天文鐘^①包括150多種機械另件，制鐘的傳統似乎是由僧一行和梁令瓚開始的（725）°現代的天文鐘，利用石英的振盪和放射性的變化，已可測定地球自轉速度的不穩定性。

我們想了解的主要是地球各部分的物質與地球本身其他各部分物質之間的相對運動，現在簡稱它為地球內部的運動，或地球本體的運動。

地球本體運動在地面表現為地殼運動。遠在我國北宋時期，沈括（1032—1096）根據地層和化石的特點，提出海陸變遷的具體意見，正確地指出華北平原是由沖積形成的。現代地質學家根據極其豐富的資料研究數十億年過程中的岩圈升降、波形運動、海進海退等現象，不但逐步地明確岩圈變遷的歷史，並且有效地用來推測自然資源的分布。即在人類歷史以內，岩圈變遷已是很明顯的；在第四紀地質及其他書中常常說到的一個有名的例子，是意大利那波里城附近的塞拉比斯廟。這廟建築在紀元初期，其中有三條柱子，仍然留到今日，根據柱上表面海生指蛤（一般軟體動物）的遺跡等遺料，說明這個廟址約在13世紀下沉，曾被7.5公尺的海水所淹，18世紀上升。似乎現在又在下沉。

據曾鼎干等報導，在1948年前後，我國四川省龍泉山三大灣東北

①李約瑟，王鈴、D.J.普拉斯：科學通報6 頁100 1956，原文見Nature 1956年3月31日號。

地方，有一片長10公里，闊200—500公尺的山地，一次陷下約10公尺。用我國成語中“滄海桑田”這一句話來說明岩圈的運動，這確是一條根據實際觀察的總結。

促使地球內部運動的原因或力是什麼？有許多假想的和已証實存在的力量被提了出來，認作是使地球本體發生運動的原因。例如近來特別被人注意的地球內部物質分異的作用，即比重大的物質，逐步地向地心集中，而比重輕的物質向外分異的作用，被認為是使地殼發生劇烈運動的一種原因。

顧登堡把這一類問題列了一個表，舉出了十種以上的可能原因或力量^①。其中有趣味的，如地殼內部的物質流動，地球因溫度變化而漲縮等等。此外，範圍較小的，如大氣壓力變化，可使地面傾斜百分之一秒。地球整體的潮汐作用，也可使地面傾斜十分之一秒，也可升降30公分。岩石侵蝕，沉積，可使地殼升降幅度達到沉積厚度的三分之一。大陸上冰塊的積壓，可使地殼下沉幅度達到冰塊厚度的三分之一。因海潮與風暴所引起的海面升降，可使地殼傾斜一秒。土地結冰可使地面上升一公分。地面的季節溫度變化，可使地面上下一公厘。

還有一種討論得不多的因素，但却可能使地球發生劇烈的內部運動，就是因地球轉速的變化所引起的扁率變化。例如包恩其科夫斯基，在他的“地震及其研究方法”中所提到的，就是一種說法^②。

地球的均衡狀態

地球內部運動既在不斷進行，這就使人想到地球內部並不是處於完全均衡狀態之中。要用地球自身完全均衡狀態來解說全部地球物理現象，都會遭到不能克服的困難。

從另一方面來看，今日的地球，確在許多自然現象上表現出接近於均衡狀態。上面已經說過，用一個旋轉的液態球體來代表地球，即

①B. Gutenberg: Internal constitution of the earth 頁174 1951

②包恩其科夫斯基(В.Ф. Бончковский): 地震及其研究方法頁19 1955(原名Землетрясения и методы их изучения 1949)。

可解釋地球因旋轉的離心力所引起的二極縮小的現象。這說明整個地球趨向於重力與離心力組成的均衡狀態中。此外，從把地球上重力測量所得的結果來推算，也可以說明，在地面下幾十到百餘公里的深處，接近於區域性均衡。

我們如何來體會：地球既處於運動的狀態，但又接近於均衡的狀態呢？

一致的答案現在還沒有，但各種可能的假說卻很多。例如我們可以想像均衡是運動受到阻礙後趨於相對靜止的狀態。也可以設想，由於均衡條件的變化，引起了新的運動。也有可能在某一個時期內，地球的運動復活起來，因而破壞了上一個時期接近均衡的狀態。也有可能在地球內部一定深度中發生着運動，而在外層的物質逐漸流動調節趨於均衡。此外也有這樣的可能性，在某一個地區，運動比較劇烈，同時另一地區，比較接近於均衡狀態。

有人認為：劇烈的運動與相對的均衡是地球中互相輪替的矛盾因素；它們的鬥爭，促成地球形態發展的歷史。在這沒有終了鬥爭中，運動是永恆的規律，絕對的均衡是不能維持的。也有人用物理學中能量的概念來說：岩圈外部的運動可能是由地球內部某種能源的消耗而發生的。這樣運動的結果，促成了岩圈外部重力勢位能的重新提高，均衡狀態僅是這種重力勢位能的二次消耗而已。

研究地球內部運動的坐標體系

因為我們只討論地球本身形態的變遷，就可以在地球內部選定一套坐標，來作參考的體系。坐標的原點，可以選定在地球的質量中心。這樣在計算大地水準面時，可以方便得多。

要選出一個參考軸就比較複雜了。最簡單的當然是把地球的自轉軸作為主要參考軸，因之主軸通過地球現在的南北二極。但在地質年代里，我們不能保證地球的自轉軸，相對於地球面上的各地點（包括二極在內），是永恆不變的。相反的，在不大的範圍內，地球自轉軸的變動是可以觀察到的。並且也有這樣的學說，認為地球自轉軸的變動是很大的。這樣，我們只好把主軸放在通過今日南北二極平均點