

基本館藏

4518

普通地質與石油地質

伊·哥·彼爾米揚闊夫
蘇聯 阿·伏·烏里亞諾夫 合著
哥·阿·赫利維斯特

中央燃料工業部石油管理總局翻譯

燃料工業出版社

普通地質與石油地質

蘇聯 伊·哥·彼爾米揚諾夫 合著
阿·伏·烏里亞諾夫
哥·阿·赫利維斯特

中央燃料工業部石油管理總局翻譯

★蘇聯石油工業部教育局批准作為中等技術專科學校教材★

燃料工業出版社

內 容 提 要

本書內容闡述有關普通地質學、石油地質學與石油地質一些基本理論，油田、天然氣田調查與探勘的方法，以及油礦地質的一般問題。

本書為中等技術專科學校鑽井採油專業的教材。



普通地質與石油地質

ОБЩАЯ И НЕФТЯНАЯ ГЕОЛОГИЯ

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСНЕФТЕИЗДАТ) 1951年列寧格勒俄文第一版翻譯

И. Г. ПЕРМЯКОВ, А. В. УЛЬЯНСЕ, Г. А. ХЕЛЬКВИСТ 合著

中央燃料工業部石油管理總局譯

燃料工業出版社出版

地址：北京東二環街四十二號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：姚祖誥 王國達 校對：趙迦屏 周金英

書號173 * 油19 * 35開本 * 367頁 * 40,000字 * 定價16,000元

一九五四年三月北京第一版(1—6,300冊)

版權所有★不許翻印

緒 言

〔地質學〕（геология）這一個名詞，是由希臘字 ге——地球和 логос——科學兩字源生出來的。地質學是研究關於地殼構造、礦物組成分、發展規律以及地球歷史的科學。

地質學成爲一種獨立的科學，年代還比較近，是在十八世紀末期，由於礦業的發展才產生出來。人們迫切需要礦產原料以及各種金屬，就不得不從事地球內部的研究與探查。人們首先發現有研究組成地殼各種天然元素和各種化學化合物的必要性，這些元素和化合物蘊藏於地內者，就叫做各種〔礦物〕。

研究地殼組成分，就開始了〔礦物學〕和〔岩石學〕這兩門科學，礦物學就是研究個別礦物的科學，各種不同礦物結合起來構成地殼深厚岩層，則爲岩石，研究岩石的科學，叫做〔岩石學〕。

後來地質學本身內容，作爲研究地球各門科學的總體，越來越複雜，所以很快地就分化出許多獨立的專門科學。如：〔動力地質學〕，這是說明引起地殼發生各種變化的造山、破壞、搬運、沉積以及其他在地質發展過程中對於岩層所起的作用；〔地史學〕，這是研究地殼在過去年代中的演變情形，並把過去存在於我們地球上的自然地理種種情況，重新整理出來，呈現於我們面前；〔古生物學〕，這是專門研究岩層內所含化石的科學，就是研究古代動植物的殘株剩骨，以及有關生活在地球上各種生物生存發展的種種問題。

包括在地質學裏面的這些部門，在理論上，是具有巨大意義的，因爲從研究地殼以及保存在地殼裏面已經絕滅的生物遺骸，才有可能使我們了解到自然界中，有機物，或者無機物的成長過程與發展情況，來決定它們在地史上相互聯繫所發生的作用。

地質學，除了作爲科學的研究之外，同時還是爲人類實際活動服務的。因此，在〔工程地質〕，〔金屬礦床地質〕，〔油田地質〕以

及其他礦產地質方面獲得較大的發展，如果沒有這些實用地質學，就不可能有人類今天這樣的社會。

俄國科學家在發展地質學方面，起着非常重大的作用。

M. B. 羅蒙諾索夫首先闡明地球的「不定易變性」，在他所著「地層論」裏面，有如下的論述：「一開始，就應當認定這是有完全可以信賴的根據和不可動搖的原則性，這就是首先應當明確認識我們肉眼所看到的地球上一切事物和整個世界，並不是在它形成初期，就像和現在我們所見到的這樣，而是已經在這上面發生了巨大的變化，這從地史，古代地理和現代地形的比較，以及到現在，地球表面還發生變化，就可以得到證明。」

羅蒙諾索夫在他所著「冶金學」裏面，說明各種礦物的源生，許多褶皺山脈的形成，地層中移動層的錯動以及礦脈在地殼岩層內的起伏，不僅僅是由於地震所起的巨大破壞作用，其中還包括着相當緩慢，人們所感覺不出來地殼的經常振動。羅蒙諾索夫的地殼永遠不息的振動的概念，確是在頗大的程度上超過了古代一般人的看法。羅蒙諾索夫並且也是最早解釋化石形成的一個人，他在當時的解釋還和近代科學家所論生物在地球上的發展是很相近的。他確定了各種有機體在地殼歷史上所起的作用這種觀點也是超越了他所處的時代。他以植物的大量毀滅來說明泥炭的形成和集積。並且他認為褐煤以及後來再由褐煤形成石炭，都是從泥炭漸變成的。

石油有機源生理論的奠基者，也應當是羅蒙諾索夫，他在十八世紀中葉，就已經完全肯定地表達出如下的見解：石油是由於有機物的殘渣（泥炭）在地溫作用下分解形成的。

至於說到羅蒙諾索夫在地質學方面所起的作用，院士B. H. 維爾納德斯基曾經這樣說過：「據我所知，在十九世紀以前，沒有任何觀點，可以和羅蒙諾索夫這不多幾頁的論文相提並論的。」

關於地殼構造，地球歷史以及我們偉大祖國礦產資源的分佈等種種重大問題的解決，都有我們國家很多科學家參加在裏面。

A. П. 加爾平斯基院士，B. H. 維爾納德斯基院士以及 A. E. 費爾司曼，A. A. 阿爾漢志利斯基，B. A. 奧布魯捷夫各人的研究工作，對於

地質科學起了重大的影響。特別是費爾司曼在創立「地球化學」這一門科學上，居於全世界最前列。院士維爾納德斯基是一門重要科學，「生物地球化學」的奠基者。

石油地質學所以能發展到如此廣闊，形成一門獨立的科學，這是和傑出的布爾什維克科學家 M. M. 古布金院士偉大的名字分不開的。古布金院士是蘇聯石油地質學的創始人，而石油地質學是現代地質學裏面一個新的獨立部門。古布金院士偉大的功績，就是在於他善於應用唯物辯證法指示蘇聯石油地質方面許多重大問題的解決途徑，這裏面包括着石油的源生，以及油田的形成，因而，給予油田、氣田探索 and 勘查工作上創建了不少科學上的法則。

一個國家的經濟生活和它的地下蘊藏的礦產資源有不可分割的關係，因此整個地質學，及其所派生出來的各獨立部門都是具有巨大的實際應用意義的，因為地質方面的知識，能够幫助我們在地內找到各種各樣的礦物原料：金屬、燃料、化學工業原料，礦物質肥料，建築材料等等。

十月革命以前的俄國，對於地質構造的調查與研究，進行得很慢，十月社會主義革命以後，由於黨和政府對於地質探勘事業的不斷地重視與關懷，蘇聯的地質調查研究工作超過了兩百多年在這方面所有的一切成就。

蘇聯的地質科學的主要任務，就是要探勘出各種各樣礦產資源的蘊藏量，以保證未來的國民經濟計劃。要解決這樣重要的問題，在我國有着無盡藏天然資源的情況下，祇有靠着擴大地質探勘工作範圍，和積極培養青年技術幹部。

前 言

本書「普通地質與石油地質」是專為中等技術專科學校鑽井、採油專業學生編著的。

本書的任務是供給學生們以普通地質學與石油地質學的基本知識和油田探勘及開採的原則方法。

學習了普通地質與石油地質可以幫助從事鑽井、採油工作的青年技術人員能有意識地和批判地蒐集鑽井和開採油田中的地質資料。

本書包括三篇：第一篇是普通地質，第二篇是石油地質與油田地質，第三篇是油氣田的調查、探勘與開採。

第一篇為И. Г. 彼爾米揚諾夫所著，第二篇為А. В. 烏里揚諾夫所著，第三篇為Т. А. 赫利維斯特所著。第二篇與第三篇的編輯人為И. Г. 彼爾米揚諾夫。總編輯為赫利維斯特。

目 錄

前言

緒言

第 一 篇 普 通 地 質

第 一 章 地球的形形成	1
第一節 研究天體組成及其物理形態的方法	1
第二節 地球形成的假說	2
第三節 地殼、大氣圈和水圈的形成	6
第 二 章 地球的形狀大小和物理性質	7
第一節 地球的形狀及其大小	7
第二節 地球的物理性質	8
第 三 章 地球的構造	14
第 四 章 地殼內各種礦物	18
第一節 關於礦物及其屬性的一般概念	18
第二節 地殼內的主要礦物	20
第 五 章 岩石	28
第一節 關於岩石的概念	28
第二節 岩漿岩	28
第三節 沉積岩	31
第四節 變質岩	34
第 六 章 地殼的物理生命	36
第一節 地質變化的過程	36
第二節 岩石破壞的過程	36
第三節 破壞物的搬運和沉積岩的聚集	47
第四節 岩石的變質	59
第五節 褶皺的形成	62
第六節 地震	71
第七節 火山作用	74
第八節 溫泉、礦泉和間歇熱泉	76

第七章 地史學概要	79
第一節 地史學及其研究對象	79
第二節 地球上生物的起源	81
第三節 地史年代表	83

第二篇 石油地質及油田地質

第一章 可燃有機岩	93
第一節 可燃有機岩的基本概念	98
第二節 有機物質在自然界中的聚集條件及其進一步的變化	101
第三節 由沉積岩中有機物質生成石油的主要原因	103
第二章 天然氣	103
第一節 天然氣分類	106
第二節 氣體烴的化學成分	106
第三節 氣體烴的主要物理特性	107
第四節 天然氣的用途	110
第三章 石油	111
第一節 石油的化學成分	111
第二節 石油的物理性質	113
第四章 瀝青和地臘	117
第一節 瀝青	117
第二節 地臘	118
第五章 儲油層的性質	120
第一節 儲油層的空隙度	120
第二節 儲油層的滲透性	122
第六章 油藏的形成	124
第一節 油藏和油(氣)田的概念	124
第二節 油田的形成和破壞	126
第七章 油田構造的類型	128
第八章 蘇聯發展石油開採的主要階段	135
第九章 克里木-高加索含油氣省份油田	137
第十章 阿塞拜疆含油氣區	139
第十一章 捷爾-達格斯坦含油氣區 (北高加索)	141
第十二章 古班-徹爾諾莫含油氣區	144

第十三章	格魯吉亞含油氣區	147
第十四章	伏爾加-烏拉爾含油氣省 (第二巴庫)	148
第十五章	外裏海含油氣省	153
第十六章	中亞細亞含油氣省	158
第十七章	烏拉爾-恩巴含油氣省	161
第十八章	烏克蘭蘇維埃社會主義共和國	165

第 三 篇 油氣田的調查、探勘與開採

第 一 章	調查和探勘工作	169
緒言		169
第一節	關於野外地質調查的一些基本知識	173
第二節	含油氣層岩系	180
第三節	坑道探勘	185
第四節	地球物理探勘方法	188
第五節	深井鑽探的地質先決條件和它的任務	191
第 二 章	油藏地質	198
緒言		198
第一節	鑽井時地質上的預測和地質資料	200
第二節	鑽井的地質工程任務書	205
第三節	研究鑽井岩層剖面的方法	207
第四節	繪製地質構造結構的各種方法	218
第五節	產油層的封閉性	222
第六節	油田水和氣田水	227
第七節	使石油沿油層流動的力和油層驅動方式	232
第八節	開採油田和油層的各種方法	237
第九節	關於計算地下油氣儲量的概念	246
第十節	保護地下油藏的措施	255

第一篇 普通地質

第一章 地球的形成

第一節 研究天體組成及其物理形態的方法

地球是怎樣形成的呢。

現代的地質學和與它有關的科學——天文學、地球物理學以及地球化學，都具有許多確實的資料證明，天空中許多星羣，太陽，地球，以及另外一些行星，都是由很多同樣的化學元素組成的。

在科學上有兩種方法，研究宇宙體的物質（元素）組成。光譜分析和研究從各個行星之間落到地球上來的隕石。

研究太陽和其他星體光譜的結果，證明太陽和星體上所存在的化學元素，和我們地球上的一樣。

根據光的強度和光譜上所表現的特徵，所有的星體可分為三級。

屬於第一級的星體，發出強烈白光，這些星體的光譜上，為發射強烈氫線的白熱氣體，其他元素，則僅有一些痕跡，這就說明，這些星體，僅僅是由白熱氣體所組成。在氣體向中心密集過程中，這些星體就由比較密集的元素組成，由於形成星體各元素的分子量比氫大，所以就要吸收一部分能量，使星體冷卻。結果第一級星漸漸地就轉變為第二級星，第二級星是由密集的核心和氣殼組成，它所發出的光略帶黃色，這些星體的光為光譜所吸收。證明核心表面，是由白熱液體物質組成，而氣殼主要為含有氫和鹼金屬，鹼土金屬的蒸汽。太陽就是屬於第二級星，太陽表面溫度為 $6000-7000^{\circ}$ 。

這些物質更進一步凝結的結果，就構成重金屬，這些重金屬構成時，同時要吸收大量的熱，這樣就使星體繼續冷卻。第二級星因之轉變為第三級星，第三級星表面的溫度大約在 3000° 上下，所發出的光

藏為淺紅色。

除星體外，還有所謂天體，這些天體的表面，竟冷卻到本身已經不能發光，而是要靠從其他星球上的反射來發光。屬於這類不發光的天體特別是地球和它的衛星月亮。

本身不能發光的行星，如用光譜分析法來研究它的組成分，就不可能得出像研究星體那樣多的資料，但如果把行星反射的光譜和地球上各種岩石所反射的光譜來比較，也能把這種行星表面上的組分判斷出來，像用這種方法推測出月亮表面上，大部分是被岩漿岩所覆蓋。

辨認天體組分的另一種方法，就是對天體碎片的隕石，進行直接化學分析。這種碎片可能並不是屬於我們太陽系的，但由於這些碎片本體在宇宙空間運動時，落入太陽系的引力範圍以內，也就變成太陽系的一部分。

隕石碎片的大小不等，從最小的微塵，大到幾十幾百噸都有，這樣的碎片以每秒鐘50公里甚至還要快的速度，衝入地球的大氣圈內。在這樣的速率下，隕石擠壓着在他前面的空氣，使空氣變熱，隕石本身溫度也升高到好幾千度，這樣就常會發生燃燒，或者變為氣體狀態而爆炸。但隕石如在空氣中來不及燃燒淨盡，就落到地面上來，同時產生令人難以想像的強烈爆裂。這些隕石當中重量最大者達50 000公斤。

按隕石的化學組成分，可分為三類，1.鐵質的——隕鐵；2.石質的——偏心放射狀隕石（粒石）；3.玻璃質的——隕玻璃（玻璃雪花岩）一般常見的隕石大半是屬於偏心放射狀的隕石，隕鐵隕石約佔三分之一，祇有少許是玻璃雪花岩。地球上隕石中常發現的礦物，一般為橄欖石，普通輝石，古銅輝石，長石和極少量的石英。

因此，從一切星體進行個別光譜分析，以及直接分析隕石的結果，都證明了宇宙本身的化學成分，或者說，宇宙本身的實質，都是一樣的。

第 二 節 地球形成的假說

宇宙間除星羣外，還有所謂星雲，光譜分析證明星雲是由極稀薄的物質組成，內含氫、氦、氮、氧各種氣體，以及一些其他化學元素。

1796年拉普拉斯所提出的假說，認為，星雲是太陽系的祖先，並且這種星雲就是和現在所看到的一樣（圖1），星雲的半徑，一直擴展到那時所曉得的最遠的行星——海王星那裏。

拉普拉斯假說的實質，是認為太陽和環繞它旋轉的那些行星，在原始星雲密集時，就已經形成，並且隨着星雲密集程度的進展，這些行星一個跟着一個地和太陽分離開來。

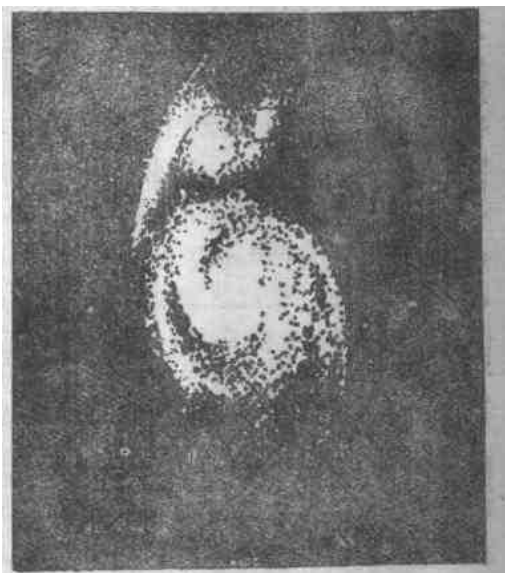


圖1 天空星雲

後來在普拉斯假說上，又加了修正，修正過的假說認為，不但當星雲密集太陽收縮的過程中，行星和太陽是不可分割的，並且就是獨立凝縮的原始星雲，也要受着凝縮形成太陽的原始星雲中心主要引力的支配。可是星雲裏面的物質質量，分佈並不均勻，而是各部分各有不同的密度。在圖1內，很好地說明了星雲的形狀為數學上的正螺線形。

由於萬有引力定律，這些個別凝縮的星雲，力圖向它的引力中心前進，並且是沿着螺旋線運動。按力學定律，物質凝縮時，減少旋轉的半徑，必然會引起轉動速度的增加。另一方面，轉動速度的增加也必然會引起離心力的增加，致使物體離開它轉動的 center。不可避免地會臨到這樣的關頭，就是所有星雲個別凝縮體向中心轉動的吸引力和離心力發生均衡作用，在這以後，已經開始沿着圓形運動的這些凝縮星雲，無疑地，就要沿着離心力很小的橢圓形來轉動。而其餘部分旋轉速度慢的星雲，則仍舊繼續向中心運動。這裏面也有個別凝縮的星雲，受到同樣凝縮定律的支配，而形成行星和它的衛星。

每一塊由凝縮形成的星雲都是逐漸地進行轉變，開始為高溫的、

物質凝縮不大緊密的白色第一級星體。後來就逐漸冷却下去，未來的行星在那裏順序轉變，一開始是黃色第二級星，這級星具有凝縮核心和氧氣的外殼（大氣圈）。然後再變為紅色的星，這時溫度已經降低到 3000° ，再進一步就變為具有硬殼的無光星體，這就是所謂行星。

從那時起對地球和其他行星來說，天文上的或者星體的發展階段，已經完成，而開始了地質上的階段，地質階段開始時，地球外殼的溫度，還是那樣的高，地面上還不可能有液態的水滴，仍舊是保留着水蒸氣狀態，最後地殼冷却到地表可以有水滴存在的程度，地球上就形成了海洋。從這時起，地球的發展就移轉到海洋的發展階段。

由於拉普拉斯的假說簡單，使人易於接受，並且合乎理論，一百多年來始終是大家所公認的定理，等到後來才揭露出和拉普拉斯假說發生抵觸的事實。舉例來說，像已經證明離太陽遠的天王星和一些衛星在自轉或者繞着太陽旋轉時會和接近太陽旋轉的行星迎面碰到：火星的一個衛星繞着火星旋轉的速度比火星自轉的速度還要快一些，這些都是和拉普拉斯假說不符合的。並且拉普拉斯假說裏面，一點也沒有談到星雲產生的原因，僅僅對於宇宙生存的最近階段有所說明。因此，不得不探求有關太陽系源生的新的解釋。

1916年詹士提出所謂浪潮假說，按這一個假說，認為太陽系所有行星，都是由巨大的日珥（太陽面紅焰）所形成，這些紅焰，是由於太陽受着比它大兩倍的星體在它附近通過的影響，而吐出來的。詹士假說，並沒有得到一致的公認。對於詹士假說主要的反駁意見，就是由精確計算證明的星體逆轉時不可能使所形成的行星旋轉，所形成的行星應當是或者仍舊回落到太陽上面去，或者被接近星體所帶走，不論在任何一種情況下，都不可能形成像太陽系那樣的系統。

關於在太陽系起源這一個理論問題上所遭遇到的不少困難，都被 O. Ю. 施密特院士於 1944 年所提出的最新理論上的成就克服了。

O. Ю. 施密特的理論以宇宙中有大量的隕石物質為出發點。根據 B. Г. 費森可夫院士和 П. П. 巴倫拿格教授的著作所述，我們一切星系，就是所謂銀河系，千分之一的質量是由隕石物質所組成。隕石物質大部分聚集為巨大的發光的或者黑暗的星雲塊，這些星雲是集中於銀河

系的赤道面上。同時，宇宙中的塵粒以及所有星羣都一齊加入到銀河系內，圍繞銀河系的軸心旋轉。如果任何一個星體在它前進的途中，通過隕石所集成的星雲，就有許多的隕石於星體通過星雲時落到星體上來，另外有一些隕石，則由於星體引力的強大，改變了它原來行的軌道，被星體所攫取而成為它的衛星。按照施密斯特的看法，這樣的星體就是行星形成以前的太陽。這一羣大小不同的隕石靠近太陽，按着交叉軌道而旋轉，必然要發生相互碰撞，而較小的隕石顆粒就落到較大的隕石顆粒上面。這樣，隕石顆粒的數目是減少了，而這當中有些隕石顆粒，就由於接受其他顆粒而長大起來了。如果在圍繞太陽某些球體當中，受引力較大那一個球體，就有可能形成一個行星；如果在這些引力中心有很多的顆粒，那末就要產生一大堆的星體，就是所謂小遊星。

施密特計算了行星增長過程的速度與落在它上面隕石數量多寡的關係。發現一開始行星的成長，像暴風雨一般那樣快，後來就隨着在行星活動範圍內隕石的耗竭而愈來愈慢了。現在每年落在地球上的隕石大約有 400 噸。施密特根據這一點計算出地球形成大約需要 70 萬萬年。所得結果，與地殼構成的年齡（20 萬萬年）相符合。很顯然，地殼生成的年齡應該小於整個地球生成的年齡。

施密特以地球內所含化學元素含量和隕石內所含化學元素對比，證明地球有由隕石組成的可能性。在第一表內所列的資料（根據 A.E. 費爾斯曼院士的資料）就是關於地球和隕石的平均化學成分。

由第 1 表的資料，顯然可以看出，這一個主要元素——鐵，按照它的比重，無論是在地球內或者是在隕石的總體中，總是佔着同等重要的位置。

表 1

元 素	平均化學成分		元 素	平均化學成分	
	在整個地球中	在隕石總體中		在整個地球中	在隕石總體中
鐵.....	37.6	33.0	鎳.....	3.0	2.8
氧.....	29.0	29.0	鈣.....	2.0	1.0
砂.....	14.5	14.4	硫.....	1.5	1.9
鎂.....	9.9	11.0	鋁.....	1.5	0.6

施密特推測在地球成長過程中，由於隕石間的相互碰撞以及由於放射性物質作用的關係使隕石體成為很熱和很軟。當隕石體軟化時，比較輕的具有石性的物質，就向上浮起，而比較重的具有鐵的性質的物質則漸漸下沉。這樣地球就從此分成鐵的核心和石的外殼。

施密特根據自己的理論對於確定行星距太陽距離的分佈規律，也獲得了成就。行星距離太陽平方根的數值，應當是按照等差級數增加。若測量一下這種距離，就可以證實這一點。

施密特這一個新的理論，比以前所有關於宇宙演化的假說，都具有無可比擬的優越性，也就是說：還不會有任何理論能够像施密特這樣明晰地說明行星形成時，物質集中的機械作用。

第三節 地殼、大氣圈和水圈的形成

由於地球冷卻的結果，在它的表面上，就開始形成地殼。原生地殼是很薄的。常常會產生裂縫，熔融物質就從這些裂縫裏面流出來，同時還分泌出氯化氫，氫，二氧化硫以及碳酸氣。當時的大氣圈是各種氣體和水蒸汽，碘，溴，汞，磷等混合物。

在大氣圈和地球表面冷卻到將水蒸氣能够凝為水的程度，就開始下降大量雨水。但下降的雨水不是純淨的，而是雜有鹼性，酸性物質在內，這些物質將強烈地腐蝕原生地殼。於是在地面上就形成受鹽水浸透過的疏松土壤和水溶液集中的區域。

隨着地殼的冷卻，雨量也逐漸加多：形成了凹地和高地，出現了最初的分水嶺，有了最初的海洋和陸地。溶液逐漸從過剩的鹽分中分解出來，並且變成了定型，就是海水。雖然在各個地質年代中含鹽的濃度不同，但是海水永遠是一種鹽水。

在地球周圍形成水圈的同時，氣圈也開始漸漸的變化，這種氣圈以後就具有了現在的氣圈的成分。應該知道，在原始的地球氣圈內完全沒有游離的氧氣和氮氣。地球氣圈的氧和氮是從有機生物的活動中產生的。在某些行星的氣圈內如果有游離氧，這就可以證明在現在或過去這個行星上是有有機物，這一點現在已毫無疑義了。

原生地殼，於沉澱物集積以及形成褶皺的過程中，逐漸變厚。同

時，地殼的最初的化學組成分，也因之發生很大的變化。所有這些過程終於形成現代的地殼。

第二章 地球的形狀大小和物理性質

第一節 地球的形狀及其大小

紀元前兩百多年，希臘的一位數學、天文、地理學家愛拉托斯芬首先把地球圓周的長度計算出來了。他是測出了尼羅河上游亞歷山大城和悉尼城（現名亞述安城）兩城之間的弧的長度，並藉助於日晷儀測角器，量出夏季最長時間太陽正午在悉尼城天頂直射於最深井底時，太陽與亞歷山大城所成的角度，他所量出的為 $7^{\circ}12'$ ，這就是亞歷山大城與悉尼城的緯度差，以 $7^{\circ}12'$ 除兩城間的距離，得出 1° 的弧長，再以所得 1° 的弧長乘360，得出的就是地球子午線的全長，這和實際子午線長度相較，祇不過有8個地理里的誤差。

古代所肯定下來的有關地球大小、形狀的知識，一直採用着沒有經過修正，到了十七世紀，牛頓才提出地球並不是像理想那樣的球，應當是沿軸旋轉成為扁圓形狀，也就是說，地球是一個轉動的橢圓形的橙體或類球體。這一個假說，於十九世紀進行子午線弧度精密測量時，得到證實。

按1924年國際協定通過的地球橢圓體的大小尺寸如下^①：

赤道半徑 $a=6\,378\,388$ 公尺（6,378.4公里），

兩極半徑 $c=6\,356\,912$ 公尺（6,356.9公里）。

地球扁平率（或縮率

$$\alpha = \frac{a-c}{a} = \frac{1}{297}$$

① 蘇聯在大地測量學地圖製作中，均採用克拉斯索夫斯基的地球橢圓體尺寸，就是當 $\alpha=1/298.25$ 時赤道半徑 $a=6\,378\,245$ 公尺，兩極半徑 $c=6\,356\,863$ 公尺。