

普通地质学

孙翼编著

550

Ls 96.

普通地質學

孫 鼎 編 著

商務印書館印行

例 言

一、本書可供大學地質學之教科書或參考書。而一般有志研究地質者，或其工作與地質有關者，亦宜手執一編，以爲其學業或執業之助。

二、本書教材，理論之外，尤重實例。而實例之選擇，則以本國所得之材料爲主。其爲本國所無或猶未發見者，則以他國之標準適例說明之。

三、本書所用專門名詞、地質、及岩石方面，悉照董常氏所著地質名詞輯要。至礦物方面，則照教育部編輯之礦物學名詞，以昭劃一。

四、本書所附之圖，原有二百餘幅，惟因戰時印刷困難，不得不力求減少，俟將來再版時補入。

五、本書底稿，乃著者授課之講義，歷用數年。惟以地質學一課目，教育部既定爲大學一年級必修自然科學之一，然坊間並無適當之課本，是以不揣譾陋，將原稿稍加修正，貢諸國人。但編輯時間，萬分局促，其中遺漏錯誤，在所難免，尙希專家及讀者，加以匡正。

民國三十二年八月孫籍謹識於中大。

目次

第一章	緒論	1
第二章	太陽系中之地球	6
第三章	地殼之成分	16
甲、	礦物	16
乙、	岩石	34
第四章	火山及地震	68
甲、	地殼之變動	68
乙、	火山	68
丙、	地震	78
丁、	地殼運動	85
第五章	潛水	88
第六章	大氣之作用	95
第七章	河流之作用	106
第八章	湖	130
第九章	海洋	137
第十章	冰雪及其作用	154
第十一章	生物之地質作用	163
第十二章	地層之構造	171
第十三章	礦床概論	186
第十四章	山脈之生成及其構成史	203
第十五章	地球之歷史	213
「附一」	普通造岩礦物性質表	223

「附二」 中國各地地層時代比較表.....	228
索引.....	231

普通地質學

第一章 緒論

(1) 定義——地質學英文名為 Geology，乃由希臘字 Geologia 演繹而來，Geo 為地之意，而 logia 乃科學之謂。是以地質學乃研究地球之科學也。換言之，地質學係研究地球之生成、組織、變遷、以及地球上一切生物進化之科學。

◦(2) 範圍及分門——依上述之定義，可知地質學為以地球為研究對象之科學，然因近代科學，研究愈精，分科亦愈細。如氣象學及水文學，已獨立自成科學，故地質學研究之範圍，僅為地球之固體部分，其空間包括自地面至地心，一切物質之種類、分配、組合及變化等之現象，其時間即自地球之生成開始，至現在為止，因時間之悠長，空間之廣大，故地質學本身之分門，亦甚繁雜。茲分述如下：

◦(一) 構造地質學 (Structural Geology) ——為研究組成地殼之物質，及其相互組合之情形，此又可分為：

◦ 1. 礦物學 (Minerology) ——研究礦物之生成、種類、成分及其性質。

◦ 2. 岩石學 (Petrology) ——研究組成地殼之岩石之性質成分及其相互之關係。

3. 構造地質學——研究岩石之排列及其變化。

○(二)動力地質學 (Dynamic Geology) ——乃研究地面上及地殼內一切動力之自然現象，及其對於地球表面所生之影響，因動力之來源不同，又可分為內動力及外動力兩種：

○1. 內動力 (Endogenic Agencies) ——包括火山學 (Volcanology) 及地震學 (Seismology)。

○2. 外動力 (Exogenic Agencies) ——包括氣象學 (Meteorology) 水文學 (Hydrology)，地文學 (Physiography) 及海洋學 (Oceanography)。

○(三)地史學 (Historical Geology) ——乃從地表所顯露之地層，及其所含古代生物之遺骸，以推究地球經過之歷史，此又可分為：

○1. 地原學 (Geogeny) ——研究地球之起原，及其與太陽之關係。

○2) 古生物學 (Palaeontology) ——乃根據地層中所含之古代生物之遺骸，以研究古代生物之種類，分佈及其演化。

○3. 地層學 (Stratigraphy) ——研究地層之產生，性質及其分佈。

○4. 古地理學 (Palaeogeography) ——研究古代山川演變之情形。

○(四)礦床學 (Ore deposits) ——乃從地質學上所得之原理及方法，用以開採天然之富源，如金、銀、銅、鐵、煤及石油等，而為人類謀幸福之科學。

○(五)應用地質學 (Applied Geology) ——以地質學之原理及方法，應用於其他方面，視其應用目的之不同，而有相異

之名稱，如工程地質學、農林地質學及軍事地質學等。

(3)特點及研究方法：

(一)地質學之特點：

1. 地質學為地方性之科學——地質學所研究之範圍及區域，皆甚廣大，地質學者往往顧此失彼，頗難將所有區域完全顧到，故地質學係有地方性的，惟地質上各種不同之現象，係受同一原則所支配，因此吾人明瞭其原則，即可解決一切，亦為研究地質者之一捷徑也。

2. 地質學為最不科學之科學——地質學因發達較晚，故研究之程度，若與物理及化學等自然科學相較，可以稱為不科學之科學，例如有兩地層，在上者因有古代生物之遺骸，可以推究其為何時代之產物；而位於其下之地層，設無古代生物之遺骸發見，則不易確定其時代為何，僅知其較上者為古耳。

3. 地質現象為變化不定者——地球本身在不斷的運動，而地表及地內因受動力之作用，不停的變化，故地質現象為時時遷易者，所謂『滄海桑田』之說，在地質學上，實為極普遍之現象。

4. 地質變化係具長久時間性者——地球自生成至今，至少有五萬萬年之時間，在此悠長之時間內，地球因內外動力之作用，不斷發生變化，但此等變化甚為緩慢，最早之人類，在人類之記載上，已為最古而時間最長之事，若以地質學之觀點而言，不過係最近之事而已，因此時間二字，在地質學上，與距離之在光學及天文學上之觀念相同。地質變化雖甚緩慢，但所產生之結果，則異常偉大，如美國 Niagara 之大瀑布及我國揚子江之三峽，皆為明證也。

(二)研究之方法——地質學爲新進之科學，乃介於物理與生物二科學間之科學，故需要各先進之科學。如物理、化學及生物等作其輔助。研究地質學，對於事實之觀察，須特別注意，而觀察之對象，則爲大自然界，因地質上之一切現象，絕非實驗室內，所能見到，更非書籍之記載，而能窮其之複雜。是以地質學可以認爲係一種實地觀察之科學，並以無數之事實爲其根據，此種無數事實之智識，乃直接得自於大自然中。

(4)地質學之應用

1. 農業方面——農業乃以土壤爲主，因土壤之性質及成分，影響作物甚巨，而土壤之生成，乃岩石風化之結果。因此欲知土壤之一切，必須有豐富之地質智識。他若造林、開墾、挖塘及灌溉等，皆與地質有不可分離之關係也。

2. 工程方面——工程上重要者，如鑿隧道、蓄水、築壩及開採石料等，均須利用地質學爲之幫助，因此種與地層之構造及岩石之性質，皆有密切之關係也。

3. 軍事方面——在軍事上，如砲壘、戰壕、隧道之位置，飲水之供給，及軍用礦產之需要等問題，必須根據地質學之原理，以研究山川地層之構造，石料土壤之性質，潛水面之高低，含水層之分佈及礦床產生之狀況等，始能解決之。至在作戰時，如更有軍事地質圖爲助，則效果甚大。

4. 採礦方面——開採礦產，探礦及採礦人員，必須明瞭礦區所在地之地質情形，礦床形狀，儲量多寡，伴生礦物之種類，及礦質之優劣等，故採礦人員若有地質學之智識，對於採礦，有事半功倍之效。

5. 交通方面——鐵路及公路等路綫之確定，材料之供給，均與地質有密切之關係。至於沿綫礦產之情形，更與

鐵路及公路之運輸事業，有莫大之影響。

(5) 地質學之發達史——地質思想，發源甚早，考諸我國史乘，在五帝時代，關於礦產及土壤之性質，已有記載，尤以禹貢論土壤最詳。及至春秋戰國，地質思想已漸萌芽，如詩經有云，『高岸爲谷，深谷爲陵。』此與風化循環之說，已漸相符。唐時顏真卿作麻姑仙壇記，中有『海中揚塵，東海三爲桑田』一語，又朱子語錄，言化石生成之理，尤爲詳盡，是以地質學在我國之歷史，實較歐美爲早。歐洲當希臘羅馬時代，哲學甚爲發達，而於地質學理，亦多所發明，惟地質學之成爲獨立科學，乃始於十八世紀最後之二十五年。Whewell 氏稱以前爲地質學之稗史時代，因以前所謂地質學，類多記載事實，而其觀察與解釋，又常與淺陋荒謬之假定，相混故也。自 1790—1820 年間，是爲地質學之偉大時代，在此時期中，因 Werner, Hutton 及 W. Smith 諸氏之貢獻，而成爲真正之科學。又如 Lamarck 及 Cuvier 諸氏之努力，基礎更趨穩固。及至十九世紀以後，研究者更多，各國且設地質調查所，專司研究。各大學亦列地質學爲專門科系，於是其發達大有一日千里之勢。我國自民國初年，由科學界先進，章鴻釗、丁文江、及翁文灝諸氏之提倡，創立地質訓練班於北平，廣育人材，並設地質調查所。其後各大學亦相繼增設專系，中央研究院亦設立地質研究所，各省如湖南、廣東、河南、江西、四川、福建及西康等，先後成立地質調查所。近數年來，因人才倍出，調查區域較廣，進步較速，故地質學在我國之成爲科學，歷史雖短，但其進步之速，實駕乎其他科學之上也。

第二章 太陽系中之地球

(1) 太陽系之意義——太陽周圍無數之星球，均以之而旋轉循環者，其所成之星羣，稱爲太陽系 (Solar System)。其所屬之九大行星爲：水星 (Mercury)，金星 (Venus)，地球 (Earth)，火星 (Mars)，木星 (Jupiter)，土星 (Saturn)，天王星 (Uranus)，海王星 (Neptune)，及冥王星 (Pluto)。木星最大，水星最小，水星金星因在地球之軌道以內，故稱爲內行星 (Interior Planets)。至火星、木星、土星、天王星、海王星及冥王星，則在軌道以外，是爲外行星 (Superior Planets)。火星與木星之間，有小行星約八百餘，稱爲小行星 (Planetoid)。至旋轉於行星周圍之衛星，除水星與金星外，地球一，火星二，木星九。土星十，天王星四，海王星一，冥王星一月球即地球之衛星是也。

宇宙間之星塵，其受其他天體（或地球），引力之吸引，與空氣摩擦而發光下墮者，稱爲流星 (Shooting Stars)。大多在空中燃燒殆盡，而成瓦斯體；其燃燒未盡，而落於地上者，稱爲隕石 (Meteors)。太陽系中此外尚有彗星 (Comet)，故太陽系乃由下列之天體，集合而成：

1. 太陽 (Sun)——太陽系之中心體。
2. 九大行星 (Planets)——以太陽爲中心而旋轉循環者。
3. 小行星——爲數約八百。
4. 衛星 (Satellites)——以行星爲主，而旋轉於其周

圍者。

5. 彗星及流星。

(2) 太陽系之生成——宇宙以古代相傳之神話，多主創造之說，我國僅謂混沌初開，乾坤始奠，上浮爲天，下凝爲地。西人則謂創造三光；皆由上帝，渺不可稽。至十七世紀末葉，始漸有科學之根據，其中最重要者有三。茲分述如下：

1. 星雲說 (Nebular Hypothesis) —— 德國哲學家 I. Kant 氏在 1755 年，發表星雲說之哲學理想。至 1796 年法國數學家 Laplace 發表太陽系之成因，謂太陽系構成之物質，在初時乃高溫之氣體，即星雲是也。全塊依照現在各行星之公轉方向而旋轉者，後以輻射關係，次第冷卻，次第收縮，但因迴轉運動量不變之故，而回轉速度遂增。其速度如達到星雲之赤道部重力與離心力不能平衡時，赤道之外部，即向外拋出，而成無數之環狀之輪，其後輪復分裂，而成凝縮塊，即行星也。行星冷卻之後，復因同樣原因而生輪環，其後即生成衛星，最後殘留之偉大中央塊，是即今日之太陽。此學說在十九世紀末葉以前，信者甚多，然其缺點不少，如 (1) 自力學上言之，瓦斯輪之生成實不可能，至間歇之生成，更不可能。(2) 若輪能生成，至凝結而成行星，實爲理想上不可能之事。(3) 由此學說而言，衛星之運行方向，當與太陽之自轉方向相同，但木星之第八第九衛星，土星之第九衛星，海王星之衛星，皆爲相反之方向。(4) 自 Laplace 氏之學說言之，衛星之公轉週期，必較其所屬行星之自轉週期爲長，但火星之衛星名 Phobos 者，其公轉較火星之自轉大三倍，由是言之，更不易說明。

2. 小行星說 (Planetesimal Hypothesis) —— 此爲

1900年，美國 T. C. Chamberlin 及 F. R. Moulton 兩氏所倡。謂構成太陽系之天體，本一恆星，後與他天體接近，遂起極大之吸引作用，結果物質拋出，主體破壞，而成螺旋形 (Spiral form)，物質初迸出時，成尾狀之腕 (arm)，其後相離而冷卻時，則成爲節 (Knot)。此卽行星是也。周圍之火雲，卽成今日之小行星，而中心最大之節，卽成今日之太陽，此說之主點，爲小行星之存在，故稱之爲小行星說。此說對於太陽系之起原，似較星雲說爲合理，但其中亦有缺點。

3. 進化說 (Evolution theory)——此爲 1917 年英國天文學家 J. H. Jeans 氏所創。謂古太陽爲一恆星，亦主古太陽與他天體接近時，因後者之起吸力，前者始生極大之潮汐之分裂現象。此與小行星學說同。但物質拋出時，最初力不大，繼力甚盛，終則衰微，故成葉卷形之拋出物，氏稱之曰絲狀流 (filament)。絲狀流之中央部，極膨大，開端次第縮小，此種拋出之瓦斯體因末端過細，失熱亦早，中央之粗大部分，熱之保持易，故支持瓦斯體亦較久。其中央之塊，乃爲土星木星之祖先，地球者卽末端之行星，因失熱而固體化者。不但如此，太陽所受吸力之分離作用愈小時，則生成之行星，亦愈近液體，而衛星數亦愈少。又因上述放熱難易之不同，行星生成時，有全爲瓦斯狀者，有全爲液體狀者，前者衛星多，後者衛星少，竟至於零。故今日之太陽系中，土星木星周圍之衛星最多。除火星兩個地球一個外，金星水星，均無衛星存在。至外側天王星有衛星四，海王星一，由是言之，水星與金星生成時，爲液體或固體，地球與海王星爲一部液體與一部瓦斯體而成。至火星以迄天王星，則全屬瓦斯體也。此說謂太陽系之生成，乃由吸引及大瓦斯塊進

化而成者，故稱之爲進化說。

(3) 地球之形狀及其大小——地球之形狀，人智未開時，無不以地爲平者，我國古時天圓地方之語，卽其明證。其後由月蝕而見地球圓形之影，航海而知海面彎曲之狀，迨十五世紀以來，哥倫布 (1492) 信球形之說，而發見新大陸，麥哲倫 證球形之說，而環球一週，至是始得證實。地球雖成球形，但因自轉關係，赤道地方，離心力較強，故易膨脹，且多大洋之分佈，兩極較弱，故成水少陸多之地區，故地球事實上卽成長短徑之橢圓形體，橢圓形之短軸，卽爲地球之極對徑 (Polar axis)。長軸卽爲赤道對徑 (Equatorial axis)，地球之大小，至今尙無一精確之數目，歷年學者雖屢有新之數值發表，然常用者爲培氏 1841 標準橢圓球 (Besselian Spheroid of 1841)，克氏 1866 及 1880 年橢圓球 (Clarke's Ellipsoid of 1866 and 1880) 及海氏 1909 年橢圓球 (Hayford's Ellipsoid of 1909)，三種數值之中培氏 發表最早，惟現今採用者不多。克氏 最初應用者爲美國大陸測量局，現仍採用之。海氏 橢圓體係根據美國陸地測量 及地心吸力觀測結果，計算而成，較爲精確，然因發表稍晚，應用尙不廣。茲將三種橢圓體之長短軸之長度列之於下：

	Bessel	Clarke	Hayford
赤道半徑 (a)	6,377,397.2 公里	6,378,208.4 公里	6,378,388 公里
極半徑 (b)	6,356,079.0 公里	6,356,583.8 公里	6,356,900 公里
偏平率 $\left(\frac{a-b}{b}\right)$	$\frac{1}{299.15}$	$\frac{1}{295.1}$	$\frac{1}{296.96}$

(4) 地球內外之各圈——地球有圈凡三，卽氣圈水圈岩

石圈是也。氣圈 (Atmosphere) 者包圍地球體外之大氣帶也，大部爲空氣所成，自地表以至 upper 層，空氣以次稀薄，其最高之限，據光線屈折之理與流星之位置，以推算之，約及 300 公里。其成分爲氮佔 78.1%，氧佔 21%，氫、氦、氬等稀有氣質佔 0.9%；碳酸氣佔 0.03%，水氣亦屬重要份子，然其分佈，係隨時隨地而易。他如塵沙及蕩漾空中之物，皆爲含於氣界之雜質，而不能稱爲成分也。氣界約佔全地球之一百二十萬分之一，凡地表低窪處儲水之部分如江湖海洋，則屬水圈 (Hydrosphere)，約佔地球表面 $\frac{17}{100}$ ；若地球之表面爲絕對之渾圓形，則全球將成深約二哩許之海洋。因地面起伏不平，故水皆匯積於低地。海洋之表面面積，約有 143,259,300 方哩，然實地海洋盆地僅 133,000,000 方哩，故海水浸佔陸地邊緣約有 10,000,000 方哩。各種岩石所構成之地殼等，則稱之爲岩石圈 (Lithosphere)。岩石圈下，幾無直接觀察之方法，故學者每根據種種自然現象而假定有種種之帶圈存在。當火山噴發時，常有溫度極高之鎔岩迸出，故主張在岩石圈下，必有一火圈 (Pyrosphere) 之理想帶域存在。此帶地熱甚高，其溫度常在鎔點上，但因上層之壓力關係，每成固體狀態，火圈之下。地球之核心部分，必有一中心圈 (Centrosphere) 存在。自美國 Clarke 氏之研究而言，地表附近岩石之比重，如花崗岩爲 2.64，閃長岩爲 2.85，玄武岩爲 3.05，砂岩爲 2.64，石灰岩爲 2.69，及頁岩爲 2.30 等，其各岩石之平均比重爲 2.70。但地球全體之比重，則爲 5.50，相差甚鉅，是知地球表面，均屬比重較小之石質。苟內部無比重甚重之物質，如鐵鎳等之金屬質者，決不能得此數，故中心圈之密度，較地殼之平均密

爲大，此密度較大之部分，名之爲重圈 (Barysphere)。

(5) 地熱——地球自地殼以下，入地愈深，溫度愈高，每於礦山之坑井隧道中能實驗而知之，大抵每下降 33 公尺，即上升攝氏一度，此稱爲地下增溫率 (Geothermal Gradient)。今自實驗之結果言之，德國 Silesia 之深井，深 7392 呎，每 106 呎增攝氏一度；美國 Michigan 之坑井，深 4939 呎，每 125 呎增攝氏一度；澳洲 Bendigo 之坑井，深 3645 呎，每 80 呎，增加攝氏一度；東京帝國大學 深井，深 1191 呎，每深 132 呎，增加攝氏一度，大約每深百呎 (約 30 公尺)，即增攝氏一度，以此比例言之，地表下約三千公尺處，即達百度之沸點。地球半徑爲 6,378 公里，則地心溫度，必高至二十一萬度左右。但據東京帝國大學 深井之實驗言之，上部之增溫率，爲每 34 公尺增攝氏一度。下部之增溫率，爲每 45 公尺增高一度，是近地表處之增溫率較大，而愈至深處，則漸漸減少，故 Gutenberg 氏 (1925 年) 謂地球核心部分之溫度，在 8000°C 以內，亦非全無根據者也。更自 R. A. Daly 氏之意見言之，其適用表面之增溫率者，僅至地表下 40 公里爲止，至 1000 公里之深處，其地下溫度，僅爲攝氏 1575° — 1950° 也。

(6) 地球內部之構造——地球最外一層爲 Sial 殼，平均厚度不足 40 公里，或 25 哩。地球之半徑約爲 6,378 公里。

故約爲 $\frac{1}{160}$ 將其縮小之，即直徑爲 320 mm. Sial 殼爲

1mm. 其中 $\frac{6}{7}$ (約 0.86 mm.) 係浸於下部之 Sima 層中，

僅 $\frac{1}{7}$ (約 0.14 mm.) 在 Sima 面以上。

地球可分爲若干同心狀之圓圈，自內向外，密度漸漸減

低，此由地震儀上之震波傳遞記錄可知。其最內者為 Nife 球，所含者以重金屬為主，尤以鎳 (Ni) 及鐵 (Fe) 為多，或尚有甚多之金 (Au)。此球之直徑約 7,000 公里，其比重為 10.5—12.5。此層之外則圍以 Pallassite 帶 (Pallasso 球)，厚 1,700 公里。成分中和，密度約為 5—6.5。再外即為 Sima 球 (主要原素為 Si 及 Mg)，厚 1,200 公里，比重為 3.1 至 4.75，前者為結晶質之 Sima (例如玄武岩)，而後者為較厚玻璃質之 Sima。溫度約在 1,400° 以上。Sial 球之物質原厚 30 公里，成一連續之殼，覆於 Sima 球之上，比重自 2.75—2.90。花崗岩或片麻岩可以作為代表(圖 1)。連續 Sial 球之外，則被一連續水界所包圍。平均深度為 2.64 公里 (8,600 呎)，環繞此層者，即為一連續之氣界矣。

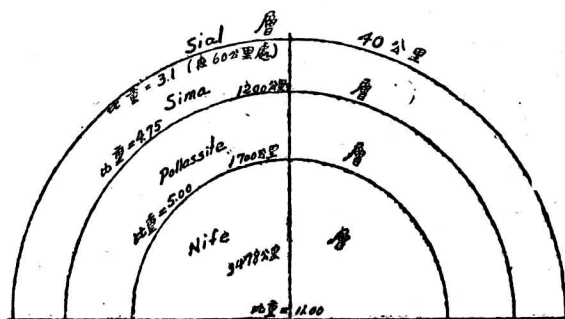


圖 1 示地球之各層

(7) 地球內部之狀態——地球內部之狀態，總括而言，約有下述三項：——

(a) 地球內部之物質，其愈近地心，而其密度亦愈大。

(b) 地球內部之溫度，以地心附近為最高，自地下增溫