

大學用書

地質學

第一冊

梁繼文著

遠東圖書公司印行

大學用書

地質學

第一冊

梁繼文著

美國哈佛大學碩士
私立中國文化學院地質學系教授

遠東圖書公司印行

內政部登記證內版臺業字第三二號
 中華民國五十五年十一月初版
 中華民國五十九年十一月三版
 中華民國六十四年一月增訂一版

大學
 用書
 地

質學
 (全四冊)

第一冊定價新臺幣一二〇元

(外埠酌加運匯費)

著者 梁繼文

發行者 浦家麟

印刷者 遠東圖書公司

臺北市重慶南路一段六十六之一號十樓

發行所 遠東圖書公司

臺北市重慶南路一段六十六之一號十樓

有 不
 著 准
 作 翻
 權 印

自其變者而觀之，

則天地曾不能以一瞬；

自其不變者而觀之，

則物與我皆無盡也。

——蘇軾——

序

本書原爲在聯勤測量學校和私立中國文化學院地學系教授地質學時的講稿，因爲資料的不斷加入，內容累積漸多，所以決定印刷成書。一方面既可以方便同學們的閱讀，另一方面也可以供社會上有志研究地質科學的朋友們的參考。不過由於地質學是一門相當複雜的學問，牽涉到現代天文，物理，化學和生物學的智識很多，著者學識淺陋，書中如在內容，編排或譯名各方面有不當的地方，敬請地質學界各位專家學者和讀者們隨時指正。

本書的出版，是採取分冊的方式。書中已經儘量加入一些有趣的資料，同時在說明上更力求詳細和淺顯，以避免枯燥乏味和閱讀困難的毛病，使本書除了可作大學地質學課程的教本以外，還能够成爲一本大衆化的讀物。此外在書裏還選取了若干很好的插圖，供大家參考，因爲是引用別人的著作，所以都註明出處。

今天要想出版地質學方面的書，是相當困難的，爲了社會上有興趣於閱讀這類專門性書籍的朋友，畢竟不多。難怪目前有關地質科學方面的讀物嚴重地缺乏了。此次本書厚蒙遠東圖書公司鼎力相助，慨予出版，這種熱心普及科學教育的精神，令人敬佩。又摯友蔡志俊和吳良沛兩先生在出版方面，鄒鳳春小姐在稿件繕寫和校對方面，都幫忙甚大，謹在此致深切的謝意。

梁 繼 文

五十五年十一月一日

序於陽明山私立中國文化學院地學系

增訂第四版序

本書自從民國五十五年十一月出版迄今，已經整整過了八年。由於需要的不斷增加，因此本書也隨着一版，再版而至於第四版。這種事實說明了地質科學在國內已經逐漸受到廣泛的重視，同時也可以看出社會大眾對地質學研究的興趣，也一天天濃厚。

在過去的八年之內，地質學的進步，是令人驚嘆的。主要的原因，一是人類的登陸月球，已帶回來了許許多多最珍貴的月岩和月土的樣本，讓我們瞭解月球的秘密，到了最後，還派遣了一位地質學家到月面上去實地觀察，引起了舉世的注目。這不僅代表了人類已經邁出了有史以來最大的一步，也寫下了地質學術文獻中最光輝燦爛的一頁！其次，在同一的時期中，人類對海洋地質的研究，也有了劃時代的進展，因而發現了海底擴張作用（Oceanfloor Spreading），和創立了地塊構造假說（Plate Tectonics）。這種種的新思潮，除了可以讓我們對全球性的地質構造，有了新的看法之外，同時也在實質上觸發了地質學上的一次波瀾壯闊的思想革命，幾使多年來雄踞在地質思想寶座上的大地向斜學說（Geosynclinal Theory），為之動搖。這兩件學術史上的大事合併在一起發生，自然使得地質學成為了全世界人士所最感興趣的科學。

地質學在近年來之所以普遍受到重視，也因為能源危機的爆發。由一九七三年十一月以阿第四次戰爭所帶來的石油漲價與減產，使得自由世界的經濟，為之全面萎縮，影響到每一個人的生活。在這樣的一個嚴重的關頭之下，人們於是強烈地感覺到，要解除本身的石油危機，最好的方法，莫如去尋覓更多的油源，以減少對中東產油國家的依賴。說到尋覓石油，那毫無疑問正是地質學家的工作。這等於說，人類未來的前途和幸福，在基本上是掌握在我們地質學家的手裏的。

由於地質學近年來飛躍的進步，新的知識愈來愈多，而本書部份的章節，也隨着有重新修訂與改寫的 necessary，因此便利用第四版的機會，來詳細地加以增補，並加上名詞索引，以便利大家的查閱。

本書之所以能够繼續增訂，隨時以最新的內容和社會廣大的讀者羣見面，得要感謝遠東圖書公司總經理浦家麟先生的大力支持和愛護，謹在此表示誠摯的謝意，最後，希望地質學界各位先進的專家學者們，多給予批評和指教，以有不斷改進的機會。

梁 繼 文

六十三年十一月二十四日

於陽明山私立中國文化學院地質學系

地 質 學

(第一冊)

目 錄

序

第一章 地質科學概論	1
1.1 定義與源起	1
1.2 與其他科學的關係	2
1.3 研究的範圍	7
1.4 時間觀念	10
1.5 研究的程序、方法與工具	11
1.6 等速變說	16
1.7 地質營力 (Agents) 與地質作用 (Processes)	19
1.8 能，熱力學第一、二定律與能的來源	20
1.9 平衡的觀念	25
1.10 岩石的種類	28
第二章 地質學發展史	29
2.1 研究地質史的啓示	29
2.2 最早期的希臘地質思想	30
2.3 後期的希臘地質思想	33
2.4 羅馬的地質思想	34
2.5 中世紀的地質思想	36
2.6 礦物學的發展史	39
2.7 歷史地質學的發展史	43
2.8 古生物學的誕生	49
2.9 地形學的發展史	53

第三章 宇宙的空間與年齡	63
3.1 宇宙的開始	63
3.2 宇宙的膨脹	65
3.3 銀河系與太空的性質	65
3.4 宇宙的化學成份	68
3.5 宇宙的年齡	68
第四章 太陽系	81
4.1 太陽系的本質	81
4.2 太陽	82
4.3 地球	83
4.4 月球	112
4.5 其他的行星	117
4.6 彗星	120
4.7 流星和隕石	120
4.8 太陽系的來源	123
第五章 元素，化合物和礦物	127
5.1 地殼的化學成份	127
5.2 物質與元素	129
5.3 化合物 (Compound)	135
5.4 礦物的定義	139
5.5 結晶體的構造 (Crystal Structure)，性質和發生	140
5.6 X-射線研究結晶體的方法	144
5.7 結晶體的對稱觀念	147
5.8 結晶系統 (Crystal System)	150
5.9 固溶作用 (Solid Solution)	151
5.10 礦物的物理性質	154
5.11 礦物的生成	162
5.12 礦物的種類	165

5.13 造岩礦物 (Rock Making Minerals)	168
第六章 岩漿活動	185
6.1 概論	185
6.2 火山的定義	186
6.3 火山爆發的原動力	187
6.4 火山活動的產物	187
6.5 火山的構造	201
6.6 活火山的分佈	207
6.7 火山爆炸指數	209
6.8 火山爆發的預測	210
6.9 火山爆發的型式	211
6.10 我國的火山與溫泉	220
6.11 地熱的來源與利用	222
6.12 火山爆發的景觀	227

附圖目次

1.1 地質學與其他科學的關係	4
3.1 宇宙來源學說	66
3.2 乳酪或放射性元素的衰變曲線	70
3.3 衰變比例曲線圖	71
4.1 范愛倫輻射帶	84
4.2 水球和旋轉橢圓體的關係	85
4.3 水球半徑長度的變化	86
4.4 世界水文循環	89
4.5 大氣圈的構造	90
4.6 地震震源在秘魯時之地震暗影區	98
4.7 地球暗影區的來源與球心存在的關係	98
4.8 P波在內球心屈折的情形	99
4.9 地球剖面圖	100

4.10	像磁性彗星一般的地球	111
4.11	月球內部的構造	113
5.1	岩鹽的內部結構和立方體的形狀	137
5.2	水分子的共價鍵	138
5.3	具有極性的水分子	138
5.4	金屬的化學鍵	138
5.5	結晶體內部的構造理論	141
5.6	金剛鑽內部的原子構造模型	142
5.7	石墨內部的原子構造模型	142
5.8	綠玉的 Laue Photograph	146
5.9	對稱運動的基本方式	148
5.10	螺旋軸與移動反映	149
5.11	結晶軸的方向和指示法	150
5.12	九種普通元素的離子直徑	153
5.13	二氧化矽四面體	167
6.1	Mauna Loa 與 Kilauea 火山的剖面形狀	201
6.2	火山錐的形狀和構造	203
6.3	破火山口發育的時期	204
6.4	內生火山丘的形成	206
6.5	世界火山的地理分佈	208
6.6	維蘇威火山的構造剖面	216
6.7	一九〇三年三月時「Pele 之塔」的遠景	218

附表目次

4.1	各行星與太陽的距離	81
4.2	太陽系各行星的資料	82
4.3	地球構造的化學與物理性質	91
4.4	地球各部份的質量與體積	92
4.5	火山氣體的成份	95
4.6	地球大氣的成份	95

4.7	地球內部層次的深度和震波通過速度的變化.....	101
4.8	地球內部密度的分佈.....	101
4.9	地殼放射性元素蛻變時所放出的熱量.....	105
5.1	地殼的化學成份.....	127
5.2	地殼化合物的分析.....	129
5.3	惰性氣體電子集結的情形.....	134
5.4	普通元素的離子直徑.....	154
5.5	摩氏硬度表.....	156
5.6	主要造岩礦物鑑定表.....	169
6.1	一五〇〇年到一九一四年世界主要火山爆發物質統計...	209

第一章 地質科學概論

- 1.1 定義與源起
- 1.2 與其他科學的關係
- 1.3 研究的範圍
- 1.4 時間觀念
- 1.5 研究的程序、方法與工具
- 1.6 等速變說
- 1.7 地質營力 (Agents) 與地質作用 (Processes)
- 1.8 能，熱力學第一、二定律與能的來源
- 1.9 平衡的觀念
- 1.10 岩石的種類

圖1.1 地質學與其他科學的關係

第一章 地質科學概論

1.1 定義與源起

地質學是一門地球科學。主在研究地球內部的成份、構造和活動；解釋地表自然作用所產生的各種現象；探討過去動植物的生活記錄和重建地球的歷史。它的價值是在運用有關的科學知識去了解地球的秘密。事實上，今天人類雖然積極從事太空的探索，並且已經屢次登陸月球，可是對地球本身的了解却不多，因此地質學是正在不斷的發展之中。地質學是一門比較年輕的科學，因為如果我們撇開早期神話式的和玄想式的「地質學」不談，則現代地質學從James Hutton(1726-1797)算起迄今，不過僅有兩百多年的歷史。Geology一字是從希臘字 Geologia 演變來的，Geo 指地球，logia 乃談話的意思。一四七三年，英國 Durham 地方的一位主教 Richard de Bury 在出版的 Philobiblon 一書中，曾應用 Geology 這個名詞代表地球俗世的科學 (Earthly Science)，來和天堂的科學 (Heavenly Science)，即神學 (Theology) 對稱，可說是最早應用這個名詞的人。十六世紀末期，義大利人 Ulyssus Aldrovandus (1522-1605) 在遺著「遺言書」中有 Geologia 一個篇目，包括古生物，礦物及岩石數種。一六五七年，Mickel Pederson Escholt 用丹麥語出版過 Geologia Norwegica 一書，開始具有現代地質學的雛型。一六六一年，Lovell 所著的 an Universal History of Minerals，便是第一本英語的地質學著作。一七七八年，De Luc 在 Hague 出版 Lettres Physiques et Morales sur les Montagnes 一書，為最早的法文著作。

地質學誕生的早期，本是一種書院式的科學，很少談到實用。工業革命以後，礦物原料需要日增，地質學因對礦藏的開發大有幫助，所以也隨著轉變成為一門實用的學問。現代受過訓練的地質學家，約有百分之七十五以上被私人企業僱用來從事石油與其他種種礦藏的探勘工作。根據 G. S. Buchanan (1961) 的統計，全世界從事探勘石

油的地質學家約有二萬五千人，其餘的一部份或在政府地質測量機構擔任公職，或擔任教育工作，或參加建造隧道、水壩、道路、橋樑、飛機場和其他大建築物的工程計劃，或從事水土保持和地下水的開發，或協助其他大規模的地下開挖工作等。他們不僅有很好的出路，同時在工作方面，對現代文明的進步都具有極大的貢獻。

1.2 與其他科學的關係

地質學雖然是一門獨立的科學，但和別的自然科學關係非常密切，它是以天文、化學、物理和生物做基礎的。爲了我們要研究地球，必須先要知道它的來源，它在太陽系中的地位，以及和宇宙的關係，這些，都屬於天文學的範圍；要研究地球的年齡，它表面和內部構造的發生及其與力學的關係，就需要近代物理學的知識；要研究組成地球內部的物質，地球變動所產生的化學變化，便與化學有關。地球物理學（Geophysics）和地球化學（Geochemistry）這兩門學問，實際上即是地質科學通到物理和化學的橋樑。說到古代生物的進化，也是研究地質和了解地球過去演變的線索，這便踏入了生物學的範圍裡去。再從實用方面來說，地球物理學，地球化學和地球微生物學等方法，現在正日漸廣泛地用來從事石油與其他金屬礦藏的探勘。可見現代的地質科學無論在理論與實用方面，都已經和天文、物理、化學和生物等科學打成一片。

地質學不僅是以上述這些基本科學做基礎，同時還吸收了這些基本科學的成就來推動自身的進步。換句話說，沒有這一世紀以來的天文，理化與生物學的進展，也就沒有現代的地質學。好比自從一八九五年 Röntgen 發現X-射線以後，一九一二年便有 Max von Laue 將之應用到研究礦物晶體的構造上，使礦物學向前邁進了一大步。又如自從一八九六年 Henri Becquerel 發現化學元素的放射性能之後，一九〇七年，英國劍橋大學的 Lord Rutherford 便將之應用到地球的年齡計算上面去，使今天的地質學家有了可靠的方法來精密確定岩石、隕石的年齡，讓人類對宇宙年齡的瞭解能更接近事實。再者，毫無疑問，今天人類的文明已經進入太空時代，地質科學也自

然配合太空科技的成就而隨着向太空發展。一九六九年七月二十日，當第一個太空人在月球着陸的一刹那，也就是地質科學在月球登陸的時刻。我們知道，所有登陸月球的太空人，都受過嚴格的地質學訓練，因為他們在月面上的工作，例如搜集土石樣本，鑽集地下岩心，實驗月震，調查坑壁的構造等，可說無一不是地質探勘的工作。一九七二年十二月，隨着阿波羅十七號登月的第一位科學家，便是畢業於哈佛大學的地質學家 Dr. H. H. Schmitt.

地質學和人類學、地理學、經濟學與工程學也有非常密切的關係。人類學和地質學分享從地下發掘出來的同樣資料，前者用以決定人類在生物和文化上的演進，後者用以推測當時地球上的環境，如氣候的改變、大陸的漂移和陸地的升沉等，以明瞭地球過去的歷史。現代地理學者雖然只關心地球的自然環境與人類的關係，不過對於礦藏、土壤、地形與氣候等因素對人口的分佈、工業位置的選擇、都市的設計和不同文化生成的影響等，都得要參考地質學方面的知識。經濟學和地質學對礦物資源同樣重視，不過地質學家重視瞭解礦物的結晶、物理與化學的性質、發生的狀態、及其與地殼岩石的關係，經濟學家則專從其開發利用、與價值利益上着眼。地質學和工程學的關係更是不可分的，因為我們無論從事任何大規模的地面或地下工程，首先要判定的便是工作地點的地質是否適合。對地質瞭解的正確與透澈程度如何，往往決定了工程的成敗，因此地質學家經常是工程計劃裡的首席顧問。

J. F. White 在研究地質學和其他科學關係的時候，曾繪出下面的圖形來說明，茲轉錄在此，以供參考。

地質學是一門地球科學，似與國際政治無關，不過經過分析知道兩者不但關係密切，而且地質往往還是左右一個國家的外交、政治與經濟動向、甚至是引起國際戰爭，影響人類禍福的潛在因素。

科學發達的國家，對國內礦產資源的地下分佈必然十分清楚，爲了只有這樣才可以充分開發利用地下的礦藏以供工業上的需要，所以目前高度工業化的國家，都是地質科學水準最高的國家。但當國家高度工業化以後，重要礦產的消耗量自然日趨龐大，需要礦物的種類亦

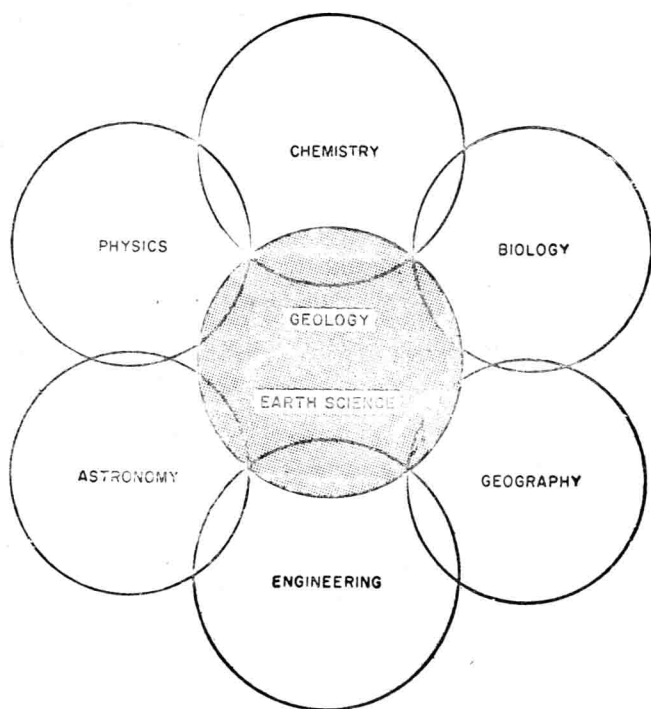


圖1.1 地質學與其他科學的關係

(轉載自 white 主編的 Study of the Earth, 1962. p.8)

必愈來愈多，可是礦產的分佈在地球上是不平均的，如美國對於錫、鎳、錳、鉻、雲母、工業用的金鋼鑽等，俄國之於銅、鉛、鋅、水銀、硫磺、錫、鈾等、大都仰賴外國的輸入。英國出產的鐵砂則僅能供應本身所需的百分之五十。至於世界上需要買石油的國家更是太多。這樣說來，如何獲得本身所缺乏但又極度需要的礦物，便成為維持一個高度工業化國家生存的要件。換句話說，一個國家工業愈發達，對礦物的需要愈迫切。要滿足這種急切的慾望，人們既不能應用種植的方法把礦物種出來，便祇有透過貿易，取給於人，或者進行政治與經濟的侵畧，或者用暴力來掠奪。以非洲來說，今天這片黑色大陸各新興國家正在受到世界各強國的爭取，這並不是因為非洲的黑人有什麼可