

部編大學用書

野外及礦業地質學

陳培源編著

部編大學用書

野外及礦業地質學

陳培源編著

國立編譯館主編出版

中華民國七十年十月初版

中華民國七十四年一月再版

野外及礦業地質學

版權所有
翻印必究

全一冊：精裝新台幣貳佰捌拾圓
平裝貳佰伍拾圓

主編者：國立編譯館

編著者：陳培源

出版者：國立編譯館
印行者

地址：台北市舟山路二四七號

電話：三二一六一七一

印刷者：三軍大學印製廠

F210.65 (中2-6/2)

野外及礦業地質學

BG000470

自序

野外地質學為建立地質科學之基礎，近年在歐美出版之地質學書籍甚夥，惟野外地質學獨缺。國內出版之中文科學教科書不多，而地質學書籍尤少。作者有感於本國語文教科書之重要性，爰將在台灣大學講授多年之講稿，加以整理，增補，而後又擴充下篇，成為此書。冀以之供應大專學生作課本，并供從事地質、工、礦等有關人士作參考書。

本書內容，泰半摘取歐美出版之教科書與地質刊物之資料，加以編組，并益以拙見。全書分為上、下兩篇：上篇為地面地質調查，下篇為地下地質及礦業地質調查，總共十九章。上篇十一章，其中第一、二兩章為一般敘說，第三章講授野外測繪之基本技術與測量儀器之使用。第四章講解地形圖之繪製、格式、內容與應用，以期增加此基本工具在地質調查上之效用。第五章為上篇之中心，詳論地面地質調查之項目與方法。第六章說明遙感探測影像在地質調查上之應用，亦為第四章地形圖之姐妹篇。第七章為採取地質樣品之技術。以上七章均以地質調查之戶外活動為主。繼其後之第八章至十一章，則闡釋一般地層原理與調查成果之表達方法，例如地質圖表之編製與報告之撰寫等室內作業。下篇分為八章（第十二章至十九章），敘論地下地質調查方法及礦業活動，自礦產探勘以至採礦中之地質作業。其中許多部分，牽涉到上篇講述之地質調查技術之應用。第十二章是礦產探勘之一般原則與礦藏之地面徵候；十三至十五章是地球化學和地球物理探勘的介紹，旨在使地質人員能明瞭此兩種探勘方法之原理和應用的範圍，以期對於此類資料，知所運用。十六章講鑽探和與鑽井相關的井錄的判讀和解釋。十七章是礦山開發與採礦時期中所需的地質作業。十八章是當開採時期中的地下調查和採樣，這是研究地下地質最直接

2 上篇 野外地質學

的方法。最後一章是對礦藏經濟價值的評估，估計礦藏內在價值（品位和礦量）和外在礦業環境。本文之後，并附錄有十九種參考圖表與說明，以供查檢。本書上篇供大專野外地質學之課本，下篇供給高等野外地質學與礦業地質學之教材。惟本書初成，錯漏之處或恐不免，尚祈讀者指正。

閩侯陳培源敬誌

民國六十九年八月於美國印

第安納大學

野外及礦業地質學目錄

上 篇

野 外 地 質 學

第一章 總論	1
1—1 地質學與野外觀察	1
1—2 戶內地質與戶外地質	2
1—3 野外地質學與地質調查	3
1—4 野外地質師之任務和素養	4
1—5 野外地質學有關之參考書	5
第二章 地質調查前應有之準備	9
2—1 調查計畫之擬訂與注意事項	9
2—2 調查隊與主管機構之聯絡	10
2—3 有關地質文獻之搜集與研究	10
2—4 調查用配備儀器及其他應用物品之準備	10
2—5 調查用底圖之準備	13
第三章 野外測量及其應用儀器	15
3—1 野外測量	15
3—2 測距離	15
3—3 測高度或垂直距離	21
3—4 測方向	28
3—5 測斜面坡度	37
3—6 定位置	38
3—7 測路線圖	41

2 上篇 野外地質學

3—8	地形細部測量	48
3—9	等高線間插法	52

第四章 地形圖

4—1	地質調查用底圖	55
4—2	地形圖繪載內容	55
4—3	我國大尺度地形圖所用的投射法	61
4—4	地圖檢圖法與座標法	63
4—5	現行軍用地圖圖幅分組方法	65
4—6	地圖座標格系統之應用	66
4—7	地形圖之應用、判斷與分析	68
4—8	地形剖面與視限	69
4—9	野外用底圖之攜帶與保護	73

第五章 地面地質調查

5—1	地質調查之一般性質與進程序	77
5—2	露頭觀測	81
5—3	走向與傾斜的測法	84
5—4	地層剖面	101
5—5	岩層厚度測量	109
5—6	地質界線與露頭型式	125
5—7	岩層之追蹤與對比	132
5—8	地質製圖方法複述	135
5—9	野外調查紀錄	137

第六章 航照地質

6—1	航空攝影	147
6—2	航照的幾何性質	152
6—3	航照的觀覽方法	158

6—4	航照之一般判斷與解釋	163
6—5	地質構造之判識	165
6—6	岩性之解釋	168
6—7	航照地質圖之編製與符號	172
6—8	航照地質與區域調查	176
6—9	航機側視雷達攝影與人造衛星感測	187
第七章	採樣	195
7—1	採樣的目的與功用	195
7—2	應該採集些什麼樣的標本	195
7—3	岩礦標本之種類與採集方法	196
7—4	化石標本之採集	203
7—5	採樣工具	204
7—6	標本之標註、編號及其裝運	205
第八章	地層的畫分和對比	209
8—1	地質調查與地層學的研究	209
8—2	地層單位分類	209
8—3	野外及地質圖所用地層單位——岩石地層單位	212
8—4	地層的對比	217
第九章	地質圖與地質剖面圖	227
9—1	概說	227
9—2	怎樣繪製地質圖	230
9—3	地質圖之符號、花紋、着色、和圖例	236
9—4	地質圖之判讀和解釋	241
9—5	地質剖面圖	243
第十章	其他地質圖表	251
10—1	地層柱狀剖面圖及其他柱狀圖表	251

4 上篇 野外地質學

10—2	地層剖面圖	259
10—3	柵狀剖面圖	259
10—4	地質等高線(等值線)圖	262
10—5	立體圖	270
第十一章	地質調查報告的編寫	279
11—1	科學報告與地質報告	279
11—2	地質報告編撰的準備	280
11—3	地質報告的一般格式與內容	281

下 篇

礦 業 地 質 學

第十二章	礦產探勘	299
12—1	礦業探勘與礦業地質	299
12—2	地面地質調查與尋礦	302
12—3	成礦區與全球地體構造之關連	310
12—4	地質遙感探勘技術的應用	317
第十三章	地球化學探勘	325
13—1	探勘原理	325
13—2	探勘與採樣方法	328
13—3	地化探勘資料的處理與解釋	338
第十四章	地球物理探勘(上)	345
14—1	探勘原理與應用	345
14—2	震波探勘	347
14—3	重力探勘	357
第十五章	地球物理探勘(下)	369

15—1	磁力探勘	369
15—2	電氣探勘	379
15—3	放射性探勘	388
15—4	地溫法探勘	389
15—5	地球物理探勘應用之綜述	390
第十六章	鑽探與錄井	395
16—1	試坑與鑽探	395
16—2	鑽孔(井)	397
16—3	錄井	406
	一、電性井錄	406
	二、放射性井錄	415
	三、密度井錄	417
	四、音波井錄	417
	五、量規井錄	419
	六、貫穿井錄	419
	七、物理井錄判釋綜述	419
第十七章	採礦地質	425
17—1	露天採礦地質	425
17—2	地下採礦地質	431
第十八章	坑道調查與礦石採樣	445
18—1	坑內調查的特質和準備	445
18—2	坑內測量方法	448
18—3	填繪坑內地質	454
18—4	礦石採樣	458
第十九章	礦藏經濟價值的評估	465
19—1	礦石品位分析	465

6 目 錄

19—2	礦量噸數的計算·····	473
19—3	礦產資源評估之分類·····	477
19—4	礦業開發的工程和經濟條件·····	482

附錄目錄

附錄一.....	487
軍用地形圖判讀說明（附圖六幅）	
附錄二.....	497
北美公地測量區分方法——郡區法大要。（附圖一幅）	
附錄三.....	501
三角解法及三角函數表	
附錄四.....	507
斜坡之立角角度與斜率（百分比）換算表	
附錄五.....	509
視距表，由視距尺讀數換算水平距離與垂直高差	
附錄六.....	515
地質圖符號	
附錄七.....	519
地質圖用表示不同岩層之花紋	
附錄八.....	521
地質剖面圖與柱面圖用之岩性花紋模式	
附錄九.....	527
在直向加倍放大之剖面圖上，求其真實坡度之校正圖	
附錄十.....	529
真傾斜與偽傾斜換算表	
附錄十一.....	531
(A)真傾斜與偽傾斜互換用之分度規	
(B)求解剖面線上之地層投影傾斜角（偽傾角）之聯線求值圖	
附錄十二.....	533

8 上篇 野外地質學

求解傾斜地層地下深度之聯線求值圖

附錄十三..... 535

傾斜地層之厚度與深度推算表

附錄十四..... 537

求地層厚度之聯線求值圖

附錄十五..... 539

由斜坡長度計算水平距離和高差之換算圖

附錄十六..... 541

地質紀錄中常用英文字縮寫表

附錄十七..... 543

美國地球資技衛星LANDSAT-1感測區(歐亞圖區)索引圖

附錄十八..... 545

臺灣地層表

附錄十九..... 547

中國地層命名原則

上 篇

野外地質學

第一章 總 論

1—1 地質學與野外觀察

地質學爲一門研究地球之科學 (the science of the earth)。換言之，即研究地球之本體及其生成歷史。前者研究構成地球的組成物質的各種屬性與地球之構造情形。後者研究地球自誕生以來的種種演變，包括地表各種地質現象之發生和變遷，以及寄居地表的生物的發生和演化的歷史。它所包羅的範圍確實很廣，就時間言，遠溯四十餘億年以來的地球歷史；就空間言，所鑽究者上窮碧落，下及黃泉。所以有人說：地質學是一門「地闊天高」的學問。地質學既是一門廣博錯綜的自然科學，對這一科研究的途徑，自然也是多方面的，所應用的方法和技術也不一而足。然而在這許多途徑之中，要以野外觀測爲地質學一切研究的起點。它是獲得地質學知識的一項最基本的方法，也是一種重要的手段。對於地質學而言，所謂野外 (field)，即指任何岩礦物質或地質現象在自然界存在的現場。研究地球原自地面開始，由觀察地表各種自然現象和大地形態，而推究其所以然，或所由來。由格物而致知，由可見的推及不可見的。地質工作者在野外工作的目的，一方面是向大地上的岩層裡去發掘地球以往的史跡。岩石本身和其中所含的化石就是這史實的記錄，因爲「岩石也就是大地已往歷史的墓銘」。另一方面，要去觀察和認識目前的地質現象，明瞭自然規律，以求從其中得到啓示而領悟過去，預測將來。關於後者即蘇格

2 上篇 野外地質學

蘭地質大師James Hutton (1726—1797) 的名言，「鑑今而知往」(the present is the key to the past) 的意思。因為地球上所發生的許多地質現象和作用，至今還不斷地反覆進行著。例如我們由於了解今日江河湖海中流沙淤泥沈積的情形，就不難了解現今地面上的一層層的沈積岩的來源和其產生情形。又如根據現代火山爆發的情形，也可以推斷到含在古地層裏的火山岩類在當時的噴發型式及其分布情形。所以大自然就是地質學的大教室。地質學也是一門不能脫離野外活動的科學，要研究地質就要走出戶外，接觸大地，觀察現象，尋找資料，推究因果。地球奧祕，何止萬千，至已揭解者不過萬一，許多未了的問題，正等待著繼起之地質工作者到野外去努力發掘和解答。

1—2 戶內地質與戶外地質

許多地質問題並非單就野外觀測就可以解決，每須採集岩石礦物等類標本，記錄野外情形，携返室內（試驗室）加以研究，或請專人作詳細分析鑑定。若是專在室內根據地質標本之分析，或其他研究之論據以討論地質問題的地質工作，可以稱做標本地質學（sample geology）或實驗室地質學（laboratory geology）。為解說野外觀測的現象，由於演譯或歸納的結果，常有地質的假設或理論的產生。有些地質問題，必須側重理論方面的探討，或須進而用實驗方法來模仿比擬方能得到真確的了解或證實，因此在近代地質學中就有理論地質學（theoretical geology）和實驗地質學（experimental geology）的興起。以上所提出的幾種地質學可總稱為戶內地質學（indoor geology），以與戶外地質學（outdoor geology）或野外地質學（field geology）相對照。雖是擔任或偏重室內研究的地質工作仍不可缺少野外地質的基礎訓練和經驗，方不至有「閉門造車」或失於空幻的流弊；反之，野外工作者也必須了解室內研究方法和獲得室內研究論據的參證，才能切實的解決野外問題。

1—3 野外地質學與地質調查

所謂野外地質學，概略言之，就是專門討論有關在野外觀測地質的一切應用方法和知識，並如何根據野外觀察來解釋地質現象。美國 F. H. Lahee 教授更對野外地質學一詞作如下的解釋（見其所著之野外地質學）「野外地質學是一門對於各種岩石或造岩物質在自然環境中與保持著固有的自然狀態或相對關係之下所進行的各種研究的學問」。對他這個定義的進一步解釋，也可以說：所謂野外地質學也就是對於各種地質現象和作用的探求與研究，係在產生這些地質現象的現場（即所謂野外）仍保持有原來的自然情況之下而進行的一種科學活動。例如對某一地層的研究，係就其分布地區觀察其層序，追蹤其延伸範圍，或就一露頭剖面觀察其上下界限的接觸關係；此類就野外觀察，作為解釋地質之根據，和專就室內的標本的研究，或以實驗室方法所作理論上之探討和證實有所不同，但是兩者相輔相成。所以，野外地質學所討論的或傳授的，也就是各種有關野外地質工作的知識，包括觀測地質所需用的各種有效的和科學的方法、技術和步驟，以及由野外觀測所得知識的分析、整理和表達。其實，關於前幾項，也就是地質學各分科知識（例如普通地質學、岩石學、地層學、古生物學、地質構造學和礦床學等等）綜合應用，另配合以野外生活與操作所需的技巧和經驗而已。

為尋求地質知識，而在某一地區內作有系統的野外觀測的行為，就叫做地質調查（geologic surveying），或者地質野外工作，又因為其所用以記錄和表達知識的方法，往往是填製地質圖，因此也叫做地質製圖（geologic mapping）。地質調查的目的和動機不外乎：
①一般學理的研究。
②某種經濟上或應用上的原因。前者如一般的地域調查，或區域地質（areal geology）研究；或為某種指定研究項目而調查（如地層學或沈積岩學上之研究）。後者如某種礦山勘

4 上篇 野外地質學

質之調查，工程地質調查（隧道、水庫、堤壩、地址之類），農林地質調查等。地質調查依其工作之精密度，可大別為兩大類，即普查或概查（reconnaissance）和精查（detailed survey）。前者大抵為求獲得某地區地質之一般觀念，或編製小比例尺地圖，又或為一精查工作之前奏而發，其調查方法多屬路線調查。而精查則為對一地區之全面調查，或對某一特定問題之詳細調查。

至於近代因各種科學工具之發展，地質調查之領域與方法也逐漸擴展。現今有航空地質調查（將來甚或有太空地質調查），海洋地質調查，水底地質調查等。在過去所謂地質調查均以地面地質（surface geology）或露頭地質（outcrop geology）為主；而現代之野外調查常亦牽涉到地下資料的觀測，即所謂屬於地下地質（subsurface geology）的部分。為增加對於地質現象與作用的了解，必須將觀察與解釋範圍延伸至地下若干深度。

1—4 野外地質師之任務和素養

作野外調查的人，大概有兩種類別。一是專業的調查，相當野外地質師的工作，二是教育的或研究的性質，以野外觀測為增益知識或解答某項地質問題的手段。除了一部分教育或研究的性質之外，大部分的野外調查都以尋求、觀測、記載和分析該地區的岩層露頭和解釋已獲得的論據為主要任務。一個工作者不僅要有尋找和觀測露頭的能力，還要有充足的地質知識，包括前節所舉地質學各科的常識，方能正確的分析或解釋整個的問題，或整個區域的地質情況。

至於調查地質的方法，有兩項基本步驟，就是觀察（observation）和推理（inference）。一個野外工作者必須具有描述、記載、分析和解釋的能力。要訓練敏銳的觀察力和豐富的想像力，才能「見微知著」，不至於「失之交臂」。觀察時要客觀、細心；判斷和解釋時，要考慮多方面的可能性、多思想、多發掘問題，勤究事因。固無妨