

地質力學之基礎與方法



(13265)

中國科學社叢書

地質力學之基礎與方法

李四光著

中華書局印行

民國三十六年一月發行
民國三十六年一月初版

大學用書 地質力學之基礎與方法 (全一冊)

定價國幣三元五角

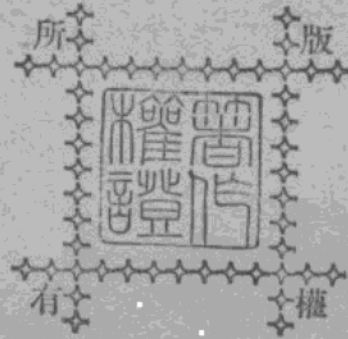
(郵運匯費另加)

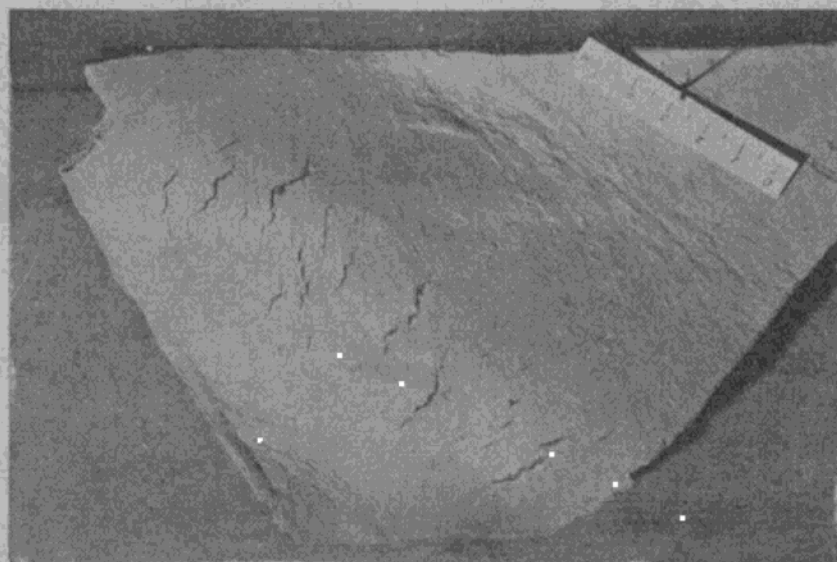
著者 李 四 光

發行人 顧 樹 森
中華書局股份有限公司代表

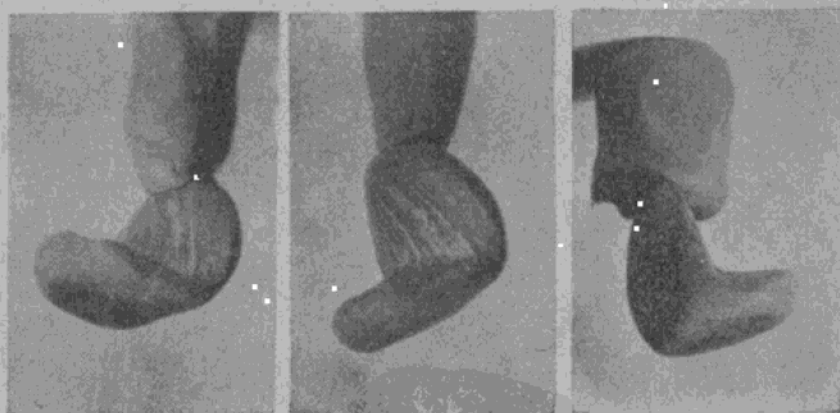
印刷者 中華書局永寧印刷廠
上海澳門路四六九號

發行處 各埠中華書局





上圖 由三方面看砂岩質石子彎曲之形狀(實物大小如圖,參閱第49頁)。
下圖 泥板經扭動變彎時所發生之橫裂縫(寬者)與X裂縫局部相合之狀
(參閱第92頁)。



序

作科學工作最足使人感覺興趣的，與其說是問題的解決，恐怕不如說是問題的形成，任何一個實際問題很少是單純的，總要對於構成一個問題的各項事物，實際上就是代表事物的那些詞句的意義，和那個問題展開的步驟，有了正確的認識，方纔可以形成一個問題，做到這一步，問題可算已經解決了一半。

無論向宇宙或者向我們自己，我們不難一口氣發出許多問題，但是這許多問題，不一定都具有獨立而且明瞭的意義；也許有些根本就不能成立。“今登高山而望羣山皆爲波浪之狀，便是水泛如此，只不知因什麼事凝了。”朱子用了山、水、波浪、泛、凝等項代表事物的詞句，將他的問題這樣展開，在七百七十多年以前，已經見到如此地步，實在令人敬佩。可是從近世地質學的需要看來，又未免覺得問題的構成和展開不能這樣籠統含糊。

經過一百多年的地質工作，尤其在最近三四十年中，這一類的探求確實發展了不少，引起的紛爭也就不少。雖然近世地質學人探求的方式比起朱子的方式，要仔細多了，切實多了，然而說到怎樣纔算是正確的方式，仍然不免茫然。

這所謂造山運動所含的各項現象，並不僅關係山脈的造成，一切陸地運動的原因和結果，換句話說，一切岩層岩體變動的原因和結果，都不免牽扯在一起，困難不一定在這些現象本身性質複雜不容易拿住要點，而往往在因爲複雜的關係，構成一個問題的各項事物穿插到普通認爲毫無關係

的學科範圍,比如地質學人們自有他們傳統的工作方式,要他們去研究物性力學,再來改訂他們的構造地質或動力地質的問題,正和要大地物理學人們切實去研究各種型式的地質構造和各種岩石的性質再去提出他們的物理地質問題一樣困難。就一般而言,要站在不同的立場,用彼此不共通,不習慣的名詞所代表的各項觀念來形成一個問題,當然不太容易,可是事實上一切岩層岩體變動的痕跡,很顯明的關係地質構造,同時也關係物性,如果硬要把有關兩方面的一個問題斬為兩節,把這一節交給物理學人,那一節交給地質學人,那末,誰配開刀?況且事實多半不是那樣簡單,不見得處處步步都能乾脆的一刀兩斷,反過來說,要把地質構造學建立在穩健的基礎上,我們看不出在那一段落可以避免物性力學的分析;又假如要避免一般所謂地質物理問題變成了空洞的算學或物理學的習題,我們也沒有理由漠視岩層所經過的種種變動,在這種需要之下,祇有打破科學割據的舊習,作一種澈底聯合的努力,方纔有解決這類問題的希望。

擬議中的地質力學這一個名詞,實際上並不需要這樣的辯護,但是應該指明的是:曾經用過這個名詞的人們,大都各人所指的祇是地質力學的某一方面,甲所指的一方面往往和乙所指的一方面不同,而實際作這種工作的人們,也往往不免顧此失彼,此次承中央大學、重慶大學及中國地質學會一部份同仁的重視,謹就個人所見到的若干有關係的材料,選擇要點,藉以探索地質力學究竟應該是怎樣一種科學。這些初淺知識,決不足以顯示地質力學的全部內容,但祇要能暗示這一學科將來發展的途徑,或者可以勉強說不致太

辜負同仁對著者的鼓勵以及對此次討論的希望,這樣,也就算滿意罷了,因為張孟聞、俞建章二先生奔走接洽,中華書局慨然接受,本篇得以付印,又因為楊慶如、王嘉蔭、吳磊伯、陳慶宣、谷德振諸先生擔任校稿和編製參考著作等項麻煩工作,本篇纔能粗具書本的形式,最後又承俞建章先生謄校一次,在此特致感謝。

中華民國三十四年

著者筆於重慶沙坪壩旅次。





目 錄

	頁數
序.....	i—iii
I. 概說.....	1—5
II. 應變應力與彈性柔性.....	6—16
III. 應力與應變之初步分析.....	17—63
(A) 關於彈性方面之分析.....	17
(1) 應力.....	17
(2) 應變.....	23
(B) 關於固體軟化及破壞之理論.....	33
(1) 破壞現象.....	34
(2) 柔性靜流之涵義.....	47
軟流之機構.....	52
軟流之速率.....	56
軟流之限量.....	58
軟流之方式.....	59
IV. 地質構造形象之觀測與分析.....	64—83
(1) 橫節理.....	67
(2) 橫斷層.....	67
(3) 縱節理.....	67
(4) X節理.....	67
(5) X式岩脈.....	68
(6) 方格式正斷層.....	69

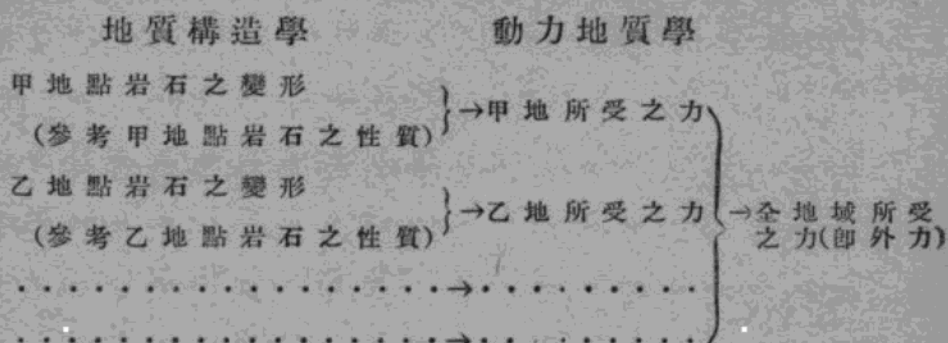
(7)衝斷面.....	69
(8)瓦疊構造.....	70
(9)劈面.....	71
(10)片理及摺紋或條紋.....	71
(11)梯斷層.....	72
(12)逆斷層.....	72
(13)摺皺.....	73
(14)斜列節理及小岩脈.....	78
(15)晶粒排列平面.....	80
(16)火成岩之流紋與流層.....	81
V. 構造系統與構造形式.....	84—93
(A)構造系統.....	84
(B)構造型式.....	86
(1)川字型及井字型構造.....	86
(2)井字型構造.....	86
(3)多字型構造.....	87
(4)歹字型構造.....	87
(5)山字型構造.....	88
(C)構造系統之聯合.....	90
(a)重接.....	90
(b)斜接.....	90
(c)反接.....	90
(d)截接.....	91
VI. 解決地質力學問題之途徑.....	94—102
參考著作.....	103—110

地質力學之基礎與方法

I 概說

地質力學之意義：在從地表岩體所經過各種變形或破壞之方式，根據力學原則，探求各地域地殼內發生運動之原因。一個物體發生變形時必有力主使之，此主使之力在物體中如何分配，要依其中各部份變形之情形而定奪。同一形狀之單純物體為同樣外力所侵犯時，因各物體之性質不同，其所發生之變形不必相同；又同一形狀之物體，因其各部份之組織不同，或性質不同，為同樣外力所侵犯時，其中各部份所發生之變形不同。某一地域發生運動時，必有外力促之使然（牛頓力學第一原則），此所謂外力者，包括岩體本身中發生之一切力量。地質力學之用意，即在追求此所謂外力者為何。假若地殼係由理想的剛體結合而成，則可由各剛體相對的運動（變位）直接估計各剛體所受外力之方向，如每一剛體代表一地域，即可估計每一地域所受外力之方向。然就實際而言，岩石固非剛體，故每次受力，其各部份多少必發生變形，各部份變形之方式，應視各該部份之性質及用力之情況而定。在瀾漫岩石之地殼中，吾人無法知悉其各部份或各地域所受之外力為何。吾人所能直接認識者厥惟各處各點之變形，根據某處某點之變形，若更能明瞭該處該點岩石之性質，則不難追求此處此點所受之力為何；若更進一步能估計一地域中各處各點所受之力之大小及方向，即不難窺見此整個地域所受之力量——亦即所謂外力者——為何，如是可將地

質力學的工作程序簡示於次：——



變形有暫時者，亦有永久者；暫時者力去後隨即消滅，永久者雖力已不復作用，而仍繼續存在。暫時之變形在岩石中無法斷定，唯永久之變形，乃可以精密方法測定之。欲知一物體之變形至如何程度，必須知其原形為何。就成層之岩體而言，除在特別情況之下，偶或有帶原傾斜(initial dip)者外，大都皆可認為最初皆屬平列。至岩脈及其他侵入岩體之原形雖未可一概而論，然就其產生之方式，亦可大致推測其原來之形狀與位置。

各岩體經過變形，大抵不祇一次，故現今所測定之變形，乃自某一岩體產生以來直至今日所發生變形之總和。同在一地點所發生之變形，在此一時代與彼一時代所發生者，或者方式相類似而程度可等可不等，成就此種變形之繼起運動，常稱為復活運動(post-humous movement)，或者前後方式絕不相同，程度亦異。前列由各地點岩石之變形推求各地點所受之力云云者，蓋指同一時代所發生之變形也。由是可知在地質力學之工作程序上，關於各項岩石變形，不獨應確切辨別其係應若何之力而發生，抑且應鑑定其產生之時期。此項時期上之分析，大率以當地地層發生之情形為依歸。倘當地

地層缺漏過多,或每一地層間斷(不整合)所代表之時期過長,抑或歷數地質時代,當地地盤僅作緩慢之昇降,或較為安定,則從地層上所獲之條件,每不足以斷定某項變形發生於某一時期,於是祇能引伸隣近區域既經確定時代之變形,以為比較,若於當地發見某項變形與此引伸之變形,在力學上之涵義適合,則認此等變形同屬於一時代,當無重大錯誤也。

岩層變形,有舒緩與劇烈之別,舒緩者常涉及一廣大區域,使地面作比較的昇降運動,造成高原、平原、盆地等地形,往往繼續進行,歷時甚久,甚至經數地質時代而不衰息,其中廣泛而緩慢之穹起,常稱為造陸運動 (epeirogeny)。劇烈之變形,常限於若干地帶,在此等地帶,地層摺皺破裂特甚,甚至使岩石變質,岩漿迸出,其進行之時期較為短促,時起時歇,似具有週期性,其中最劇烈諸幕,大抵同時波及於全世界,已有地層上之事實證明,劇烈之摺皺,常稱為造山運動 (orogeny)。大規模之破裂囿於一地帶者,常稱為分裂運動 (tafrogeny)。

無論造陸運動,造山運動,抑或分裂運動,皆屬地殼中之變形,其影響所及,巨者如高原、盆地、平原、陸穹帶 (geanticline)、陸沉帶 (geosyncline),次者如向斜、背斜、各種斷層,小者如節理、摺紋 (foliation)、流紋 (flow lines),細微者,如岩石中某種礦物晶面晶軸之排列,類多依用力之大小與方式而發生,此等變形之結果,悉屬構造地質學應行研究之材料,其中至巨者稱為巨形構造 (megatectonic),次者稱為中型構造,再次者稱為小型構造 [28, 29],最細者須藉顯微鏡之力,始可辨識,稱為細微構造 [104, 105, 106]。世界各處地質學人集其在野外歷數十百年之經驗,關於中型構造,頗多認識,繼以眼界擴大,於巨形構造

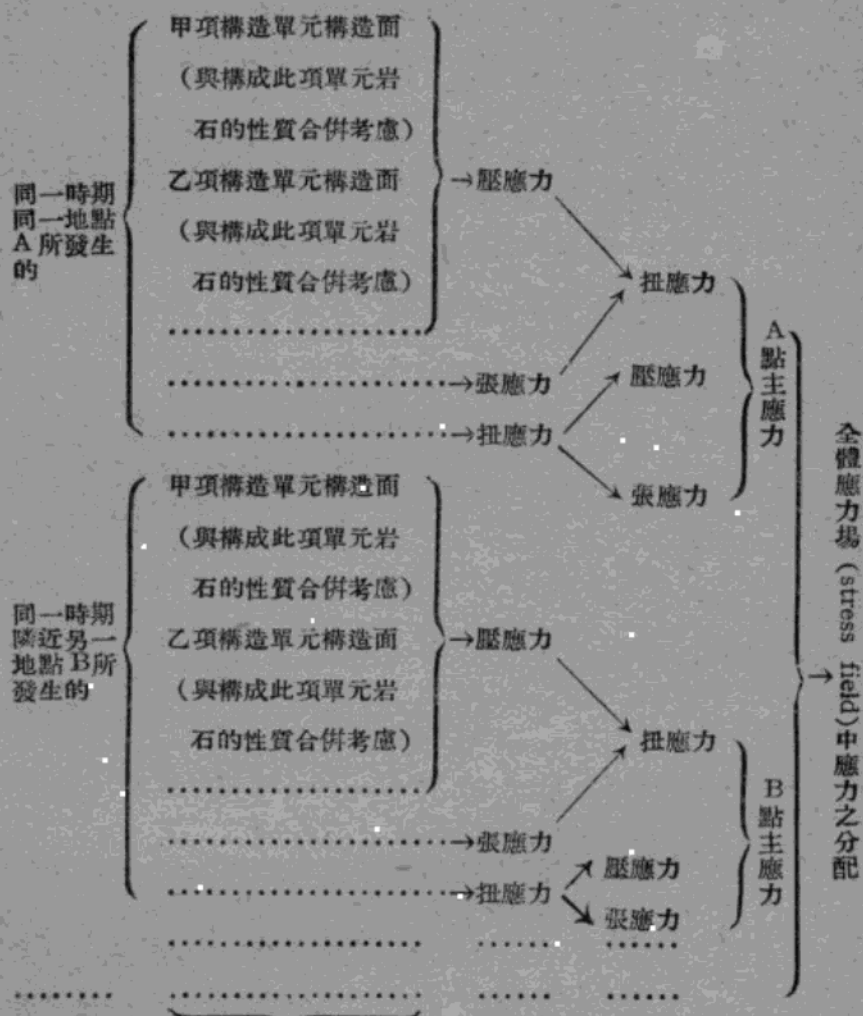
亦漸有了解,近年來研求益精,還有一部份地質學人之從事於構造地質學者,着重於小型構造,更有一部份人專治細微構造,研究之途徑與方式,雖各有不同,而所得之結果,在同一區域,往往有互相應證之效用,往者關於某一地域巨型或中型構造之推測尚屬含糊者,經小型構造上之研究而得清晰認識者,不乏實例,於茲工作之方法大見進步,然而從各種構造痕迹——即變形——之認識而達到用力方式之認識,則尚有待於探求[74,126]。各種構造痕迹,固屬岩石受力之遺蹟,但由此等遺蹟,尚不能直接測定岩石中曾有何力如何活動,欲確定某種構造單元(tectonic element)爲某力如何作用之標誌,須明瞭:

(1)在各種物質中應變(strain)與應力(stress)一般之關係;

(2)在某項物理的條件之下,各種岩石機械的性質;

(3)假如各種岩石有一定的強度,則用力不超過此強度時即無構造痕迹可尋。

識此則不難承認由地質構造之痕迹,攝取動力在岩層中分配之情況應經過類似下列之程序,在可能範圍內並應作實驗的證明,地質力學上之實驗,概言之,趨於兩途:其一,在各項不同之物理的條件之下,檢定各種岩石之機械的性質,例如各種彈性係數及其強度或黏性係數,并應檢定其強度與受力時間長短之關係;其二,用種種方式施外力於適當之材料,釐定其中所引起之應力情況與外力之關係,所謂應力分配之情況,祇有藉所用材料永久變形或破裂之痕迹而定奪之。



聯絡各地點同項同列構造單元構造面之走向

即得構造線 (tectonic lines) → 應力絡網 (stress trajectory)

II 應變應力與彈性柔性

按普通經驗,一個物體發生變位時,必有力主使。物體的變位可分為兩方面估計:(1)物體中各小部份毗連之處,不發生組織上的變動,而整個物體發生變動,此之謂剛體。(2)物體中各小部份發生比較的變動,而此項變動,或暫時,或永久,影響於物體之組織,此之謂變形。世間無理想之剛體,故加力於一物體,多少必有若干變形發生。所加之力,為方便起見,統名曰外力。此所謂外力者,有加於物體之表面者,例如此一物體與彼一物體接觸之處;亦有加於物體之全體者,例如磁力、重力或動力(inertia force)等。此等作用於物體全體之外力,稱為體力(body force)。因此等力之所由發生,尚有被動物體本身以外之原因存在,故亦可稱為外力。

一個物體,有由一種單純的物質集合而成者,亦有由各種不同之物質組合而成者[128]。各種岩石,大都由各種礦物結晶[83]或各種礦物質結合而成。每一粒晶體,各有其機械的特性[65]。同一晶體,除屬於正方系者外,常因方位不同,其機械的特性少有差異。造成各種岩石之礦物晶體,其排列之方式,除某種構造岩外,大都亂雜無章,且為數至巨,故以統計的眼光觀之,無妨視為一種機械的異向同性(isotropy)體。至於特殊之變質岩,例如雲母片麻岩之類,在地質力學上,對於其異向異性(anisotropy)之關係[128],應加以考慮,但為初步的設想,此種岩石,暫時無庸考慮,因其分佈祇限於特殊地域已耳。

一物體受外力作用之時,必發生變形,已如前述;就一般情況而言,其中此一點與彼一點所發生之變形,不必相同,隨