

農商部地質調查所印行

地層測算術

劉季辰著

SUNG PO LIBRARY  
NO. 7583

27005

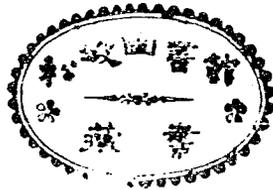
序

此册爲劉君季辰於民國七年冬、在美所編、寄呈於丁文江所長者。所述地層測算各法、尙屬簡明切要、此類測算實爲研究地質構造者所應知。普通地質書、略而不詳、殊爲缺憾。劉君之好學有得、既甚可嘉、而所述又頗有裨於學者。因爲請命於

總次長而刊行之。斷層一章、劉君無暇及此。而應用甚廣、缺之似屬可惜、乃代爲續成之。凡以取便實地之應用而已。即書此以爲序。

民國八年三月兼代地質調查所所長翁文灝

地層測算術 序



地層測算術  
序

# 地層測算術目次

緒言

第一章 定地層厚度

一 三角法

二 切線圖解法

三 直測法

四 剖面圖解法

附地質剖面圖作法

第二章 定地層深度

一 三角法

二 剖面圖解法

三 切線圖解法

第三章 定投射傾角

地層測算術 目次

頁數

一

一

一

三

五

八

九

十

十

十一

十一

十二

一

一 三角法

十三

二 幾何圖解法

十五

三 切線圖解法

十六

第四章 等高線地圖中定地層露頭之界線

十七

一 水平層

十七

二 直立層

十八

三 傾斜層

十八

第五章 地層構造等高線之測法及應用

二十四

一 測法

二十四

二 應用

二十六

第六章 斷層圖解

二十八

一 斷層移動之定義

二十九

二 雙層投影法

二十九

三 斷層例題

三十三

附定坑道法

三十九

定礦區內之最近坑道

三十九

地層測算術 目次

三

---

地層測算術  
目次

# 地層測算術

劉季辰

## 緒言

地質學所研究之自然現象、悠久博大、往往不易以形狀而數計。故研究之方術、亦往往以約計略測自滿、而以數學之精密爲不必要、此大誤也。自然科學雖與名數之學不同。然亦有可以精密測算者、豈容置而不問。赫胥黎氏有言、數學猶磨也。若所加惟有糟粕、雖善磨不能成良粉。固矣。然有稻梁而不磨、獨不負此磨乎。

地質研究之基礎、在乎地形測量及地面觀察。地形測量於地勢隆降、山點位置、當力求其精確。地質觀察於岩石性質、地層構造、亦當力求其詳盡。若既有精確之測量、及詳盡之觀察。則所以由表面而推及其蘊藏、由已知而推及其未知者、又不可不有精密之方法。此卽地層測算術所有事也。

地層測算術最重要問題、如定地層之深度、厚度、及露頭界線、測構造等高線之地質圖、以及測定斷層之種種變動、皆爲地質調查最應注意之事、而於鑛務關係尤爲密切。蓋調查鑛產時、欲藉地質研究、對於其構造儲量等項、得精密可靠之結論、殆舍此

莫由也。惟各種方法，多自近代發明。大抵散見科學書報，無彙輯以爲專編者。尋常教科書中，尤不可得。因就研究所及，擇其最簡捷而最適實用者，輯爲是編。以免檢查，而備參考。於促進地質研究之精密，或亦不無少補乎。

地層測算各法，原則甚簡，而應用極繁。若於每種方法，一一述其應用之實例，則恐多累篇幅，仍不能盡。故僅擇要言之，以待閱者之類推。

各章所稱之地層，不必專指水成之岩層言，凡礦脈岩脈裂縫斷層等，皆可酌量適用。例如第一章定地層厚度，凡近乎層形之岩脈礦脈皆適用之。第二章之定地層深度，及第三章之求傾角投影，凡岩脈礦脈斷層面等之近乎平面者皆適用之。第四章之求露頭界線亦然。第五章之構造等高線，亦應用甚廣。惟於水成地層用者尤多。第六章斷層圖解內所稱地層，亦大抵兼指水成層及礦脈或岩脈而言。地質問題，隨地不同，往往不能執一以求。故測算方法，亦不能詳舉無遺。是在善用之者之隨機應變已耳。

# 地層測算術

## 第一章 定地層厚度法

測量地層厚度之法，視地層之露頭及傾斜并出露之地面而異。(一)設地層平鋪，地形峻峭，則測量露頭界線之高距，即係厚度。或用水平鏡，或用氣壓計，均可。(二)若地層之傾角甚小，在三度左右，而出露地面之斜坡，達三十度以上者，亦可用上法定之。傾角既小，影響甚微，不必計也。(三)地層之直立者，其厚度即係露頭界線間之最短水平距離。

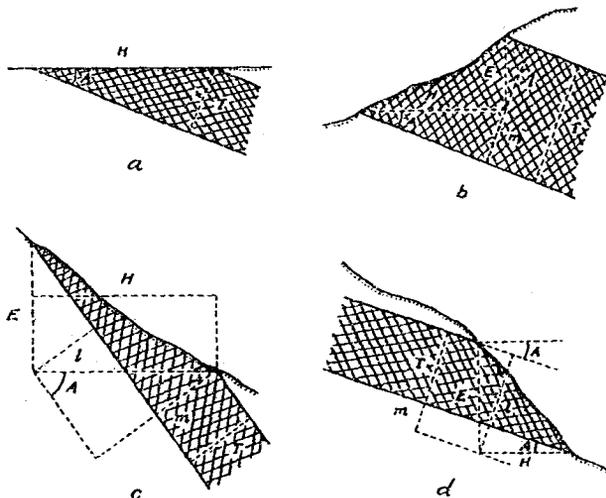
定傾斜地層之厚度，必先測傾角及數并露頭間之高距及水平距離，測算之法甚多，分述之如下、

### 一、三角法

第一圖爲直交於地層面之剖面圖。A角爲層面與水平面所成之角，即地層之傾角。可以傾斜儀定之。地層頂底二面露頭間之高距E，及與走向直交之平距H，可用普通測量法定之。設所求之數，不必甚精確者，則可計露頭間坡面之長距及高距，以直

第一圖 地層露頭與地面之關係圖

地層測算術



角三角公式求之。既知此  $\triangle AEH$  三者  
然後視地面之情形，用下列公式以求  
地層之厚度  $T$ 。（即地層頂底二面之  
最近距離）地面情形，計分三類。

(1) 地層傾斜，而地面成水平者。如第  
一圖中之  $a$  圖。直線之附細點者，為地  
面。密繪交線者為地層。厚度為  $T$ 。得公  
式如左。

$$T = H \sin A \dots\dots\dots (1)$$

(2) 層面地面均傾斜，而地面斜向與地  
層傾向相背者。如第一圖中之  $b$  圖。作  
下列算式以解之。自圖知

$$T = m + l \quad \text{而} \quad m = H \sin A \quad l = E \cos A.$$

代入三角公式  $\cos X = \sin(90^\circ - X)$  則  $T = E \sin(90^\circ - A)$ 。於是得公式如左。

$$T = H \sin A + E \sin(90^\circ - A) \dots\dots\dots (2)$$

(3) 層面地面均傾斜，而地面斜向與地層傾向相同者。自 c 圖可知  $T = E - V$  用上法解之，得公式

$$T = H \sin A - E \sin(90^\circ - A) \dots\dots\dots (3)$$

此公式實祇適於地層傾角大於地面斜度（即地面與水平面所成之角）之時。反是如 d 圖所表，則計算公式，當為

$$T = E \sin(90^\circ - A) - H \sin A \dots\dots\dots (3_a)$$

惟二者之得數，所異者，乃代數的，而非數學的。於實用上，二者無所異也。

## 二、切線圖解法

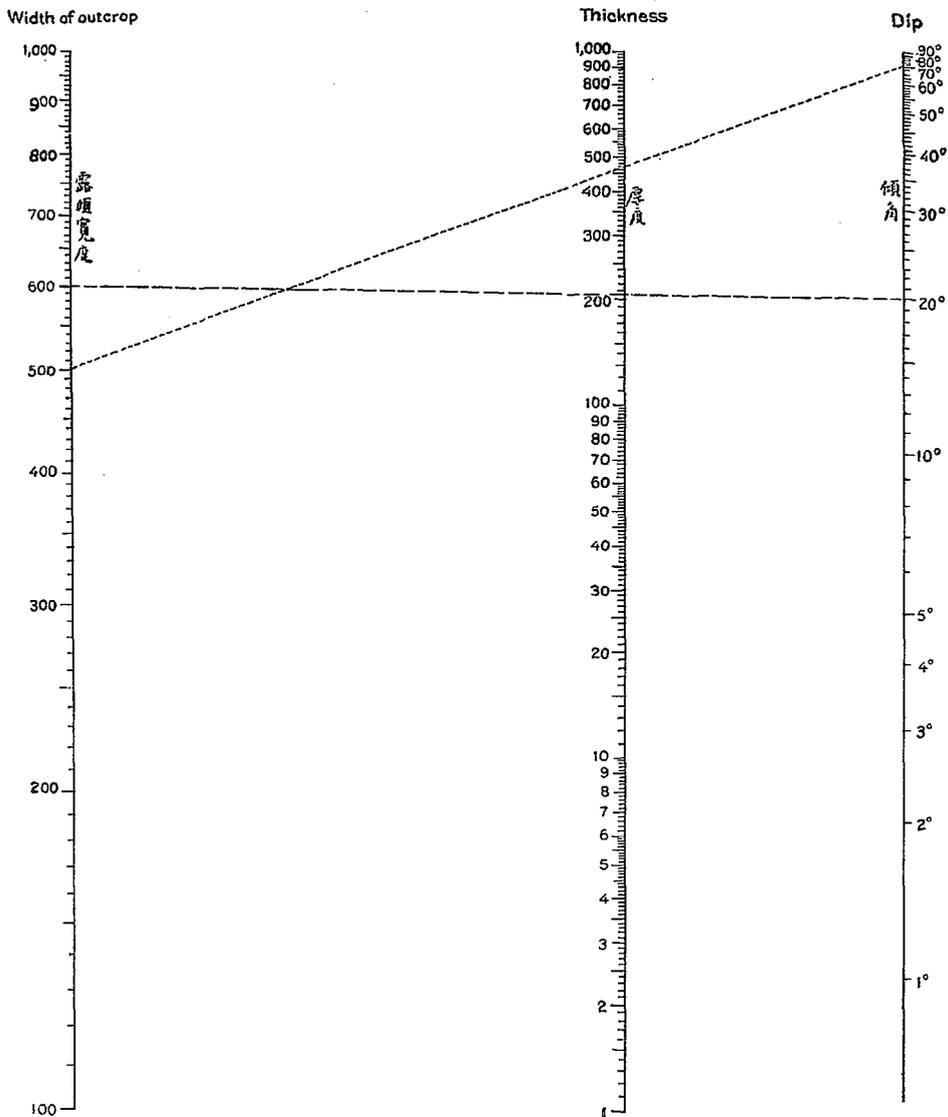
此圖構造與算尺同一原理。所異者，此圖祇適用一公式，非若算尺用途之廣耳。惟用法之簡，殆無出其右。圖中列分度線三，左右二線，係已知數，以線連之，切於中線之點，

即係所求數也。此圖係巴茂氏 H. S. Palmer 所製。刊印於本年美國地質調查局出版之

New graphic method for determining the depth and thickness of strata  
and the Projection of dip : Professional paper 120-G, U. S. G. S. August  
1918

第二圖即求地層厚度之圖。左線係地層露頭之寬度，即該地層頂底二面露頭之距離。右線爲傾角度數。連所知之二點，與中線相交之處之數，即係地層之厚度。但上述之法，祇於地面水平時用之。非然者，須加校正。此校正之數，即(2)及(3)公式中之  $\frac{L \sin(90^\circ - \alpha)}{\sin \alpha}$  故地層出露狀態之同于第二式者，當加入此數。同於第三式者，當減去此數。至此數亦不必另用三角對數。僅從第二圖中，可直接求得之。其法自九十度中減去傾角度數，將餘數定右線之一點。左線之數，即用露頭間之高距。連此二點，切於中線之數，即係校正數。或加或減，視地形之屬於二三式而異。試舉例以明之。圖中虛線所示，即適用於地面之成水平者。露頭之寬，計六百尺。傾角係二十度。所求之厚，即

圖算測度厚層地 圖二第



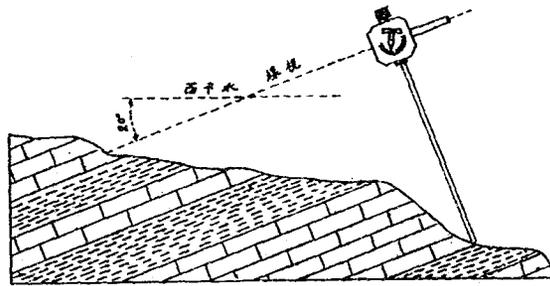
ALIGNMENT DIAGRAM FOR COMPUTING THICKNESS.

二百另六尺也。設地面傾斜，但已知露頭界線間之高距，爲五十尺，則厚度不能自此圖中直接量之，而必求校正數以校正之。如前述之法，于左線求五十尺刻度之所在處。但此線未表五十之數，可以五百代之。使小數點移進一位。自此與右線之七十度處相連。 $(90^\circ - 20^\circ = 70^\circ)$  交於中線之處，係四百七十。惟此線係與左數同比例者，故小數點亦須移進一位，即得四十七尺。如地層與地面之關係，如第二式者，則厚度爲一五二尺。 $(206 + 47 = 253)$  如第三式者，則厚度爲一五九尺。 $(206 - 47 = 159)$  圖中三線，皆有相互之關係。故知此中之任何二數，即可求其第三數。如既知地層露頭之寬及厚，即可求其傾角。知傾角及厚度，亦可求露頭之寬是也。然此法祇於地面水平時適用之。

### 三、直測法

凡地層出露地面之斜角甚大，或地層傾角甚大，露頭頗完備之時，則其厚度可直接測量得之。如用木桿一，約以五尺爲度，則既便於需用，又便於計算。上端另附一木片，使成直角。設有長五尺之摺疊量尺，亦可以代木桿。另用附有水平管之傾斜儀一，使

圖三第 直測地層厚度圖



地層測算術

六

其上下二臂所在之角度、等於地層之傾角。然後固繫於橫木之上。乃復傾側木桿、使傾斜儀之上臂、成水平向。此時其下臂即為一地層之投射面。順此下囑、切於地面之一點、與所立木桿處間之地層、即等於木桿之長。第三圖係用勃隆登氏指南針 Brunton Compass 測量之法。此器之傾測儀、能隨意旋轉之、使指示於任何角度、不令動蕩。并附有水平管、故用之最便。既定一點、於是將木桿移置其上、如前進行。記測點之數、乘以木桿長度、即所測地層之總厚度。其理與用水平鏡以測水平地層厚度之法相類。地面露頭大致相

連續之處、皆可用上法測量。不必定在溪谷中用之也。地層傾角甚大、且時變更者、則測量之方向、須常使與走向成直角、方為正確。設中途有露頭不甚顯明之處、可沿走向改至鄰近暴露完善地點、繼續行之。此點與原測地點間之平行距離、可毋須如定厚度法之精密測量也。有時測量路線、因他物中途阻礙、不能與走向成直角時、亦可測一斜線。更用三角法以求與走向垂直之距離。所量斜線、為三角之弦。以  $h$  名之。此線與走向所成之角、為三角形之角、名之曰  $c$ 。與此角相對之邊  $B$ 、即與走向成直角之距離。可依下列算式求之。

$$B = \frac{h}{\sin c}$$

作此類測量之記錄時、可分作下列數項。

- (一) 測點記數。
- (二) 岩石狀態。
- (三) 露頭距離。(就坡面量之、間接以定平距時用之)。
- (四) 高度。(以任何點為標準皆可)。
- (五) 平距。(或從直測而得或由推算而知)。
- (六) 岩層傾角。(與坡面斜向相同者注正號。反是曰負)。
- (七) 岩層走向。
- (八) 厚度。上述諸項、除末項外、皆須在測量時直接記錄之、其(五)(六)二項、為計算厚度之最要因數、不可或忽。若作直測法時、則第八項亦須在野外記錄也。

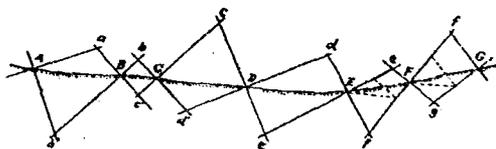
## 四、剖面圖解法

地層之暴露於地面者、類經一度或數度之地變。昔之沉澱於水底者、今則巍然成山矣。昔之夷然平鋪者、今則屹然壁立矣。惟其受變之深、故露頭形態、極鮮一致。每於極相鄰近之處、地層傾角、相差頗鉅、尤以傾角甚巨之岩層為甚。欲估計此類地層之厚度時、必慎測其平面距離。使之直走向愈確愈佳。測定傾角、亦以多為妙。就所測得之結果、以相當之縮尺、作一剖面圖。所得各地點、須按其確切位置繪入。如第四圖。A B C …… 各點為各層面之露頭。A b' B' c' 等各斜線、即各地層之層面。各該面與水平面所成之角、即各地層之傾角。自 A B C …… 等處、各作一垂直線、如 a A b B …… 等、延長之、使與鄰接之斜線相直交。得 b' c' d' …… 等點。於是每二測點 (A B C 等) 間之地層厚度、即等於二斜線間所切二垂直線之和之半。可以算式表之如左。

$$AB \text{ 間之厚度} = \frac{Ab' + AB}{2} \quad CD \text{ 間之厚度} = \frac{Cd' + CD}{2} \quad \text{下類推}$$

各線長度可直接自圖中量得。此法之原則、即假定二點間之傾角、相變以漸。實則未

圖四第 算計地層厚度所作之剖面圖



必皆然、且地形高下、相差過巨時、如E F處、所作上斜線間之距離、向上窄小者、則得數必小於確數。反是者必巨、如F G處。(圖中之水平虛線為假定地面)故此法祇適於地形平坦之處、或於地層露頭不便於精密測量時用之也。

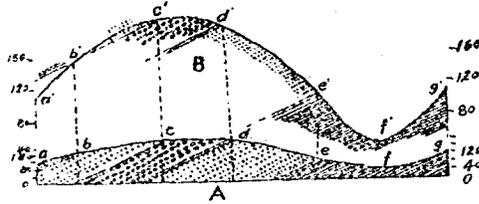
附地質剖面圖作法

地質剖面圖者、假定循一垂直面將地層剖開、而繪出其相交之處。所以表示地面內部之構造、亦以顯地形與地質相互之關係者也。故地形之表示、必求正確、勿使有所損益。作剖面圖時、所用高距及平距之比例、宜相一致、否則有失其真相。今作第五圖以明之。A剖面圖橫縮尺與直縮尺比例相同、B則直縮尺較橫縮尺大至數倍。試兩相比較。知B圖之誤點有四、

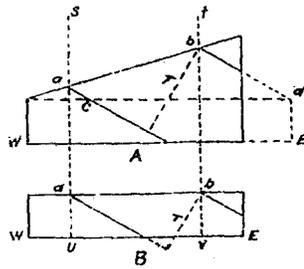
- (一) 本係平緩之地形、今乃高下懸殊、頓成異態。此就地形言之、試一攷其與地質之關係、則所誤者更甚。
- (二) 將使A圖中b層越出地面之外、如b'。
- (三) 將使毗連之c b二層

相衝突，如  $c'$  與  $b'$ 。(四)將變更各層之厚度。最著者，如  $d$   $e$  間之砂岩層。除前例外，亦有將傾斜之地面，投射於一平面，使作長方形剖面圖者。是亦非正當之

第五圖 地質剖面縮尺之關係



第六圖 剖面圖影之關係

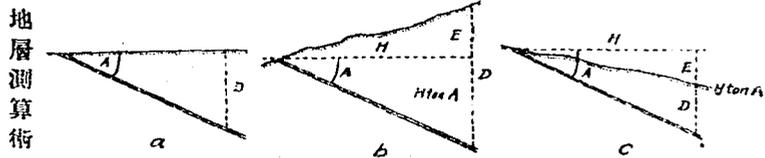


法，可作第六圖以證其誤處。使將 A 圖中所出露之地層，投射於 B，則此層之厚度將大減。若依正確投射之法，使  $b$  點移至  $d$  點，作  $c$   $d$   $E$   $W$  之剖面。  $c$   $d$  當爲此層之露頭，大於  $a$   $b$  者殊甚。此於  $c$   $d$  處之平面，所顯地層露頭，固屬當然。然非所以語實在之露頭也。

第二章 定地層深度

一、三角法

第七圖 地層深度與地面之關係



地層測算術

求地層在某點之深度，必先定地層之傾角，然後測此假定點與露頭處之高距及平距。既知此三者，可依第七圖解之。D 係深度。H 係假定點與露頭之平距。E 係二者間之高距。分作三圖，視所遇地形而異。其分別之標準與第一章第一節所述者相類。公式如左。

a,  $D = H \tan A \dots\dots\dots (4)$

b,  $D = H \tan A + E \dots\dots\dots (4a)$

c,  $D = H \tan A - E \dots\dots\dots (4b)$

二 剖面圖解法

就測量所得之結果，以相當之縮尺，作一剖面圖。則於任何地點，欲求一地層之深度，皆可自圖中直接量得之。

三 切線圖解法

第八圖 此圖之左線，以計距離。右線以計傾角。中線即係深

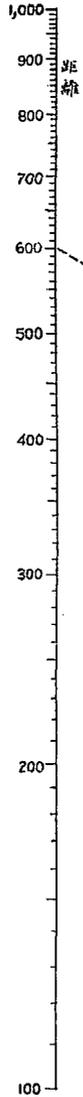
圖中虛線表示適用此法之一實例。假定已知地層之傾角爲二十度，於距離此層露頭六百尺之一地點，欲求此層深入地下若干尺。連此二數之虛線與中線相交之點，爲二百二十尺。即係所求深度之數。此例祇適用於地面成水平之時。若假定點與露頭間地形有高下之殊。可於得數內加入或減去其高距，即得。其理法與切線圖求地層厚度法均同。此三線有連帶之關係，故知其二，即可求其三，亦與前章所述者同。

### 第三章 傾角之投射法

所謂地層之傾角者，即在直交於水平面及地層面之剖面內，水平綫與此剖面與地層交綫所成之角。亦即此傾斜層面之最大傾斜角，所以確定此面之斜度者。故惟直交於地層走向綫之剖面圖（簡稱之曰直交剖面）能繪出此剖面之真傾角。今若作一斜交剖面，並不與走向綫成直角，而與之斜交。則此剖面內，水平綫與此剖面與層面交綫所成之角，非層面之最大傾角，而爲其投影。此投射角隨剖面與傾向所成角度之大小而異。故作剖面圖時，設所定方向，不與地層走向成直角，或與之成直角而與所剖及之斷層面並不成直角時。則投射於剖面內之地層或斷層傾角，須用此法

圖算測度深層地 圖八第

Distance



Depth to bed

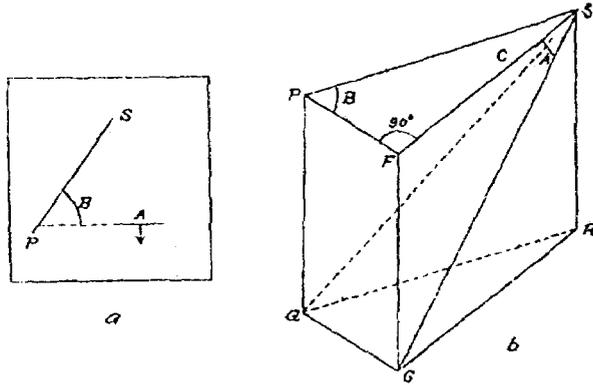


Dip



圖射投之角傾中面剖交斜 圖九第

地層測算術



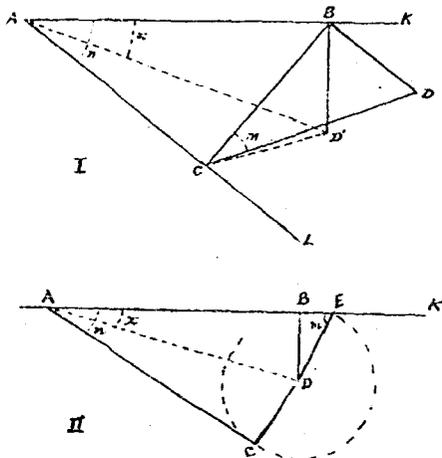
求得之。

一、三角法

第九圖中之 a、為一平面或一地圖。A 係一傾斜面，其走向與傾向，如圖所示。S P 為一斜交剖面，與 A 走向所成之角，曰 B。今欲求投射於 S P 面之 A 角度數，於是作 b 圖，以示其關係。A 為傾角，S P Q R 即假定之斜交剖面。c 即所求之角。B 為剖面與走向綫相交之角。今知 P F S 係一直角，（走向綫與直交剖面之角）P F, S 係一水平面，P Q, F G, S R, 為等長之垂直綫，故 Q G R 亦一水平面，且與 P F S 相等。於是依左列算式解之，



圖一十第 圖何幾之角傾射投求



二、幾何圖解法

投射傾角亦可作一極簡易之幾何圖以求之。如第十一圖中 I 圖，令 AK 為所作之斜交剖面投射於平面之形。作 AL，使 KAL 角等於 n，即剖面與走向所成之角。此線即地層面與同一水平面，相交之線。於 AL 之任何處，定 C 點，作垂直線 CB。以此為底邊，作一直角三角形。使 BCD 角等於 m，即斜面之真傾角。BCD 即直交剖面，依 BC 軸旋轉，而合于水平面者也。惟 BD 亦在斜交剖面內，而與 AK 成直角。設以 AK 為軸，旋轉之。使 AKD 合於水平面，則傾角投影，一量即得。作法於 B 點作垂直線 B'D'，使與 BD 等長，連 A

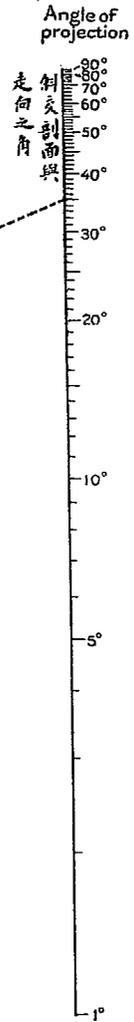
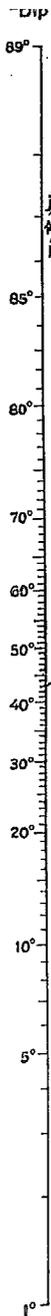
D'、此線即 A L 斜面與 A K 剖面相交之線。故所得之  $x$  角，即投射於 A K 面之傾角也。

尚有一法，尤便記憶。如第十一圖中 II 圖，先於 A K 上任一點 B 作一線，直交 A K。復任取一點 E 作 E D，使 B E D 角等於  $m$ ，即地層之真傾角。以 D 爲中心，E D 爲半徑，作一圓。復引 A C 切於圓，而與 A K 作  $n$  角，即斜交剖面與走向所成之角。連 A D，與 A K 所成之  $x$ ，即所求之角也。其證法，設循 A D B D 折疊之，使 E D 與 C D 相合，自見。

### 三、切線圖解法

第十二圖之用法與第二圖及第八圖略同。圖中左線以表傾角，右線以表剖面與走向所成之角。中線即傾角投射於剖面之度數。連左右各一點，交於中線之處，即所求數。合此題者，祇有一數，故毋須如上二表之另加校正也。試舉例以明之。知一層面之傾角，爲四十三度，欲作一斜交剖面圖。此面之走向層面走向與所成之角，爲二十八度。求投射於此剖面之傾角，當幾何度。觀圖中虛線交於中線之二十八度，即此投射

圖算測角傾射投 圖二十第



ALIGNMENT DIAGRAM FOR COMPUTING PROJECTED DIP.

傾角。當爲二十八度。此圖亦可倒求他數，與前述者同。

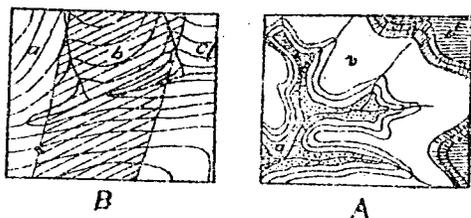
#### 第四章 等高線地圖中定地層界綫法

地層界綫之顯示於地圖中者，卽地面與層面所成之交綫，二面並皆凹凸不平，故所成之交綫，亦拗折不一。設非用幾何法推測以定之，則所作之線，以示其出露之形態者，每易與地質構造相矛盾。若於測量時，能沿此界綫之各點一一測定，則繪之本自易易。然亦有因地面情形不適用於詳測，或因時間及經濟問題，不能多事返邇。則在外時惟有詳測少數易定之點，其間界綫應用幾何法，以求得之。

正確之等高綫地圖中，地層面與地面交綫之形狀，可分左列三類。

(一) 水平層 地圖中之等高綫，卽假定同高距各水平面之界綫，投射於平一面者。故水平地層與地面相交之綫，(卽露頭界綫)必與此等高綫中之一綫相符合，或與二綫間所假定之一水平面相符合也。故既知此層露頭之已定點，欲連之以綫者，則此綫必不能穿越地圖中之等高線而過。第十三圖之A圖，卽等高線地圖中水平層露頭之界綫。a b c d爲四地層。

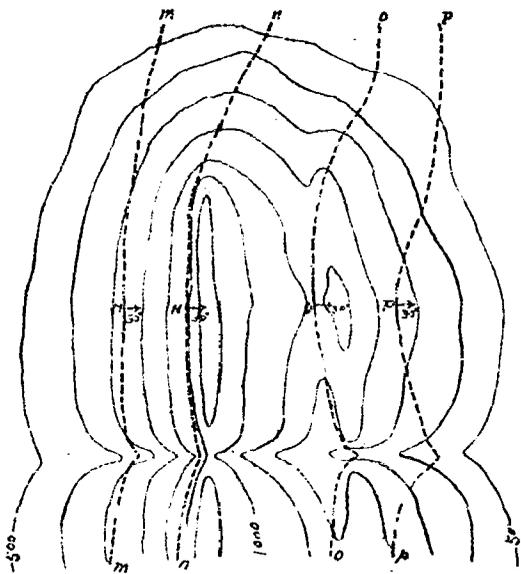
點異之顯露層地立直與層地水平 圖三十第



(二) 直立層 直立地層出露於地面之界線，不因地形而變。故於既知二點間，連之以線，即一直線，或一曲線，隨此層之構造而異。全不受等高線曲折之影響。十三圖之B圖，即此類岩層(a b c)顯示於等高線地圖之形。

(三) 傾斜層 此層之地位，介於一二兩類之間，其與地面之交線，形態萬變，難以盡述。約述之可分二類。(甲)層面與地面同斜向者。(乙)地層面與地面背斜向者。作第十四圖以別之。圖之右部地層與地面之關係，屬諸甲類。左部則屬乙類。M N O P 四點，為各地層之測定點。m m、n n、o o、p p，為所求得各地層顯露之界線。自此可得其相互之關係。凡(四)地層走向雖不曲折，而所經地形，高窪不一者，則其露頭

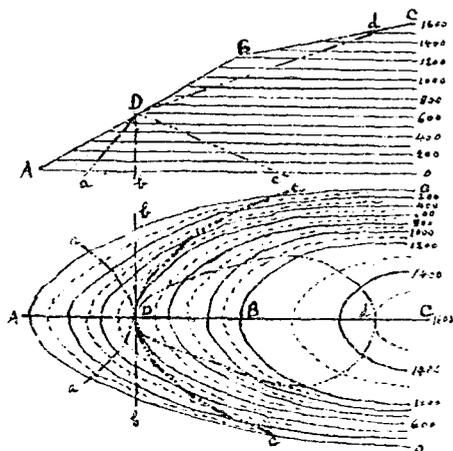
係關之形地與頭露層地 圖四十第



地層測算術

界線亦呈灣折(丑)層面與地面背斜向者(即乙類如圖 m 及 n n) 則界線之灣曲與等高線之灣曲同向(寅)地面與地面同斜向者(即甲類圖之 o o p p) 則露頭之灣曲與等高線之灣曲異向。界線灣曲之度與層面傾角大小成反比例。即傾角大者、露頭界線近於直線。反是則愈灣曲也。(卯)凡同一傾角之地層、露頭之寬度、以與水平面相交者為標準。則甲類之露頭較小、而乙類之露頭

係關之形地與頭露層地 圖五十第

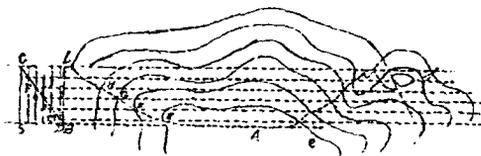


地層測算術

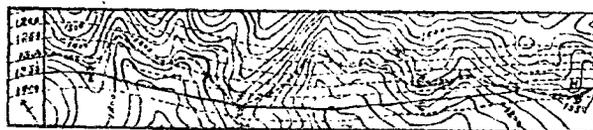
二十

較大。以上各項關係在第十五圖中尤為明顯。a b c d 四脈層露出於一山脊。因傾角不同，遂致露頭極不一致。初學者殆不知其為平面也。求露頭界線之原則，在先知地形等高線及地層等高線。此二種等高線之交點，即為露頭界線。所謂地形等高線者，即普通地形圖之等高線。乃假定高距相等之水平面，與地面相割之交線，而投射於一水平面（即圖面）者也。此項高距相等之水平面，自亦與層面相割，而有其交線。此交線在圖面之投影，即所謂地層等

形之內圖線高等於射投面平斜傾 圖六十第



形之內圖線高等於射投面曲斜傾 圖七十第



高線是也。地層等高線與地面等高線相當二線相交之處，自亦即地層與地面相交之處。即所謂露頭是也。復設例以明之如左。

例題一 已知一高等線地圖，及一已知走向傾角之層面，與其出露於此圖中之一定點。求此斜面露頭之界線。

解法如第十六圖，A 點即所與之一點。AB 為層面之走向。自 B 處順層面之傾向，作垂直線，BL。更作 BC，使  $\angle CBL$  角等於傾角。自 B 量 BD，等於 A 與 E（即與 A 點最近之一

等高線) 等高線間之高距。所用縮尺、與地圖之縮尺相等。在  $AD$  上自  $D$  而左之各分度、每度等於二等高線間用同式縮尺所得之距離。故  $BS$  或  $CL$  之長度、即  $AL$  間之高距用同於地圖之縮尺所量得者。自所得各分度處、各作一線、與  $BL$  相平行。於是得與  $BC$  相交之  $r p o n m$  等點。自此各作一平行於  $AB$  之線、是數線即此層面投射於平面(地圖)之等高線。故與相當之地面等高線之交點、即其露頭。如左側之  $E F G H K D$  等點、右側亦得同樣之點。各點間連之以線、即此斜面出露之界線。此係用幾何圖求一地層等高線之法。但此各線間之距離、亦可依左列公式求之。

$$\text{露頭之距離} = \text{縮尺} \times \text{高度之數} \times \text{圖之縮尺} \dots \dots \dots (6)$$

設已知一地層在等高線地圖中之界線、亦可用此原理、以求得其走向及傾角也。

例題二 求一摺曲地層在等高線地圖中、所成之露頭界線。

欲得二不平面相交之線、必須用同樣比例尺、作此二面投射於一平面之等高線。按合於所知之定點、使相重疊。於是可得其相交之點。以線連之、即係露頭之界線。如第

十七圖所示。圖內 ABCD 爲一摺曲面，出露於一不平面之點。其間露頭之形態，悉皆掩蔽，難以實測，惟此四點之高度，皆經測定，A 一三二〇尺，B 一三六〇尺，C 一二九〇尺，D 一四〇〇尺。所成之傾角，爲一八度、二二度、二七度、及三二度。傾向大致東北。欲作此面之等高線，必先擇一線以爲標準。若此圖則以一三五〇之等高線爲標準者也。A 點之高度，低於此線者，計三十尺。今既知高距及斜面傾角，并地圖縮尺。可用前述第六公式，以求地層等高線之平距。將得數於 A 傾向之背面，（因 A 低於此線）定一點曰 E。用同法於 B C D 各點，求得 F G H 各點。茲數點皆在一三五〇之等高線之上者。故以曲線連之，卽一三五〇之等高線也。更用第六公式，從 E 之兩端，定高距相等（此圖中假定高距五十尺）之各點。F G H 等處亦如之。連相當各點之曲線，卽得此層面高距五十尺之等高線。此項地層等高線與相當地形等高線之交點，卽其露頭。連此各交點，（圖內之粗虛線）卽所求斜面露頭之界線也。設因等高線高距較大，所得交點甚少，連接之時，頗難確定。則可減小高距，多添等高線。俾多得交點，以便製繪。若所定一點處之地層傾角，緩急不一時，則此面等高線之平距，

須從而合準之。庶得正確之界線也。

### 第五章 構造等高線之測法及應用

上章所論之地層等高線，亦稱構造等高線。於研究地質構造，最爲有益。故另述其測法及用法。

#### 一、測法

構造等高線與地形等高線之理同。前已說明。構造等高線所表之一面，爲一岩層，或一礦層之底面，或其頂面。亦猶地形等高線所表之一面，爲地面也。此層必須分佈較廣，易於辨別，侵蝕極微，勿過深入地下始可。測定時必須詳勘所屬範圍內之露頭。并攷察各處深井礦洞及探礦鑽眼所得之結果。計算此面在各點下之確實深度，以海面爲標準。於是將所定各點，繪入地形地質圖中，即成爲基點。設實測之基點不足時，則就所知各地層之層次及厚度以推算之。推算所得之價值，可於第十八圖中見之。設欲作一構造等高線圖，以一煤層之頂面爲標準。於 a 圖範圍內，此面深度可實測而得者，有三。A 係直井，B 係鑽眼，C 係斜坑，D 處應爲此層出露之處，借爲浮土所掩。



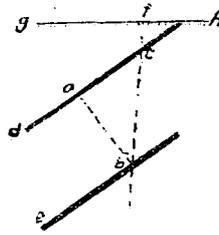
構造等高線之正確程度、視傾角之緩急及基點之多寡而異。各線高距之選擇、必使差誤之止限、勿過於高距始可。故所得基點祇適於繪高距五十尺之等高線者、則二十五尺之線、不必添入。蓋添入此線後、將令人信此圖正確之程度、在二十五尺之內。實則未必然也。此其理與地形等高線之測製無異。

構造等高線與地形等高線高度相當二線之交點、即爲所表地層之露頭。如二線相交處、地面高度、過於層面者、則此層面之深度、自地形高度中減去其數即得。例如於有一百尺之構造等高線、與二百尺之地形等高線相交。欲知此層面之深度、自二百中減去一百即得。是知自此處地面下掘百尺、即可及此面也。如相交之點、地面等高線、低於構造等高線。則知此處之地層、業已侵蝕以去、不復遺留。故此等處之構造線、以虛線表之爲佳。

## 二、應用

構造等高線所表雖屬一面。然地層大致平行、此面既爲全部地層之要鍵、既知此面、即可從而推測他層。故知此面之構造、亦即知全部地層之構造也。茲舉與他部相互

測推之度深層地 圖九十第



之關係及推算之法，如第十九圖。假定其中之  $d$ 、 $c$  為煤系中之某一煤層。此部之構造等高線，即以其底面為標準者。任擇地圖中一點  $f$ 。其地面為  $g$ 、 $h$ 。自圖中之構造等高線，可知下掘  $f$ 、 $c$  之深度，可及此煤之底。惟此祇全系中之一層，就所知地層層次及厚度，可知其下尚有一煤層  $b$ 、 $e$ 。今欲求自  $c$ 、 $a$  之底，深入幾許，可抵此層，則從

直角三角形中計算之即得。 $a$ 、 $b$  為  $c$ 、 $d$  與  $b$ 、 $e$  層間

之垂直距離。（即厚度） $a$ 、 $c$ 、 $b$  為岩層傾角之餘角。

二者皆已知數，故  $c$ 、 $b$  之長，亦可計算而得也。

凡地質圖之繪入構造等高線者，即於一平面圖中，同

時顯示其內部之構造，其效用與剖面地質圖同。惟構

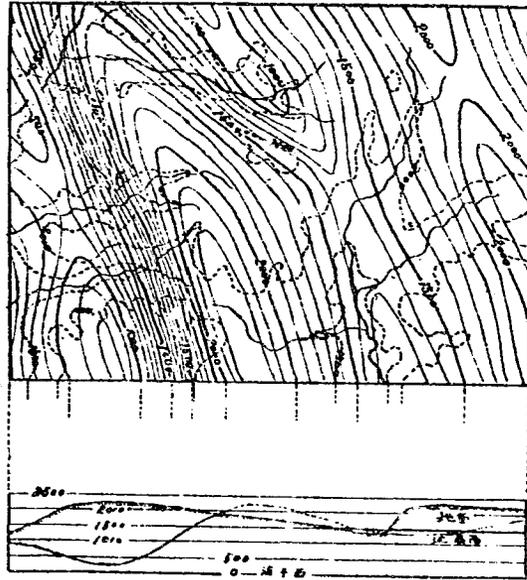
造等高線之基點，為數既多，且有確切之根據。非若剖

面圖之憑意測者多也。故真確之程度，遠勝於剖面圖。凡作層形鑛床及蓄水岩層等

等地質圖，設有多數可資根據之基點，皆宜繪入構造等高線。於石油及天然煤氣等

礦地，尤屬必要。蓋此類鑛產之有無及豐歉，庶視地質構造而定。氣與油恒聚於背斜

圖線高等造構 圖十二第

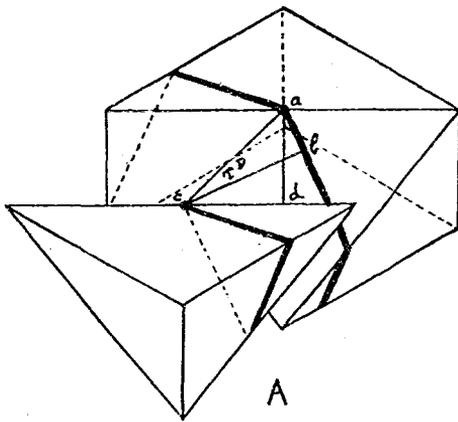


地層測算術

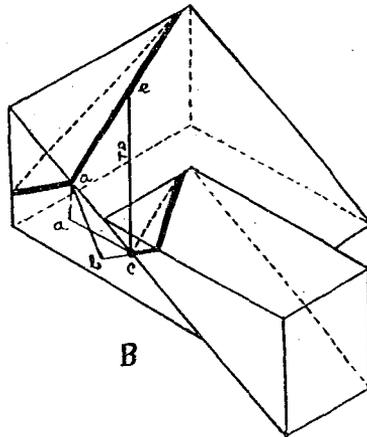
二十八

層之巔、水則積儲於向斜層之底。欲定此類構造之位置廣狹及其狀態、莫善於構造等高線。庶能一目了然。若以剖面圖示之、必作無數方向之剖面方可。而所得之結果、猶不若構造線圖之精確而明析也。第二十圖即一構造等高線圖、虛線為地形等高線、實線為地層等高線。右圖即其一邊之剖面、以明二種等高線之性質及關係者也。

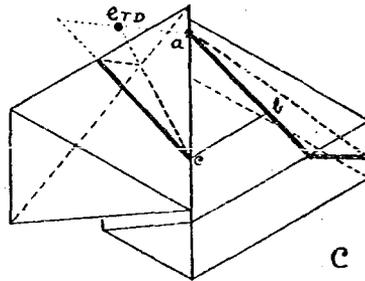
第六章 斷層圖解



A



B



C

圖一十二第  
義定之動移層斷

以幾何圖解決斷層問題方法甚多。以下所述係用美國託爾孟氏 C. F. Tolman 之雙層投影法。其詳見於該氏所著之 *Graphical solution of Fault problems, mining & scientific press, 1911* 茲就其最適實用者略述之。并另加新題解法。

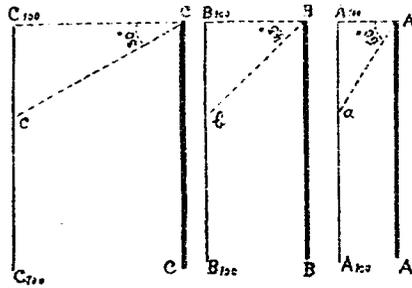
### 一、斷層移動之定義

斷層移動之方向及距離，可自三方面觀察之。(一)在斷層面內者，如第二十一圖 A 圖，自 a 移至 c 點，故 a c 為總推移。(圖中皆以 T D 表示之)自 c 作 c b 直交於被斷地層與斷層面內之交線，是為直交推移。a b 為平行推移。自 c 作水平線 c d，又作 a d 與之直交，於是得 c d 為平推移。a d 為直推移。(二)在垂直面者，移動之距離謂之直斷距。如第二十一圖 B 圖，a c 為總直斷距。a b 為直交直斷距。b c 為平行直斷距。a d 為垂直斷距。c d 為平直斷距。(三)在水平面者，移動之距離謂之平斷距。如第二十一圖 C 圖，a c 為總平斷距。a b 為平行平斷距。b c 為直交平斷距。

### 二、雙層投影法

雙層投影法者，假定二水平面，其間距離有一定數目，例如一百尺，無論何斜面必與

圖影投層雙 圖二十二第

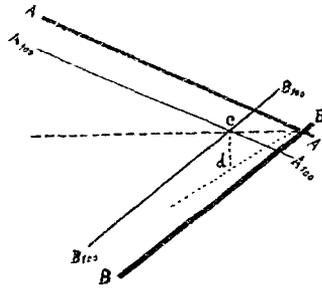


此二水平面相交成二交線。今以上水平面為圖面，其交線以粗線表之。而復將下水平面之交線，投射其上，以細線表之。直而平面皆用同一縮尺。例如第二十二圖，有 A B C 三斜面，走向平行，而傾角不同。傾角愈大，則粗細線距離愈近。傾角等於直角時，

則僅以一粗線表之。傾角愈小，則粗細線距離愈遠。傾角等於零時，則斜面成為水平，無復投影可言。已有粗細線如 A A、A A、A A、A A 欲求其面之傾角，則作 A A 直交 A A、量 A A、a 等於一百尺，連 A a、則 A 角即為斜面之傾角。蓋即將直交於斜面之一垂直面，旋轉之，使合於水平面也。反之已知一層面之走向及其傾角，即得求得雙層投影圖。以此法可解種種問題。

題一、已知二層面之走向及傾斜，求知其交線之傾向及傾角。

第二十三圖 求二層面之交線



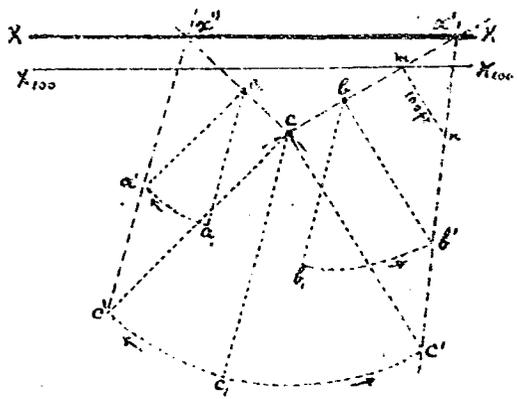
如第二十三圖、先作  $AB$  二已知面之投影。  $AA$  與  $BB$  相交於  $a$ 。  $A_{100}$  與  $B_{100}$  相交於  $b$ 。 連  $ab$  即為所求交線之投影。 復將經過  $ab$  之垂直面、循  $ab$  軸、旋轉之、使合於圖面。 則此  $ab$  之直線  $ac$  亦當在圖面中。 作  $bc$  直交  $ab$ 、  $bc$  之長等於百尺。 則  $bac$  角、即所求之傾角。 此題應用、如斷層與地層相割、岩脈或鑛脈與地層相割等、

均能用之。

題二、已知三點、求其平面之走向及傾斜。

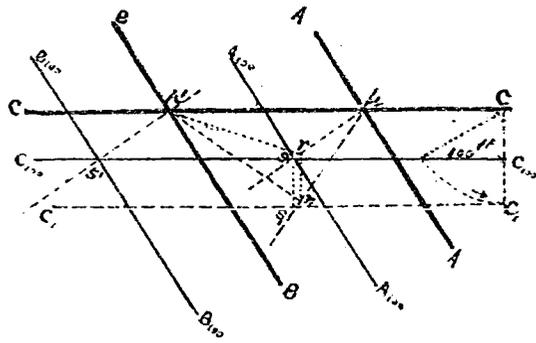
如第二十四圖、 $abc$  為已知三點之投影。  $a$ 、 $a_1$ 、 $b$ 、 $b_1$ 、 $c$ 、 $c_1$  表示各點之高度。 作  $ac$ 、 $bc$  二垂直面、如沿其投影線旋轉之、使合於圖面、則得  $a'c'$  及  $b'c'$  二線。  $a'c'$  與  $a''c''$  交於  $x'$ 、 $b'c'$  與  $b''c''$  交於  $x''$ 。 此二點既與  $abc$  在同一面內、又均為圖面之一點。 故連  $x'x''$  即為所求平面之走向線。 復於  $c'x'$  三角形內作  $m$  等於一百尺、而與

而其求點三知已 圖四十二第



地層測算術

離距短最之中面三第在面行平二求 圖五十二第



三十一

$b$   $c$  成直角，經過  $m$  作一線，平行於  $x'x''$ ，即  $x'_{100}x''_{100}$  矣。此題應用甚廣，例如有一鑛脈，或一斷層，僅有三點可以實測，餘均未見露頭，即可用此法測其全體。

題三、已知二平行面，及一斜交面，求斜交面內二平行面之最近距離。

如第二十五圖， $AB$  爲二平行面， $C$  爲第三面與  $AB$  斜交，連  $p's$  即得  $AC$  二面之交線，連  $p's$  即得  $B$   $C$  二面之交線，惟皆係其投影，而非真線，欲得真線，先將  $C$  面沿  $CC$  軸旋轉，使合於圖面，則  $C_{100}C'_{100}$  之真線，轉至  $C_1C'_1$ ， $p's$  轉至  $p's_1$ ，自  $p'$  作  $p'r_1$  直交於  $p's_1$ ，即爲所求之最短距離。復求  $r_1$  之投影  $r$ ，連  $p'r$ ，即表示此最短距離之方向。此題應用，例如  $c$  爲斷層面，則二平行層在此面內之距離，可用此法求之。

### 三、斷層例題

斷層問題，極爲重要，層形鑛床，或脈形鑛床開採中，往往突然中斷，則欲知其斷落之方向及距離，用雙層投影法求之，極爲便利。茲舉重要各題解法如左，其餘不難類推而得之。

題一、已知二層面之走向傾斜，及一斷層面之走向傾斜及其總平斷距，求其總推



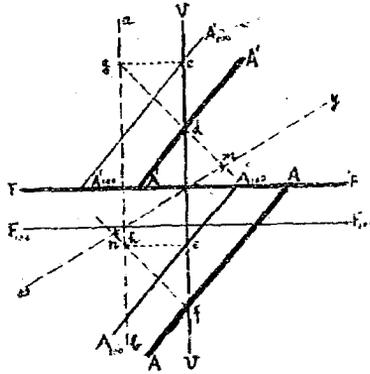






作法先將下面旋轉得  $a b$  平行於  $F F$  而相距一百尺。由此線與  $B B, C C, B' B', C' C'$  等各層面投影細線相交之點，可定各該層面與斷層面交線之所經。若層面斜交如  $A$  時則自  $A_1$  及  $A_2$  點引線直交於  $F F$  至與  $a b$  相交亦得。已知斷層面為垂直面時，再知二被斷面即可推算斷層之推移。若斷層面為斜面，則必須先知三被斷層。此即二十六及二十七二圖之分別也。

第 十三 圖 求 斷 層 之 直 距



題四、已知一斷層之走向傾斜、及一被斷層面之走向傾斜、及其總平斷距、求其總直斷距、

斷層所經若僅有平行地層、而又無擦痕等足以示推移之方向、則總推移不能確知、惟能知其直斷距。如第三十圖、 $F$  為斷層面、 $A$  為被斷地層、 $V$  為直交  $F$  之垂直面。以  $V$  線為軸、將垂直面旋轉之、使成水平。則此

面與深一百尺之水平面之交線，轉至  $a b$ 。而  $c$  之真點轉至  $g$ ， $e$  之真點轉至  $h$ ，連  $d g$  及  $f h$ ，即爲  $A A'$  二面與  $V$  面之交線。此二線與  $F V$  二面之交線  $x y$  相交於  $m n$  二點。 $m n$  之長，即所求之總直斷距也。反之如已知斷層面之走向傾斜，及被斷地層一邊之露頭，及其總直斷距，亦可推算其總平斷距。即求得被割地層他邊之露頭。

以上皆假定斷層二邊之地層，雖被割斷，仍未變其走向及傾斜，即斷層之移動，可以一直線完全代表之是也。有時斷層之移動，較爲複雜，則圖解自亦較難。惟實際上較爲少見，且非經極精密之測量，不能覺察。茲姑略焉。

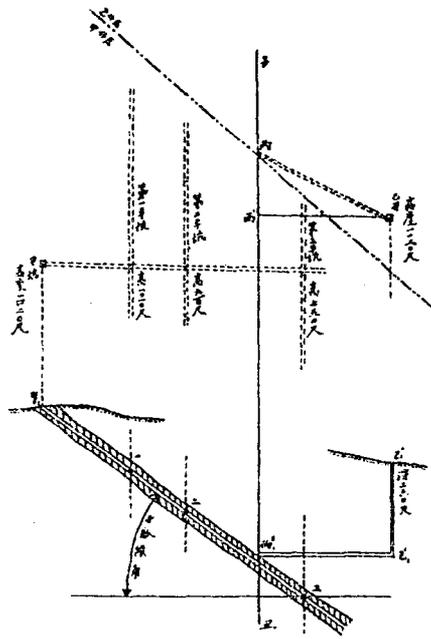
#### 附 定坑道法

投影圖法有爲探鑛定坑道所習用者，舉例如左。

#### 定鑛區內之最近坑道

第三十一圖中上部爲平面投影圖，下部爲剖面圖。其地有甲乙二鑛區。甲爲一斜坑，循鑛層之面而下。另有三平坑，如圖所示。乙係直井深度，假定爲二百六十尺。今欲自

圖法道坑定 圖一十三第



自丙作子丑線與一二三等平坑相平行，此線即為乙丙平面與鑛脈之交線。在平面圖內之投影。故自丙處開鑿任何平坑，凡與鑛層相遇之處必不出此線之外。茲就平面圖中觀之，自乙至層面之距離，當以乙丙為最短。然循此開進必至侵出鑛區界線

乙井底開一平坑以達鑛層，但不能出所領鑛區之外。須求何者為其最短之距離。圖中三平坑皆成水平向並皆在鑛層之內，故皆與鑛層之走向平行。即剖面圖內一二三三點。今復將乙坑剖面，亦投射於此面內，為乙乙<sub>1</sub>乙<sub>2</sub>處作一水平線鑛層相交於丙

---

之外。故在所領鑛區內與層相遇最短之距離、當爲乙丙。卽在乙鑛區內、自乙井底掘達鑛層最捷之徑也。



此册所用各圖有自他書借用者、茲將其原書編號表列於左。旁加\*記者、爲本於他書、而另加修改之圖。自作之圖則不加號。

6	5	4	3	2	1	圖次
C	C	B	D	A	A	原書
12	11 11 11	10	9	8	7	圖次
A	B		A	A	A	原書
18	17	16	15	14	13	圖次
E	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	G	C	C	原書
24	23	22	21	20	19	圖次
H		H	H	F*	C	原書

- A. Prof. paper N° 120  
G., U. S. G. S. 1918
- B. Hayes' Handbook for  
field geologists 1916
- C. Laheés Field geology  
1916
- D. Economic geology 1913
- D. „ „ 1914
- F. Trans. A. I. M ME. Vol  
XL.
- F. Geologic Folio No 93  
U. S. G. S.
- G. Beck's mineral deposits  
1914
- H. Tolman's graphic solution  
of fault problems 1911

28	27	26	25
H*	H*	H*	H
	31	30	29
	E		

地層測算術

四十四

正 誤 表

頁	行	格	誤	正
十一	十三	三十三	脫一度字	加一度字
十七	九	三十 三十一	平一	一平
二十一	五	二十七 二十八	高等	等高
二十七	十二	一	多一等字	刪一等字

