

楊雋時著

測量實習指導書

世界書局印行

中華民國二十三年四月三版

測量實習指導書(全一冊)

(每冊定價銀七角)

(外埠酌加郵費滙費)

著者 楊 雋 時

出版者 世 界 書 局

印刷者 世 界 書 局

不 准 翻 印

發 行 所 上 海 各 省 世 界 書 局

例言

一 測量學，是注重實際工作的。這一本「測量實習指導書」，就是本着測量實際的工作寫成功的。編著這一本的目的，是在指導測量實際工作時的各種知識和技術。

二 本書是根據歐美各國的測量學專書，並參以作者的經歷。將測量實際工作的各部，分門別類的舉出。故書中首先說明測量實習的範圍，其次說明測量儀器的用法，其次說明各種測量的方法。務求讀者對於測量實際的工作，有充分的了解。

三 測量工作，在實際上最重要者，則為彎線測量法。本書對於各種彎線測量法——如簡單彎線、雙彎合線、背向彎線、以及緩和彎線等等，莫不先說明其理由，次說其計算法，又次說明實地測量彎線的各種手續，並列舉各種彎

線測量方法的實例，讀者手此一編，對於彎線測量的實際工作，當不難舉一反三。

四 本書在路線測量法章中，從導線測量法說起，說到最後的定線，將鐵路或道路路線所需的各種測量的工作，依次說明，在求讀者能收首尾一貫的效用。

五 本書對於地形測量及繪圖的方式，說明亦很詳盡。

六 本書在第七章中，專門討論路線的設計工作。此種設計工作，是根據野外工作所得的結果，亦屬於測量實際工作之範圍。故對於土工的計算法、涵洞的選擇法、溝渠流速的計算法、路冠的計算法、豎直彎線的計算法、以及向心坡度的計算法，一一說明，能指導讀者，明瞭路線的設計工作。

七 本書前半部，是指導野外的的工作；後半部，是指導室內的工作。

八 本書俟修脫稿，讀者能隨時加以指正，實所歡迎。

目次

第一章 導言	一
第一節 測量實習的範圍	一
第二節 實習須知	二
第二章 測量儀器的用法	七
第一節 鐵鏈用法	七
第二節 羅盤用法	一二
第三節 水平儀用法	一六
第四節 平版儀用法	二一
第五節 經緯儀用法	三一
第三章 彎線測量法	二七

第一節	彎線的種類	三七
第二節	簡單彎線測量法	三八
第三節	用偏倚角測量彎線法	四四
第四節	雙合彎線測量法	五四
第五節	背向彎線測量法	五八
第六節	彎線的實施	五九
第四章	緩和彎線測量法	六三
第一節	緩和彎線的解釋	六三
第二節	緩和彎線測量法	六六
第三節	緩和彎線的性质	六七
第五章	路線測量法	七一
第一節	偵察測量	七一

第二節	定線測量	七四
第三節	最後定線	八七
第四節	製圖及估計	八九
第六章	等高線測量法	一〇一
第一節	等高線的意義	一〇一
第二節	等高線的性質	一〇一
第三節	等高線測量法	一〇六
第七章	設計工作	一〇九
第一節	土工計算法	一〇九
第二節	涵洞的選擇	一一二
第三節	陶管與溝道的限制	一一四
第四節	溝渠流速的計算	一一七

第五節	路冠計算法	一二〇
第六節	豎直彎線的計算	一二六
第七節	向心坡度計算法	一三七
第八節	結論	一四一
附錄		
第一表	公尺英尺對照表(公尺化英尺)	一
第二表	公尺英尺對照表(英尺化公尺)	二
第三表	公分英寸對照表(公分化英寸)	三
第四表	公分英寸對照表(英寸化公分)	四
參攷書目一覽表		一

第一章 導言

第一節 測量實習的範圍

測量學 *Surveying*，可以分作三大部份來討論：第一部份，是野外的工作 *Field work*；第二部份，是室內的工作 *Office work*；第三部份，是測量儀器的校正 *Adjustment of Instruments*。

野外工作，就是實地測量的工作。室內工作，就是設計的工作。至於校正儀器的工作，在測量學的實際工作中，亦佔了很重要的位置。這三大部份的工作，實在是相輔而行，偏於任何一方面，都是不成功的。

測量學中，包括鐵鏈測量 *Chain Surveying*、羅盤測量 *Compass Surveying*、

水平儀測量 Leveling，經緯儀測量 Transit Surveying，以及平版儀測量 Plane Table Surveying 等等。以上這幾種測量工作之中，都是互相利用的。測量學的理論，大半均散見於數學書中，尤以三角學 Trigonometry 與測量學的關係為最密切。因此，凡是研究測量學者，偏重於理論一方面，是不够應用的。所以實地練習的工作，在測量學中，更為重要。

在實地工作時，利用水平儀測量法，可以測得路線縱斷面 Profile，橫斷面 Cross-section 的高低；利用羅盤測量法，可以測得地平面的角度及方向，並可以測得地形；利用經緯儀測量法，可以測定路線——路線的中心線——（又名之為切線），測量山高；利用平版儀測量法，可以一方面測得地面的形勢，一方面又可在郊外同時繪出圖形；所以地形測量，以平版儀為最便利。

上述的各種測量法，已略將其實際的功用述及，至於詳細的實地工作的方法，在這一本測量實習指導書，當有詳細的指導。

實習的工作，當然也不外乎野外工作，及室內工作兩部份。室內工作，當以野外工作所得之結果為根據；野外工作，為室內工作的藍本。所以本書所討論的測量實習，是指野外工作及室內工作兩部份而言，絕對不是偏重一方面的論調。況且實習是實際工作的寫真，空泛的論說，是絲毫不能夠容納的。下面當討論實習時應注意之事項。

第二節 實習須知

測量學的功用，在土木工程 Civil Engineering 中最為重要。土木工程中，又以道路 Highway，鐵路 Railway，以及橋樑 Bridge 建築等應用測量學最為顯著。故實習的工作，在測量學中，實為極要緊的一部份。茲特將實習時所注意之事項，一一說明之。

(1) 須細心安置測量儀器於測點（又名測站）上。在遷移儀器時，尤宜注意

不使儀器損壞，以影響於實地工作的效能。

(2) 在實地工作未曾出發之先，務須將工作時所應用之儀器（如儀器、測尺、測桿、布帶尺、鐵鏈、測針、）以及木樁、筆記簿等等，一一檢點齊備，然後出發。否然，中途折回取儀器或其他用具，費時甚多，而且影響於工作的迅速。

(3) 實地工作人員，在出發以前，宜攜帶各種常用之藥品（如橡皮膏、紗布、以及其他各種藥品），以備臨時之需。

(4) 在實地工作時，務須求其精確，不得敷衍從事。

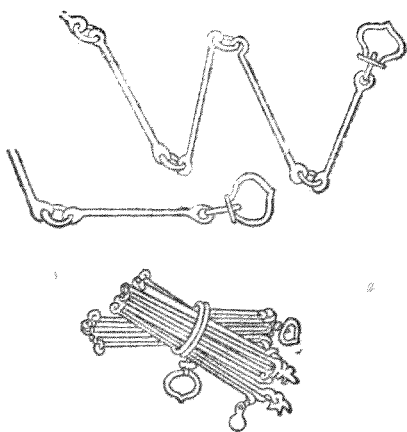
(5) 記錄時，須用硬鉛筆寫，不得用軟鉛筆記錄。在記錄時，如發見錯誤，不可塗改，宜將錯誤用鉛筆畫去，然後再另記之。

(6) 測尺及測桿，須豎直，不可傾斜。鐵鏈則必須用力拉直。傾斜及不直，則不能求實地工作的準確。

以上數端，不過舉其重要者而言。至於詳細的手續及方法，當於下列各章說明之。

第二章 測量儀器的用法

第一節 鐵鏈用法

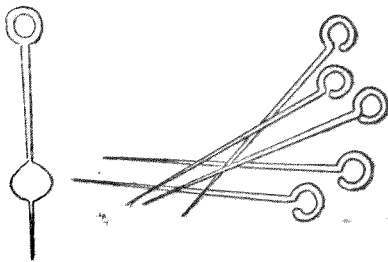


第一圖 鐵鏈

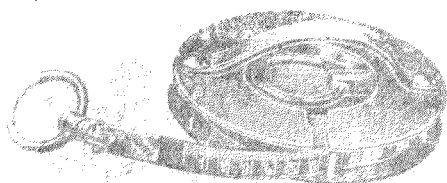
鐵鏈 Chain，為測量儀器中之一種。如第一圖所示，鐵鏈之構造，為粗鐵絲連接而成，每結為一呎，全鏈之長，普通為一〇〇呎。鐵鏈之功用，在量得地形各邊的長短。利用鐵鏈測量時，須帶測針 *Pin*，如第二圖所

示。測針之功用，在標記鐵鏈所量的一鏈，或不及一鏈的結果。鐵鏈測量時，至少以二人為一隊，工作時一人持鐵鏈的一端向前進行，並攜帶測針，所攜帶測針數目的多寡，當以所測地段之長短為定。另一人持鐵鏈的一端，立於所測地段的起點，並插一測針於起點，以為標記。使第一鏈全長量得以後，前進者即插一測針於鐵鏈的一端於地上，以為標記。將一鏈測完以後，前進者仍繼續進行，亦如前法以行之。但在第一鏈全長量完以後，後者須將測針拔起，如是則測完以後，便可以知道所量的長短。

鐵鏈測量所須的儀器，除鐵鏈、測針以外，須攜帶測桿 Rod 數根。工作時將測桿插於所測地段的起點及終點，然後前進者一手持鐵鏈及測針，一手持測桿，向終點的方向，一直前進；後者立於起點



第 二 圖 測 針



第 三 種：

- (1) 布帶卷尺 Linen tape . . .
- (2) 鋼帶卷尺 Steel tape . . .

降落，則前進者睹此標誌，即將測桿豎直於所示的地位，更拉直鐵鏈，從事於量地段長短的工作。

與鐵鏈的功用相同者，則有卷尺。卷尺有下列的兩種：

如第三圖所示，為測量工作所用之布帶尺。此種布帶尺，使用麻絲及細銅絲交互織成。

布帶尺之寬度，為八分之五吋 (Five eighths)，裝置於硬



第 四 圖

皮帶內。

布帶尺上分度線，兩面不同：一面為英寸，一面為米突——生的米突。布帶尺之長度，種類頗多，有一〇米突、一五米突、二〇米突、三〇米突、以及五〇米突等等。

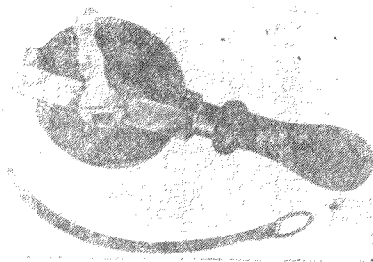
如第四圖所示，

為鋼帶尺，此種鋼帶尺，極堅固又極柔軟

，分度線亦兩面不同：一面為英寸；一面為米突——生的米突。鋼帶尺的長度，有一〇米突、二〇米突、三〇米突、及五〇米突不等。

第 五 圖

如第五圖所示，為鋼帶尺之一種，在測量工作



時，亦常用之。此種鋼帶尺，寬為二分之一英寸 (13mm)，黃銅外夾，有雙摺柄及關節。

分度線兩面不同：一面為英寸，一面為米突——生的米突。

鋼帶尺的長度，有一〇米突、一五米突、二〇米突、二五米突、三〇米突、四〇米突、五〇米突，以及一〇〇米突數種。

用鐵鏈布帶尺、及鋼帶尺測量時，須注意下列各點：

- (1) 鐵鏈及布帶尺或鋼帶尺，須用力拉直；
- (2) 用鋼帶尺，須留心以免鋼帶尺折斷；
- (3) 如遇地面不平時，則須將鐵鏈拉平，以求較準確之結果；
- (4) 鋼帶尺用過後，須將鋼帶尺，用布拭擦，以免生鏽。因生鏽，則尺面之分度線，即看不清楚。

至於鐵鏈測量時，遇障礙物時之測量方法，已詳於拙作測量學ABC書中

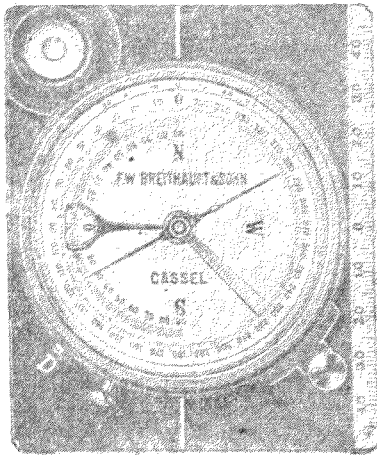
，此地恕不重述了。

第二節 羅盤用法

羅盤 Compass 的功用，在測得地面上之方向及地平面之角度。測量上所用之羅盤，種類頗多，如第六圖所示，為羅盤之一種。此種羅盤之主要各部份，可列舉之如下：

1) 分度圈 Compass Circle，分度圈之功用，是在表明角度。

(2) 磁針 Magnetic Needle，磁針係供指示方向之用。羅盤上之磁針，常指南北。

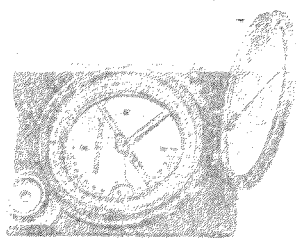


第 六 圖

(3) 測望標 Sight Standard，從測望標中，可以觀測目的物。

(4) 水準 Level，水準的功用，是在求羅盤的安置平安。

如第六圖所示之羅盤，為標準羅盤。此種羅盤指南針（磁針）長二英寸，有平衡重量，以保持磁力之正確。斜邊底版之面積，為 $3\frac{1}{2} \times 4\frac{1}{2}$ 英寸。每邊有分度線，分度線之度數，有兩種表記：一種為英寸，一種為米突。有圓形水準 Circular bobe，偏倚弧 Declination arc，磁針斜度表 Clinometer，及皮袋。



第七圖

如第七圖所示，亦為羅盤之一種。此種羅盤之各部構造及功用，與上面所述的一種標準羅盤 Standard Compass 相同。所不同者，此種標準羅盤，與上述的一種，多了兩件東西：

(1) 玻璃鏡一面；

(2) 可以摺疊之對景表一隻。

如第八圖所示，爲望

遠鏡羅盤速測儀 Telescope

e-Compass-Tacheometer。

此種羅盤，較之上述所種
，更爲便利適用。具有三

隻螺旋水平座架，鉸鉗

Lamp，及細動螺旋 Slow-

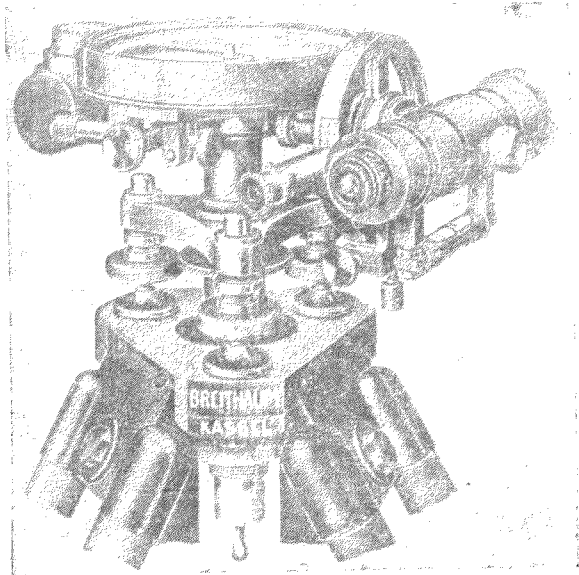
Motion screw。茲特將其

各重要部份，一一述之。

(1) 圓形羅盤 Round

Compass：分度線每線合

三〇分，指南針長四英寸(100mm)。



第 八 圖

(2) 望遠鏡：物影倒置裝於羅盤的旁邊。鏡長六又四分之一英寸 (160mm)，鏡內對光物鏡開口牽一英寸 (25mm)，放大力二〇倍，裝就之比例線 1:100，有對中點。

(3) 圓規：有蓋，豎規直徑三又四分之一英寸 (85mm)，分度線為銀製，每線合二〇分，副儀可讀一分，有擴大鏡一隻，並有鉸鉗，及細動螺旋。

(4) 水準：圓水準一隻，裝於羅盤底板之上，鏡上裝有廻旋水準。

此物附屬之物件，則有木箱一隻及自由伸縮之三足架。

羅盤之功用，前面已經述過。至於測量時之用法，有下列數端須特別注意，特一一述之，以供參考。

- (1) 將羅盤安置於測點 Station 上，務求其水平及豎直；
- (2) 從望遠鏡中觀測目的物（測桿或測尺）時，宜不使羅盤的三足架移動；
- (3) 從望遠鏡中觀測目的物，同時須記讀指南針所指之方向及角度，

(4) 從望遠鏡中觀測目的物，及讀得角度以後，須同時用鐵鏈測量羅盤及目的物兩點間之距離；

(5) 須將羅盤在各測點上測得的結果，一一詳細載於測量所用之手簿中，以便携歸時繪圖的根據。

第三節 水平儀用法

水平儀 Level 的用法，在未會說明以先，不得不將水平儀的種類及構造，約略的說明一下。茲先述水平儀的種類，次述水平儀的構造，再次說明水平儀的用法。

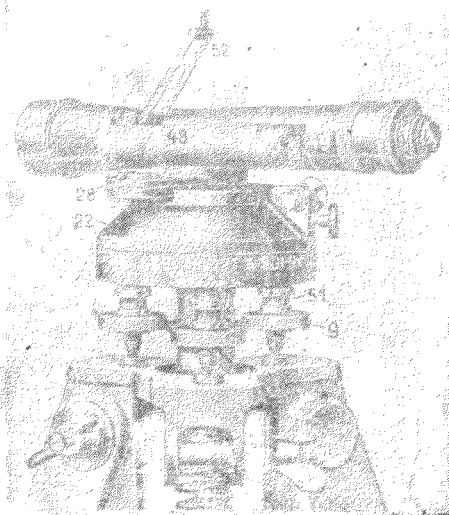
水平儀之種類，大別之可分為二種：

(1) 但卜台水平儀 Dumpy level，又名固定水平儀；

(2) Y式水平儀 Y-level。

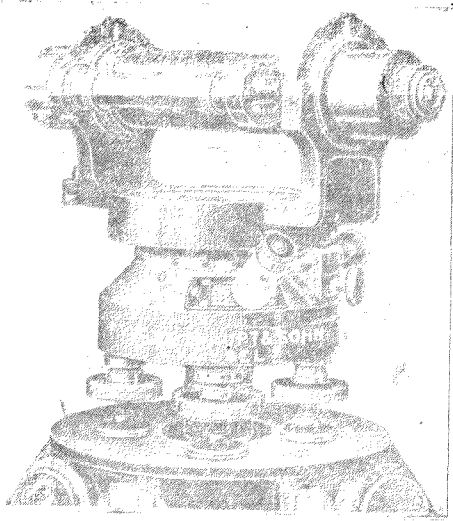
上述兩種水平儀，在測量工作時之功用很大，茲特一一述之。

如第九圖所示，為最新式之但卜台水平儀。此種新式但卜台水平儀（又名之為固定水平儀）之座架，係整個鑄成，連望遠鏡（如圖上的49）及折光鏡 Mirror（如圖上的52）。測量時，用折光鏡以察看水準（如圖上的48），同時可由望遠鏡中，窺視景物，無須移動位置之必要。有鉸鉗細動螺旋（如圖上的9）。座架的全部，蓋護於不透水之銅製蓋內（如圖上的22）。因此，則此種新式固定水平儀，更堅固耐用。望遠鏡



第九圖

及由鏡內的對光目鏡，裝有比例線「100」，方位角上有鉸鉗及細動螺旋。圓形水準（如圖上的28），位置於銅蓋之上，校正水準，應用極速。並附有木箱及自由伸縮之三足架。



如第十圖所示，為Y式水平儀中之最精美者。此種Y式水平儀，物影倒置之望遠鏡，於鏡內對光具有固定玻璃比例線1:100。全儀器裝置於鋼製（不銹的）座架之上，可向立

圖
軸旋轉，為欲令望遠鏡中十字線，得確定於水平及垂直之位置，Y式架之一端，置有阻止

桿，使望遠鏡轉動，至此爲止。鉸鉗及細動螺旋，均位置於方位角。圓筒式水準，裝置於Y架之間，可以校正。另有圓形水準一隻、木箱一隻、及自由伸縮之三足架。

此種Y式水平儀，最重要之改良，即座架全體蓋護，絕對不受天氣及灰塵之影響。

在此兩種（固定水平儀及Y式水平儀）水平儀中，以Y式水平儀爲最便利。茲特將水平儀之用法述之。使用水平儀，有下列各點，須特別注意：

- ① 水平儀安置於測點上，務必求其水平。
- ② 從水平儀望遠鏡中，觀望測尺 Leveling Rod，務使望遠鏡中之橫線（中間的一線），與測尺上的分度線對準。
- ③ 測尺須豎直立於地上，不得傾斜，傾斜則所得之結果不正確。
- ④ 水準上刻有分度線，其中爲○零點，安置水平儀時，務須水準中氣泡與

○點相同。

水平儀測量時所應注意之點，已如上述。此外所應注意者，則為水平儀之校正法不可不知——按水平儀校正法，已詳於拙作「測量學ABC」書中，讀者可以參閱。

在固定水平儀及Y式水平儀中，以為Y式水平儀為最靈活。茲將整理之方法述之。整理Y式水平儀時，水準之軸線，必須與儀器之豎軸成直角。檢查之方法，先將水平儀安置平穩，使水準泡——氣泡——在水準器上所刻之○點下，換言之，就是使氣泡與零點相合。然後再將水平儀之望遠鏡依豎軸旋轉一八〇度，再看管中之水準氣泡，是否符合。如不符合時，可將Y式支柱下之細動螺旋，緩緩的轉動以改正之。

水準之校正方法，亦不可不注意，特一一說明之。

(1) 水準之軸線，必須與視線同在一平面內。檢查的方法，先將水平儀安置

平穩，使氣泡在管之零點，然後將鏡在Y式支桿之架上，略為旋轉，此時水準必稍偏斜。欲改正之，可以旋轉稍高一端之螺旋，移動水準以校正之。

(2) 水準之軸線，必須與視線平行。檢查的方法，先將水平儀穩定，不令其旋動。再將水平儀安置平穩，使水準氣泡與零點相合。於是將Y式之支桿頂的蓋片移開，即可以將望遠鏡取出，並將望遠鏡的兩端移動——將望遠鏡取出，平轉一八〇度——安置於Y式之支桿上，以觀察水準之氣泡是否正對〇點。如不對〇點，須旋轉細動螺旋以校正之。

至於固定水平儀之整理及水準之校正方法，與Y式之水平儀校正的方法，大致相同。為節省篇幅起見，不能再述。

第四節 平版儀用法

平版儀 Plane Table 的功用，是在測得地面的形勢。故地形測量 Topography

第 2 章 測量時，必須用平版儀。茲特將平版儀之用法述之。

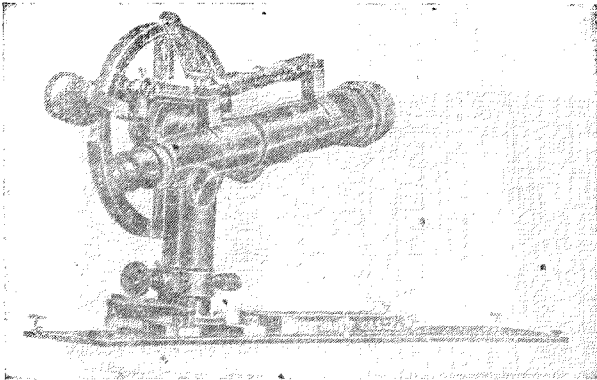


圖 一 十 第

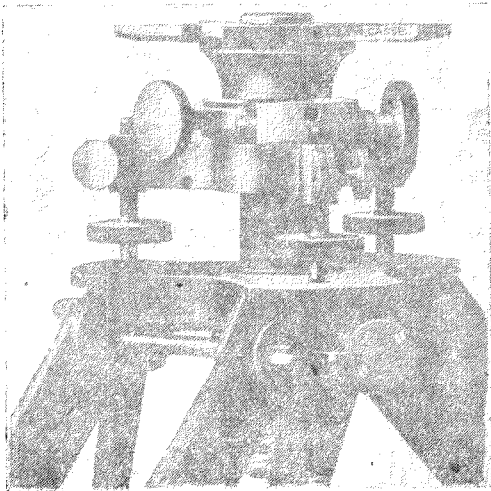


圖 二 十 第

在說明平版儀用法之先，當先知平版儀構造的概要。如第十一圖，為平版儀的望遠鏡及銅版尺；第十二圖，為平版儀的三足架。茲將平版儀中的各重要部份述之。

(1) 圓規 *Circles* .. 有外蓋之豎規，直徑五又八分之七英寸，分度線為銀製，每線台二〇分。兩隻副儀，可讀一分，有放大鏡兩隻。

(2) 望遠鏡 *Telescope* .. 物影倒置鏡，長一又四分之一英寸，物鏡開口率，一又一六分之三英寸，放大力二七倍。裝就比線 1:100 或 1:200，有對中鉸鉗及細動螺旋。

(3) 水準 *Bubbles* .. 一隻裝於柱脚，一隻在豎規上端，附有折光鏡，望遠鏡上裝有廻旋水準一隻。

(4) 黃銅版尺 *Brass Blade* .. 面積為 $23\frac{1}{4} \times 1\frac{3}{4}$ 英寸，有圖畫尺，分度線有兩種：一種為英寸，一種為米突。

(5) 直角盒形羅盤 Reotangular box compass .. $5\frac{5}{8} \times 1\frac{9}{10}$ 英寸，指南針長五又八分之一英寸。

(6) 三足架 Tripot 之畫圖平版 Drawing board，面積為 $21\frac{1}{8} \times 21\frac{1}{8}$ 英寸。畫圖平版上連有黃銅螺旋三隻。

此外則為裝置平版儀之木箱，及鐵錘等物。

平版儀之功用，則求得地形的平面圖。故平版儀測量法，在鐵路、道路的測量工作中，最為重要。因欲定路線的行徑，必須對於地勢及地形有相當的認識。欲認識地勢及地形，則不得不借重平版儀。用平版儀測量地形，最為迅速。考地形測量法，用羅盤為測量之工具，亦未嘗不可。不過如用羅盤測量，則手續之麻煩，較之平版儀測量法，當多出數倍。故在未說明平版儀用法之先，將平版儀測量地形法與羅盤測量地形法，一一比較之。

(1) 羅盤測量地形法

A 羅盤測量地形時，須備一手簿 *Note Book*，以記載工作時所求得之地平角度及距離，並須記載地平角度的方向。

B 羅盤測量地形時，不能直接在郊外繪圖。最多只能在測量手簿中，作一草圖。

C 羅盤測量地形時，地形的圖，須在室內繪成。繪時須根據於手簿中的各項記錄。

D 羅盤測量地形時，手簿宜詳細記載，如記載不精確，則繪成之圖形，亦不正確。

E 羅盤測量地形時，須將河流、房屋、碑塔、以及墓地、邱陵等等，一一觀測；一方面須記其地平角的方向，一方面又須用鐵鏈、或布帶尺，以量其距離。

F 羅盤測量地形時，需時頗多。

(2) 平版儀測量地形法

A 平版儀測量地形時，從望遠鏡中觀測地面各點上所豎立測尺上的分度線，就可以利用比例線 1:100 或 1:200，以測得各點與測點間之距離，可以省去用鐵鏈實地測量之手續。

B 平版儀測量地形時，無須測量手簿。

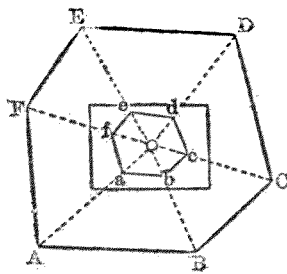
C 平版儀測量地形時，可以直接在郊外繪圖。故測量工作完事以後，則地形的平面圖樣，亦同時完成。

D 平版儀測量地形時，工作迅速。

從上述的比較中，可知用平版儀測量地形，當較之用羅盤測量地形，要便利得多了。平版儀測量時，須攜帶下列各種用具。

- (1) 繪圖紙：繪圖紙之長短，要以所測路線之長短為定。
- (2) 硬鉛筆、橡皮、分度規、測桿、測尺、三角版等等。

平版儀，為地形測量最有用，最便利的儀器。上面已經說過了。且隨時測量地勢，隨時即可以繪圖。平版儀之用法，是以望遠鏡的視軸，以定地面上各



第 十 三 圖

如第十三圖示，設 $A B C D E F$ ，為一塊地平面的邊界，欲將這一塊地形，繪成一縮小的圖形，可以用平版儀測量之。測量的方法，先在地形的中間，選擇一點以為測點。將平版儀安置於測點之上，畫圖平板上，須備有繪圖一幅，用畫圖釘釘於平板上

。在繪圖紙上用鉛筆作一測點（ O ）以為記號。於是豎測尺於 A 點，以測得 $O A$ 之距離，用比例尺繪於繪圖紙上，是為 $O A$ ；再從望遠鏡中以觀測 B 點，以定 $O B$ 之距離，用比例尺繪於繪圖紙上，是為 $O B$ 。如此繼續測量，則從 $O C$ 的距離，可以定圖上的 $O C$ ；從 $O D$ 的距離，可以定 $O d$ ；從 $O E$ 的距離，可以

定 O。；從 O F 的距離，可以定 O f。將 O 點與地面各邊點測定以後，則將 A B C D E F 各點，順次以直線連之，則得一縮小的地形於繪圖紙上。於是圖上 a b 邊線，即代表地上的 A B 邊線；圖上的 b c 邊線，即代表地上的 B C 邊線；圖上的 c d 邊線，即代表地上的 C D 邊線；圖上的 d e 邊線，即代表地上的 D E 邊線；圖上的 e f 邊線，即代表地上的 E F 邊線；圖上的 f a 邊線，即代表地上的 F A 邊線。

地上各點附近的物體，如樹木、溪流、房屋等等，欲將其形勢繪入圖中，亦可如上法以求之。

平版儀測量地形時，如上面所述的方法以進行，則不得將平版移動。移動後，須從事校正。校正的方法，即將望遠鏡對準於第一測點——如圖 O A——以後，再將平版儀用螺旋旋緊之。

此外，在測量地形之時，可先定方向。定方向時，即利用平版儀望遠鏡下

下的直角盒形羅盤，方向確定以後，即畫一方向線於繪圖紙上，將管理平版之螺旋旋緊不使其移動。然後再從望遠鏡中，以定所測望的各點與測點間之距離。至平版儀遷至第二測點時，仍須對正方向線，然後再進行測量之工作。

平版儀的測量法，種類頗多，特述之如下：

(1)射線測量法 *Method of Radiation*：上節所述之方法，即為射線測量法，如第十三圖。

(2)前進測量法 *Method of Progression*：此種測量法，即從第一測點上的工作測定以後，即進行第二點、第三點、第四點。如此繼續前進，至測得最後之一點為止。

前進測量法，在道路、鐵路、河流等測量時，多應用之。欲知其詳，可參看拙作「測量學ABC」一書。

(3)交線測量法 *Method of Intersection*：交線測量法，是從已知的各測點，

觀測其他各測點，並觀察各視線之交點，以定其他各測點的位置之方法。此種交線測量法，在平版儀測量法中，為最普通，最迅速的一種方法。已詳述於拙作「測量學ABC」書中，茲不再述。

上述的三種平版儀測量法，以前進測量法，最適宜於道路，及鐵路測量之用。至於校正及整理之方法，與前節所述之水平儀之校正及整理方法，大體相同。

至於平版儀測量時所感困難者，亦有下列各點：

- (1) 儀器太重，搬運時頗感困難；
- (2) 遇天氣不良，或氣壓太大時，即不便工作。

上述的兩點，除第一點為實在的情形以外，至第二點的困難，則不獨平版儀有此種困難，其他如水平儀及經緯儀等，亦有同樣的困難。總之，測量的工作，在天氣不良時，即不便舉行。

第五節 經緯儀用法

經緯儀

Transit，爲

測量儀器中

最重要之一

種。用經緯

儀可以測定

路線，用經

緯儀可以測

定地平角及

直立角。經緯儀之望遠鏡中有比例線 1:100，故同時可以測得距離的長短。總

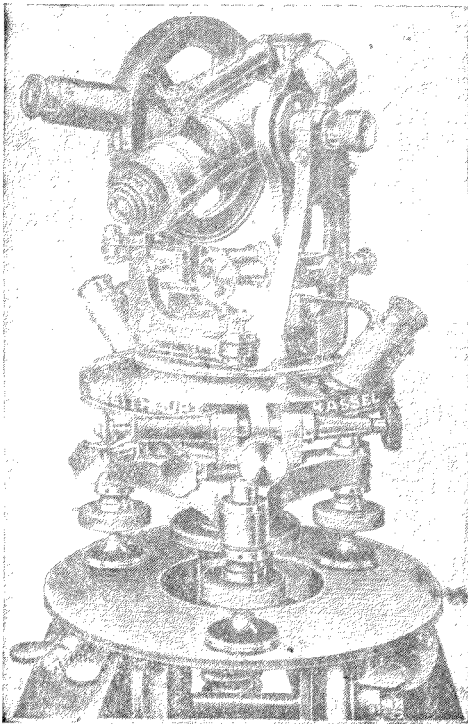


圖 四 十 五

而言之，凡是用羅盤可以測得的結果，用經緯儀亦都能測得，而且用經緯儀測得的結果，當較之用羅盤測量所得的結果，更為精確可靠。經緯儀的種類頗多，如第十四圖所示，為最輕巧靈便之一種。用以測量路線，最為適宜。茲特將此種經緯儀的各部份，大略述之。

(1) 圓規 Circle: 橫規直徑四又四分之三英寸 (120mm)，銀製分度線，每線合二〇分，完全裝置於不透水的蓋內，副儀可讀三〇秒，有擴大鏡兩隻。豎規直徑三英寸又二分之一 (93mm)，銅製分度線，每線合三〇分，副儀可讀一分，有放大鏡一隻。

(2) 望遠鏡 Telescope: 物影倒置鏡，長六又四分之一英寸 (160mm)，鏡內對光物鏡，開口牽一英寸 (25mm)，放大力二〇倍。目鏡中裝有固定比例線 1:100。

(3) 水準 Bubbles: 座架間兩隻，望遠鏡上一隻，感性六〇秒。

(4) 附件中，則有一盒形羅盤，可裝在座架之旁。羅盤中之指南針，長二又八分之三英寸。

此外則有自由伸縮之三足架，及裝置經緯儀之木箱一隻。

經緯儀之各部份構造情形，已如上述。茲乃將經緯儀的用法述之。經緯儀中最重要之部份，爲望遠鏡、分度圈、圓板盤、水準等等。副儀 Vernier 之讀法，已詳於測量學 ABC一書中，此處不再重述。

經緯儀的功用，前面已經說過，經緯儀的用法，下面當加以說明。考經緯儀的用法，當視測量時之目的而異。用時當先將經緯儀安設於選定之測點上，使其水準正確。然後將圓板盤旋轉，使副儀 Vernier 之 0，與圓板盤上之 0 相合，再將分度盤轉動，使望遠鏡與所測之方向相對，然後再從望遠鏡中觀測目的物，並讀分度盤上的地平角度。

用經緯儀，可以測定地平角，也可以用經緯儀以測山高。故經緯儀在測量

工作中之功用實大。至於用經緯儀測地平角、山高等法，在測量學ABC一書，言之頗詳，讀者可以參看。

經緯儀測量時之工作人員：(1)一人主持經緯儀，以測定路線及地平角度，主持經緯儀者，謂之經緯儀員 *Transit man*；(2)記錄員一人，以司將測量時所得之結果，詳細記錄於測量時所用之手簿中，主持記錄者，謂之記錄員 *Note book*；(3)用鐵鏈或布帶尺量距離者二人；(4)持測尺者一人；(5)打樁者一人。

普通經緯儀之測量隊為五人；水平儀測量隊為二人至三人；平版儀測量隊為三人至四人；羅盤測量隊為三人至四人；鐵鏈測量隊為二人至三人。

關於各種測量儀器之用法，已於本章各節中，次第述明其概要。至於普通用儀器的應遵守的律規，有下列數點，特說明之。

- (1) 將儀器安放穩妥於測點之上，宜不使外力侵及儀器；
- (2) 用儀器須細心，不可粗暴從事。否則，不獨測量時不能得精確之結果；

甚至將儀器弄壞，有礙工作之進行。

第三章 彎線測量法

第一節 彎線的種類

在實地測量決定路線的時候，當然以直線 *Tangent line* 的定法為最便利。但是如果遇着障礙物，不能以直線進行的時候，則不得不設法採取彎線測量法，以完成測定路線之工作。因此，彎線測量法，在實地工作時，最為重要。當初次測量彎線時，先定其線之方向，祇於兩直線相交處量相交角 *Intersection Angle*，至最後定線時，則量其彎線。

鐵路及道路測量所用之彎線，為圓周形。但有時亦採取拋物線形及其他各種彎線。圓周形彎線之種類，有下列數種：

(1) 簡單彎線 Simple Curve ..

(2) 雙合彎線 Compound Curve ..

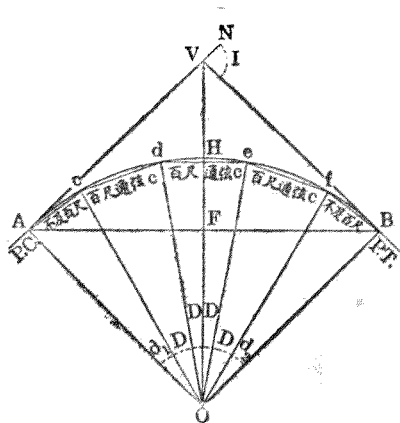
(3) 背向彎線 Reversed Curve ..

茲特將以上各種彎線之理論及實地測量法，一一說明之。

第二節 簡單彎線測量法

簡單彎線，為圓週之一部份，其兩端與兩直線相接聯。簡單彎線之起點為 P. C. Point of Curve，終點為 P. T. Point of Tangent。但 P. C. 與 P. T.，普通名之為切點 Tangent point。兩直線相交之點為頂點 Vertex V。由頂點至 P. C. 或 P. T.，謂之切線之長 Tangent distance T。由頂點至彎線——此線可延接中心點——謂之弧外距離 [External distance] E。由彎線中點至通弦中點，謂之弧內距離 Middle ordinate M。由中心點至彎線，謂之半徑 Radius R。兩切線相交

之角，謂之交角 Intersection Angle I。圓週之中心角與百呎通弦相對，謂之彎線角度 Degree of Curve D。通弦不到百呎者，謂之副通弦 Sub-chord C。其相對之中心角，謂之副角 Sub angle d。



B 爲終點，謂之 P.T.。

第 十 五 圖
 第 十 五 圖 所 示，則 B V N 角，
 等 於 B O A 角 等 於 交 角 (I)。V B
 A 角，等 於 V A B 角，等 於 A O B 角
 之 二 分 之 一，等 於 A O V 角，等 於 N
 V B 角 之 二 分 之 一。

V A O 角，等 於 V B O 角，等 於
 九 〇 度。

A 爲 彎 線 之 起 點，謂 之 P.C.。

V 爲頂點。

AV 及 BV 爲切線之長 T。

OA 及 OB 或 Od 等爲半徑 R。

BVN 角，謂之交角 I。

VH 爲弧外距離 E。

HF 爲弧內距離 M。

cd、de、ef 等爲通弦 Chord C。

AO_o 角及 f_oB 角，爲副角 d_1 、 d_2 。

AOB 角，爲彎線中心角。等於所有彎線角度及副角之相加。

有時彎線之長，適爲整數，則祇有通弦而無副通弦、及副角。或起點處有用副通弦，而終點處不用，但須視彎線之長短而定。

美國測量實地工作上，多先酌定彎線之角度爲若干度；用以推算彎線之長

，及半徑和切線之長。

英法等國之測量實地工作時，對於彎線之量法，則先行酌定半徑爲若干呎，用以推算彎線及切線之長，並偏倚角 Deflection angle 的度數。

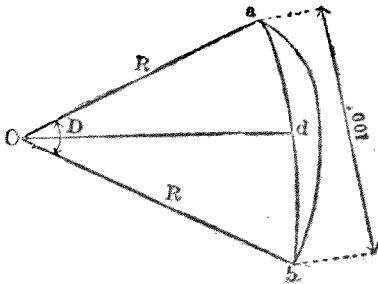
彎線角度與半徑，兩者是互相表裏的。知道彎線角度，就可以知道半徑。換言之，知道半徑，就可以知道彎線角度。故上述的先定彎線角度，或先定半徑的兩種方法，是異曲而同工的。

簡單彎線之各部份名稱及關係，已如上述，茲更將彎線之測量法述之，以供實地工作之參考。

先從起點 P. C.，量副通弦之長（如起點卽爲整數標點，則用百呎通弦），以達第二標點。再由第二標點以百呎逐漸進行（每百呎相距，卽爲整數標點），以達終標點，再量副通弦之長，以達終點 P. T.（如終點爲整數標點，則用百呎通弦）。此種測量法，由起點 P. C. 至終點 P. T.，卽爲彎線之長 Length of Cur

實地測量彎線時，須注意下列各點：

- (1) 彎線的長度，以所有通弦的長度計算，不以弧線之長計算。
- (2) 彎線雖為弧形，實為多數之短直線所積而成的。故彎線之量法，均以通



第十 六 圖

弦量之。至全線量完以後，自成爲一弧形的彎線。算彎線之長，亦以所有通弦之長度計算，不以弧線計算。

(3) 彎線之角度，乃以其角相對之百呎通弦計算，不以其角之百呎弧線計算。

彎線之量法，上面已經說過，茲特舉一最近之例，以供參考。如第十六圖所示，爲已知半徑 R，求彎線角度 D。其計算之方法，爲

$$\sin \frac{1}{2} D = \frac{\frac{ab}{2}}{Oa} = \frac{\frac{100}{2}}{R} = \frac{50}{R} \dots\dots\dots(1)$$

$$R = \frac{50}{\sin \frac{1}{2} D} \dots\dots\dots(2)$$

如 R = 1000呎，求 D，由算式(1)，則得

$$\sin \frac{1}{2} D = \frac{50}{R} = \frac{50}{1000} = 0.0500$$

用平三角的 Interpolation，可得 $\frac{1}{2} D = 2^{\circ}52'$

$$\therefore D = 2 \times 2^{\circ}52' = 5^{\circ}44'$$

第十六圖所示，如已知彎線角度 D，亦可以求得半徑 R。

例如 D 為一度，則

$$1^{\circ} \text{ 彎線角度之半徑 } R = \frac{50}{\sin \frac{1}{2}^{\circ}} ; \text{ 用對數法，則得}$$

50對數 = -1.698970,

正弦30對數 = -7.940842

3.75818 = 57, 29.6, 則R, = 5729.6呎。

第三節 用偏倚角測量彎線法

用偏倚角測量彎線法 Method of Deflection Angles, 在實地工作時, 用者頗多。此種測量法, 在彎線與切線相切之處擇一點, 由此切線與彎線上任取各點所成之角, 皆能够測算以求得各角之大小。如此所成之角, 就謂之偏倚角 Deflection Angles。

如第十七圖所示, N A B角、N A C角、N A D角等, 皆為偏倚角。

凡測量直線, 則量其每標點, 次第進行。如測量彎線, 雖亦量其每標點逐漸前進, 然每標點必用偏倚角的方法以測算之。如第十七圖, 必得通弦距離 A

B，與偏倚角（ $\angle NAB$ 角），始能得B點。其次，必得通弦距離BC與偏倚角（ $\angle NAC$ 角），始能得C點。如此繼續進行，凡偏倚角能推算準確，則用此法以測量彎線，實為便利。

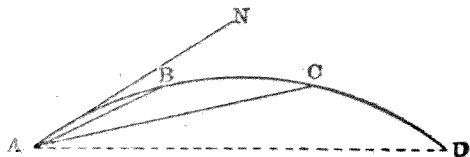
偏倚角測量彎線之方法，已如上述，特舉例如下以證之。設有一簡單之彎線，如第十八圖所示，如已知其彎線角度D，求其偏倚角之角度為幾何。

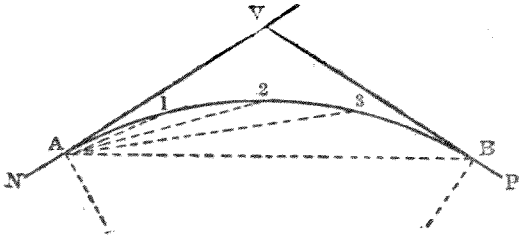
此種彎線偏倚角之解法，可分為兩種，特一一述之。

(1) 如彎線之起點及終點，皆為適當的整數標點（每標點相距為一〇〇呎）。

在切線與通弦之間，有一銳角，即為偏倚角。此銳角適等於彎線角度的二分之一（ $\frac{1}{2}D$ ）。

第十七圖





第 十 八 圖

如第十八圖， $A1 = 100$ ， $\angle V A 1 = \frac{1}{2} D$ 。
 在兩通弦之間，有一銳角，如 $\angle A 2$ 角，等於彎
 線角度的二分之一 ($\frac{1}{2} D$)。

如第十八圖， $1 \text{ 至 } 2 = 100$ ， $\angle 1 A 2 = \frac{1}{2} D$ ；

依前法， $2 \text{ 至 } 3 = 100$ ， $\angle 2 A 3 = \frac{1}{2} D$

$3 \text{ 至 } B = 100$ ， $\angle 3 A B = \frac{1}{2} D$ ；

以上所列之 $\frac{1}{2} D$ ，即為偏倚角，或名之為切線角

Tangential angle 其偏倚角如下：

$$\angle V A 1 = \frac{1}{2} D, \angle V A 2 = \angle V A 1 + \frac{1}{2} D,$$

$$\angle V A 3 = \angle V A 2 + \frac{1}{2} D, \text{ 將 } \frac{1}{2} D \text{ 連續遞加，則得 } \angle V A B.$$

$$\angle VAB = \angle VBA = \frac{1}{2}I \text{ (用此校對，可以免有錯誤)}$$

(2) 如彎線之起點及終點，皆為副通弦（不到一〇〇呎之距離）。則

$$\angle VA1 = \frac{1}{2}d, \angle VA2 = \angle VA1 + \frac{1}{2}D, \angle VA3 = \angle VA2 + \frac{1}{2}D$$

$$\angle VAB = \angle VA3 + \frac{1}{2}d_2, \angle VBA = \angle VBA = \frac{1}{2}I \text{ (用此法校對前法)}。$$

偏倚角測量彎線之實地工作，不得有所論列。特將實地測量偏倚角彎線法，一一述之。

測量一彎線，已知其彎線角度，起點，及終點之地位，與標點數，在實地測量之先，須預備將偏倚角，副通弦等件計算明白。

(1) 將經緯儀安置於彎線之起點 P. C.，如第十八圖 A 點。

(2) 轉量度圓尺 Vernier，使其在零度。

(3) 轉視鏡，即望遠鏡 Telescope，全視線指於 V 點，或指 N 點，再將望遠

鏡直豎倒轉，前指 V 點。

(4) 轉望遠鏡令量度圓尺等於 $\frac{1}{2} \frac{1}{2}$ (如起點係整數標點，則用 $\frac{1}{2} \frac{1}{D}$)。

(5) 在望遠鏡內量 $\frac{1}{2}$ 之距離，等於 0 之呎數 (如起點係整數標點，則用 10

○呎)，定標點為 1 點。

(6) 轉望遠鏡，使量度圓尺之度數，等於偏倚角 V A 2。

(7) 由 1 點量出一 ○○ 呎，使與視線相切，定一標點，即為 2 點 (其餘彎線

上之各點，均依此種方法，繼續進行)。

(8) 當測量至 B 點，其偏倚角之度數，須適與 $\frac{1}{2} \frac{1}{H}$ 的度數相等 (用此以為校

正)。

(9) 在地面上所量之線，須考察 C_2 之呎數，與至 B 偏倚角之度數，是否與在

實地測量以先所算得之數目相同 (用此以為校正)。

10 移經緯儀於彎線之終點 P, T, 如第十八圖 B 點。

- (11) 轉量度圓尺，使其在零度；由零度外轉，使其在 10° 的度數。
- (12) 轉望遠鏡，使指向 A 點。
- (13) 轉回量度圓尺，使其復在零度。
- (14) 其視線須適指 V 點，或將望遠鏡直豎倒轉，其視線須指於 P 點，以校對之。

偏倚角測量彎線之實地工作，已詳於上列各端。校對之方法，則可分爲下列三種：

- (1) 所算之偏倚角，與所量。至 B 點之偏倚角，須等於 $\frac{1}{2}I$ 。
- (2) 所量得終點副通弦之 C_2 長，須與所算得之呎數相等。此法可以校對用鐵鏈、或布帶尺量時有無錯誤。
- (3) 偏倚角量至 B 點時，其視線須適切於 B 點。此法可以校對用經緯儀時有無錯誤。

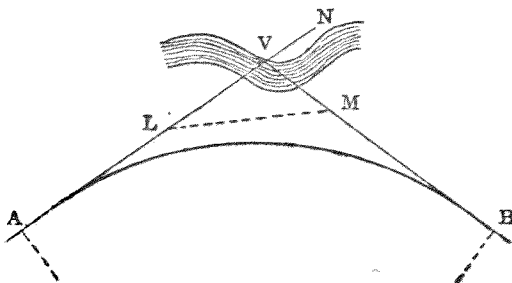
如所量彎線之要點，遇有障礙，實際上又不能將此種障礙避免（如遇房屋、河流等），則不得不設法以完成此實地測量之工作。

如第十九圖所示，彎線之頂點 V ，遇有障礙，其交角 I 能以下列之方法以求得之。在 AV 線上，任取一點 L 。由 L 點，任作一線 LM ，與 BV 線相遇。

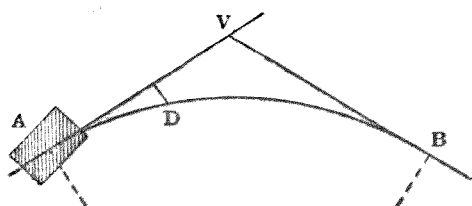
測量 VLM 角， VML 角，以及 LM 等的距離。

則交角 I ，等於 NVM 角；等於 VLM 角加 VML 角。

在三角形 VLM ，已知其 VLM 角與 VML 角，及 LM 之距離，則 VL 與 VM 之距離，可用



第 十 九 圖



第十二圖

三角形邊角比例法以求得之。

$$\text{故 } LV = \frac{LM \times \sin VML}{\sin LVM}, \quad VM = \frac{LM \times \sin VLM}{\sin LVM},$$

$$AL = AV - LV, \quad BM = BV - VM。$$

如有情形不同者，則另有一法以求之。其法先測

度其起點 P, C. 的地位，試量一彎線。再用公式 $(AA' =$

$$BB' = \frac{P}{\sin I})$$

以算定起點確實之地位。

彎線測量時，如遇起點有障礙時（如第二十圖）

，則可以用切線支距法，先定一 D 點，求其適在彎線

上之整數標點。

置經緯儀於 D 點，測量彎線至終點 B。

移經緯儀於 B 點，再從 D 點量出彎線，向起點 A

，即在 B 點測量切線 VB 以校對彎線之準確與否。

如彎線之終點，遇有障礙時，則可用下述之方法以測之。先置經緯儀於V點（如第二十一圖）以測量交角（I）。

用切線支距法定一D點，求在彎線上與終點B最近之整數標點，並定L點。

移經緯儀於彎線之起A，量出彎線至D點為止。

用通過直線障礙法，以量過B點。

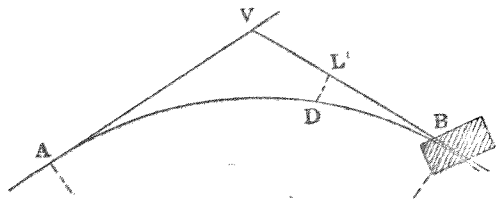
在測量彎線時，如遇起點、終點、及頂點均遇有障

礙，則可以參合上列之三種方法，用以解決實際工作上

困難之問題。

用前面所述的方法，以求得交角（I），並求得LA、VL、及VM等之距離。

第 二 十 一 圖



$$LA = R \times \sin \frac{1}{2} \angle AOD, \quad \sin \frac{1}{2} \angle AOD = \frac{LA}{R}.$$

如第二十二圖所示，由L點作LN線，量 $\angle LNO$ 角，使與 $\angle AOD$ 角相等。

量LD與LA相等。

D點即在彎線之上。

由D點可以測定彎線。

如在彎線上，遇有障礙物阻止視線，

則難授以適當的方法。要在實地測量時，

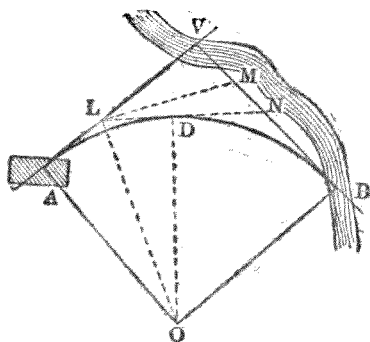
考察地勢，選擇適當的方法以解之。或遷

移經緯儀於彎線之上，或有一二點不能覘

及，則可用偏倚距離法。用偏倚角以測量

彎線，則可以不必遷移經緯儀。或者可以適用切線支距法。或可用由通弦作縱

線法以解之。或僅能用附設頂點法以求得彎線上之各點。



第 二 十 二 圖

在彎線上所定之點，固不必求其適在於整數標點。若使所定各點，其位置可以求得，並且其各點之相距不遠，則亦可以適用。

第四節 雙合彎線測量法

雙合彎線之測量法，亦為實地求彎線工作之一種。兩彎線相接聯，有一切線，在其相接之點，是為兩彎線之公用切線，而且同在公用切線之一邊，這兩條彎線，謂之雙合彎線。

如果有兩條彎線，各向一面彎曲，中間隔一條公用切線，此兩彎線，謂之背向彎線。

在雙合彎線上，兩彎線相切之點，就是公用切線之切點。此種切點，謂之雙合彎線的點 P. C. C.。

在背向彎線上，兩彎線相接之點，謂之背向彎線之點 P. R. C.。

實地測量之方法，可一一述之。下列所述之實地測量法，係指測量雙合彎線、及背向彎線而言。

(1) 將經緯儀，如法安置於彎線之起點 P. C.

(2) 先量一簡單的彎線至雙合彎線之點 P. C. C.。或先量一簡單的彎線至背向彎線之點 P. R. C.。

(3) 將經儀，移置於雙合彎線之點 P. C. C.，或背向彎線之點 P. R. C.。

(4) 轉量度圓尺於零度，定視線與公用切線之方向相同。

(5) 用簡單彎線之量法，以量其後部分之彎線。最後，由起點 P. C. 以量其後部分之彎線。因由起點以求後部分彎線上所有各點之偏倚角，實為最不利之工作。已量至雙合彎線之點 P. C. C.，如再將前部分彎線之偏倚角，加於後部分彎線之偏倚角，則錯誤之處，必不能避免。故唯有將經緯儀移置於 P. C. C.，或 P. R. C.，再另行測量後部分的彎線，實最為簡便。此種量法，完全用簡單彎線

的方法以行之。

雙合彎線，換言之，實為大小兩種彎線相接而成功的彎線。茲特用圖以證明之。

如第二十三圖所示，則

$OA = R_1$ (大彎線的半徑) ;

$LAOC = r_1$ (大彎線的中心角，即等於本線

兩切線相交的交角) ;

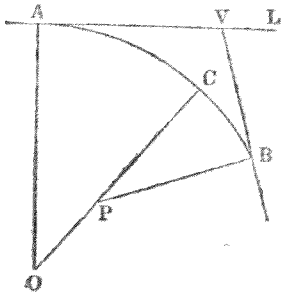
$AV = T_1$ (由大彎線切點 A 至雙合彎線的頂

點 V，謂之大切線距離) ;

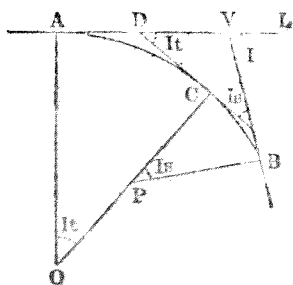
$PB = R_2$ (小彎線的半徑) ;

$\angle BPC = I$ (小彎線的中心角，即等於本線兩切線相交的交角) ;

$VB = T_2$ (由小彎線切點 B，至雙合彎線的頂點 V，謂之小切線距離) ;



第 二 十 三 圖



第二十四圖

$\angle LVB = I$ (雙合綫的交角)。

如第二十四圖所示，假定 R_0 、 R_s 、 I_0 、及 I_s 等爲已知數，須求 I 、 T_0 、及 T_s 等的值。

作公用切線 DCE ，則 $I = I_0 + I_s$ ，

$$AD = CD = R_0 \times \tan \frac{1}{2} I_0, \quad EB = CE = R_s \times$$

$$\tan \frac{1}{2} I_s。$$

檢查三角學的表，可以求得 CD 與 CE 的實數。

在 $\triangle DVE$ ，已知其一邊，及其三角，

$$DE = R_0 \times \tan \frac{1}{2} I_0 + R_s \times \tan \frac{1}{2} I_s$$

$$\angle VDE = I_0, \quad \angle VED = I_s, \quad \angle DVE = 180^\circ - I。$$

用三角形邊，角比例法，以求 VD 及 VE 的距離，爲

$$AV = AD + VD = T_0。$$

$$VB = BE + VE = T_0。$$

計算此數，以備繪圖之用，當實地測量時，則V點不在地面量。

第五節 背向彎線測量法

背向彎線，在幹線上，或行車速率較大的路線上，最不適用。其路線方向的變更，就形式上而言，似已不甚妥當。且於兩彎線相接之處，在鐵路上之外兩軌條，又不能安放較高，故背向彎線，在鐵路路線，尤不適用。但在車站及路線經過市街，或有其他特別情形者，則利用之。茲特舉一背向彎線之例，並加以說明

如已知兩平行切線間之垂直線距離，並背向彎線的公用半徑R，試求此兩彎線的中心角。如第二十五圖所示，以AH及BD為兩平行切線。

ACB為背向彎線。

HB 等於 P，為兩切線間的垂直距離。
作垂直線 MN。

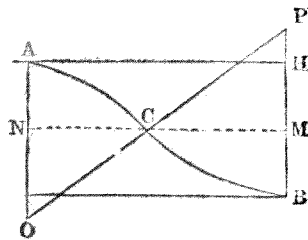
$$\text{以 } \angle AOC = \angle BPO = I_n$$

$$\text{則 Versine } AOC = \frac{AN}{AO} = \frac{BM}{PB} = \frac{\frac{1}{2} HB}{AO}$$

$$\text{Versine } I_n = \frac{1}{2} \frac{P}{R}$$

關於彎線測量法，及計算法，已於本章各節中，述其概要。其他如拋物線、緩和彎線等等，以限於篇幅，故不得不從略。然就實際工作上而言，則上述的各種彎線測量法，差不多已經是很够應用了。

第六節 彎線的實施



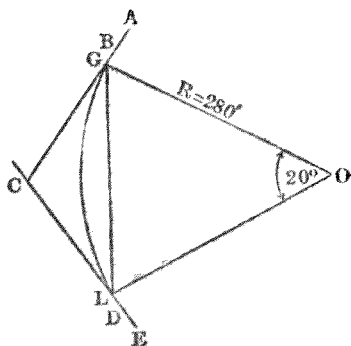
第二十五圖

彎線測量法，在鐵路及道路工程上最爲重要。就中以在鐵路工程上，尤爲切要。因彎線之設置，與車輛之通行，有直接之關係。上述各節中之彎線測量法，頗適用於鐵路，同時亦適用於道路。在築路工程上，彎線之設計，實不能避免，然設計不當，不但耗去建築的費用，同時亦有礙車輛通行之安全。故無論鐵路及道路工程，在測量路線的時候，宜竭力設法避免彎線，至必不得已時，亦須設置彎線。惟所設之彎線，須注意下列各端：

- (1) 彎線不宜過銳；
- (2) 宜多用簡單彎線；
- (3) 雙合彎線，至不得已時，方可採用。

從上述各點，可知彎線之設施，實爲路工上最重要的問題。如第二十六圖所示，A B C與E D O爲兩直線，相接於C。於B D之間，設一彎線，以O爲彎線之圓心。欲表明圖中之彎線，可以半徑名之，即爲半徑二八〇呎的彎線，

半徑 (呎)	圓心角度
2865	2°
1433	4°
955	6°
717	8°
574	10°
478	12°
410	14°
359	16°
320	18°
280	20°
240	24°
163	30°



第 二 十 六 圖

或以與一〇〇呎表之弦LG相對之圓心角(LOG角)度名之。即為半徑與圓心角度兩者相互之關係。半徑愈長者，則彎線愈緩和；角度愈大者，則彎線愈銳急。半徑與角度之關係，在測量實習書中，有一表可以適用，茲特擇錄數行如左：

彎線如過於銳急，則車輛之行駛，實感困難。所以在測量彎線時，宜設法避免過銳之彎線，以圖行旅之安全，

這是最重要的。

第四章 緩和彎線測量法

第一節 緩和彎線的解釋

如第二十七圖所示， FI 及 LI 為兩切線，其交角為 I 角。 AB 為圓週彎線，其與切線相切之點為 A 點及 B 點， FG 及 LH 為緩和彎線。

化圓週彎線而成緩和彎線 Transition curve 以遷移彎線 AB 至 CD 之地位。 AB 與 CD ，係為同一中心點的圓週彎線。其彎線 AB 之半徑，係等於所擬定彎線之半徑，再加以遷移之距離 AC 。

如以 R 為彎線 CD 之半徑，則彎線 AB 之半徑，等於 $R + P$ （ P 為遷移之距離），其切線 AI 及 BI ，為

$$AI = BI = (R + p) \tan \frac{1}{2} I$$

欲求距離 P 之數，須先求緩和彎線之長 l_0 。譬如欲求定其坡度為一二〇〇升一（此為由 F 點至彎線之坡度），則 l_0 之數，為 $l_0 = 300 \times e$

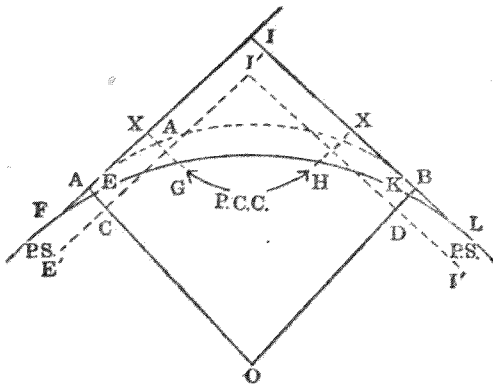
$$e = \frac{gv^2}{32.2R}$$

e = 外軌比內較高之高度（以呎計）

g = 兩軌距離（以呎計）

v = 行車之速率（以每分鐘為若干呎計算）

R = 彎線之半徑（以呎計）



第 二 十 七 圖

$$P \text{ 之數，爲 } P = \frac{l^2}{24R}。$$

A I 及 B I 之距離，則沿切線以量之，作 A C 及 B D，均等於 P，並暫置標點於 C 點及 D 點。

緩和彎線所經過的各點，乃在於 A C 適中之處。E 點及 B D 適中之處爲 K 點。

緩和彎線之起點，乃在於 F 點及 L 點 (P. S.)，其距離 A F 及 B L，均等於 $\frac{l}{2}$ (即爲緩和彎線一半的長)。

於 F、A、x 各點及 L、B、x' 各點，兩邊各置三標點以爲標點 (A X 及 B X' 係等於 F A 或 B L)。

彎線 E F 及 K L 之長，係與切線 A F 及 B L 之長相等。

緩和彎線與圓週彎線相指之點，乃在於 G 點及 H 點，其距離 E G 及 K H，均等於 $\frac{l}{2}$ 。

在緩和彎線上各點，係用切線支距 x G 及 x' H 以定之，其支距 x G 及 x' H，均等於 $\frac{1}{2}P$ 或等於 $x_a + P$ 或均等於 $\frac{\text{通弦 } Aa^2}{2(R+P)} + P$ 。

第二節 緩和彎線測量法

緩和彎線的解釋，已於上節中說其大概，茲乃將緩和彎線之測量法述之。

由切線 F I 及 L I，用切線支距法以量緩和彎線。其各點支距，係與距離 l 之三次自乘為比例而隨其變遷。支距 x G，係等於 $\frac{1}{2}P$ 。其與 P. S. 之距離，係為 l 之數，其餘所有各點之支距，自容易推算。

或取支距 A E 為標準，因 A E 等於 P 之二分之一 $(\frac{1}{2}P)$ ，與 P. S. 之距離，為 $\frac{1}{2}P$ 之數。於是其餘各點之支距，亦可以由此以推算之。其終點 x 之支距，乃等於 $\frac{1}{2}P$ 。

既用支距法，以量兩端之緩和彎線，作 F' I' 及 L' I'，與原切線 F I 及 L I

平行其間之距離為 P 數，並在此兩線，置測桿以為標記。

置經緯儀於 C 點，以 F I 為切線，由 G 點起以量圓週彎線 G H。

C 點即由支距 x G 所定，當量 G 點之偏倚角。其 C G 通弦，須確指於 G 點，並圓週彎線之終點 H，須確與支距 x H 所定之 H 點相合。

彎線 C D 之長，等於 $\frac{1}{180} \times \pi R (\pi = 3.1416, \text{或 } \frac{22}{7})$ 。

彎線 G H 之長，等於 $OD - l_0$ 。

由 F 至 L 點，彎線全部之長，等於 $CH + 2l_0$ ，或等於 $(\frac{1}{180} \times \pi R) + l_0$ 。

彎線 E G，等於彎線 C G。

在圓週彎線 C D，其 C G 及 D H 兩部份，可以不必測量，即暫置於 C 點及 D 點之標記，至此亦可以撤去。

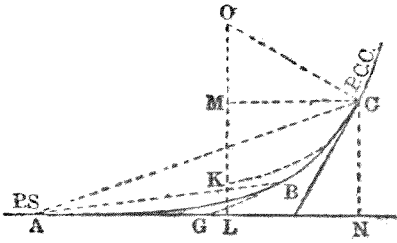
緩和彎線在 G 點及 H 點之半徑，與圓週彎線之半徑 R 相等。

第三節 緩和彎線的性質

緩和彎線的實地測量法，已如上述。茲特舉例以說明之。如已知由 A 點至 B 點緩和彎線之長為 l 。

緩和彎線全線之長為 l_0 。

圓週彎線的半徑為 R_0 。



第 二 十 八 圖

由 A 點至 C 點，為緩和彎線；C 點以外，為圓週彎線；OC 為圓週彎線的半徑 R_0 。

求 S 角，即緩和彎線與原切線 AN 所成之角——

CFN 角。

總偏倚角 i 等於 BAN 角；等於 CAN 角。

計算之方法如下（第二十八圖）。用公式

$$\angle KGN = S = \frac{l^2}{2R_0 l_0}$$

$$\angle CFN = S_0 = (l_0^2 + 2R_0 l_0) = l_0 : 2l_0$$

$$S_0 = \left(\frac{l_0}{2} + R_0\right)$$

S_0 角，爲圓週彎線與緩和彎線相接之中心角。此圓週彎線，等於 $\frac{1}{2}l_0$ 。如由 C 點將圓週彎線向後展長至 K 點，則在 K 點之切線，與 AN 平行。其彎線之長，等於 $\frac{1}{2}l_0$ 。

$$\text{因 } \angle KOC = \angle CFN, \text{ 則 } AL = q = \frac{1}{2}l_0$$

如在緩和彎線上任取一點如 B，則 $\sin BAN = \sin i = \frac{x}{1}$ ， $i = \frac{x}{1} = \frac{l^3}{6R_0 l_0}$

$$i = \frac{l^2}{6R_0 l_0} \text{ (度數)}, \text{ 但 } S = \frac{l^2}{2R_0 l_0}, \text{ 則 } i = \frac{S}{3}, \text{ 且 } l_0 = \frac{S_0^2}{3}$$

$$i : l_0 = 1^2 : l_0^2 \quad i = l_0(1 + l_0)^2$$

$$\angle ABG = \angle BGN - \angle BAN$$

$$= S - i = 3i - i = 2i, \text{ 則 } \angle AOF = 2ic$$

緩和彎線的性質，有下列各種：

(1) 緩和彎線角度，係與距離 l 為比例而隨其變更。

(2) 緩和彎線之偏倚角，係與距離 l 之自乘為比例而隨其變更。

(3) 緩和彎線之切線支距，與距離之 l 之三次自乘為比例而隨其變更。

(4) 緩和彎線與圓週彎線相接之處所成之緩和彎線角（即前所列之 S_0 ），等

於此圓週彎線同等角度的中心角。於是該圓週彎線，即等於緩和彎線的長度二分之一。

(5) 緩和彎線，其彎線上任取一點，與 $P.S.$ 所成之偏倚角，即等於該點所成

之緩和彎線角的三分之一（即前所列之 BAN 角，等於 BGN 角的三分之一）。

距離 l ，為 $P.S.$ 至各點之距離。

第五章 路線測量法

第一節 偵察測量

本章所述之路線測量法，當指道路路線及鐵路路線測量之方法而言。因爲欲建築道路，當先舉行道路測量 Highway surveying；欲建築鐵路，當先舉行鐵路測量 Railway surveying。故測量爲築路最重要之工作，在實地工作時，不可不特加注意。路線測量法，可分爲三部份來說明：

- (1) 偵察測量 Reconnaissance surveying ..
- (2) 定線測量 Preliminary surveying ..
- (3) 最後定線 Final Location .

本節則專門說明偵察測量。

偵察測量，又名之爲草測，更名之爲履勘。偵察測量，在路線測量中甚爲重要。所謂偵察測量者，即指由甲處至乙處之路線，在測量工作未曾實施以前，須先行將甲乙兩地間之路線考察一次，以爲實地工作時的準備。偵察測量之目的，在選擇最適當之路線，以備實地測量之用。偵察測量的所應注意者，有下列各點，特說明之。

(1) 選擇甲乙兩地間最短之路線。這一點有兩種利益：

A 建築費可以節省；

B 旅行的時間可以經濟。

(2) 選擇甲乙兩地間之直線，宜竭力設法避免彎線。這一點亦有兩種利益：

A 直線多，則路線的距離較短；

B 彎線少，則實地測量時，工作較爲便利。

(3) 使甲乙兩地間之路線上，減少橋樑 *Bridge* 及涵洞 *Culverts* 之建設，以節省築路之經費。

(4) 選擇天然之地基為路線時，其高度當在水平線以上。不然，則被水湮沒，土工 *Earth work* 必大。土工大，則費用必多。

上述各點，均為偵察測量時所應注意之事項。

此外，須留心考察者，則為地層之傾斜度，土石之種類，跨越谿河之地點，橋樑位置之選定，橋基泥土的性質，跨越谿河地點之高度，排水的方法，各處所有之築路材料及其價值等。

偵察測量所需之儀器如下：

- (1) 羅盤，供測量方向之用；
- (2) 氣壓表，供測量高低之用；
- (3) 袖珍水平儀，供測量地面傾斜之用；

(4) 測程儀——又名測步儀——供測量距離遠近之用。

偵察測量隊之隊員，爲工程師、副工程師、衛隊、以及輸運夫等。

偵察測量隊之偵察工作完事以後，宜將偵察所得，繪一草圖。繪此種草圖之比例尺，可用一吋與一英里之比。

第二節 定線測量

偵察測量工作完事之後，即以偵察測量所得之結果，以爲定線測量之根據。定線測量之工作，有下列的四部份，特列舉之。

(1) 導線測量 P. I. Surveying..

(2) 縱斷面測量 Profile surveying..

(3) 橫斷面測量 Cross-section surveying..

(4) 地形測量 Topographical surveying.

導

線測量
的目的
，在決
定直線

Tang.

ent line

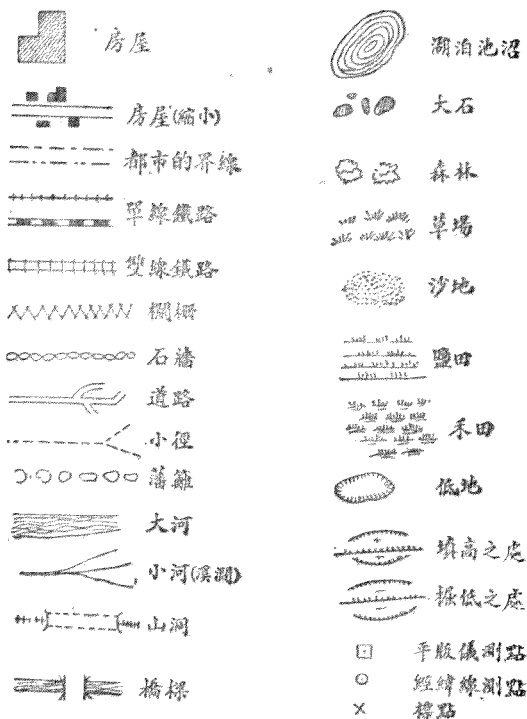
；縱斷

面測量

之目的

，在決

定直線上的高低；橫斷面測量的目的，在決定路線橫斷的高低；地形測量的目



地 形 符 號

(用之圖作時量測形地供)

第 二 十 九 圖

的，在求得地面形勢的圖形。建築道路或鐵路，此四種工作，實不可缺少任何一種。茲特一一說明其實地工作之方法。

(1) 導線測量。導線測量，係指直線 Tangent line 及彎線 Curve line 之測量而言。導線測量所用之儀器，為經緯儀。導線測量之「線」。係指路之中心線 Center line 而言。如經地形測量之後，路線有變更，或用為彎線之切線時，則此種中心線，即為基線 Base line。

導線測量的方法，即將經緯儀安置於擇定路線之起點上，此點即為零點 Station 0+00，並須於此點之近旁，再擇定三點。但此三點距此點之遠近，及係何物，均須詳細寫出，然後將經緯儀之望遠鏡，對所擇定之路線以觀測。路線之方向，可用地平角以定之。望遠鏡對準於所擇定之路線上，將經緯儀上下兩半版之螺旋扭緊，使鏡筒不能左右移動，置測桿於此視線之內，從起點 Station 0+00 處，沿此桿而取每一〇〇呎之距離以量之（用鋼帶尺，或鐵鏈）。

但以鋼帶尺爲準確），作爲第一點 Station 1+00，第二點 Station 2+00，第三點 Station 3+00 等等，如遇路線至某點必須彎曲的時候，或雖爲直線，因距離過遠，不便視察時，可將經緯儀移至適當之地點（安置經緯儀時，必須將經緯線安置平安），置測桿於適當的 Station 上，用望遠鏡向後視之 Back sight，扭緊下面的螺旋，旋轉望遠鏡的鏡筒，對準所選擇之路線，如上法以行之。若路線不是直線，則旋轉鏡筒時，必須記其角度 Deflection angle，此時兩直版可交於一點，二直線之夾角間，可作一弧，在此弧上各測點 Station 可於野外工作完事後以計算之。或即在測量時定之亦可。

導線測量的目的，爲決定直線（又可名爲切線 Tangent line）的長度。導線測量所用之儀器，爲經緯儀、鋼帶尺、測尺、測桿、斧槌、以及記錄簿等等。至於導線測量隊之工作人員，前面已經說過，茲特將導線測量的記錄方式列後。

Station	H. S.	P. S.	Def. \angle	Tranfit Notes	
				Beating	Check \angle
11+00					
10+00					
9+00					
8+00					
7+00					
6+00					
5+41.0	2+83.8	11+86.0	+36°53'		
5+00					
4+00					
3+00					
2+83.6	0	5+41.0	-2°40'		
2+00					
1+00					
0+00	0	2+8.8			

1929, 12, 16.

測量師姓名

(2) 縱斷面測量 縱斷面測量的工作，係根據導線所測量之路線上各點，以從事於測量之工作。縱斷面測量 Profile survey 的目的，是在求導線縱斷面的高低，以爲計畫道路或鐵路坡度 Grade 之用。

凡導線經過之處，其地勢之高低，必須依次測得其縱斷面之形狀。縱斷面測得以後，即可以決定路線的坡度。坡度之大小，與行車之安全有密切之關係。茲特將縱斷面測量之方法述之。

A 將水平線安置於測點上，務使其平穩；水準氣泡，務使其適中。

B 從望遠鏡取後視 Back sight 以定此水平線的高度。

C 從望遠鏡中，觀測目的之基點 Bench mark。

D 沿視線每五。英尺之距離以測量之，並記其結果。

E 置木椿於每一距離的點。

F 取前視 Fore sight 定每一進行點的高度，直至終點爲止。

如恐測量時有錯誤，則可以如前法從終點測起，測至起點以檢查 Check 之。縱斷面測量時所應注意者；一方面須注意路線上地勢高低的相差；一方面則注意坡度的選定。考路線之坡度，實與建築經費、及行旅之安全有關，茲將路線的坡度，列表如下：

路面的種類	坡 度
Stone block with bituminous filler 石塊柏油路	15
Gravel 卵石路	12
Brick with bituminous filler 磚路	12
Water-bound macadam 碎石路	9
Bituminous macadam 瀝青馬克達路	8
Bituminous concrete 瀝青凝土路	8
Portland-cement concrete 混合土路	8
Sheet asphalt 柏油路	5

上表中之坡度，適用各種道路。至於鐵路；最高坡度，則為百分之三。茲將縱斷面測量記錄之方式列左：

Bench and Profile Level

Station	B.S.	H.I.	P.S.	Profile rod	Elevation	Remark
B.M. 0					100.00	清故儒士宗之豐墓
不	4.5	104.50				
0				4.7	99.83	
1+00				3.8	100.70	
2+00				11.5	93.00	
2+83.6				3.7	100.80	
3+00				3.5	101.00	
T.P. 1			2.15		101.35	
不	11.9	113.25				姜生之墓

4+00			13.0	100.25	
T.P. 2		45		112.80	公尺
不	10.86	123.66			

(3) 橫斷面測量 *Cross-section survey* 的目的，是在求得導線各點上。兩旁二〇〇英尺以內地勢的高低。從橫斷面測量的結果，可以計算土工 *Earth work* 之多寡，以為建築道路或鐵路所需經費需算的根據。

橫斷面測量的工作，務求精確。否則，測量時如有錯誤，則將來土工之耗費必大。這一點，須特別注意。

橫斷面測量時所需用的儀器，為袖珍水平儀，測尺、布帶尺、以及測量簿記等等。測量之方法，以一人立於所擇定路線的起點 *Station 0+00*，將測尺

——此種測尺上刻有若干尺數，每尺作十等分——立於此起點上，其旁再立一人——人身之高低，須先行量得之——以水平儀 *Level*，或袖珍水平儀 *Hand*

level 水平之而觀測測尺，並將其刻度——尺寸——記下，立於此點上之人，即將兩手伸直，與起點 Station 0+00、及第1點 Station 1+00 間所連之直線平行，再將兩手捧合，照此方向——此方向應與路線垂直——以鋼尺 Steel Tape 於每一變化的點上以量之（指地勢變化而言），並豎測尺於其點上，以袖珍水平儀以測之，將其刻度記於測量所用之手簿內。其方法如在起點相同，立在此點上之人，即向後轉，如法行之。

此種測量所量之距離，至少須在五〇英尺以外。如此沿導線測量所定之路線各點上，或地勢有變化（高低）的地方以測量之，以至路線之終點為止。

橫斷面測量時所應注意者，有下列各點：

- A 測量時，須詳細將地勢變化的各點，一一測之，並記錄其結果；
- B 測量時，須依據導線上各點，繼續進行；
- C 用袖珍水平儀觀測測尺上的刻度時，務須手中所持之儀器水平；

D 記錄時，須將地勢之高低記出。如地勢高者，以(+)爲符號；地勢低者，以(-)爲符號。

茲將記錄之方式列後：

Cross Section Notes		測量者姓名 測量時期	
Station	Classification	Center Km.	
5	Peak 100%	-1.4 60	+4 30
4	Earth 60% Loose Rock 60%	-2.4 80	+2 35
3	Solid Peak 100%	-7.6 56	+6 40
2+25	Solid Peak 100%	-1 40	+2.3 11
2	Earth 60% Loose Rock 50%	10.2 60	+4.2 40
1	Earth 100%	-1.0 45	+0.5 30
0	Earth 100%	Level 50	+2 37.5

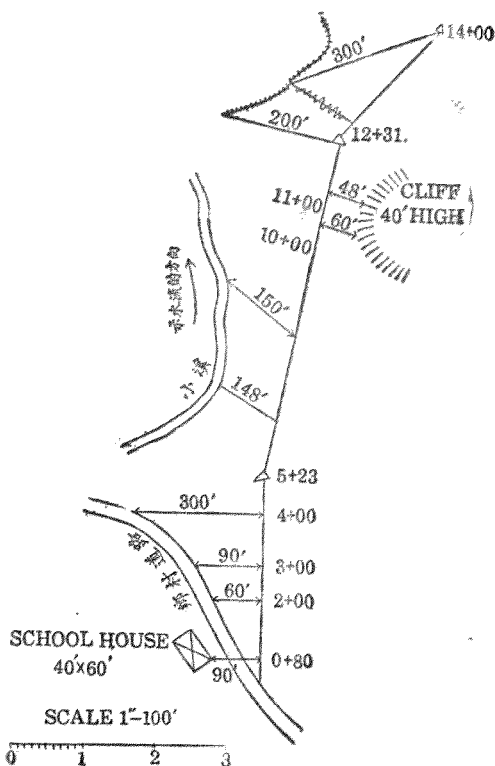
地形測量 地形測量 Topographical surveying 的目的，是在求得地面高低形勢。換言之，就是將地面上的山、水、房屋、村落、森林、橋樑、墳墓等等，完全繪入圖中（地形的符號，見第二十九圖），以爲最後決定路線的根據。如路線經過之處，遇有障礙，在事實上，實不能將地面上之障礙物移去的時候，惟有將路線移動，以避免此障礙物。考路線上所遇之障礙物，在中國則大半爲墳墓，如令其將墓墳變移，非有極大的力量，費去種種的交涉，則一時萬難辦到。故測量時所遇之障礙，如墳墓等等，實不能避免。但每每因此引起鄉民的反感，甚至於影響測量員生命的安全。此種現象，測量時常常有之（猶憶作者在實地工作時，將木樁釘於墳墓的近旁，竟被鄉民立刻拔去，幾至動武。這都是民氣不開，教育不普及的原故）。

路線上如遇障礙，必須將路線移動。移動路線，須根據於地形測量時所測得之地形平面圖。

地形測量時所用之儀器，為平版儀 *Plane table*。測量的方法，即將平版儀安置於路線之起點上 *Station 0+00*，務求其水平，並定其方向（通常皆指北方，以 *N* 表之）。

方向測定以後，由起點畫一直線以定之。然後再將測尺豎立於所應測之各點，逐一測量之，以鏡筒視線距離比例尺上之二視線間，所包含之距離。而定其距離平版儀之遠近。如二線所包含之距離，為一寸之十分之一，則知此點距離平版儀為一〇尺；如所含之距離為一寸，則知相距為一〇〇尺。用此法在路線之起點 *Station 0+00* 上，將各點一一測量完竣，用比例尺 *Scale* 畫在平版儀平版上所訂之繪圖紙上（此比例尺，即一寸作為十等分）。如將平版儀由起點 *Station 0+00* 移至第一點 *Station 1+00*，或其他各點時，仍須先行取後視 *Back sight*，再如前法以行之。繼續工作，至路線之終點為止。茲將地形之測量圖樣列後：

第三節
最後定線



前節所述之導線測量中之地形測量，如路線所經過之處，遇有障礙，事實上不能將障礙移去時，則惟改變路線的一法。此線可預先畫於地形測量所得之圖中，然後再依上述的各種測量方法，如導線測量，縱斷面測量、橫斷面測量等等，一一測之。測定之後，即不得將此重測之路線變更，此即為最後決定之路線 *Final location*。

在決定路線的時候，當注意路線上有關係之各點，如路線之兩終點（即自路線的起點至終點），路線經過最高處之最低可能點、及江、河之經過點（此為決定建築橋樑之用），均須加以考慮。前特將最後決定路線之要點，一一說明之如下，以供實地工作之參考。

(1) 注意路線上之最低坡度 *Minimum grade* ..

(2) 注意山谿水流之方向，及水漲時的情形。（此與實施建築工程時，有很大的關係。故橋樑位置的檢定，涵洞大小的取決，均須根據地形測量時所得之

結果，以爲定線之依據）。

(3) 注意多取直線，避免彎線。直線則建築經費，可以節省；

(4) 萬一至必不得已時，例用彎線。彎線的種類頗多，有簡單彎線 *Simple curve*、雙合彎線 *Compound curve*、以及背向彎線 *Reversed curve*。彎線測量之方法，已於第三章中說明之。

總之，定線時所應特別顧及者，即爲節省土工與經濟築路之用費。

將最後路線決定以後，就可以進行製圖及計畫。*Design* 之工作。當於下面一一說明之。

第四節 製圖及估計

測量工作完竣以後，則郊野之工作 *Field work*，可以說是完事了。所以

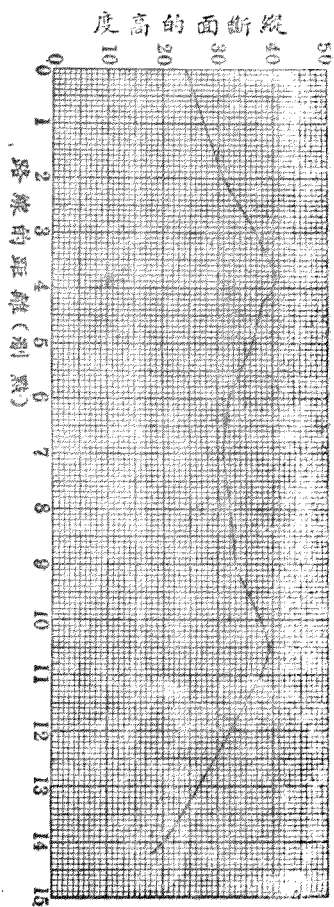
製圖及計畫，均爲室內之工作 *Office work*。室內之工作，有下列的各部份。

特別舉之。

(1) 縱斷面 路線縱斷面的繪圖方法，先將縱斷面測量之結果，案其尺度（在縱斷面紙上 Profile paper 的一格，作為二英尺）、及各點 Station，畫於縱斷面紙上，然後路線之坡度，即可查出為百分之多少（在道路路線上的坡度，最高為百分之八；鐵路路線之坡度，最高為百分之四）。如遇有最大坡度時，則必須設法以填 Fill 掘 Cut 之，總以能避去最大坡度為目的。

填掘之方法，必須根據製圖法以執行之。例如縱斷面圖已畫成，即將橫斷面與路線的中心線 Base line 的交點，移在縱斷面的線上，然後畫一適宜的坡度線，此線即為最後的坡度 Final grade。視不在此線上的各點，距此線之上下有若干尺，然後再將此等距離，移於橫斷面圖的中線上。如此，一方面可得適宜的坡度，一方面又可以計算土工。

茲將路線縱斷面的畫法列後，以供參閱。

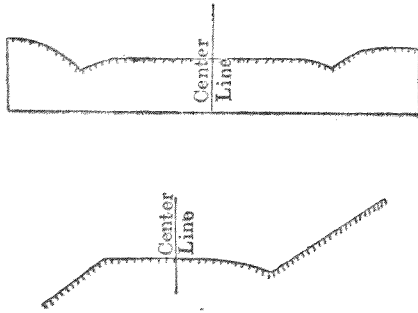


(2)橫斷面 橫斷面的畫法，即將橫斷面測量所得的結果，案橫斷面紙 Cross section paper 上的刻度（一〇格等於五呎）以畫之，先在橫斷面紙的中央，畫一直線 Base line，在此直線上將各點 Station 的橫斷面畫出，並記明各測點之數目。橫斷面與中線相交之點，即移於縱斷面圖上的點。

縱斷面與橫斷面的畫圖法，已如上述。茲將橫斷面的圖形列後，並將繪圖

時所用之普通比例尺，列表於下。

第 三 十 圖



橫 斷 面 圖

平面地形圖	路線縱斷面圖	橫線	直線	路線橫斷面圖
1" = 100'	1" = 100'	1" = 10'	1" = 10'	1" = 10'
1" = 50'	1" = 50'	1" = 10'	1" = 10'	1" = 5'
1" = 20'	1" = 20'	1" = 50'	1" = 50'	1" = 5'
1" = 10'	1" = 10'	1" = 10'	1" = 10'	1" = 2'

(3) 變更路線 路線經過測量以後，如因事實上的關係，不能經過某處，則

必須改變路線 To change the center line. 改變路線時，可於地形測量的圖上，

另畫一路線，但此時各點 Station 必有變動，橫斷面亦有變動。上述橫斷面之

線，在路的中線的兩旁，至少須五呎之距離者，即預備路線變更，有時亦可以免去重行測量的工作。至各點的變動，則可在路之中線上的各點，引垂線以交於變動之路線上，如其相應之點不同，例如原來路線之點為18+24，等於變更路線上18+13，則可書為18+24 BL (Base line) = 18+13 CL (Center line)。以此法記之，可以不致混淆。

(4) 終測及估價 所謂終測者，即指最後的測量而言。因路線的改變，已於地形圖中畫定，最後測量一次，以為施工時的根據。關於測繪方面，有下列各種的工作：

- (1) 復測路線的距離，及縱斷面的高低；
- (2) 測量路線上所有的一切彎線；
- (3) 測量路邊的切線；
- (4) 繪縱斷面，及橫斷面圖；

(5) 校對路線的坡度；

(6) 計算開掘、及填堤打標樑的地點（邊面傾斜線與地面相交之點）；

(7) 規定開掘、及填堤泥土的種類；

(8) 計算取土坑的面積；

(9) 計算土方及搬運的距離。

上述九點，為終測時所應做的工作。至於估價方面的工作，亦有下列的數

點：

(1) 計算路線須用田畝的面積及價值；

(2) 土工的價值；

(3) 排水管的價值；

(4) 涵洞、及橋樑的價值；

(5) 路面材料。及鋪築時的價值。

路面的寬度、及建築的材料選定以後，即可以預算建築的費用，其方式如下：

磚路的估價方式

(1) 材料：(a) 磚價（運送到指定卸貨地點）；(b) 砂價（作砂墊用，運到鋪路地點）；(c) 砂價（作灰漿嵌縫之用，運到鋪路地點）；(d) 水泥價（作灰漿嵌縫之用，運到鋪路地點）；(e) 瀝青價（作嵌張節縫之用，運到鋪路地點）。

(2) 工價：(a) 卸貨及堆積（從火車、或輪船上卸下，及堆置磚塊於鋪路地點）；(b) 運輸（從卸貨地點，運至鋪路地點）；(c) 鋪砂墊；(d) 鋪磚面；(e) 嵌縫；(f) 嵌張節縫。

(3) 材料及工價的總數。

如係包工制，則須加百分之二〇的贏利。

上述之估價方式，係舉一種道路為例。至於鐵路的估價方式，與道路亦大

致相同。所不同者，即為材料的名稱。茲特述其概要如次：

(1) 軌條 *Rails* 的價值（以一英里為單位）；

(2) 路渣 *Ballast* 的價值（以每方為單位。所為一方者，係指一〇呎平方，一呎高而言）；

(3) 枕木 *Ties* 的價值（以一英里為單位），

(4) 涵洞、及橋樑的建築費用；

(5) 土工的價值。

上述數點，係指其概要而言。總之，在計畫路工時，須將路線上所需之各種材料、人工等等，詳細計算。

(6) 建築測量

建築測量，即指施工時之測量而言。建築測量，可以分為下列各部份說明之。

(1) 短道工程隊：短道工程隊之範圍，在十呎以內。短道工程隊之工作，說明如下：

A 工程師管理一切工程上的事宜；

B 測量員則專事測量及計算的工作；

C 繪圖員則專司繪圖事宜，

D 書記掌理通信、記錄、及繕寫報告書等事；

E 監工員監察工人的工作，及施工的方法是否依照契約及規條履行（此

指包工制而言）。

(2) 長道工程隊：長道工程隊之工作，與短道相同。

(3) 測量的工作如下：

A 定土工的標樑（在標樑上書明填、掘的數目）；

B 定涵洞、及水溝標樑；

C 校對路線橫斷面的形勢；

D 路面已鋪之處，測驗路線傾斜，路面傾斜、以及路冠等等，是否與計畫時所規定者相同。

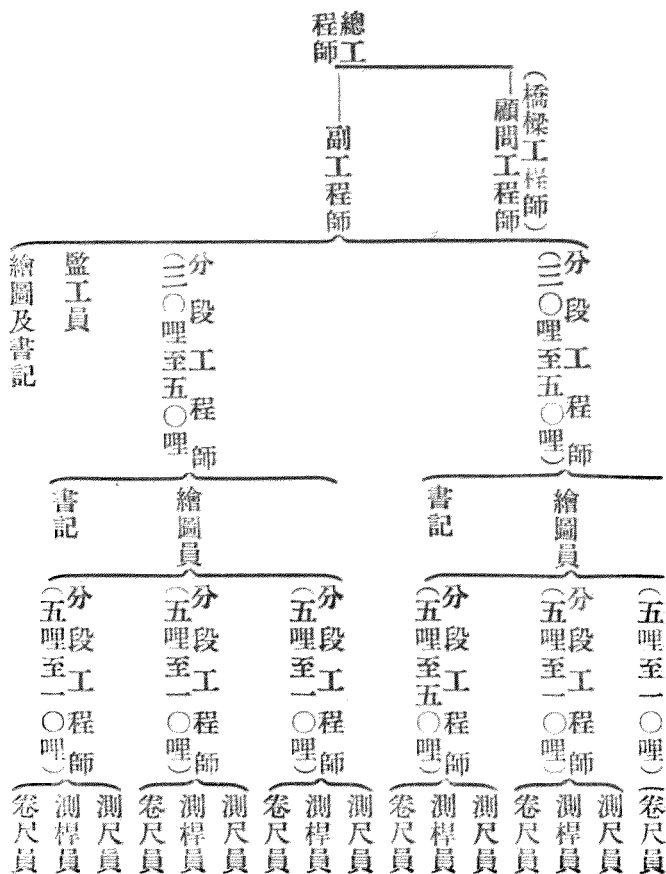
(4) 報告預算每月必須完成路線的長度，及記錄每月完成的路線長度等，作一詳細的報告書，於月終呈報總工程師，以備查閱。

估價及最後測量之各部份工作，已於上列各節中述其概要。至於土方的計算。豎直彎線 Vertical curve 的計算、路冠 Crown 的計算、以及涵洞的計算及種類，當於另章中詳細討論之。

測量的實地各部份的工作，此處已將其重要之點，一一舉出，茲更將路線測量處之組織，列表如下。

分段工程師 { 測尺員
測桿員

路線測量處組織系統表

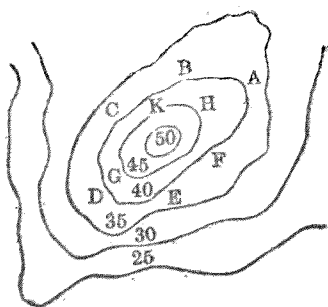


第六章 等高綫測量法

第一節 等高綫的意義

前面所述的導線測量法、縱斷面測量法、橫斷面測量法、以及地形測量法等等，皆指路綫的縱斷面、橫斷面、以及地面的物體的測繪法而言。至地面之高低凸凹，如何測量，如何繪圖，亦不得不有詳細的討論。此種地勢高低凸凹的測繪，亦為地形測量，工作中最重要的一種。測繪地勢凸凹高低的方法，常用等高綫 Contour line 以表明之。

等高綫，係連絡地面上高度相同的各點而成之綫。所以等高綫，又名之為水平綫。如第三十一圖所示，已知 A、B、C、D、E、F 各點，其高度皆相



第 三 十 一 圖

同，則用一彎線以連絡以各點。此種彎線，就叫做等高線。換言之，就是指在此彎線以內所有的各點，其高度都是相等的。在餘的各彎線，也是等高線。等高線之彎曲的形勢，雖是沒有一定，但在每線以內地勢的高，都是相同的。

如第三十一圖所示，A、B、C、D、E、F、各點，均高出於水平基線四〇呎，則名此等高線，謂之四〇呎等高線。H、K、G、之彎線，高出於水平基線四〇五呎，則名此等高線，謂之三五呎等高線。其餘的各彎線，均可以根據其高出於水平基線的呎數名之。

根據上面的說明，我們可以知道等高線的意義。等高線，就是指水平面與地面相交所成的交線。譬如說湖中有水，則湖的岸邊的水面線，就是等高線。

如水面高出於水平基線五〇呎，即爲五〇呎之等高線。

普通所用之等高線，爲便利計算起見，各線的高度的差皆相等。如第 圖所示各等高線，其高度的相差，皆爲五呎。

第二節 等高線的性質

等高線的意義，上節已經說明了。本節特將等高線的性質，一一述之。等高線既表示地勢之高低凸凹，則從等高線的形狀，就可以知道地面高低凸凹之形勢。其性質可列舉之如下。

(1) 任何等高線內的各點，其高度均須相等。如第三十二圖所示，等高線內各B點的高度，皆爲一〇〇。

(2) 每一等高線，皆能够銜接，如第三十二圖所示，或在圖之界限以內，或在圖之界限以外。如圖中之C爲在界限以外，E爲在界限以內。

(3) 凡等高線，能在圖之界限以內相銜接者，皆為表示山頂或低窪之處。如第 圖之 F 線，高度為一四〇，其高度與圖中所示之相鄰各等高線為高，可知 F 必為最高之處。又如圖中之 C 線，其等高線為六〇，其高度與圖中所示之相鄰各等高線為低，可知 C 必為最低之處。最高之處，就是山頂；最低之處，就是湖泊。

(4) 任何等高線，皆不能彼此相交。

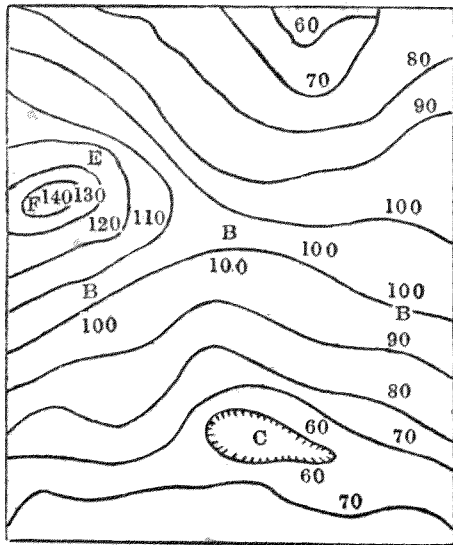
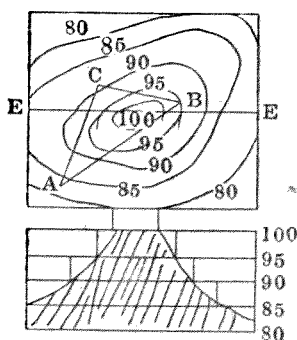


圖 二 十 三 第



第三十三圖

等高線的性質，已如上述。可知等高線的測量，在路線經過山頂或山腰時，最爲重要。等高線的目的，是在求得等高線以後，可以決定路線的行徑、及縱斷面的高度。

如第三十三圖上部所示，A、B、C三點的水平線的高度，大致相同。這是在等高

- (5) 坡度平均之處，則等高線之距離必相等。
- (6) 等高線之距離愈小，則地面的傾斜愈大；等高線之距離愈大，則地面必愈平坦。
- (7) 等高線經過某點，必與某點最崎嶇之斜線成直角。
- (8) 等高線，不能橫過山谷及溪澗，必須沿邊岸向上行。至山谷的底或溪澗的底與此等高線同高時，然後橫過之。橫過以後，再向下行。

線上可以看得出來的。A點的高度，是在八〇與八五之間；B點的高度，在九五與一〇〇之間；C點的高度，在九〇。

第三十三圖之下部所示，為EE的豎直斷面。

第二節 等高線測量法

測量等高線，通常則用水平儀，然用經緯儀測之亦可。

用水平儀測量等高線，即應用水平儀測量法，即以水平儀測量地面上各點，與尋常之水平儀測量法相同。

用經緯儀測量等高線，即利用經緯儀望遠鏡中的比例線，一方面從鏡中觀測地面上的各點；一方面又可從比例線中算得其距離。雖說此種辦法，不甚精確可靠，然其準度已可以應用。如遇地勢凸凹不平的地面，即以鋼帶尺測量之，亦不易得精確的結果。故等高線測量時，以經緯儀為較便利。

比例線之距離，常有一定，兩線皆不能移動。用比例線以測量距離，常以分度尺互相爲用。

用經緯儀測量等高線，即以比例線定各點與測點之距離，然後再求各點之高度。將各點高度求得以後，就以如第三十三圖所示，繪成如等高線及豎直斷面。

等高線的繪圖，不但是在測量道路及鐵路路線時須用之，鑛山測量，以等高線爲最重要。至於記錄等高線測量之方式，以與水平儀測量之記錄方式相同，茲不贅述。

第七章 設計工作

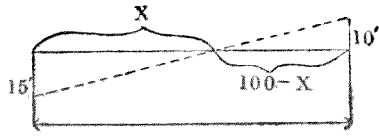
第一節 土工計算法

計算土工，為測量以後之工作，欲知路線之建築費用，當先行計算土工。土工計算之精確與否，與築路之經費有關，故土工計算之方法，不可不注意。

計算土工，可分為兩部份工作：

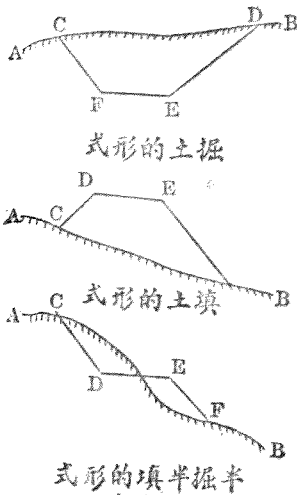
- (1) 計算路線上的掘土量 (Excavation) 。
- (2) 計算路線上的填土量 (Embankment) 。

填掘兩部份的土工，計算的方法是一樣的。計算土工的方法，以橫斷儀 *level* 在橫斷面紙上，按照已定的坡度，將其橫斷面的面積畫出，再以測面器



第 三 十 四 圖

Planimeter 求其面積為若干方呎，用此法將相鄰的二橫斷面的面積求出，以取其平均數。再以相鄰的橫斷面間的距離乘之，即得土工的確數（立方呎）。但若遇二橫斷面間的土工，既有填補，又有挖掘的時候，則可以相似三角形成比例的方法以求之，於二橫斷面上取應填掘的高度，如第三十四圖所示，一五英尺與一〇英尺之間，其距離為一〇〇英尺。解之則得 $x = 60$ ，其他一部份則為 $100 - x = 40$ 。再如上法以求之，則可以算得土工填掘的積體。



第 三 十 五 圖

土工計算之方法頗多，上述的計算法，為最便利的一種，茲將土工之填掘圖形及土工計算表列後：

土 工 計 算 表

Profile			Excavation		Balance	Embankment	
Grade	Station	Slevation	Dist	Area Cubic Feet		Area	Cubic Feet
	0+00			47.5		0	
			100	3500			184.75
	1+00			22.5		3.75	
			100	112.4			2637.4
	2+00			0		532.75	

				83.6	0			3182.65
	2+83.6			0			237.5	
			16.4	0				2890.4
	3+00			0			115	
			60.6		681.35			512.07

第二節 涵洞的選擇

涵洞為道路及鐵路地下排水（關於排水的討論，當於下節說明之）Under

Drainage 最重要的工具。故涵洞之選擇，實為實地施工時所不可不研究的事

項。道路及鐵路路線上地下排水所用的涵洞，大致可分為下列數種：

(1) 箱形涵洞 Box culvert 箱形涵洞，其形四方、或長方為兩端相通的箱子

一樣。此種箱形涵洞，不論水道之大小，均能適用。

(2) 管涵洞 Pipe culvert 管涵洞之形狀，如圓管、或圓桶，常設置於水道面積甚小的地方。

(3) 弧涵洞 Arch culvert 弧涵洞之上部份，形如弓弧、或如小拱橋，常建築於水道面積大於一〇平方英尺之處。

上述之三種涵洞，為道路上排水所常用的排水管。此外則有混合土管 Concrete pipe 鐵管、Iron pipe、以及鋼骨混凝土管 Reinforced concrete pipe 等，則適用於鐵路排水之用。茲將陶管涵洞之價值及重量表列後，至於建築的方法，以屬於工程計畫的範圍，茲以篇幅限制，不能詳述。

每尺重量(磅)	每車所載的呎數
54	500
64	400
80	350
100	300
110	250
150	230
170	200
215	120
300	110
320	90
390	80

陶管涵洞的價值及重量表，與築路經費之估計有關。上表係根據美國一九二九年的陶管的市價列出，以資估計工程費用時之參考。

第三節 陶管與溝道的限制

陶管排水之溝長，不得不加以限制。因暗溝所載之水，流至可以洩出之處，即須排出。如陶管之暗溝過長，載水過遠，則必須增加陶管之直徑，或增加暗溝的坡度，方能保排水之安全。茲將溝長之限制，土質天然的傾斜度，以及路拱之規定量等，列表如下：

管內直徑	每呎價錢	面積(方呎)
12	\$0.19	0.78
14	0.27	1.07
16	0.35	1.49
18	0.40	1.76
20	0.50	2.18
22	0.75	2.61
24	1.15	3.14
27	1.50	4.00
30	1.65	4.80
33	2.25	6.00
36	2.80	7.00

陶管暗溝長度限制表

瓦管之直徑 (以吋計)	最小坡度 (每百呎之高度)	長的限制 (以呎計)
3	.10	800
4	.06	1600
5	.06	2000
6	.06	2500
7	.06	2800
8	.05	3000
9	.05	3500
10	.05	4000
11	.04	4500
12	.04	5000

土質天然傾斜度表

土 質	天然傾斜度
砂	$1\frac{1}{2} : 1^{\times}$
泥(乾)	$1\frac{1}{2} : 1$
泥(濕)	2 : 1
卵石	$1\frac{1}{2} : 1$
碎石	1 : 1
註：×橫	與縱之比

路拱規定量表

路面的種類	平均統計量	規 定 量	
		最 大	最 小
泥路	1:20★	1:12★	1:24★
卵石路	1:25	，	，
馬克達路	1:30	1:16	1:24
瀝青馬克達路	1:35	1:24	1:48
瀝青凝土路	1:35	，	，
石塊路	1:35至1:40	1:24	1:48
混合土路	1:35	1:32	1:48
磚路	1:45至1:50	1:32	1:48
木塊路	1:50至1:60	1:48	1:96
柏油路	1:60	1:48	1:96

附註：★爲

(路冠與路邊高度之差)與

(此兩點之橫距離)之比。

第四節 溝渠流速的計算

計畫排水時，則溝渠之流速，不可不知。所謂溝渠流速者，係指水流之速度而言。溝渠內之流速，大都本於水面傾斜度 Surface slope，水力半徑 Hydraulic radius，及糙滑係數 Coefficient of roughness 三者計算而得。

通常所用計算溝渠流速之公式，多為克特氏公式 Kutter's formula。及貝生氏公式 Bazin's formula。但此兩種公式，均由威瑞氏公式 Chezy's formula 推演而來。計算的方法，異常煩瑣。如無圖表，則無從計算。故實際上很感不便。近來則有美齡氏公式 Manning's formula，計算時實較之上述的公式便利得多。美齡氏公式，有兩種制度：

(1) 公尺制：公尺制之公式，為

$$V = \frac{1.486}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots$$

(2) 英尺制。英尺制之公式，爲 $V = \frac{1.486}{n} r^{\frac{2}{3}} s^{\frac{1}{2}}$ 。以此與戚瑞氏公式 $V = \frac{4.48}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$ 相比較，則知僅以 r 之指數增爲 $\frac{2}{3}$ ，而。則變爲糙滑係數 n 而異，至於性質，則完全相同。

除美齡氏之公式以外，繼續研究者頗不乏其人，如美國之 C. F. Johnson 及 R. D. Goodrich 二氏實地研究之所得，有一最新之公式。特述其實地研究之情形及新公式產生之由來。

研究時先按渠槽之爲泥土、碎巖、或堅巖，分爲三類。每類中，復考察其他情形，如河槽之整齊與否，河道之彎曲與否，以分爲二三類。於是共得下列九種不同的情形。

- (1) 河床爲泥土、或堅實之礫，整潔不毛，河道正直；
- (2) 河床爲堅巖，而又粗糙，河道正直；
- (3) 河床爲堅巖，而又粗糙，河道彎曲；

- (4) 河道正直，河床爲泥土而係新闢者；
 - (5) 河道正直，河床爲泥土而非屬於新闢，且稍有野草者；
 - (6) 河道正直，河床爲碎巖而係新闢者；
 - (7) 河道彎曲，河床爲碎巖而係新闢者；
 - (8) 河道彎曲，河床爲泥土而非屬於新闢，且稍有野草者；
 - (9) 河道彎曲，河床爲碎巖而非屬於新闢，且稍有野草者。
- 因爲欲求計算時之便利，故得一最新之計算流速的公式，

$$V = CRP^a s^b$$

式中之 r ，爲水力半徑； s ，爲水面傾斜度。均爲通用的符號。 P 及 q 爲兩指數，須由實驗推定。 c 爲一常數，係與河槽情形有關係。此公式與威瑞氏公式，亦頗相似（僅將 r 及 s 之指數變更）。

根據實驗所得之結果，本此公式以研究之，可知 q 及 p 殊不能假設一定數

。如取其中數，則又未免相差太大，尤以 P 的值為最甚。故最後決定各種情形，以採用不同之值。q 則採用 $\frac{1}{2}$ ，以其與中數相近，計算時又甚便利。

則 $V = C P^q B^q$ 公式，可書為 $V = C P^q \sqrt{B}$ 。

茲將實地研究的結果，列表如下：

河槽情形	C	P
1	59.8	0.76
2	50.5	0.83
3	48.5	0.80
4	45.5	0.80
5	42.8	0.83
6	41.5	0.83
7	41.5	0.80
8	35.0	0.85
9	33.0	0.85

第五節 路冠計算法

路冠 (Crown, 爲路面排水 Surface drainage 最重要之設計。所謂路冠者，係指路面中間高於路面兩旁之尺寸而言。路冠的功用，在排除路面之雨水。路冠之高低，視建築路面之材料而異。考路冠之形式，不外乎下列數種：

- (1) 兩平弧相交而成的路冠；
- (2) 兩直線相交而成的路冠；
- (3) 圓弧式路冠；
- (4) 拋物線式路冠。

以上四種之路冠式樣，就中以拋物線式路冠者最適用。

計算路冠之公式，種類頗多，特就其最適用者述之。

(1) 羅思瓦特路冠之公式 (Rosewater's formula)。

A 用於泥、磚、石塊、土瀝青、木塊等所鋪築之路面者，計算路冠之公

式如下：
$$C = \frac{W(100 - 4p)}{6000}。$$

B 用於土瀝青、膠泥所鋪築之路面者，計算路冠之公式如下：

$$C = \frac{w(100-4p)}{5000}。$$

上述之兩種公式中， c 為路冠之高，以呎為單位；為路 w 面之寬度，以呎為單位； p 為路線之坡度，以百分率為單位。例如路線坡度為百分之二，則 p 為二。路面中心的高度，既已求得，則其餘各點，均可以依拋物線原理以求之。

設規擬修築之磚面道路，寬度為一六呎，坡度為百分之二，欲求路冠之高度及橫斷面的圖形。可用上述之公式以解之，其解法如下：

$$C = \frac{w(100-4p)}{6000} = \frac{16(100-4 \times 2)}{6000} = 0.245 \text{ (或 } 3 \text{ 吋) 呎，}$$

拋物線公式， $x^2=ky$

現 $x=8$ 呎， $y=3$ 吋，或 .0245 呎，

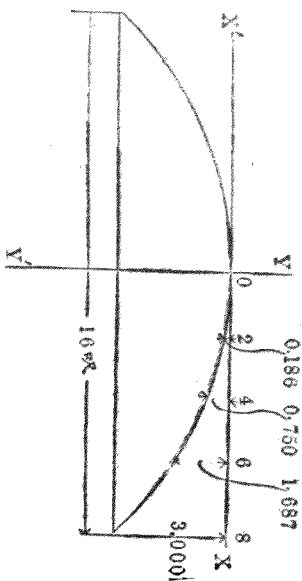
$$k = \frac{8^2}{y} = \frac{64}{0.25} = 256$$

$$\therefore X^2 = 256y$$

由 $X^2 = 256y$ 公式，可以得下列之表：

X	Y(呎)	Y(呎)(吋)
0	0	0
±2	0.0155	0.186
±4	0.0625	0.750
±6	0.1400	1.687
±8	0.2500	3.000

圖六十三第



(2) 華倫氏路冠公式 Warren formula 華倫氏路冠公式，有下列數點，須

加以說明。

A 於土瀝青、膠泥、木塊、石塊、及泥磚所舖之路面。其路冠之坡度，

百分之二以下，而無電車軌道者，則路面每寬六呎，路冠加一吋。

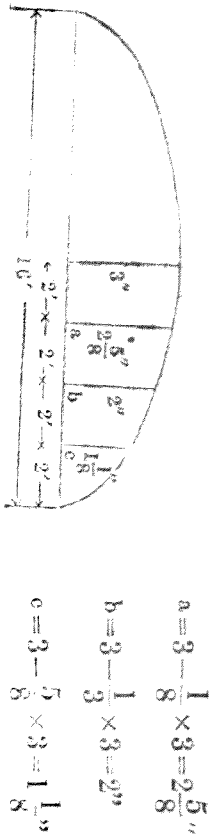
B 於碎石路、石塊、及泥磚路面，並有土瀝青接縫，路線之坡度，在百分之二以下者。則路面每寬四呎，路冠在一吋。如遇有電路軌道者，則須從路寬減去電車軌間之距離，然後再定路冠。

路面中心之高度，既已求得，則其餘諸點，可依下列之規定以求之。

由路面中心至八分之一的路寬時，則路冠減去 $\frac{1}{8}$ ；至四分之一的路寬時，則路冠減去 $\frac{3}{4}$ ；至八分之三的路寬時，則路冠減去 $\frac{5}{8}$ 。

例如路線坡在百分之二以上，至百分之四以下，則用 (a)、(b) 兩節所述之方

圖 七 十 三 續



法，以定路冠。定路冠時，只須定其一半，因定一半，即可知其餘的一半。

(3) 華盛頓氏路冠公式 Washington's formula

凡路面之寬度，在五〇呎以下者，則路冠公式如下。

$$c = \frac{w(100 - 4p)}{6300 + 50p^2}$$

在此公式中之 c ，為路冠之高度，以吋為單位； w 為路面之寬度，以吋為單位； p 為路線之坡，以百分率為單位。

計算時，可依此公式，以定路之橫斷面（橫斷面的圖形，可依拋物線之理以求之）。

(4) 兩直線相交而成之路冠 凡鄉村之道路，寬度在二〇呎以下者，路冠大半用兩直線相交而成。兩直線之傾斜，為 $\frac{1}{4}$ 吋。式中的 s 傾斜——吋與呎之比——路冠，以吋為單位； w 為路之寬度，以呎為單位。

例如路寬為一四呎，路冠用兩直線相交而成。直線之傾斜，為每呎高四分

之三英寸。則路冠高度之求法如下：

路冠橫斷面圖



圖 八 十 三 第

$$0 = \frac{ws}{2} = \frac{14 \times \frac{3}{4}}{2} = 5 \frac{1}{4}$$

上述之各種路冠計算之公式，已够設計各種道路之用。茲更將最簡便之公式兩種，介紹如下：

- 1) $0 = (20 - p) + 1600$ 此公式，在計算磚路、石塊路、木塊路等路冠時，均適用。

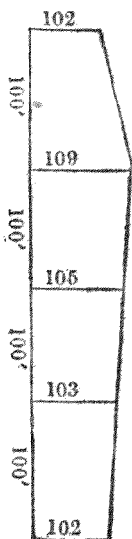
- (2) $0 = (9 - p) + 600$ 此為計算柏油路路冠時之公式。

第六節 豎直彎線的計算

道路及鐵路之斜坡度，每先於縱斷面水平儀測量所得之圖上（見本書第

圖），考察地勢之高低，以定斜度線。並於斜坡線更換之處，定高級在測平標準點之上，更須計算每一〇〇呎標點之相距，用呎數以定坡度。每當斜級變更之處，其兩線相接續，則成一豎直角 *Vertical angle*，故必須用豎直彎線 *Vertical Curve*，以免車經此處，有驟形高下的變動。道路及鐵路所用之豎直彎線，最普通者，為拋物線形之彎線。就豎直彎線而論，如用圓週彎線，較之用拋物線，則頗相形。但採用拋物線，則高下升降之勢，較為和緩。用圓週彎線 *Circular Curve*，則較易於測量。尋常所作之豎直彎線，每視斜級變更處之交點，於其兩旁，定以相當的距離。如下第三十九圖。

第三十九圖



例如知交點 V 之高度，並 V 點兩旁標點之高度——此兩旁標點，各距 V 點一〇〇呎，試求豎直彎線在 H 點的高度—— H 點，係與交點相對。

如第四十圖，以 V 、 A 、 B 、皆為已知各點。

AHB 為拋物線。

連接 AB 。

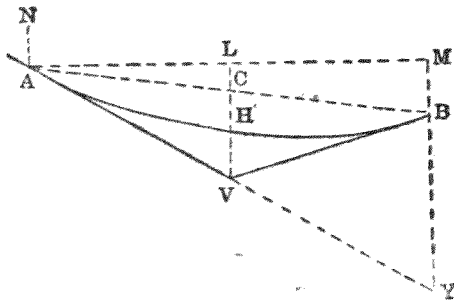
作豎直線 AX 、 $LGHV$ 、 MBY ，並橫

平線 ALM 。

延長 AV 至 Y 。

在豎直彎線，其由切線 AV 及 BV 所作之垂直線，至橫平線上，其重點相

第 四 十 圖



距之 AL ，係與 LM 相等。在此問題中，其重點相距為 100 呎，即 AL 及 L 均等於 100 呎。

故 AG 等於 GB ， AV 等於 VY 。

VG 及 AX ，均為拋物線之全徑 $VH = \frac{VG}{2}$

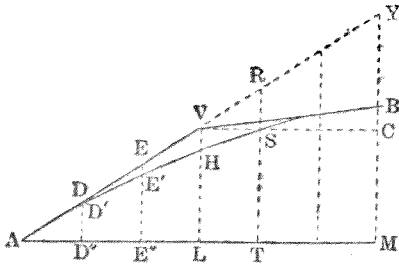
$$H \text{ 點的高度} = \frac{1}{2} \left(\frac{A \text{ 點高度} + B \text{ 點高度}}{2} + V \text{ 點高度} \right)$$

此為求 H 點最簡捷的方法，如豎直彎線之長，均僅限至其交點兩旁之標點為止。則此法為最普通之方法。如豎直彎線之長，不僅限至其交點兩旁之標點，則下列所說的方法，較為適用。即此問題，亦可以用下列的方法以解之。

例如已知 AV 及 VB 二線之坡度：一為 g ，一為 g' 。

在兩斜級相交之 V 點兩旁，其豎直彎線所經之標點的數目為 n 。

並知 A 點的高度。



第 四 十 一 圖

長 AV 至 Y 。以 A 為豎直彎線之起點， B 為豎直彎線之終點。

- a_1 為第一標點之支距 DD' 。
- a_2 為第二標點之支距 EE' 。
- a_3 為第三標點之支距 VH 。
- a_4, a_5, a_6 、餘可以類推。

試求拋物線 AB 所經各標點的高度。
計算之方法，可詳細述之如下。

由公式 $y^2 = 2ax$ ，其支距為 EE' ， VH 等，能與 DD' 用比例法以求之。

$$xox'y' \quad EE' : DD' = \overline{AE'}^2 : \overline{AD'}^2 = 9^2 : 1^2$$

$$EF' = 2^2 \times DD', \text{ 則 } a_2 = 2^2 \times a_1 = 4a_1$$

$$a_3 = 3^2 \times a_1 = 9a_1, \quad a_{2n} = (2n)^2 a_1 = 4n^2 a_1 = BY \cdot$$

根據代數學中的方法， ∞ 之符號，係言此數彼與數相比例而隨其變更。如 $x \propto y^2$ ，係言 x 數，乃隨 y^2 之數以變更。

$$BY = YO - BC$$

$$4n^2 a_1 = ng - ng', \quad a_1 = \frac{ng - ng'}{4n^2} = \frac{g - g'}{4n} \circ$$

注意：用 $\frac{g - g'}{4n}$ 公式時，其 g 或 g' 之加減記號（+ 或 -）須注意。如 $V B$ 之斜坡向下（非如第四十一圖），則算式須改爲

$$a_1 = \frac{g - (-g')}{4n} = \frac{g + g'}{4n} \circ$$

如 $A V$ 之斜坡度向下，而 $V B$ 向上，則算式須改爲

$$a_1 = \frac{-g - g'}{4n} \circ$$

茲特舉一較便利之方法如下。

$$DD' = g, \quad EE' = 2g, \quad VL = 3g, \quad RT = 4g,$$

$$D'D'' = g - a_1, \quad E'E'' = 2g - a_2 = 2g - 4a_1,$$

$$HL = 3g - a_3 = 3g - 9a_1$$

$$ST = 4g - a_4 = 4g - 16a_1 \quad \text{其餘可以類推}$$

$$\text{則 } D'D'' = g - a_1 \dots\dots\dots g - a_1$$

$$E'E'' - D'D'' = (2g - 4a_1) - (g - a_1) = g - 3a_1$$

$$HL - E'E'' = (3g - 9a_1) - (2g - 4a_1) = g - 5a_1$$

$$ST - HL = (4g - 16a_1) - (3g - 9a_1) = g - 7a_1$$

如以直線定坡度，則於每標點遞加以坡度 g ，即為各標點之高度。

如以豎直彎線定坡度，則用此法以求每標點的高度，其所加之數如下：

例如在 A 前之第一標點 = $g - g$

第二標點 = $g - 3a_1$

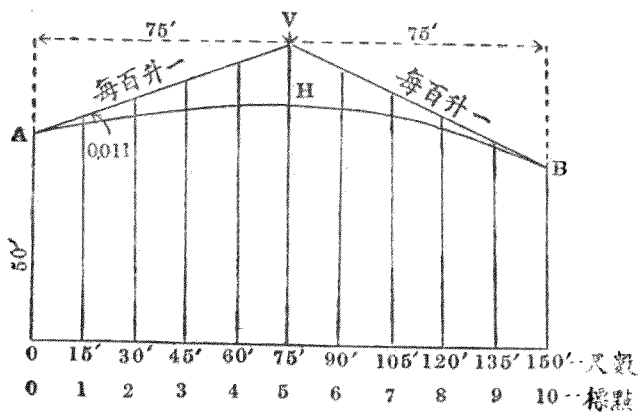
第三標點 = $g - 5a_1$

各點相差之數為 $2a_1$ 。

用豎直彎線以定坡度，較用直線更爲精確。因量至彎線終點，如校對無訛，則可信其間所求之各點，亦皆符合。

上述之豎直彎線計算法，實爲計算豎直彎線重要之方法。茲更舉一例，並將計算所得之結果，列表如下。

如第四十二圖所示，已知之部份，有下列各種：



（圖線彎直豎） 圖二十四第

知 A V 爲向上之坡度，每二〇〇呎升一呎。

B V 爲向下之坡度，每一〇〇呎升一呎。

豎直彎線之起點 A，及終點 B，距離頂點 V，均爲七五呎。

A 點之高度爲五〇呎。

求每距一五呎，其豎直彎線各標點的高度。

用前面所述之公式 $\frac{g-g'}{4n}$ ，將七五分爲五項，

$$\text{則 } n=5, \quad g = \frac{15}{200} = 0.075,$$

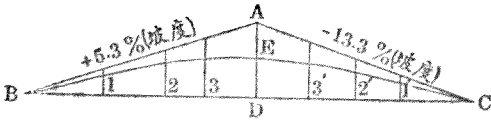
$$g' = -\frac{15}{100},$$

$$a_1 = \frac{g-g'}{4n} = \frac{\frac{15}{200} - \left(-\frac{15}{100}\right)}{4 \times 5} = 0.011,$$

$$g - a_1 = .075 - .011 = .064$$

每距15呎之標點	高 度	50 +0.064 = $g - a_1$
		50.064
1.....	50.064 +0.012	0.064 = $g - a_1$ -0.022 = $-2a_1$
2.....	50.106 +0.020	0.042 = $g - 3a_1$ -0.022 = -2
3.....	50.126 -0.002	0.020 = $g - 5a_1$ -0.022 = $-2a_1$
4.....	50.124 -0.024	-0.002 = $g - 7a_1$ -0.022 = $-2a_1$
5.....	50.100 0.046	-0.024 = $g - 11a_1$ -0.022 = $-2a_1$
6.....	50.054 -0.038	-0.046 = $g - 11a_1$ -0.022 = $-2a_1$
7.....	49.986	-0.068 = $g - 13a_1$
餘 做 此		

第 四 十 三 圖



豎 直 彎 線 圖

下列的方法，為豎直彎線最簡便的計算方法。豎直彎線如第四十三圖所示，其計算方法，可述之如下。

$$r = 5.3 + 13.3 = 18.6$$

$$l = 18.6 \times 15 = 279 \text{ 呎}$$

$$\therefore AB = 139.5 \text{ 呎}$$

$$B \text{ 點的高為 } 233 - 5.3 \times 1.395 = 225.61$$

$$C \text{ 點的高為 } 233 - 13.3 \times 1.395 = 214.45$$

$$D \text{ 點的高為 } (225.61 + 214.45) \div 2 = 220.03$$

$$AD = 233 - 220.03 = 12.97$$

$$AE = 12.97 \div 2 = 6.89$$

將 AB 分為四等分，則

$$139.5 \div 4 = 31.88$$

$$1 \text{ 點的高爲 } 233 - 3 \times .3488 \times 5.3 - \frac{6.89}{4^2} \times 1^2 = 226.99'$$

$$2 \text{ 點的高爲 } 233 - 2 \times .3488 \times 5.3 - \frac{6.89}{4^2} \times 2^2 = 227.56'$$

$$3 \text{ 點的高爲 } 233 - 1 \times .3488 \times 5.3 - \frac{6.89}{4^2} \times 3^2 = 227.27'$$

$$E \text{ 點的高爲 } 220.03 + 6.89 = 227.01'$$

$$3 \text{ 點的高爲 } 233 - 1 \times .3488 \times 13.3 - \frac{6.89}{4^2} \times 3^2 = 222.63'$$

$$2 \text{ 點的高爲 } 233 - 2 \times .3488 \times 13.3 - \frac{6.89}{4^2} \times 2^2 = 222.00'$$

$$1 \text{ 點的高爲 } 233 - 3 \times .3488 \times 13.3 - \frac{6.89}{4^2} \times 1^2 = 218.65'$$

第七節 向心坡度計算法

向心坡度 Super elevation，即指路線在彎轉時，外邊高於內邊的坡度而言

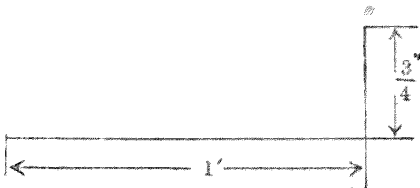
。故又有名此坡度，為「彎線上外側之高度」。向心坡度之計算法，公式頗多。茲特將設計上最適用之公式述之。

$$E = \frac{W^2 v^2}{32.2R} = 0.007 \frac{WS^2}{R} = 0.000,011,7S^2 WD.$$

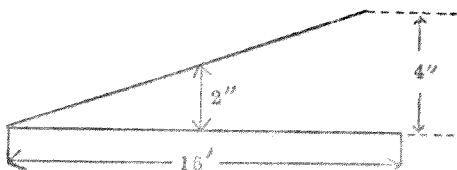
在此公式中，E 為向心坡度，以呎為單位。W 為路面之寬度，以呎為單位。S 為車行每小時之哩數。R 為彎線之半徑，以呎為單位。D 為彎線角度。

美國伊利納省路局 Illinois Highway Department 所用計算向心坡之方法，頗為簡單，無論何種彎線，每路寬一英尺，均為四分之三英寸。

如第四十四圖所示，以此數施於直徑三〇〇呎之彎線，及每小時車行速度一七哩者，此坡度適足以反抗此種道路所生之離心力。又二〇〇呎彎線，及每小時車行速度為



第 四 十 四 圖



第十四圖

一三哩之道路，此種坡度亦能適用。

美國加利佛利亞省路局 California Highway Department 所用之方法，更為簡便。其法無論何種路面，路之彎線內邊，使之平坦。其外邊則隆起，使與內邊適成一直線（即使此線適在路冠之頂上）。例如有一六呎寬之混合土路，其路冠為二英寸，則其向心坡度之隆起，當為四英寸，如第四十五圖所示。凡遇彎線，路寬當加闊，則再加上此另加之路寬，向心坡度，當有五英寸左右。

就實際上的工作而論，計算向心坡度，當以簡單之法為便利。準上述之公式

$$E = \frac{WV^2}{32.2R} = 0.067 \frac{WS^2}{R} = 0.000,011,7S^2WD.$$

設路寬為二〇英尺(W)，彎線半徑為二〇〇(R)，車行速度為每小時一二

英里(S)，則向心坡度，可用上列之公式以求之，其求法如下：

$$E = \frac{WV^2}{32.2R} = 0.067 \frac{WS^2}{R} = \frac{0.067 \times 20 \times (12)^2}{200} \\ = \frac{0.067 \times 144}{10} = 1呎。$$

或 $E = 0.000,0117S^2WD$ (用此公式計算，當先知彎線之角度)。

向心坡度之計算法，已如上述。茲特將向心坡度，列表如下，以便檢查。

向 心 坡 度 表

半徑長 (呎)	每小時車行之速度(哩)					
	10	12	15	20	30	40
100	0.81	1.16	1.82	3.23	7.26	12.91
200	.40	.58	.91	1.61	3.63	6.46
300	.27	.38	.61	1.03	2.45	4.30

400	.20	.29	.45	.81	1.81	3.23
500	.16	.23	.36	.64	1.45	2.58

例如欲求向心坡度（先知路面之寬度），即先在表內檢查得某速度，某半徑之每呎向心坡度之吋數，再以路寬呎數乘之即得。

如前例彎線半徑為二〇〇呎，速度為一二哩，路寬為二〇呎，則其向心坡度為 $E = 20 \times .58 = 11.6''$

第八節 結論

綜觀上述的各章中，對於測量實習的工作，可以說是已盡其概要。但是測量實習的工作，是實際的工作。故書中所論及的，差不多完全是屬於工作方面的指導。至於測量學的理論，在拙作測量學ABC一書中，已有充分的敘述，

希望讀者能够將牠和這一本實習指導書，對照讀之。

書中所述的路線測量法的一章中，是將一條道路和鐵路的路線各部份所需要的實地測量的工作，已逐步說明。至於繪圖及設計的方法，亦加以詳細的介紹。讀者細心考察之，當能收首尾一貫的效用。

附錄 第一表(公尺英尺對照表)

公尺化英尺 (Conversion of Meters into English Feet)

1公尺=3.2808333英尺

單位 十位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	英尺	3.281	6.562	9.843	13.123	16.404	19.685	22.966	26.247	29.528
1	32.808	36.089	39.370	42.651	45.932	49.213	52.493	55.774	59.055	62.336
2	65.617	68.898	72.178	75.459	78.740	82.021	85.302	88.583	91.863	95.144
3	98.425	101.706	104.987	108.268	111.548	114.829	118.110	121.391	124.672	127.953
4	131.233	134.514	137.795	141.076	144.357	147.638	150.918	154.199	157.480	160.761
5	164.042	167.323	170.603	173.884	177.165	180.446	183.727	187.008	190.288	193.569
6	193.850	200.131	203.412	206.693	209.973	213.254	216.535	219.816	223.097	226.378
7	229.658	232.939	236.220	239.501	242.782	246.063	249.343	252.624	255.905	259.186
8	262.467	265.748	269.028	272.309	275.590	278.871	282.152	285.433	288.713	291.994
9	295.276	298.556	301.837	305.118	308.398	311.679	314.960	318.241	321.522	324.803

附錄第一表

第二表(英尺公尺對照表)

英尺化公尺 (Conversion of English Feet into Meter)

1英尺 = 0.3048006公尺

單位	十位									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	公尺	0.3048	0.6096	0.9144	1.2192	1.5240	1.8288	2.1336	2.4384	2.7432
1		3.0480	3.3528	3.6576	3.9624	4.2672	4.5720	4.8768	5.1816	5.4864
2		6.0960	6.4008	6.7056	7.0104	7.3152	7.6200	7.9248	8.2296	8.5344
3		9.1440	9.4488	9.7536	10.0584	10.3632	10.6680	10.9728	11.2776	11.5824
4		12.1920	12.4968	12.8016	13.1064	13.4112	13.7160	14.0208	14.3256	14.6304
5		15.2400	15.5448	15.8496	16.1544	16.4592	16.7640	17.0688	17.3736	17.6784
英尺		18.2880	18.5928	18.8976	19.2024	19.5072	19.8120	20.1168	20.4216	20.7264
6		21.3360	21.6408	21.9456	22.2504	22.5552	22.8600	23.1648	23.4696	23.7744
7		24.3840	24.6888	24.9936	25.2984	25.6032	25.9080	26.2128	26.5176	26.8224
8		27.4320	27.7368	28.0416	28.3464	28.6512	28.9560	29.2608	29.5656	29.8704
9		30.4800	30.7848	31.0896	31.3944	31.6992	32.0040	32.3088	32.6136	32.9184

第三表(公分英寸對照表)

公分化英寸 (Conversion of Centimeter into English Inches)

1公分 = 0.3937英寸

單位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
英寸	0.3937	0.7874	1.1811	1.5748	1.9685	2.3622	2.7559	3.1496	3.5433	
1	3.9370	4.3307	4.7244	5.1181	5.5118	5.9055	6.2992	6.6929	7.0866	7.4803
2	7.8740	8.2677	8.6614	9.0551	9.4488	9.8425	10.2362	10.6299	11.0236	11.4173
3	11.8110	12.2047	12.5984	12.9921	13.3858	13.7795	14.1732	14.5669	14.9606	15.3543
4	15.7480	16.1417	16.5354	16.9291	17.3228	17.7165	18.1102	18.5039	18.8976	19.2913
5	19.6850	20.0787	20.4724	20.8661	21.2598	21.6535	22.0472	22.4409	22.8346	23.2283
6	23.6220	24.0157	24.4094	24.8031	25.1968	25.5905	25.9842	26.3779	26.7716	27.1653
7	27.5590	27.9527	28.3464	28.7401	29.1338	29.5275	29.9212	30.3149	30.7086	31.1023
8	31.4960	31.8897	32.2834	32.6771	33.0708	33.4645	33.8582	34.2519	34.6456	35.0393
9	35.4330	35.8267	36.2204	36.6141	37.0078	37.4015	37.7952	38.1889	38.5826	38.9763

海軍部編譯

第四表(英寸公分對照表)

英寸化公分 (Conversion of English Inches into Centimeter)

1英寸 = 2.540005公分

單位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
公分	2.540	5.080	7.620	10.160	12.700	15.240	17.780	20.320	22.860	
1	25.400	27.940	30.480	33.020	35.560	38.100	40.640	43.180	45.720	48.260
2	50.800	53.340	55.880	58.420	60.960	63.500	66.040	68.580	71.120	73.660
3	76.200	78.740	81.280	83.820	86.360	88.900	91.440	93.980	96.520	99.060
4	101.600	104.140	106.680	109.220	111.760	114.300	116.840	119.380	121.920	124.460
英 5	127.000	129.540	132.080	134.620	137.160	139.700	142.240	144.780	147.320	149.860
寸 6	152.400	154.940	157.480	160.020	162.560	165.100	167.640	170.180	172.720	175.260
7	177.800	180.340	182.880	185.420	187.960	190.500	193.040	195.580	198.120	200.660
8	203.200	205.740	208.280	210.820	213.360	215.900	218.440	220.980	223.520	226.060
9	228.600	231.140	233.680	236.220	238.760	241.300	243.840	246.380	248.920	251.460

參考書目一覽表

1. Tracy: Plane Surveying.
2. Webb: Railroad Construction.
3. Webb: Railway Curves.
4. Baker: Roads and Pavements.
5. Harger and Bonney: Handbook for Highway Engineers.
6. Binger: what Engineers Do.



測量實習指導書