



中等專業學校教學用書

普通測量學

下 冊

A. Ф. 夏維列夫著

高等教育出版社



中等專業學校教學用書



普通測量學

下冊

A. Ф. 夏維列夫 著
清華大學土木系測量教研組譯

高等教育出版社



本書係根據蘇聯河運出版社 (Речной) 出版的技術科學候補博士夏維列夫 (А. Ф. Шавелев) 副教授著“普通測量學”(Геодезия) 1950 年版譯出。原書經蘇聯內河運輸部教育司審定為河運學校及河運中等技術學校用教學參考書。

本書中譯本分上下兩冊出版。

本書係清華大學土木系測量教研組全體同志集體翻譯而成。由王雄鳳、毛世民、孫謙、崔炳光、張家驥、劉翰生諸同志翻譯，李慶海同志負責校訂，錢鑑瑞同志亦曾協助校訂。

本書原由商務印書館出版，自 1954 年 8 月起改由本社出版。

普 通 測 量 學

下 冊

夏 維 列 夫 著

清華大學土木系測量教研組譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 65(第 61) 開本 850×1168 1/32 印張 5 1/2 字數 140,000

一九五四年八月上海新一版

一九五五年十二月上海第六次印刷

印數：30,001—35,000 定價：(7) ¥ 0.59

下 冊 目 錄

第三編 高程測量 229

第十一章 緒論 229

- § 74. 地形概念。地形主要的種類 229
- § 75. 等高線 230
- § 76. 等高線的標準間隔。用等高線描繪出主要的各種地形 234
- § 77. 根據高程在地形圖上繪製等高線 236
- § 78. 藉地形圖解決某些問題 241
- § 79. 根據地形模型作地形圖。沿地形圖已知方向作斷面圖 246

第十二章 水準測量 250

- § 80. 高程測量一般概念。高程測量的目的和種類 250
- § 81. 水準測量的要點 251
- § 82. 地球曲率和折光的影響 254
- § 83. 各等水準測量高程控制網的一般知識 256
- § 84. 水準點 258
- § 85. 水準尺和尺墊。根據水準器安放水準尺。搖擺水準尺 260
- § 86. 在水準尺上读出讀數，檢查水準尺的概念 265
- § 87. 水準儀。水準儀構造的原理及水準儀應當滿足的基本條件 268
- § 88. 定鏡水準儀的檢驗及校正 270
- § 89. 最新式的定鏡水準儀“II”的構造 272
- § 90. 水準管附在橫樑上的活鏡水準儀及其檢驗與校正 274
- § 91. 水準管附於望遠鏡上的活鏡水準儀 277
- § 92. 水準儀“II”式的檢驗與校正 279
- § 93. 路線水準測量。進行路線水準測量的預備工作 281
- § 94. 沿里程樁進行水準測量 285
- § 95. 在陡坡上作水準測量。X 點 289
- § 96. 水平尺法 291
- § 97. 水準線路與水準標點或水準基點的連繫 292
- § 98. 工作之間斷 293
- § 99. 路線水準測量的校核 294
- § 100. 水準測量手簿格式和讀數之記號 297
- § 101. 符合於容許閉合差的水準測量成果之調整 299
- § 102. 縱斷面圖的繪製 302
- § 103. 橫斷面水準測量。橫斷面圖的繪製 309
- § 104. 根據橫斷面圖繪製地形圖 311
- § 105. 寬闊地帶及在陡坡上的橫斷面水準測量 314

§ 106. 用方格法作水準測量	315
第十三章 視距測量	319
§ 107. 一般概念	319
§ 108. 視距尺	322
§ 109. 視距經緯儀的豎直度盤。豎直度盤的始讀數。豎直角量法	324
§ 110. 如何校正豎盤使始讀數 MO 爲 0°	331
§ 111. 當視線傾斜時用視距法測定距離	332
§ 112. 由三角高程測量的方法測定高差所用的公式	335
§ 113. 計算高差的方法	337
§ 114. 視距測量的外業。測站工作	343
§ 115. 視距測量成果的整理和地形圖的繪製	351
§ 116. 以經緯儀水準儀所作的控制爲基礎的視距測量	353
第四編 平板測量	355
第十四章 平板和照準儀	355
§ 117. 概說	355
§ 118. 平板及其附件	356
§ 119. 照準儀。平板和照準儀的檢驗及校正	360
§ 120. 平板的安置	366
§ 121. 在平板上畫出地面上角度的水平投影	367
§ 122. 依據已有的直線定向平板。定向誤差	368
§ 123. 正向交會和反向交會	370
§ 124. 三點問題及其解法	372
第十五章 平板測量的作業	375
§ 125. 平板測量的控制網	375
§ 126. 圖解三角網各點高程的計算。記錄手簿	380
§ 127. 圖解三角網各點高差的調整。調整例題	382
§ 128. 碎部測量。測出碎部點的高程。在圖上繪製等高線	383
§ 129. 以經緯儀及水準儀測量爲基礎的大比例尺的平板測量	384
§ 130. 平板測量的整理工作	385
第五編 草測	387
第十六章 關於草測的基本概念	387
§ 131. 草測的原理和它的應用	387
§ 132. 直線的量度。步長比例尺	387
§ 133. 線的定向和角度的測定	388
§ 134. 草測的作業	389

第三編 高程測量

第十一章 緒論

§ 74. 地形概念。地形主要的種類

地球的表面呈現着各種的起伏狀態。地面上很少有完全平坦而水平的地方。地面的各種式樣的高低不平有個總的名稱，稱為地形。地形對於工程事業以及軍事有很重大的意義。一張沒有表示出地形而十分詳細的平面圖，仍不能很完備地來說明這個地區，對於解決工程事業上及軍事技術上的基本問題是不適合的。

各種形式的地形的組合常常是極其複雜的，因此研究由組合而成的地形也就變成困難的了。我們要能了解地形，識別和觀察出地形的主要的形式，也就是要能判斷地形。為着能最好地了解地形，我們將所有很多種的地形樣式分為主要的兩類：高地和窪地。

山頭及山脊是屬於高地一類，而盆地及谷地是屬於窪地一類。凸出而高於四周地區的高地稱為山頭，山的最高部份稱為山頂。山的側表面亦即由山頂四周向下傾斜的表面，稱為山坡，山坡的下面的邊界線稱為山腳，或山麓。比較小的山稱為小丘。

盆地是單獨的和閉合的碗狀窪地。盆地沒有洩水道，水停滯在盆地中。盆地的最低部份稱為盆地的底。

盆地上部的邊界線稱為盆地邊緣。盆地的側表面稱為盆地斜坡。小範圍的盆地叫作坑窪。

山脊是沿着一個方向延伸的高地。連結山脊最高點所成的線稱為分水線或山脊線。山脊的側表面稱為山坡。山脊下面的邊界也稱為山脚。沿着高低變化成波浪形的山脊線，有顯著降低的地方稱為垭口。

谷地即為呈延伸形的窪地。貫穿谷地最低的點子的線稱為集水線或山谷線。谷地兩側的斜面稱為谷地的斜坡，而谷地的邊緣是它上面的邊界線。

集水線的最高點是谷源，而集水線的最低點是谷口。大面積的谷地，當有緩和的斜坡與緩和的集水線時，稱為平壩。山嶺地區的窄狹的谷地，有陡坡和很深的集水線，形似將山脈切開，稱為大山谷。同樣的窄狹谷地，但在平坦的地區稱為狹谷。

由水的流動而形成的狹窄的、範圍不大的凹地稱為雨裂。

在山脊線垭口的地方，在彼此相反的兩側面有兩個山谷由此開始走向兩方，這垭口的地方稱為鞍部。

§ 75. 等高線

等高線是一種慣用符號，是用來描繪地區的高低起伏的。用等高線來描繪地形的的方法，我們認為是最適當的，而且是最普遍的。這方法的要點如下所述：

圖 154 代表某一高地為彼此相距同一距離的若干水準面所切開。這些水準面與地表面的交線成為閉合的曲線：AA, BB, CC, EE, 及 FF, 稱為水準面等高線。當然所有在某一條等高線上的點子，對於海洋水準面而言有同等的高程。假若水準面作為水平面看待（在較小的地域內），則水平面與地表面相交之處將為閉合的曲線，即水平面等高線。

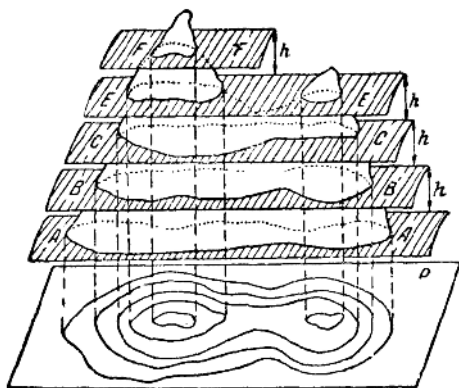


圖 154

地面上的一條線，若該線上所有的點子有相同的高程，則該線稱為**等高線**。水準面等高線是應用於繪製投影地形圖時的工作上，而水平面等高線是應用於繪製普通地形圖時的工作上。

將圖中的等高線投影到水平面 P ，則在這水平面上將有用等高線所表示出的地形的圖畫。

爲着能明顯地看出地形起見，也爲着根據地形圖解決工程上和其他種類的等高線問題起見，在每個單獨測區的地形圖中，割平面之間的距離應當相等。

相鄰的水平割面之間的距離稱為**等高線間隔**，並以字母 h 表之。在地形圖上，等高線之間的距離在圖上不同的地方是不相等的。其距離是決定於地面對於水平面所傾斜的程度。

在水平面上相鄰等高線之間的距離，稱為**等高線平距**，並以字母 d 表之。

地面上各個部份與水平線成或大或小的角度，稱為**斜坡或坡面**。

斜坡最簡單的形式是傾斜的平面。在圖 155 中傾斜平面 $A-B$ 位於 40 及 45 等高線的剖面之間。此圖是由該傾斜面與豎直面相交而成的。

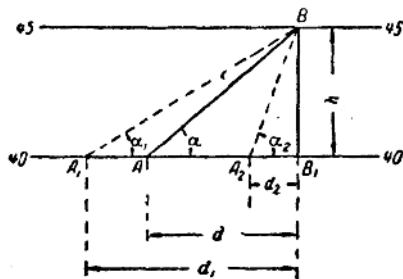


圖 155

傾斜線 AB 是斜坡的斷面。 AB 與水平線傾斜了一個角度 α ，表示出斜坡傾斜的程度。

假若經過斜坡上某點取兩個水平線，並在這兩水平線之間作垂直線，則這垂直線和斜坡上任何其

他的線比較，將具有最大的傾斜。

在某斜坡上最大傾斜線，亦即是坡面上垂直於水平線的線，其方向通常作為斜坡的方向。

在實際工程中，坡面的傾斜常常是用角度來表示的。

在坡面兩端點間的高差對於端點間的水平距離之比稱為坡度。

在直角三角形 ABB_1 內，直角邊 $BB_1=h$ 是等高線間隔。同一直角三角形內的另一直角邊 $AB_1=d$ 是 AB 的水平長度，即是斜坡的平距。

由直角三角形 ABB_1 中，可以寫出：

$$\frac{BB_1}{AB_1} = \operatorname{tg} \alpha$$

或者

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{d}$$

但是比率 $\frac{h}{d}$ 就是坡度，以字母 i 表之。所以

$$i = \frac{h}{d} \quad (52)$$

根據公式(52)可以指出：坡面上最大傾斜線的傾斜角的正切，就是

坡面的傾斜度。

坡度是個抽象的量。上坡線的坡度給以正號(+), 下坡線的坡度給以負號(-)。

從圖 155 中可知:

(1) 對於同一等高線間隔 h 而言, 斜坡的傾斜度愈小, 則其平距 d 將愈大。斜坡 A_1B 與水平面成 α_1 角, 較小於 α 角, 則其平距 d_1 將比 d 較大。相反地, 傾斜度增大時等高線平距則減小。例如斜坡 A_2B 與水平面成 α_2 角, 較大於 α , 則其等高線平距 d_2 較小於 d 。

(2) 在同一傾斜角情況下, 平距 d 隨間隔 h 按正比例而變化。

形成各種地形形狀的斜坡可分為 (a) 平滑的, (б) 凸形的, (в) 凹形的。圖 156-a 表示出在 B 點處改變坡度的平滑斜坡 ABC 。

相同坡度的斜坡上任一部份, 其等高線在地形圖上是彼此距離相等的。斜坡上坡度較小的一部份 AB , 其平距等於 d_1 , 而坡度較大的一部份 BC , 其平距為 d_2 , d_2 將小於 d_1 。

在凸形斜坡上 (圖 156-б), 其坡度是沿着從山頂到底部的方向逐漸增大。表示坡度的等高線, 當坡度增大時, 亦即沿着山頂到底部的方向, 其距離逐漸變小。

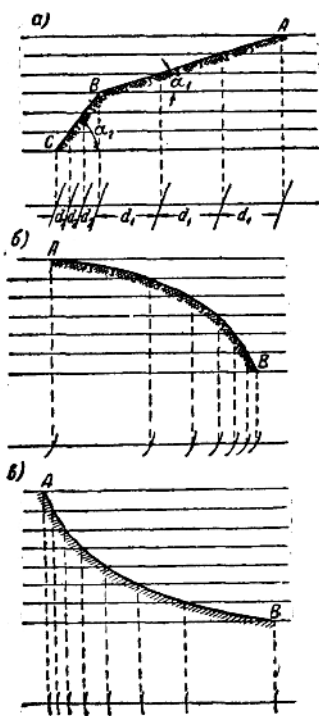


圖 156

凹形斜坡(圖156-B)的特點是由山頂到底部的坡度逐漸減小。在地形圖上等高線間的距離(平距)在山頂處是最小。並在向底部的方向上逐漸增大。

從很緩和的斜坡急劇地轉變為很峻峻的很陡的斜坡的地方稱為峭壁。當用等高線表示峭壁時,等高線將非常接近,甚至等高線之間相互融成一片。在後者情況下,懸崖則用一種齒形符號來表示,齒尖的方向指向懸崖降低的一面。

為了根據等高線研究地形時能夠確定坡度是增加或是降低,而不發生困難起見,在地形圖上每隔一段距離註上等高線的數字。除此之外,由等高線某些地方畫出短線稱為示坡線,指示斜坡降低的方向。

§ 76. 等高線的標準間隔。用等高線描繪出主要的各種地形

在不同的地形圖上,等高線間隔將是不同的,其範圍可以自十分之一公尺到幾十公尺。等高線間隔的選擇是決定於高低起伏的大小,地形圖的比例尺以及地形圖的用途。對於不同比例尺的地形圖,所謂標準等高線間隔是有區別的。

按某一地形圖的比例尺相當 0.02 公分的實際地面上的高度稱為標準等高線間隔。譬如:對於 1:1000 比例尺的地形圖(0.02 公分在地形圖上相當於地面上 20 公分),其標準等高線間隔應當是 $h=20$ 公分。對於比例尺 1:5000, 其標準等高線間隔是 $h=1.0$ 公尺。對於比例尺 1:25000(1 公分為 250 公尺)其標準等高線間隔 $h=5.0$ 公尺,等等。

但是由於地形的性質,等高線間隔可能需要有些改變,而將標準等高線間隔的數值增大或減小。在山地當有很險峻的坡度時,標準間隔的等高線可能相互之間連成一片,而使地形圖模糊不清。在這種情況下,等高線間隔必須增大。相反的,在平坦地區,地形的細節可能不會

完全顯示出來，所以等高線間隔應當比標準間隔減小些。除此之外，假如須要更詳細地描繪出地形，則必須再畫出輔助等高線。爲着區別於原有的等高線，輔助等高線用虛線來表示。

爲着用最好的方式學習了解等高線所描繪的地形，首先必須掌握住幾種主要的典型的地形樣式(山頭、盆地、山脊、谷地和鞍部)。

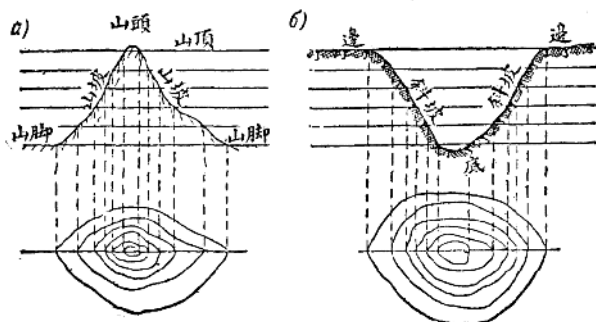


圖 157

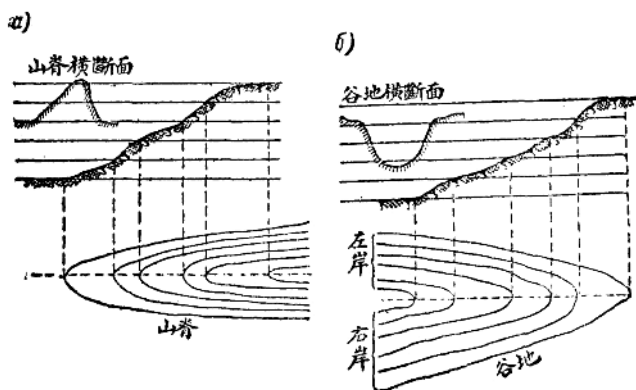


圖 158

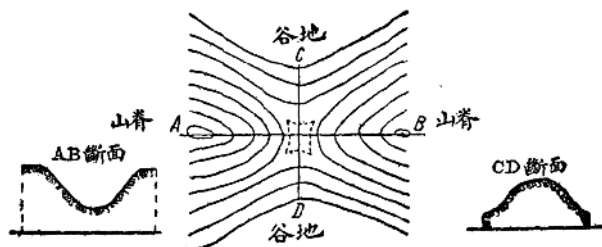


圖 159

山頭和盆地(圖 157)是被繪成自行閉合而彼此圍繞的曲線,爲着在等高線方面能區別山頭和盆地,我們可以在畫等高線時藉着示坡線指出斜坡的方向來。

用等高線所描繪出的山脊和谷地(圖 158),彼此之間也有相似之處。表示山脊的等高線成凸形,凸向分水線降低的一面。在圖 158-a 上以虛線表示出分水線。

表示谷地的等高線(圖 158-b)的凸形是向着山谷線(集水線)昇高的一面,同樣用示坡線指出來。山脊和谷地橫方向的形狀在圖中是用橫斷面表示出來了。

用等高線來表示鞍部時,就如同圖 159 的樣子。鞍部描繪的特徵是:第一、有兩個山頂 A 和 B。第二、鞍部的圖像儼如馬鞍,這馬鞍在圖的中部用虛線畫出的慣用符號表示出來了。在圖 159 上也繪出了經過 A 和 B 山頂直線的斷面圖,和在山脊兩邊相反方向上的山谷線的斷面(沿 CD 線的斷面)。

§ 77. 根據高程在地形圖上繪製等高線

在地形圖上繪畫等高線,首先必須畫出在地面上所測的許多點子,

並註記其高程。當所測的點子能與地區內地形的特徵相符合時，用等高線來描繪地形才能很正確。

所謂地形的特徵點即是斜坡上坡度突變的地點。

設在地形圖(圖 160)上已畫出了點子 A, B, C, D, E, K, F, M 和 N 。並在其旁註記了高程數字。依據點 $A, B, \dots, N$ 的高程我們要在地形圖上畫出每整公尺高程的等高線。

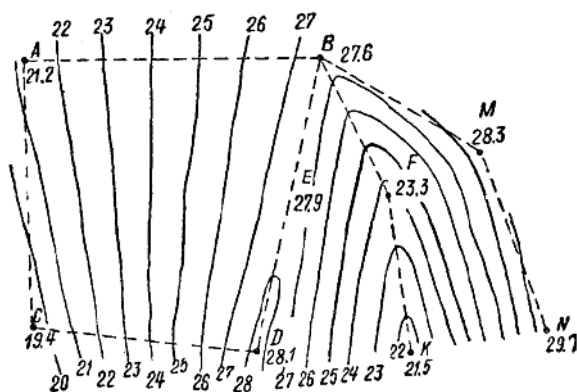


圖 160

根據這個圖，我們來研究等高線繪製的次序。我們假定在測量時，這些點子是取在各特徵點，並且每兩個相鄰的點子位於同一坡度的斜坡兩端點處。

首先我們取 A 和 B 點，其高程為 21.2 公尺和 27.6 公尺。我們要在用虛線畫出的直線 AB 上，繪出每整公尺高程的等高線。根據 A 和 B 點的高程，我們斷定在直線 AB 上應該有 22, 23, 24, 25, 26 和 27 公尺各條等高線。因為斜坡 AB 是均勻的，所以等高線的平距將是相等的。在直線 AB 上由點 A 到 22 公尺的等高線及由 B 到 27 公尺等高

線的距離可由下述方法求出。

點 B 對點 A 的高差等於 $27.6 - 21.2 = 6.4$ 公尺。

直線 AB 用尺量出的距離為 48 公厘， B 點比 A 點高出 6.4 公尺。由 A 點到最接近於 A 點的 22 公尺等高線要升高 $22.0 - 21.2 = 0.8$ 公尺。由於斜坡上直線的水平長度隨直線兩端點的高差的增加而增大，因此可以寫出比例式：

$$\frac{x_1}{0.8} = \frac{48}{6.4}$$

式中 x_1 為由點 A 到 22 公尺等高線的距離。

從上列比例式中求出的 x_1 之值為：

$$x_1 = \frac{48 \times 0.8}{6.4} = 6.0 \text{ 公厘}$$

從 A 點截取一段距離等於 6.0 公厘，由此我們得到 22 公尺等高線的位置。

根據上面同樣的論點，我們寫出下列比例式：

$$\frac{x_2}{0.6} = \frac{48}{6.4}$$

式中 x_2 是沿 BA 線自 B 點到 27 公尺等高線的距離。而 0.6 是斜坡上直線由 27.6 降到 27.0 的高差。從上面等式中可以求出 x_2 ，它等於

$$x_2 = \frac{48 \times 0.6}{6.4} = 4.5 \text{ 公厘}$$

從 B 點沿着向 A 點的方向截取距離 $x_2 = 4.5$ 公厘，即得 27 公尺等高線的位置。將 22 和 27 公尺等高線之間的距離等分為 5 等份，即可得出 23, 24, 25 和 26 公尺等高線的位置。每兩根相鄰等高線之間的距離將等於：

$$x_3 = \frac{48 - (6.0 + 4.5)}{5} = \frac{37.5}{5} = 7.5 \text{ 公厘}$$

用同樣的方法，在直線 CD 上可以求出從 20 到 28 公尺等高線的位置。在直線 CA 上可以求出 20 及 21 公尺等高線，以此類推。把屬於同一等高線的點子連成勻調的曲線，此即為等高線。這些等高線很清楚地顯示出地區內這個部份的地形。

所討論的等高線繪製方法或稱為等高線內插法屬於解析法，這種方法的缺點是經常應用算術四則來作計算，因而使人發生厭倦，並且效能很低。

在實際工作上，通常我們應用圖解法來作內插，使用的工具是公厘方格紙或者橫線紙。

使用第一種工具時，要將公厘方格紙一個直邊比齊圖上的一條直線，例如 AB

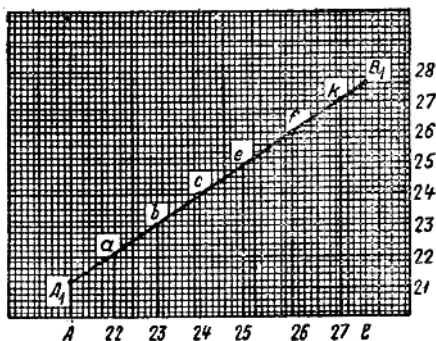


圖 161

(圖 161)，並在這邊上繪出 A 和 B 點的位置。然後在公厘方格紙上，根據粗的橫線(例如每 0.5 公分一根的)註記出適合於這個斜坡的等高線剖面的高程。從在公厘方格紙的邊上所繪出的 A 點，沿着公厘方格紙的縱線方向，上昇到 21.2 公尺的高程，並用鉛筆點出 A_1 點。完全相同地，從 B 點沿着縱線昇到 27.6 公尺的高程，並繪出 B_1 點。用直線聯結 A_1 和 B_1 ，我們就得到 AB 直線的斜坡斷面。直線 A_1B_1 交叉公厘方格紙上的橫線 22, 23, 24, 25, 26 和 27 於點 a, b, c, d, e, f 及 k 。沿着方格紙的各縱線轉移這些點子到方格紙的直邊上，我們就得到在 AB 線上的各等高線位置。

第二種方法：當工作地域範圍較大，而用等高線來表示地形時，這種方法應用很廣。描繪有等距離平行線的一小張透明紙稱為橫線紙（圖 162）。橫線紙的應用可由下例解釋之。設欲在地形圖上兩點之間內插間隔為 2 公尺的等高線，該兩點的高程為 35.0 和 53.4 公尺。

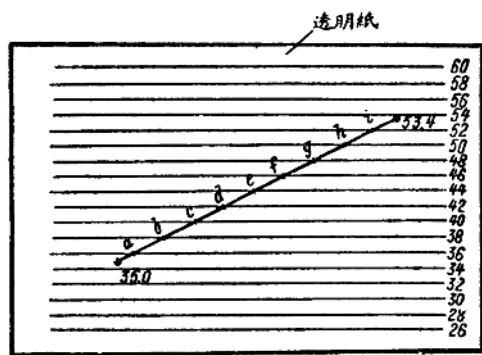


圖 162

在橫線紙的平行線上寫出數字，適合於已知的等高線的高程。在圖 162 上，相隔為 2 公尺的數字即是這種數字。移動或轉動橫線紙，使它在這樣的位置，即使地形圖上直線兩端點的位置符合於橫線紙上的高程。例如，左邊的點子，其高程為 35 公尺，則所佔的位置在 34 公尺和 36 公尺平行線的中間。而右邊的點子，其高程為 53.4 公尺，所佔的位置應在 52 公尺和 54 公尺平行線之間，並且為了符合於該點的高程應靠近於 54 公尺平行線。這樣安放橫線紙之後，從透明的橫線紙可以見到圖上直線和橫線紙上各平行線的交點，並且用細針刺孔在圖 162 上這些點子用字母 *a, b, c, d, e, f, g, h, i* 標明着。刺出來的這些點子即是地形圖上已給兩點間直線上的等高線位置。

橫線紙上諸平行線之間的距離雖然要求相等，但是可以隨意取的。