

苏联中等专业学校教学用书

# 地形测量学

中册

布 拉 諾 夫 伊 茲 馬 依 洛 夫  
彼 特 罗 夫 特 罗 伊 茨 基  
等 著

地质出版社

# 地形測量學

中 冊

布 拉 諾 夫    彼 特 罗 夫    等 著  
伊 茲 馬 依 洛 夫    特 罗 伊 茨 基

斯 洛 博 德 奇 科 夫 總 編

地 質 部 教 育 司 譯

蘇 聯 內 務 部 測 繪 總 局 教 育 處 審 定 作 爲  
地 形 測 量 中 等 專 業 學 校 地 形 測 量 專 業 教 學 用 書

地 質 出 版 社

1 9 5 6 · 北 京

А.И. Буланов, П.И. Измайлов, И.А. Петров, В.В.Троцкий

## ТОПОГРАФИЯ

Под общей редакцией Д.А.Слободчикова  
Отделом учебных заведений Г У Г К  
утверждено в качестве учебного пособия  
для топографических техникумов

ГЕОДЕЗИЗАТ  
МОСКВА, 1954

### 地形測量学

書号15038-164 中 册 350000字

---

著 者	布 拉 諾 夫、伊茲馬依洛夫
譯 者	彼 特 罗 夫、特 罗 伊 茨 基
出 版 者	地 質 部 教 育 司 地 質 出 版 社
	北京宣武門外永光寺西街3号
	<small>北京市書刊出版業營業許可證出字第044號</small>
發 行 者	新 華 書 店
印 刷 者	地 質 印 刷 廠
	北京廣安門內教子胡同甲32号

---

編輯：夏文豹、周 复 技術編輯：殷德鈞  
校對：白叔鈞

# 目 錄

<b>第九章 幾何水準測量</b> .....	9
§110. 幾何水準測量的用途及其方法 .....	9
§111. 地球曲率和折光差的影响 .....	11
§112. 幾何水準測量用的儀器 .....	13
§113. 水準標尺。尺墊 .....	17
§114. 水準儀的檢查和改正 .....	21
§115. 水準器附在望遠鏡下的活鏡水準儀 .....	24
§116. 水準器附在支架上的活鏡水準儀 .....	28
§117. 斯托多爾克維契式水準儀 (HC-2) .....	29
§118. 各式水準儀的比較 .....	34
§119. 水準儀和水準標尺的檢定 .....	35
§120. 水準點 .....	40
§121. 全國性水準系統的分類 .....	44
§122. 四等水準測量 .....	45
§123. 固定水準點的連結 .....	49
§124. 四等水準測量的計算 .....	50
§125. 隔障礙物絕對高程的計算 .....	55
<b>第十章 測量誤差理論的要素和計算技術的原理</b> .....	57
§126. 測量誤差的概念。誤差的分類 .....	57
§127. 測量的偶然誤差 .....	59
§128. 平均誤差 .....	60
§129. 均方誤差 .....	61
§130. 算術平均值的原理 .....	63

§131. 最或然誤差	64
§132. 觀測值函數的誤差	65
§133. 算術平均值的均方誤差	74
§134. 相對誤差	76
§135. 不等精度測量。一般算術平均值的	77
§136. 权的計算	80
§137. 單位权和一般算術平均值的均方誤差	82
§138. 觀測值函數的权	85
§139. 根據兩次觀測值之差評定精度	87
§140. 系統誤差和偶然誤差共同影响下的測量精度	90
§141. 測量計算	93
§142. 应用三角函數表的計算	94
§143. 应用对數表的計算	95
§144. 計算机	96
<b>第十一章 三角測量</b>	<b>98</b>
§145. 三角測量的分類及其進行方法	98
§146. 革命前俄國天文大地測量工作的狀況	101
§147. 偉大十月社會主義革命後苏联天文大地測量工作的發展	103
§148. 三角測量工作的內容	104
§149. 选點	105
§150. 中心標石的埋設	108
§151. 用方向觀測法觀測方向	110
§152. 用複測法測角	112
§153. 觀測各等三角網中各角所用的儀器。角度觀測手簿	115
§154. 視標歸心計算	120
§155. 天頂距的觀測	123
§156. 基綫測量的概念	125
§157. 三角測量的計算	130

§158. 三角網各边精度的確定.....	132
<b>第十二章 導綫測量</b> .....	135
§159. 導綫測量的用途及其種類.....	135
§160. 導綫測量誤差的積累.....	136
§161. 導綫測量的選點和邊長的測定.....	143
§162. 長度丈量的誤差.....	147
§163. 導綫測量中的角度觀測.....	157
§164. 角度觀測的誤差.....	159
§165. 導綫的連結.....	167
§166. 導綫測量資料的處理.....	170
§167. 視距導綫測量.....	172
<b>第十三章 航空攝影工作</b> .....	177
§168. 概論.....	177
§169. 航空攝影机的物鏡.....	180
§170. 航空攝影机內影像的構成.....	182
§171. 攝影的種類.....	184
§172. 路線航空攝影和面積航空攝影.....	187
§173. 綜合地形測量法.....	188
§174. 近似垂直航空攝影的計算.....	190
§175. 野外航空攝影工作.....	194
§176. 飛行攝影工作.....	195
§177. 航空攝影机.....	197
§178. 測定攝影高度和像片傾斜角用的儀器.....	202
§179. 航空攝影時的露光.....	204
§180. 野外攝影沖洗室的工作.....	206
§181. 野外攝影測量工作.....	211
§181. 对飛行攝影的珍察.....	211
<b>第十四章 透視原理和航空像片攝影的簡述</b> .....	220

200. 乙

§183. 點和直線的透視·····	220
§184. 中心投影的基本要素·····	224
§185. 透視像片上基本點綫之間的關係·····	225
§186. 直綫的透視影像·····	227
§187. 透視方格網的構成·····	230
§188. 依據直綫的透視在物面上直綫的構成·····	232
§189. 角在透視中的構成·····	233
§190. 平面透視相應的條件·····	235
§191. 單比和複比·····	237
§192. 投影性和直接變換的概念·····	241
§193. 像片上點的平面位置的確定·····	243
§194. 方位的要素·····	244
§195. 像片上的點和地面上相應點的坐標關係·····	246
§196. 傾斜像片上影像的比例尺·····	250
§197. 主縱綫上的像片比例尺·····	253
§198. 航空像片的變形·····	254
§199. 水平像片上因地形起伏影響而引起的直綫位移·····	255
§200. 像片上因傾斜角而引起的直綫位移·····	257
§201. 角的傾斜變形·····	261
§202. 近似垂直像片上像主點和像底點的角度變形·····	264
§203. 近似垂直航空像片上因地形起伏影響而引起的角度變形·····	267
<b>第十五章 像片平面圖的編製</b> ·····	<b>270</b>
§204. 平面像片三角測量·····	270
§205. 圖解法擴展像片三角測量·····	271
§206. 菱形像片三角網的構成·····	273
§207. 像片三角測量的誤差·····	281
§208. 像片三角網的改正和連接·····	283
§209. 光學機械圖解法改正·····	285

§210. 糾正	289
§211. 第一類糾正儀	291
§212. 第二類糾正儀	293
§213. 糾正的光學條件	294
§214. 幾何條件與光學條件的一致性。偏心距	296
§215. МГИ 糾正儀	298
§216. МГИ 糾正儀的變移器	299
§217. 大型糾正儀	306
§218. 大型糾正儀的變移器	307
§219. 小型糾正儀	310
§220. 小型糾正儀的變移器	312
§221. 糾正前的準備工作	315
§222. 根據定向點糾正的技術	318
§223. 分帶糾正法	321
§224. 像片略圖的編製	323
§225. 像片平面圖的鑲嵌	328
<b>第十六章 像片的平面控制測量(平面連接)</b>	<b>331</b>
§226. 平面控制測量的目的	331
§227. 編製平面控制測量的計劃圖	332
§228. 利用平面連接進行大地測量工作的方法	334
§229. 平面連接時的大地測量工作	338
§230. 用三角形和按餘切公式計算控制點的坐標	342
§231. 極坐標連接法	353
§232. 前方交会	354
§233. 用完全四邊形連接控制點	356
§234. 用中心點多邊形連接控制點	357
§235. 根據三個已知點確定第四點	359
§236. 經緯儀導綫連接法	365



<b>第十七章 地形調繪。地貌測量</b> .....	<b>373</b>
§237. 航空像片地形調繪的一般基礎 .....	373
§238. 調繪所用的顯示符號 .....	374
§239. 調繪程序 .....	375
§240. 在像片平面圖、像片略圖和像片上的地貌測量 .....	376
§241. 像片平面圖地貌測量中的高程控制 .....	377
§242. 圖根測站點 .....	381
§243. 地貌測量 .....	382
§244. 航空像片和像片略圖的地貌測量 .....	389
附 錄 5 .....	393

## 第九章 幾何水準測量

### § 110. 幾何水準測量的用途及其方法

勘查及修建鐵路和公路、巨大的水利建築——運河、水力發電站和堤壩時，以及規劃城市和鄉村時，必須相當精確地測定地球表面各點的高程。

此外，當敷設視距導綫及擴展平板儀測量中的幾何網時，也必須有各點高程作為原始資料，這些點的高程是用比視距導綫中和幾何網中所应用的三角高程測量方法更精確的方法測定的。

這些起算點的高程是藉助幾何水準測量而測定的。幾何水準測量是以水平視線進行的，而三角高程測量則以傾斜視線進行的。

**水準測量的方法** 為了用幾何水準測量測定高差，應將具有公分分割的水準標尺垂直地立在點  $A$  和點  $B$ （圖 305）上。在  $A$  和  $B$  兩點間，放置測量儀器——水準儀，同時，應使照準軸成水平。

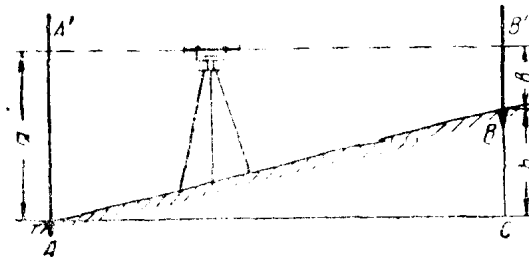


圖 305. 中間水準測量

以望遠鏡照準立在點  $A$  上的水準標尺，而測得在水準標尺上由點  $A$  到水準儀望遠鏡的水平中絲投影的綫段  $AA'$  長度。然後，以水準儀望遠鏡照準立在點  $B$  上的水準標尺，而測得水準標尺上的綫段  $BB'$ 。於是，所求高差  $h$  即等於  $AA' - BB'$  兩綫段之差，即  $h = AA' - BB'$ 。

$BB'$ 。

假定高差  $BC$  以  $h$  代表，立於點  $A$  上的後水準標尺讀數  $AA'$  以  $a$  代表，而立於點  $B$  上的前水準標尺讀數  $BB'$  以  $b$  代表。則可得

$$h = a - b. \quad (\text{IX.1})$$

水準標尺讀數通常謂之前視或後視讀數。因而，後水準標尺讀數  $a$  謂之後視讀數，而前水準尺讀數  $b$  則謂之前視讀數。這樣，後視讀數減前視讀數就等於高差。

由於前點  $B$  高於後點  $A$ ，所以，高差為正的。

如果我們測定點  $A$  高於點  $B$  的高差，那末，前點為  $A$ ，而後點則為  $B$ 。這樣，高差  $h = b - a$ ，而為負的。

這種測定高差的方法謂之中間水準測量。

點  $B$  高於點  $A$  的高差可以用另一種方法測定。即在點  $B$  (圖306) 上置放水準標尺，而在點  $A$  上安置水準儀，使其目鏡與點  $A$  位於同一鉛垂綫上。然後，將水準儀望遠鏡的照準軸成水平，以望遠鏡照準水準標尺，並按水準標尺測量綫段  $BB'$  的長度。然後，測量水準儀望遠鏡照準軸在點  $A$  上的高度。假定水準標尺讀數  $BB' = b$ ，水準儀高度  $OA = i$ 。那末，所求高差將等於  $BC = OA - BB'$  或

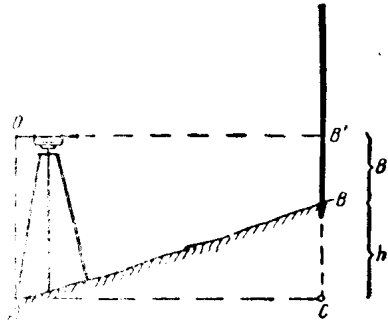


圖 306. 前視水準測量

$$h = i - b. \quad (\text{IX.2})$$

這種水準測量方法，謂之前視水準測量。水準測量時，絕大多數應用前一類方法，即中間水準測量。

假定  $A$  和  $B$  兩點間的距離很長，為了測定兩點間的高差，則將這一距離分成數段  $AC$ ， $CD$ ， $DK$ ，等 (圖307)，同時，在點  $A$  和  $C$ ， $C$  和  $D$ ， $D$  和  $K$  等之間依次放置水準儀，並在這些點上立水準

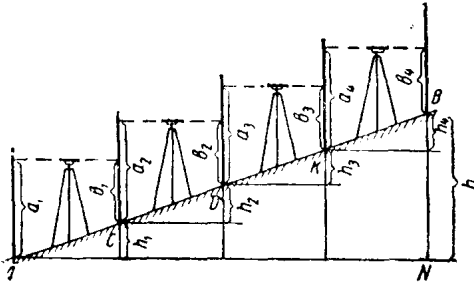


圖 307. 複合水準測量

標尺(這樣的測法謂之複合水準測量——校者註), 測定點 C 對點 A 的高差

$$h_1 = a_1 - b_1;$$

點 D 對點 C 的高差

$$h_2 = a_2 - b_2;$$

點 K 對點 D 的高差

$$h_3 = a_3 - b_3;$$

點 B 對點 K 的高差

$$h_4 = a_4 - b_4.$$

點 B 對點 A 的高差將等於所有測定的高差之和, 即

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4.$$

### § 111. 地球曲率和折光差的影响

如前第七章所述, 在敷設視距導綫時, 地球曲率和折光差對高差的數值有影响。同樣, 地球曲率和折光差對用幾何水準測量測得的高差也有影响。

假定以幾何水準測量欲求點 B 對點 A (圖 308) 的高差。設 AC 為通過點 A 的

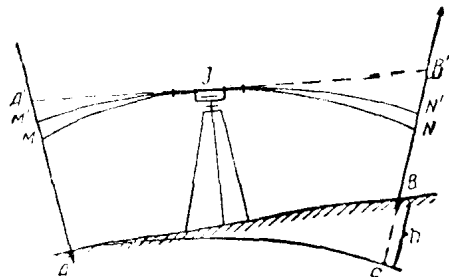


圖 308. 幾何水準測量的視綫

水準面， $BC$  為點  $B$  對點  $A$  的高差。曲綫  $MJN$  為通過儀器望遠鏡軸的水準面。則所求高差

$$BC = h = AM - BN. \quad (\text{IX.3})$$

當沒有折光差時，兩水準標尺讀數等於  $AA'$  和  $BB'$ 。由於地表曲率之故，結果，後水準標尺讀數將減小  $A'M$  值，而前水準標尺讀數將減小  $B'N$  值。

在這種情況下，高差將等於

$$h = (AA' - A'M) - (BB' - B'N). \quad (\text{IX.4})$$

但是，由於折光差的影響，結果照準綫將不是水平的，所以，當照準水準標尺  $A$  時，視線為  $JM'$ ，而照準水準標尺  $B$  時，視線為  $JN'$ 。綫段  $A'M'$  和  $B'N'$  為後水準標尺和前水準標尺讀數的折光差誤差。

假定後水準標尺讀數為  $a$ ，而前水準標尺讀數為  $b$ ，則得

$$\left. \begin{aligned} AA' &= a + A'M' \\ BB' &= b + B'N' \end{aligned} \right\} \quad (\text{IX.5})$$

將  $AA'$  和  $BB'$  之值代入式 (IX.4)，而得

$$h = (a + A'M' - A'M) - (b + B'N' - B'N). \quad (\text{IX.6})$$

設兩水準標尺讀數的折光差影響為  $r_1$  和  $r_2$ ，即， $A'M' = r_1$  和  $B'N' = r_2$ ，而兩水準標尺讀數的地球曲率影響為  $c_1$  和  $c_2$ ，可得

$$A'M = c_1 \text{ 和 } B'N = c_2,$$

$$h = (a + r_1 - c_1) - (b + r_2 - c_2). \quad (\text{IX.7})$$

假定地球曲率和折光差的共同影響為  $f_1$  和  $f_2$ ，即  $c_1 - r_1 = f_1$  和  $c_2 - r_2 = f_2$ 。則高差將等於

$$h = (a - f_1) - (b - f_2),$$

或

$$h = (a - b) + (f_2 - f_1). \quad (\text{IX.8})$$

高差的改正數將等於前後水準標尺讀數的地球曲率改正數和折光差改正數之差。

$$\text{前第七章所示, } f = 0.42 \frac{S^2}{R},$$

式中  $S$ ——儀器到水準標尺的距離,

$R$ ——地球半徑。

可知

$$f_1 = 0.42 \frac{S_1^2}{R} \text{ 和 } f_2 = 0.42 \frac{S_2^2}{R},$$

式中  $S_1$ ——儀器到後水準標尺  $A$  的距離,

$S_2$ ——儀器到前水準標尺  $B$  的距離。

如果水準儀安置在距前後水準標尺等遠的地方, 那末,  $S_1 = S_2$ 。

而前後水準標尺讀數的地球曲率改正數和折光差改正數將相等。

故, 公式 (IX.8) 可寫成

$$h = a - b. \quad (\text{IX.9})$$

然而, 應該注意, 水準標尺讀數的折光差影响不僅決定於距離  $S$ , 而且, 也決定於其他許多因素: 如照準綫在地面上的高度和土壤覆蓋層等。因此, 即使水準儀到兩水準標尺的距離相等, 水準標尺讀數的折光差改正值未必相同。照準綫距地面愈低, 則水準標尺讀數的折光差改正數便愈大。當水準儀到水準標尺的距離相等時, 這些改正數之差由於不大, 所以, 幾何水準測量時, 對高差可不必施加地球曲率和折光差的改正數。

## § 112. 幾何水準測量用的儀器

當進行幾何水準測量時, 往往用水準儀來測定高差。

根據望遠鏡和水準器之間的連結關係, 所有水準儀可分為兩個主要類型:

I 型水準儀——望遠鏡與水準器相連結;

II 型水準儀——望遠鏡與水準器不相連結。

### I型水準儀 I型水準儀往往有不同樣式。

定鏡水準儀（圖 309）是由帶有三個腳螺絲 2 的基座 1 構成的。基座安置在三腳架架頭 3 上，並藉助中心螺絲 4 固定之。橫樑 5 與基座固着，而橫樑環 6 緊緊地固定着具有內對光的望遠鏡 7。望遠鏡是用對光螺絲 8 而對光。圓管水準器框 9 與望遠鏡成一体。在這框中裝

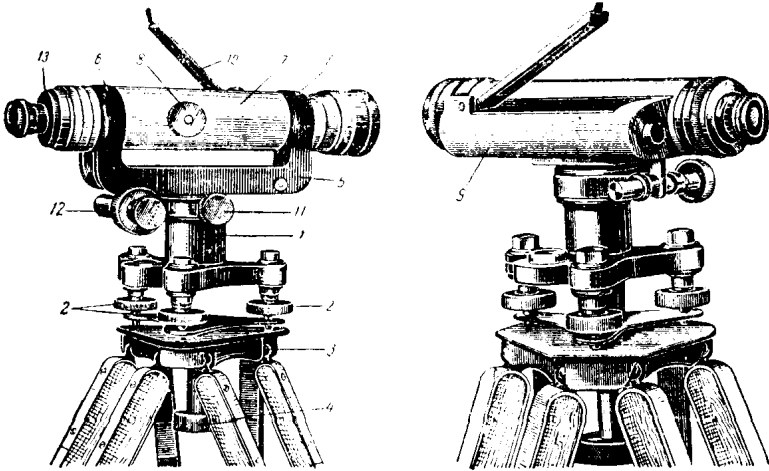


圖 309. 定鏡水準儀

有帶校正螺絲的圓管水準器。水準器上部安有藉助活動關節與水準器框固着的反光鏡 10。用反光鏡可以不離開望遠鏡的目鏡位置而能看到水準氣泡的位置。

水準儀有固定螺絲 11 和微動螺絲 12。爲了保護十字絲的改正螺絲，而以旋緊圓環 13 固定之。

水準器附在望遠鏡下的活鏡水準儀 圖 310 所示，乃是不同於定鏡水準儀構造的 I 型水準儀。該型水準儀的基座 1 具有三個腳螺絲 2 和像定鏡水準儀那樣的橫樑 3，而以兩個叉形支架 4 代替橫樑上的橫樑環。在這兩個支架上可放置帶有兩個所謂軸頸圓環 5 的望遠鏡。望遠鏡是以軸頸安在支架上，同時，爲了避免望遠鏡脫落，用扣環 6 從上面固定之。望遠鏡可從支架上的軸承中取出，並可以調頭換置。水準器 7 與望遠鏡相連結。望遠鏡用對光螺絲 8 對光。而望遠鏡十字絲

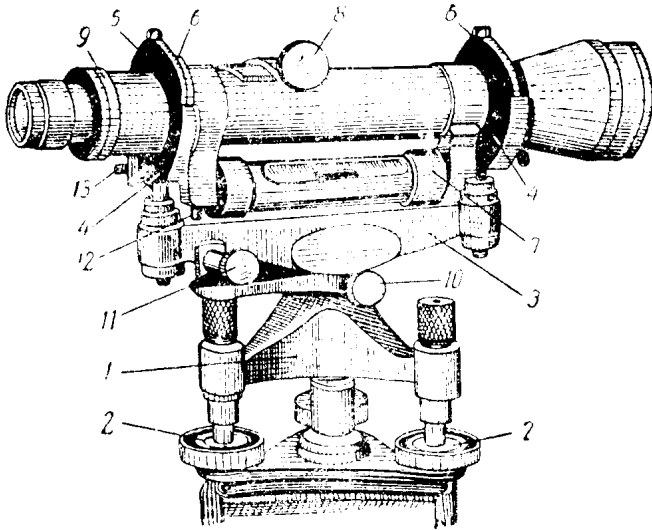


圖 310. 活鏡水準儀

的改正螺絲就像定鏡水準儀上的一樣，是以旋緊圓環 9 固定的。

水準儀有固定螺絲 10 和微動螺絲 11。

新式構造的“HF”式定鏡水準儀（圖 311）乃是屬於 I 型水準儀。

這種水準儀的水準器位於望遠鏡側面，並安裝有放置光學稜鏡系的小盒 1。藉助這些稜鏡可將水準器氣泡兩端的影像反射在與望遠鏡

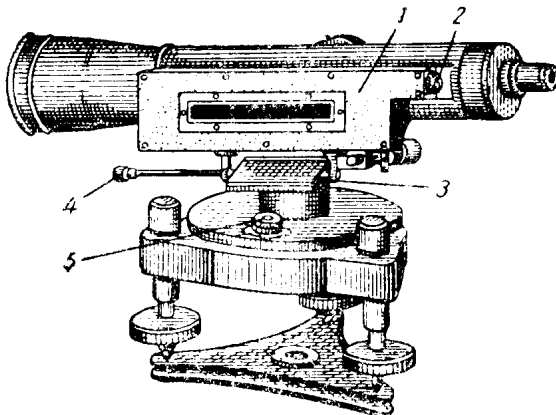


圖 311. “HF”式水準儀



目鏡並列的小望遠鏡 2 上。

因此，爲了使水準器氣泡居中，觀測者只要在小望遠鏡 2（不必離開原位）中觀測即可，在小望遠鏡中，可看到水準器氣泡兩端的影像。

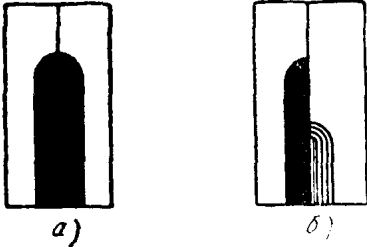


圖 312. 水準器氣泡的兩半影像

如果水準器氣泡位於零點，那末，觀測者在小望遠鏡 2 中就可以看到水準器氣泡相重合的兩半影像（圖 312, a）。如果水準器氣泡不是在水準器中央，那末，望遠鏡中的影像兩端將不重合（圖 312, b）。

在水準器（圖 313）的上部，裝有 1, 2 和 3 三個稜鏡。光綫由水準器氣泡左端的點  $m$  沿  $mA$  方向射到稜鏡 1 上，同時，由點  $A$  上的稜鏡斜面折射到與其相對的斜面——點  $B$  上，由點  $B$  再向下折射到稜鏡 3 上。光綫經過稜鏡 3 而射在點  $C$  的斜面上，然後，再沿  $Cm'$  方向折射。這樣，在稜鏡 3 上，我們可以在點  $m'$  上看到水準器氣泡點  $m$ 。同樣，由水準器氣泡的另一端點  $m_1$  上的光綫沿  $m_1A_1$  方向射到稜鏡 2 上，經折射後，而得  $A_1B_1$  方向，然後，折射到稜鏡 2 的相對斜面

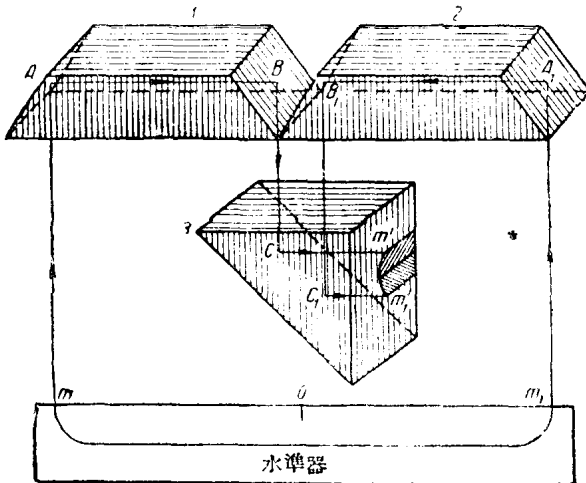


圖 313. 稜鏡中水準器氣泡的影像