

地形測量學

上册第四分册

布拉諾夫、彼特羅夫 合著
伊茲馬依洛夫、特羅伊茨基
斯洛博德奇科夫 總編
地質部教育司 譯

地質部南京地質學校印

目 錄

第九章 幾何水準測量	1-53
§110. 幾何水準測量的用途及其方法	1
§111. 地球曲率 and 折光差的影響	3
§112. 幾何水準測量的儀器	6
§113. 水準標尺。尺墊	10
§114. 水準儀的檢查和改正	15
§115. 水準器附在望遠鏡下的活鏡水準儀	17
§116. 水準器附在支架上的活鏡水準儀	22
§117. 斯托多爾克維契式水準儀 (IC-2)	24
§118. 各式水準儀的比較	29
§119. 水準儀和水準標尺的檢定	30
§120. 水準點	36
§121. 全國性水準系統的分類	40
§122. 四等水準測量	41
§123. 固定水準點的連結	45
§124. 四等水準測量的計算	47
§125. 隔障礙物絕對高程的計算	52
第十章 測量誤差理論的要素和計算技術的原理	54-98
§126. 測量誤差的概念。誤差的分類	54
§127. 測量的偶然誤差	56
§128. 平均誤差	57
§129. 均方誤差	59
§130. 算術平均值的原理	61
§131. 最或是誤差	12
§132. 觀測值函數的誤差	64
§133. 算術平均值的均方誤差	73
§134. 相對誤差	74

§135. 不等精度測量。一般算術平均值	76
§136. 權的計算	79
§137. 單位權的誤差和一般算術平均值	81
§138. 觀測值函數的權	85
§139. 兩次測量值差精度的評定	87
§140. 系統誤差和偶然誤差共同影響下的測量精度	90
§141. 測景計算	94
§142. 應用三角函數表的計算	94
§143. 應用對數表的計算	96
§144. 計算機	97

第十一章 三角測量 99-139

§145. 三角測量的分類及其進行方法	99
§146. 革命前俄國天文大地測量工作的狀況	102
§147. 偉大十月社會主義革命後蘇聯天文大地測量工作的發展	105
§148. 三角測量工作的內容	106
§149. 選點	107
§150. 中心標石的埋設	111
§151. 用方向觀測法觀測方向	113
§152. 用複測法測角	116
§153. 觀測各等三角網中各角所用的儀器。角度觀測手簿	119
§154. 視標歸心計算	124
§155. 天頂距的觀測	127
§156. 基綫測量的概論	129
§157. 三角測量的計算	134
§158. 三角網各邊精度的確定	137

第十二章 導綫測量 140-186

§159. 導綫測量的用途及其種類	140
§160. 導綫測量誤差的積累	141
§161. 導綫測量的選點和邊長的測定	150
§162. 長度丈量的誤差	154
§163. 導綫測量中的角度觀測	164
§164. 角度觀測的誤差	167
§165. 導綫的連結	176
§166. 導綫測量資料的處理	179
§167. 視差導綫測量	182

第九章 幾何水準測量

§ 110. 幾何水準測量的用途及其方法

勘查和修建鐵路和公路、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，常敷設視距導線和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線中和幾何網中所應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，應將具有公分分劃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。

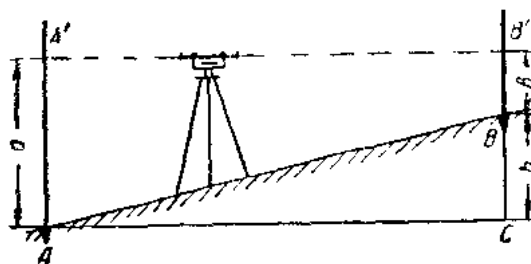


圖305 水準儀置放中間的水準測量

以望遠鏡照準立在點 A 上的水準標尺，而測得由點 A 到水準儀望遠鏡的水平中絲投影在水準標尺上的綫段 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 BC 將等於 AA 和 BB 兩綫段之差，即 $BC = AA - BB'$ 。

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。可見，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 ，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 BB' 的長度。然後，測量水準儀望遠鏡照準軸在點 A 上的高度。今水準標尺讀數 $BB' = b$ ，

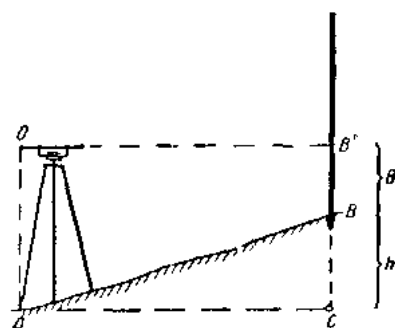


圖306 前視水準測量

水準儀高度 $OA = i$ 。那末，所求高差將等於 $BC = OA - BB'$ 或

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

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，爲了測定二點間的高差，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 、

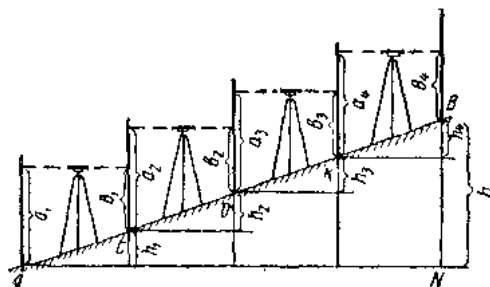


圖307 複合水準測量

D 和 K 之間依次放置水準儀，並在這些點上立水準標尺，（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響

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響。同樣，地球曲率和折光差對幾何水準測量而得的高差也

有影響。

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

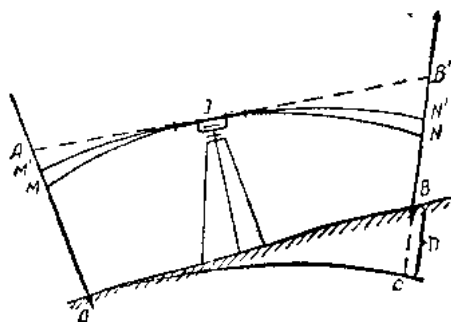


圖308 幾何水準測量的視線

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

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 fM' ,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

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

設兩根水準標尺讀數的折光差影響為 γ_1 和 γ_2 ,即, $A'M' = \gamma_1$ 和 $B'N' = \gamma_2$,而兩根水準標尺讀數的地球曲率影響為 C_1 和 C_2 ,可得

$$A'M = C_1 \text{ 和 } B'N = C_2,$$

$$h = (a + \gamma_1 - C_1) - (b + \gamma_2 - C_2)。 \quad (IX.7)$$

假定地球曲率和折光差的共同影響為 f_1 和 f_2 ，即 $C_1 - \gamma_1 = f_1$ 和 $C_2 - \gamma_2 = f_2$ 。則高差將等於

$$h = (a - f_1) - (b - f_2)，$$

或

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

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。

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。

如果水準儀器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

$$h = a - b。 \quad (IX.9)$$

然而，應該注意，水準標尺讀數的折光差影響不僅決定於距離 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，水準儀到兩水準標尺的距離即使相等，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，水準標尺讀數的折光差改正數則愈大。當水準儀到水準尺的距離相等時，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. 幾何水準測量的儀器

當進行幾何水準測量時,測定高差往往應用水準儀。

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 而構成的。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 與望遠鏡成一體。在這框中裝有帶

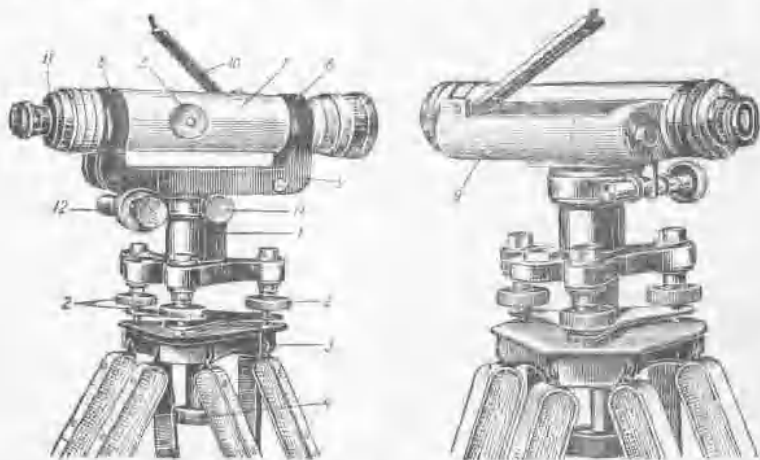


圖309 定鏡水準儀

校正螺絲的圓管水準器。水準器上部安有藉助活動關結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 具有像定鏡水準

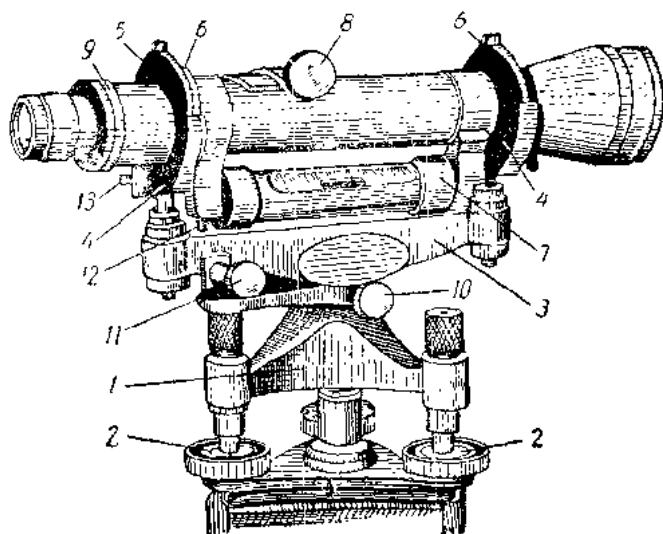


圖310 活鏡水準儀

儀橫樑 3 同樣的三個腳螺絲 2，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“HI”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氣泡兩端的影像反射在與望遠鏡目鏡並列的小望遠鏡 2 上。

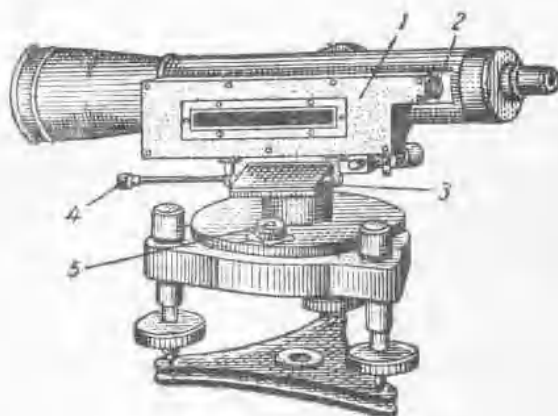


圖311 “HI”式水準儀

因此，爲了使水準氣泡居中，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，可看到水準氣泡兩端的影像。如果

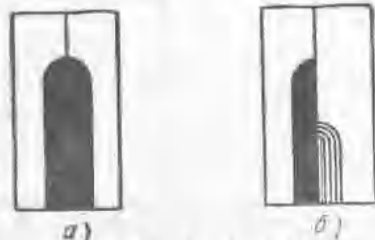


圖312 水準氣泡的兩半影像

水準氣泡位於零點，那麼，觀測者在小望遠鏡 2 中就可以看到兩半個相重合的水準氣泡影像（圖312, a）。如果水準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，裝有三個稜鏡1、2和3。光綫由水準氣泡左端的點 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而射在其斜面上的點 C 上，然後，再沿 Cm' 方向折射。這樣，在稜鏡3上，我們可以在點 m 上看到水準氣泡 m 點。同樣，由水準氣泡的另一端點 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3的相對稜鏡上，光綫再沿 B_1C_1 方向折射，經過稜鏡3而折射到 C_1 點上，再沿 C_1m_1' 方向折射，而在 m_1' 點上，可看到水準器 m_1 點的影像。

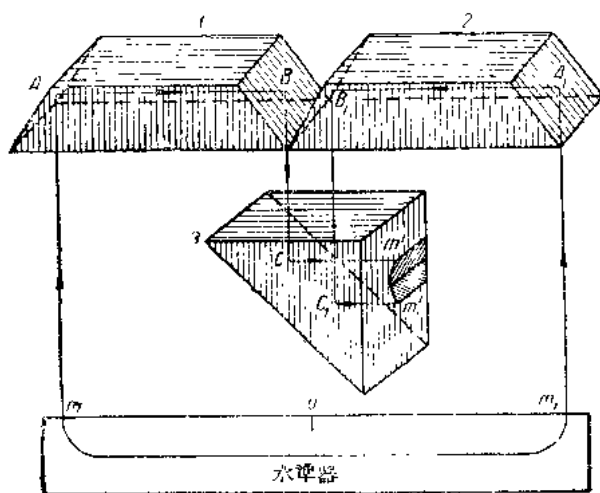


圖313 稜鏡中水準氣泡的影像

稜鏡1、2和3應這樣安裝，即水準氣泡居中時，水準器的兩端在稜鏡3上相重合，如果水準氣泡離開中央時，那末，水準器兩端的影像在稜鏡3上彼此將不相重合。

當水準氣泡兩端的影像相重合時，這種位置謂之符合，而水準器謂之符合水準器。

爲了使水準器明亮，在小盒的下面和側面有小窗。對着下面小窗安裝有反光鏡 3 (圖 311)，反光鏡藉助手柄 4 可以變換水準器的亮度。

爲了大致整置水準儀，在這種水準儀的基座上裝有圓盒水準器 5，用它可使水準儀大致整平。

II 型水準儀。II 型水準儀的望遠鏡和水準器彼此不相連結。水準器附在支架上的活鏡水準儀乃是該型的典型 (圖 314)。

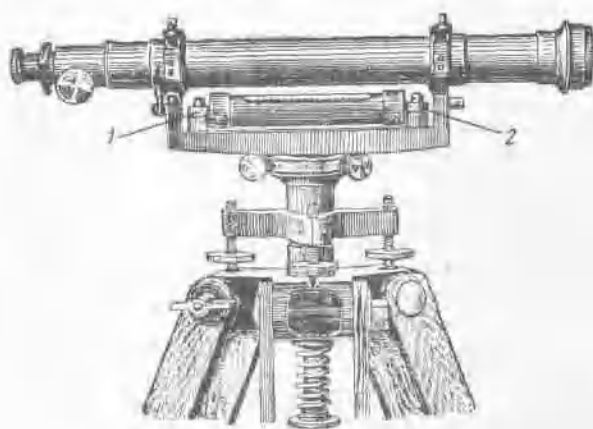


圖 314 水準器附在支架上的活鏡水準儀

該型水準儀的裝置與 I 型定鏡水準儀的裝置相同。不同點只在於 II 型 水準儀的水準器與基座上的橫樑相連結。

§ 113. 水準標尺。尺墊

水準標尺。水準標尺乃是長 3—4 公尺、寬約 10 公分和厚爲 2—2.5 公分的木桿。水準標尺是由乾槲木或乾松木製成的。

爲了防止潮濕，水準標尺通常都塗以油漆，或以油浸透。在水準標尺的正面和反面（雙面水準標尺）或僅在一個面（單面水準標尺）

上劃有分割。水準標尺的每一分割值等於 1 公分；水準標尺立於地面上的底端謂之水準標尺的底部。

水準標尺的底部包有以防損傷的鐵皮。在單面水準標尺上，分割是由底部起算。水準標尺的分割每隔 10 公分（圖 315）註以數字 1、2、3 …………… 以表示由底部起算的公分數。

在雙面水準標尺的正面，分割塗成黑色 而反面則塗成紅色。所以，水準標尺的正面謂之黑面，而反面謂之紅面。在黑面上，分公分劃

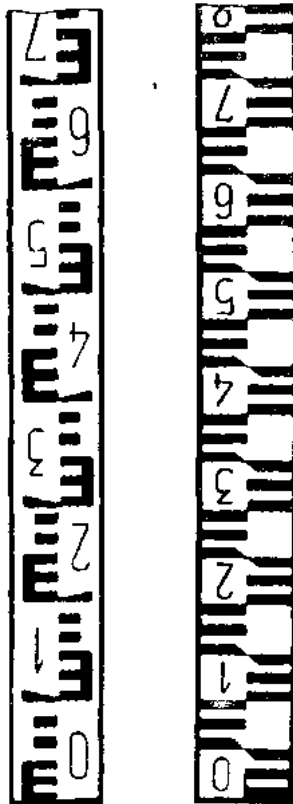


圖315 水準標尺上分割的註記

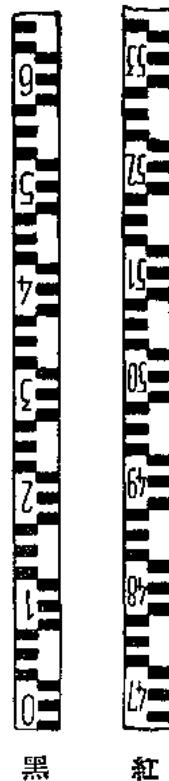


圖316 紅面和黑面的水準標尺

由水準標尺的底部起算。因此，等於零（圖316）的讀數將與水準標尺黑面上的底部相一致。在紅面上，刻劃與黑面上相同大小的分割值，但是，這些分割不是由底部起算，而是在距底部約 13 公厘的地方起算。因此，在紅面上，不等於零而等於某一其他值的讀數將不與底部相一致。如圖 316 所示，在水準標尺的紅面上，等於 4687 公厘（ $4700 - 13 = 4687$ 公厘）的讀數往往與底部相一致。在屬於同一副的另一根水準標尺上，比第一根水準標尺讀數（即 4787 公厘）大 100 公厘的讀數將與紅面的底部相一致。

可見，在第二根水準標尺的紅面上，分割註記不是由 47 公寸，而是由 48 公寸起算，所以，比 48 公寸小 13 公厘，即 $4800 - 13 = 4787$ 公厘的讀數將與底部相一致。

因此，如果將水準標尺立於某一固定的地面點上，並讀取黑面和紅面讀數，那末，同一根水準標尺的紅面讀數應比黑面讀數大 4687 公厘，而另一根水準標尺的紅面讀數和黑色讀數之差應等於 4787 公厘。

往往有這樣的水準標尺，紅面上的分割值大於黑面上的分割值。例如，採用水準標尺黑面上的分割值等於 1 公分，而紅面上的分割值等於 1.1 公分。當紅面讀數與同一水準標尺的黑面讀數相比較時，在紅面讀數中應加上其值的 0.1。例如，水準標尺黑面讀數等於 331 公厘，而每一分割為 1.1 公分的水準標尺紅面讀數則等於 300 公厘。當比較時，在紅面讀數中應加上其值的 0.1，如這一讀數不以 1.1 公厘表示，而像黑面一樣以公厘表示，則該讀數為 $300 + \frac{300}{10} = 330$ 公厘。因此，黑面讀數比同一水準標尺的紅面讀數大 1 公厘。

為了使水準標尺安放在垂直位置上，通常將圓盆水準器以螺絲擰在水準標尺的側面上。檢查水準器時，通過固定在水準標尺上面的金屬臂支架 1 的小孔懸一垂球。垂球的端點應與同樣固定在水準標尺上的

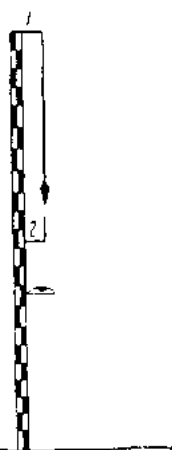


圖317 水準標尺上
圓盒水準器的檢查

另一臂支架2的釘尖相一致（圖317）。這時，圓盒水準氣泡應居中。如果這時水準氣泡離開中心，則可用水準器旁的改正螺絲使其位於零點。

尺墊。如果將水準標尺的底部放在地面上，那末，在其重量影響下，水準標尺就要下沉，而改變其位置。爲了防止這種現象發生，在進行水準測量時，將水準標尺放在尺墊上（圖318）。

尺墊通常是鍛鐵鑄成。其重量約爲5公斤；尺墊下部有三個很尖腳1，用以放在地上。在尺墊的面上，緊緊地固定有所謂銷釘的柱形銷2。

銷釘上部爲一球面，水準測量時，就將水準標尺放在其上。尺墊上的提柄3乃是作爲搬運時用的。爲了使尺墊極其穩定，在安置尺墊前，應刮去地表浮土。

安置水準標尺時，可以用各種形狀的尺釘來代替尺墊。尺釘（圖319）長30公分。其下部是尖的，而上部安有觀測時用以放水準標尺的銷釘以及用於提起尺釘和用於搬運

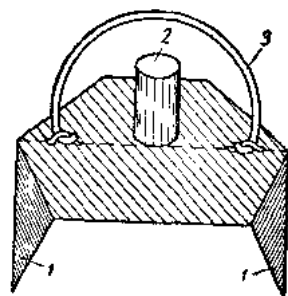


圖318 尺墊

的提柄。當釘尺釘時，尺釘的銷釘應置以金屬套。安放水準標尺時，有時，常應用長約30公分下部尖的木樁。這種木樁應釘成與地面一般高。



圖319 尺釘

水準標尺讀數。進行水準測量時，藉助水準器使望遠鏡照準軸成水平，同時，將水準標尺垂直地放在尺墊或尺釘的銷釘上或者放在木樁上。

如望遠鏡照準水準標尺時，在視場中，則可看到十字

絲投影在水準標尺上的部分。因為，望遠鏡反射出的是倒像，故水準標尺的底部朝上，而分劃註記也將由上而下（圖320 a）。

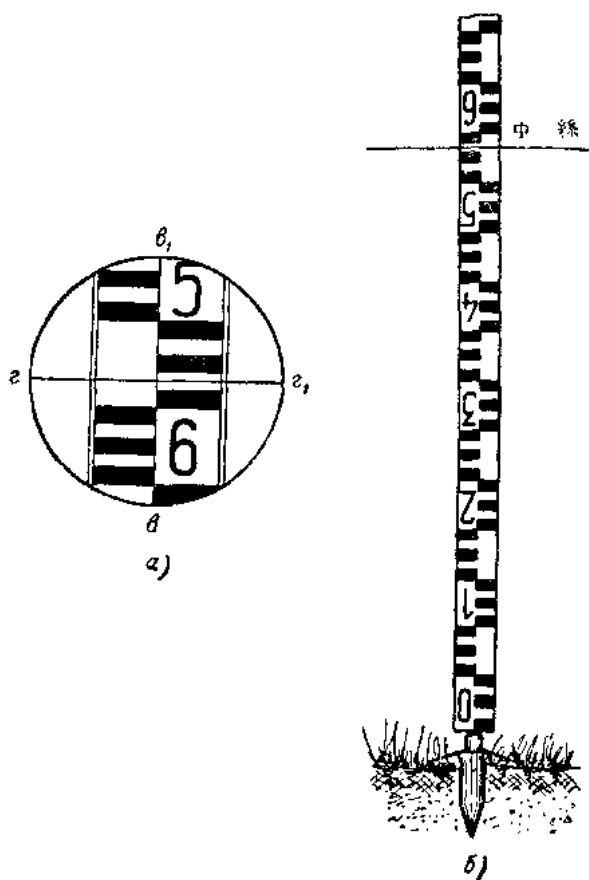


圖320 望遠鏡視場中的部分水準標尺。

BB₁—垂直絲在水準標尺上的投影；

ZZ₁—水平絲在水準標尺上的投影。