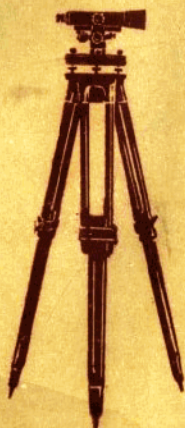


# 实用铁路测量

铁道部第四设计院编



人民铁道出版社

## 目 录

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| <b>第一章 測量仪器及工具 .....</b>            | <b>1</b>   |
| § 1. 測量仪器的概念 .....                  | 1          |
| § 2. 直綫丈量的仪器及工具 .....               | 1          |
| § 3. 高程測量的仪器及工具 .....               | 22         |
| § 4. 測量角度的仪器及工具 .....               | 38         |
| § 5. 平面測繪仪器 .....                   | 76         |
| § 6. 其他仪器 .....                     | 81         |
| § 7. 仪器使用須知 .....                   | 96         |
| <b>第二章 距离、方向、高程測量的一般原理及方法 .....</b> | <b>100</b> |
| § 1. 測量的誤差和精度 .....                 | 100        |
| § 2. 距离測量 .....                     | 106        |
| § 3. 方向測量 .....                     | 113        |
| § 4. 高程測量 .....                     | 116        |
| <b>第三章 視距測量 .....</b>               | <b>121</b> |
| § 1. 視距測量的基本原理 .....                | 121        |
| § 2. 視距乘常数和視距加常数的檢定 .....           | 123        |
| § 3. 視距高程測量和斜距的改正原理 .....           | 125        |
| § 4. 用視距法測量高程和距离 .....              | 127        |
| § 5. 精密視距測量 .....                   | 129        |
| <b>第四章 导綫測量 .....</b>               | <b>131</b> |
| § 1. 概述 .....                       | 131        |
| § 2. 測量导綫的方法 .....                  | 132        |
| § 3. 导綫与其他測量点的联系 .....              | 137        |
| § 4. 导綫点的經緯距計算 .....                | 139        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| § 5. 导綫测量的其他問題 .....           | 148        |
| <b>第五章 水准測量 .....</b>          | <b>150</b> |
| § 1. 水准测量的工作步驟 .....           | 150        |
| § 2. 地球弧面差与大气折光差对水准测量的影响 ..... | 151        |
| § 3. 基平測量 .....                | 152        |
| § 4. 中平測量 .....                | 160        |
| § 5. 柳培凤小組快速抄平法 .....          | 162        |
| <b>第六章 横断面測量 .....</b>         | <b>164</b> |
| § 1. 横断面测量的意义 .....            | 164        |
| § 2. 横断面测量的方法 .....            | 164        |
| § 3. 横断面图的繪制 .....             | 172        |
| § 4. 横断面的測繪寬度与精确度 .....        | 173        |
| <b>第七章 眞北測量 .....</b>          | <b>173</b> |
| § 1. 測量眞北的目的 .....             | 173        |
| § 2. 觀測天体的一般概念 .....           | 173        |
| § 3. 天文三角形的应用 .....            | 176        |
| § 4. 天体仰角之改正 .....             | 176        |
| § 5. 单高法測定眞子午綫 .....           | 179        |
| § 6. 等高法測定眞子午綫 .....           | 189        |
| § 7. 北极星之識別 .....              | 191        |
| § 8. 觀測北极星东西离角法測定眞方位角 .....    | 193        |
| § 9. 在任何位置觀測北极星測定眞子午綫 .....    | 196        |
| § 10. 使用北极仪鏡頭觀測眞子午綫 .....      | 200        |
| § 11. 子午綫收斂角之計算 .....          | 201        |
| <b>第八章 三角測量 .....</b>          | <b>203</b> |
| § 1. 鐵路測量中三角測量的概念 .....        | 203        |
| § 2. 桥位三角網測量 .....             | 205        |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| § 8. 隧道三角網測量 .....                     | 206 |
| <b>第九章 地形測量</b> .....                  | 216 |
| § 1. 地形測量的目的 .....                     | 216 |
| § 2. 等高綫及其性質 .....                     | 216 |
| § 3. 等高綫的測繪 .....                      | 219 |
| § 4. 測点的選擇 .....                       | 222 |
| § 5. 地形測量的方法 .....                     | 224 |
| § 6. 野外工作的作業程序 .....                   | 229 |
| § 7. 地形圖整理及精度要求 .....                  | 232 |
| § 8. 無人跑点測地形新方法之概述 .....               | 235 |
| <b>第十章 鐵路曲綫測量</b> .....                | 236 |
| § 1. 曲綫的組成與計算 .....                    | 236 |
| § 2. 曲綫測設方法 .....                      | 251 |
| § 3. 曲綫測設的其他問題 .....                   | 278 |
| <b>第十一章 水文測量</b> .....                 | 281 |
| § 1. 概述 .....                          | 281 |
| § 2. 水文測驗 .....                        | 282 |
| § 3. 小橋涵測量 .....                       | 297 |
| <b>第十二章 測量工作的發展方向</b> .....            | 302 |
| § 1. 多快好省的進行鐵路勘測是我們的榮光<br>任務 .....     | 302 |
| § 2. 實現測量工作的自動化和半自動化是我們的<br>努力方向 ..... | 302 |
| § 3. 認真貫徹黨的方針政策，促使測量工作的<br>飛躍前進 .....  | 303 |
| <b>附錄：測量中各種常用旗語、符號和標誌</b> .....        | 304 |
| § 1. 旗語、符號和標誌的意義 .....                 | 304 |
| § 2. 一般測量工作中的各種旗語 .....                | 304 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| § 3. 各种常用符号 (图例) ..... | 308 |
| § 4. 一般测量标志 .....      | 311 |

## 第一章 測量儀器及工具

### §1. 測量儀器的概念

我們要知道地面起伏的形狀和大小，就必須進行各種測量工作，以便求得地面上各點間的相對位置和絕對位置。為了達到此目的，就必須使用各種測量儀器，進行距離、角度、高程的測量。

測量儀器的種類很多，按其用途來分，最常見的有下列幾種：

1. 量距離的儀器——帶狀、綫狀的各種卷尺，各種觀距儀等；
2. 量角度的儀器——羅盤儀、經緯儀等；
3. 量高程的儀器——氣壓計、水準儀等；
4. 兼有能量距離、角度和高程的測圖儀器——平板儀及各種速測儀等。

這些儀器不論在用途或構造上，都是多種多樣的，本章依次將各種儀器的構造原理、使用方法、檢查、校正、檢修、保養等介紹於后。

### §2. 直綫丈量的儀器及工具

#### 一、一般工具（瞄準、對點用的）

##### 1. 測杆

構造：又名花杆。木制。直徑約3厘米，長2~3米，杆外間塗紅、白油漆，每節2分米，以使目標明顯。杆下

有鉄脚，以便对点及插入地下。上端可装上紅白旗以利远望。測杆必須直挺，鉄尖应在木杆的中心綫上。

用途：对点、定直綫或当尺用。

操作方法：① 两手輕扶，右手在上（提起一点）左手在下，两脚分开成八字形，使光綫透視，以便远处能看見杆脚。操作时呼吸要均匀，两眼由杆两侧前視；

② 要注意鏡子上的动作，不能疏忽，以免影响測量精度；

③ 如中途穿直綫，应側身执花杆，以免妨碍視綫；

④ 花杆有弯曲时，应在对点时使弯曲处朝向仪器，使在同一垂直面內，以保証工作質量。

保管：过沟、过河不要用花杆作拐棍，休息时不要垫着坐；不要抛擲花杆，并且不要碰掉花杆上的油漆。

两用花杆：将普通三米长之花杆鋸成两半，用鉸联在一起。两杆合起时，可以当花杆使用；两杆張开时，則可当視距尺使用，故称两用花杆。

## 2. 測針

构造：用4分米长的8号粗鉄絲，一端弯成环形，一端磨成尖的，上拴紅布条，每十一根为一組。

用途：对点；拉鏈时用来記整尺数用。

## 3. 綫鉈（垂球）

构造：金属制成，似圓錐形，上端系有絲繩。

用途：① 拉鏈时，前后鉈用来吊綫对点用；

② 当視綫下部被擋住时，将綫鉈吊在花杆上或垂球架上，使經緯仪瞄准垂綫的上端以对方向；

③ 摆設經緯仪、平板仪时，仪器本身对点用。

## 4. 覘标

构造：为精密經緯仪之附件，每架仪器配有覘标2~4

只，觇标的基座与經緯儀的基座相同，可以互相換用。每架觇標附有三腳架一付，觇標背后可裝電光照明器以備夜間測量及坑道測量之用。

用途：精密導線測量、小三角測量時，經緯儀對點用。

### 5. 視距尺

用木板制成，兩面塗白漆，在白漆上印有紅、黑兩色的尺寸號碼或刻劃符號，一般長為4米。有的在中間2米處分為兩段，用鉸聯結，不用時可疊起來，以方便攜帶。

## 二、丈量距離的儀器及工具

### I、直接丈量方面

#### (一) 卷尺

##### 1. 布卷尺

構造：又稱皮尺。有20~100米等數種，是用6~8根細鋼絲與棉線合織而成。帶狀，卷放於皮盒中。

用途：在地形測量中，丈量建築物面積；橫斷面測量中拉距離用。

操作方法：使用時拉力不宜過大，以拉伸平直為限。因其伸縮性很大，最好在使用前先用鋼尺校正。校正後如有誤差，則在使用時加以改正。使用時注意零點在尺上之位置。

保管：用時需注意愛護，保持清潔，勿使其沾水及泥污（沾水後伸縮性更大）。如沾水浸濕，要立即擦試、晾干，然後再收入盒內。

##### 2. 鋼卷尺

構造：又稱鋼尺。用條狀薄鋼片制成，上面刻有尺寸，可卷放在皮盒內或帶把之金屬架上。長度分為自20~100米等數種，為測量中精密丈量常用之工具。

操作方法：使用前，首先應認明尺之零數在什麼地方，

以免发生差錯；拉尺时应用力拉紧，使尺平直，并且每次力量要相等，不要有时紧有时松，尺头零数必須切于測点或測針的中心，如稍有走移，易产生誤差。尺上数字要細心辨認以免出錯。

保管：測量时不能拖尺前进，必須抬尺前进，以免着地磨擦，使尺面損伤；鋼尺性脆，在使用时注意不要使尺扭圈，以免拉断；使用中并要严防行人、車馬踐踏（尤其在地面不平处）。鋼尺用完后必須擦干淨，每阶段任务完了后，要在尺上涂油保护，以免生鏽。

### 3. 鋼鋼卷尺

构造：用鍍、鋼合金制成，分带状及綫状两种。因伸縮膨脹性很小（温度变化 $1^{\circ}\text{F}$ 时，其变化仅为0.0000002，約为普通鋼尺的 $1/30$ ），适用于极精密之量距。

操作方法：①. 取尺——首先打开尺箱盖，小心的将尺取出，拉尺者手握尺环稳步后退。为了防止尺子中間落地，另有一人手握鋼帶在中間輕輕托尺，当尺子全部取出后，然后将尺子挂在瞭尺杆上。

② 丈量距离——自瞭尺杆上取下鋼鋼尺开始量距，讀尺时为了使工作一致，由前端讀尺者喊出口号，两端讀尺者同时將尺挂在与重錘相連結的鋼帶上，然后再同时由两端扶錘者挂上重錘，并使錘徐徐落下，以保持錘的稳定。扶滑輪尺架者应經常保持端正姿势，呼吸不得急促，当讀尺者讀数时，只能做輕微呼吸；并且視軸杆头上的十字綫，使分划尺的邊緣与縱絲密合。在讀数时，前面的讀尺者应将中指伸入尺环內，其他四指微微合攏轉动尺环，使尺无擰轉現象，然后松开尺环，但中指仍在尺环內以防止鋼帶折断尺子落地。讀数时，由前端讀尺者喊出口号，两端一齐讀数，依次先讀出 $\frac{1}{10}$ 毫米，然后再讀出厘米、毫米。記錄者站在中間，及

时算出两端讀数的誤差数值，如不合格則須重讀，直到合格为止。然后仍由前端讀尺者喊出口号，依次作完提錘、取錘、取尺等工作，即移动到下一尺段丈量，轉移时前端人員除持尺者外，其余如讀尺、扶錘、扶架者，均原地不动；后端全部人員向前移动，变成第二尺段的前端，繼續操作。

返测时，所有尺子皆掉过头来，两端人員、工具皆互換位置（持尺者除外）。讀尺者面对与往测时的相反方向；記錄者也变换方向，仍与讀尺者相向，然后各就各位开始返测。

返测时，記錄者应将每尺段所記的每一米的平均誤差值与往测的数值对照，将不同的温度考虑在內，如两者超出誤差允許值，則应由这里开始起向前檢查，直到合格的地方为止。并在記錄本上将此段的第一次往测記錄注明作废。在每一根尺子开始讀数之前，应将当时温度，記于手簿內（一般基綫丈量每10分鐘記一次温度）。

③ 收尺——往测、返测完成后，工作即告一段落，应将尺小心的卷在卷鼓上。

保管：① 鋼尺及卷鼓应細心保护，避免受氧气侵蝕，所以应当經常的用干淨的軟布微沾汽油擦洗之。工作告一段落时，鋼尺及卷鼓皆应薄薄的擦上一层凡士林，并且涂以防锈油。

② 在测量、搬运和存放时，鋼尺应細心爱护，防止剧烈的震动，及剧烈的温度变化。

## （二）竹尺

构造：用竹片削薄刻划而成，因它坚韧、伸縮性小，其測量精度不在鋼尺之下。

操作方法：在使用前首先要用鋼尺校正，因为其接头处易被拉松动。

保管：使用时要注意不使其折断。

### (三) 繩尺

构造：又称測繩。它是用一束細銅絲，外包綫皮制成。每一米处有一小銅片嵌在繩尺上，上面刻有號碼。分为100米及50米两种。

操作方法：繩尺伸縮性較大，精度低，故只能作較粗糙的量距用，一般多用作測橫断面及土地測量等。

### (四) 測鏈

构造：用粗鉄絲制成。分成节段，普通每节20厘米，每隔一米处有一小銅牌，每根尺长20米。其伸縮性小，但較笨重，不易拉直，且精度不高，現用者較少。

操作方法：測量时必须用力拉直，勿使其垂曲，以免影响准确性，鏈上銅牌必須認清，以免差錯。

保管：用后必須擦洗清潔，勿使生鏽。

(五) 計步器——形状如怀表，系于腿上，能自記所走之步数。将步数乘以每步之长，即可得出距离，但往往与实地距离相差很大。

(六) 輪轉計——附于車輪上能自計車輪的旋轉數，由輪周长可算出所經過的距离。

## II、間接丈量方面——視距經緯儀測量。

視距測量是利用望遠鏡的“視差三角形”原理，其中距离  $D$  按下式决定

$$D = \frac{L}{2} \cot \frac{\beta}{2}$$

其中  $L$  = “基尺”长。

根据測量原理分为：

- ①  $\beta$  角固定，而基尺  $L$  是可变的——称为常角測距仪。
- ② 基尺  $L$  固定， $\beta$  角变化——称为常基尺測距仪。

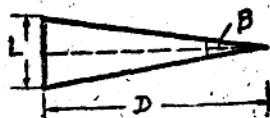


图 1

根据基尺  $L$  所在的位置，又可分为：

基尺  $L$  在测量距离的目的地上——外基尺测距仪。

基尺  $L$  在仪器上——内基尺测距仪。

兹分述如下：

### (一) 常角测距仪

#### 1. 视丝视距仪 (立尺)

构造：一般经纬仪的望远镜都有这种视距装置，就是在望远镜筒内纵丝上加上两条平行的横丝，两横丝至横十字丝之距离相等。

操作方法：经纬仪在测站摆好后，跑尺人将视距尺垂直立于测点上，看镜人通过望远镜瞄准视距尺，用十字丝的中丝在视距尺上对准仪器高的数字。然后观看上下视距丝在视距尺上的读数。上下丝的读数相减后所得的距离，就是实际地上测站到测点距离的百分之一。读视距时为了读距方便并且免于计算，多半使上丝或下丝切于视距尺上整数处，以便很快的读出尺上的距离来 (见图 2)。

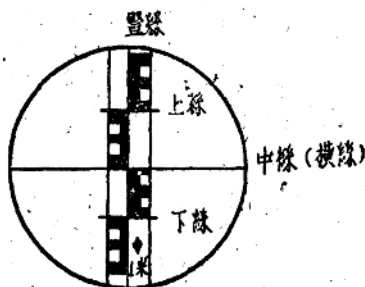


图 2

精度：因为有很多因素影响视距丝测距法的精度，通常很难达到  $1/500$ 。其主要因素如下：

① 望远镜的放大倍数及人眼睛的鉴别能力与视距精度成正比；

② 上下视距丝，因经过不同的空气层接近地面，视线的折光差较大；

③ 因空气的对流，视距尺影像不够稳定；

④ 上下絲不能同时讀数，如因风力振盪或持尺不穩，使尺变位而影响讀数不准；

⑤ 尺子不垂直的誤差；

⑥ 視距常数及儀器常数檢定不准，或因温度变化而产生的誤差；

⑦ 尺子分划的誤差；

⑧ 視綫傾斜角的誤差。

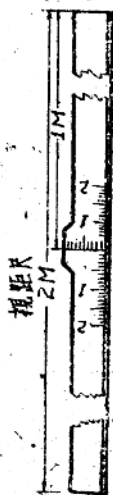
为了满足許多精密視測的需要，因此有橫視距尺的出現，茲分述于后。

2. 斜視距絲測距仪（橫尺）——这种視距法是鐵道部第二設計院技术員王震同志創造的，这种視距法求出的距离較視距尺豎放的方法精度高，它能够讀到毫米，估計到0.1毫米，可以使視距測量准确到厘米。

构造：一般經緯仪的視距絲是在橫十字絲上下平行各加一根短橫絲，其間距为实地距离的百分之一。而斜視距絲是在橫十字絲上豎絲的左右側各加一根短的斜絲，其傾斜度与垂直綫成10:1（豎、橫），左右两根斜絲与十字綫橫絲之交点間距离仍为实地距离的百分之一。視距尺也与一般視距尺不同，尺长2米（亦可增长），橫置于三角架上。尺可用木料或鋼料制成，尺上刻划最小为一厘米。而刻划綫是傾斜的，其傾斜度与望远鏡視距絲的傾斜度相同。在三角架的左側刻划綫向左傾斜；三角架的右側刻划綫向右傾斜。在尺的中央有高出一分米的豎尺，刻划到厘米，作游标之用。

操作方法：視距測量时首先使望远鏡十字絲的豎絲与視距尺中綫相重合；十字絲之橫絲与視距尺底边相重合。該两斜絲間所卡尺数的100倍，即为測站到測点間的实际距离。如讀数非整米数，則斜絲与視距尺之刻划必不能重合，此时将鏡筒向上微动，使斜絲与視距尺斜刻划相重合，讀出橫十

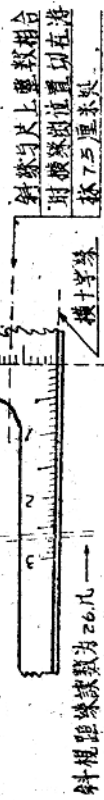
改裝後的望遠鏡十字絲環



視距尺之刻劃  
斜度為  $1/10$

望遠鏡上須使斜視距絲環與十字絲環重合

讀尺示例



斜度為  $1/10$

圖 3

字絲在豎尺上之刻划数。如(图3): 当十字絲橫絲与視距尺底边重合时, 斜視距絲不与視距尺上斜綫重合, 可以讀出一边是 26. 多米。此时用手轉动鏡筒微动螺絲, 使斜視距絲重合在 26 上, 即可准确的讀出 0.75 米, 这样, 一边的总讀数为 26.75 米, 全部实际距离則为  $26.75 \times 2 = 53.50$  米。

### 3. 視距計算盘

普通視距盘在大比例尺測量时計算之精度不高, 茲将李繼文同志在工程建設 56 期上介紹的一种視距計算盘使用方法轉載于下:

#### (a) 視距盘的計算法

視距盘使用时, 将內盘之指标(箭头), 对准外盘之視距讀数, 从內盘  $\frac{1}{2} \sin 2\alpha$  部分內所讀垂直角之分划綫, 指对外盘之数, 即为高度差。

又从內盘  $\cos^2 \alpha$  部分內所讀垂直角之分划綫, 指对外盘之数, 即为水平距离。

或从內盘  $\sin^2 \alpha$  部分內所讀垂直角之分划綫, 指对外盘之数, 即为水平距离改正。将視距減去水平距离改正, 便是水平距离。平距改正可計算至分米、厘米, 适合于大比例尺的視距測量或視距导綫之改正計算。

例 視距 261 米, 垂直角  $+6^\circ 5'$

由图 4 将內盘之指标对准外盘 261 米, 从內盘  $\frac{1}{2} \sin 2\alpha$  部分內垂直角  $6^\circ 5'$  之分划綫, 指对外盘的数字 27.5 米, 即为高度差  $+27.5$  米。

又从內盘  $\cos^2 \alpha$  部分內垂直角  $6^\circ 5'$  的分划綫, 指对外盘的数字 258, 便是水平距离。

或从內盘  $\sin^2 \alpha$  部分內垂直角  $6^\circ 5'$  的分划綫指对外盘的 2.87 米, 便是水平距离改正数, 則水平距离是  $261 - 2.87 = 258.13$  米。

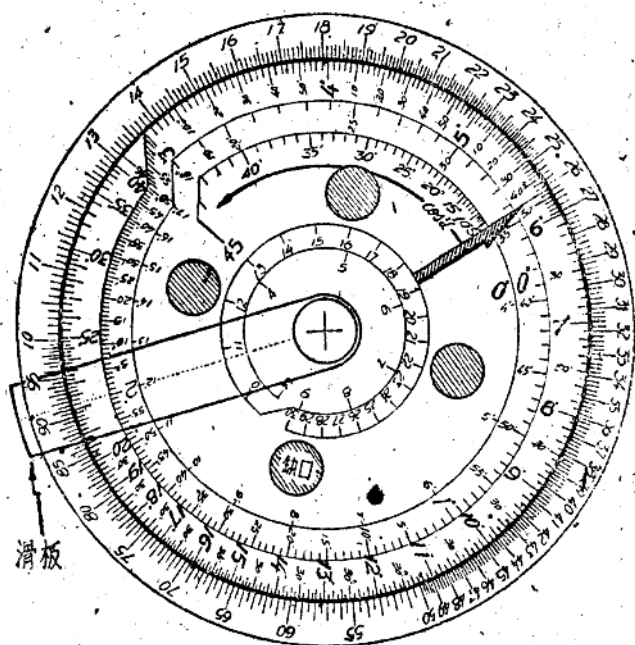


图 4

### (b) 高差定位法

由上法所求出之高差 27.5 米，計算盤上是沒有定位的，故 27.5 可能為 2.75 米或 0.27 米及 0.027 米。普通在一米以上高差，可由實地目力決定之，因 27.5 米斷不會讀成 2.75 米。但高差在米以下，目力便難決定其為 0.27，抑為 0.027。此時可由下列二法決定之：

當高差不大時，可直接平讀（即將視線水平後直接讀出高差），其結果較用垂直角計算便捷準確。若不能平讀時，則視線當在尺頂上或尺腳下，可將望遠鏡中絲切於視距尺 2 米處而讀垂直角，若視距尺長 4 米，則所算出之高差當在 2

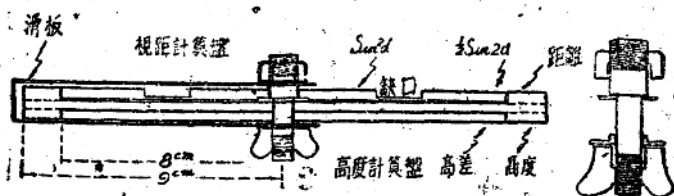


图 5

米以上，如此則断不会将27.5米讀成2.75米，或将2.75米讀成27.5米或0.27米。野外工作时以用此法最为便捷。

計算得高差后，測点之高度可由下式求之。

所求測点之高度 =

(測站地面高 + 仪器高 - 中絲切尺数) ± 高差

設：(測站地面高 + 仪器高 - 中絲切尺数) = 任意高

則 所求測点之高度 = 任意高 ± 高差

### (c) 高度計算盤使用方法

高度計算盤之外盘数字，即表示所求点之高度；內盘数字表示高差。使用时如測站位置在平地，而測点高差又大多数是平讀的，則可将內盘指标（即零米处之箭头）对正外盘仪器之視線高度（即測站地面高 + 仪器高），将高度計算盤固定不动，則高差所对外盘的数字便是由平讀之高差所算出之高度。如由垂直角所算出之高差，而中絲所切視距尺系2米，則将高差所对外盘之数字再減去2米，便是所求点之高度。

例如：測站地面高为21.05米，仪器高1.45米，平讀之高差为-3.24及-1.77，則将內盘指标对正外盘分划22.50米处（21.05 + 1.45 = 22.50，见图6），則內盘数字-3.24及-1.77所对外盘分划数字19.26及20.73便是所求点之高度。

又中絲切尺于2米处，由垂直角所算出之高差为+27.5，而內盘数字27.50所指对外盘数字为50.00米。