

153999

79.231
LMN

147904

工程水准仪

Л. А. 罗曼諾夫 著

测绘出版社

工 程 水 准 仪

Л. А. 罗 曼 諾 夫 著

刘 振 英 译

吳 天 柱 校

測 繪 出 版 社

1957·北 京

Л. А. РОМАНОВ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НИВЕЛИРЫ

Издательство геодезической литературы

МОСКВА • 1956

本書講述了水准儀的檢驗、檢查和校正的方法，同時也
講述了水准尺及其檢驗方法。

本書可作為水准測量工作者以及高等院校和中等技術學
校學習測量同學的參考書。

工程水准仪

著者	Л. А. 罗曼诺夫
譯者	刘振英
校者	吳天柱
出版者	測繪出版社

北京宣武門外永光寺西街8号

北京市書刊出版業營業許可證出字第081号

發行者	新華書店
印刷者	地質印刷厂

北京廣安門內教子胡同甲32号

編輯：韓金林

校對：白叔鈞

印數(京) 1,550册

1957年9月北京第1版

開本317×431¹/₃₂

1957年9月第1次印刷

字數40,000字

印張2

定價(10) 0.28元

原 序

本書闡述苏联三、四等水准測量及工程水准測量(用作工程勘测及地形測圖高程控制)中所采用的各种工程水准仪。

HC-2型水准仪較之其他各型水准仪具有一系列的优点，因之在本書中占有特別重要的地位。

1945年Г. Ю. 斯托多尔克維契在苏联中央測繪科学研究所提出了自己独創的与其他类型水准仪不同的工程水准仪的構造，这种水准仪不用水平絲作为讀取水准尺讀数的指标而是用水准气泡的外形影像和自动整置水平的照准綫。Г. Ю. 斯托多尔克維契繪制了这种水准仪的構造原理示意圖并参加了第一次試样設計。

于1947年苏联中央測繪研究所的實驗工厂制出了命名为HTC-46型水准仪(即斯托多尔克維契于1946年設計的工程水准仪)。

HTC-46型水准仪的試样經檢驗証明了該仪器与其他类型的水准仪相比較具有下列的优点：

(1) 不需將水准仪准确地整平，因之大大地縮短了完成作業的时间；

(2) 由于讀取水准尺讀数的指标为气泡的外形影像，因之不需經常注意水准气泡的位置，而照准綫会自动整平；

(3) 能减少測定高差时的讀数錯誤，因为讀取水准尺讀数只有当指标位于水准仪望远鏡的視場中才能進行；

(4)可在有風的天气里或脚架整置于不坚硬的地面(松軟土地——沼澤,砂土等等)上進行作業,而不会降低其精度。

但是第一次制出的 HTC-46型水准仪具有个别的缺陷,致使难以应用。

仪器中現出的指标(水准气泡的外形影像)很小而且是曲线形,因之在工作上致使观测員的视力过分紧张。气室式的水准器不适用于此种仪器,因为气室式的水准器的气泡长度变化较大,势必要经常调整气泡长度及指标。由于望远镜物镜框有一定的偏心差,这样就破坏了光具组物镜框的定准中心,并显著地降低了水准尺影像的清晰度,因而必须缩短視線距离,而且在某些情况下,水准仪的使用非常复杂。

在1951年制造并試驗了命名为 HC-2型(即斯托多尔克維契設計的第二个試样之水准仪)的新型水准仪,这种水准仪克服了上述的缺点。

为了增大指标并使之成一直线形,而采用了管状物镜,这样水准气泡相对兩端的影像彼此重合并形成一个与水平线相似的長分划綫,該分划綫在讀取普通格区式水准尺讀数时非常方便。HC-2型水准仪装有管状补偿水准器,在測站上進行作業时,該水准器能够很好地保持气泡的长度不变,因而不必经常调整其指标。望远镜物镜安装于定准中心的鏡框上,这就大大地改进了水准尺影像的清晰度,而且能够在照准距离很長的情况下進行作業。

目 錄

原 序	3
一 LC-2 型水准儀的說明及其構造原理	6
(一) 儀器的用途	6
(二) 儀器的說明	6
(三) 構造原理	12
(四) 計算根據	14
二 HB-1, HT 和其他類型水准儀的概述	17
(一) HB-1 型水准儀	17
(二) HT 型水准儀	20
(三) HT 型水准儀	23
(四) 水准器附在支架上的活鏡水准儀	25
三 HC-2 型水准儀的檢驗和檢查	28
(一) 水准儀的檢視	28
(二) 望遠鏡的檢驗	29
(三) 管狀水准器的檢驗	30
(四) HC-2 型水准儀的檢查和校正	41
四 其他類型水准儀的檢驗和檢查	43
(一) 水准儀的檢驗	43
(二) 檢查和校正	46
五 水准尺的說明、檢驗和檢查	52
(一) 說明	52
(二) 水准尺的檢驗和檢查	52
六 水准儀的拆卸、安裝和改正	61
(一) 水准儀的拆卸和安裝	61
(二) 水准儀的改正	62
參考文獻	63

一 HC-2 型水准仪的說明 及其構造原理

(一) 儀器的用途

HC-2型水准仪为 Г. Ю. 斯托多尔克維契所創制，并為本書作者所改進，該儀器是屬於照准綫自動整置类型的水准仪。它是利用水平照准綫進行水准测量的，当照准綫長达75公尺时1公里測程的偶然中誤差不大于 ± 3 公厘，100公尺时不大于 ± 4 公厘。以HC-2型水准仪作業时使用一般的公分分划水准尺。

用HC-2型水准仪所完成的水准測量成果消除了讀取水准尺讀数时，由于水准气泡在零点整置不夠精確所引起的誤差；以及消除了作業时由于風吹及地面不夠堅实所引起水准仪不穩定的影响，亦即消除了現代所有类型的工程水准仪所特有的誤差。無論在良好的条件（土壤堅硬，无風的天气）下或者在不佳的条件（沼澤地，有風等）下進行水准測量，HC-2型水准仪能夠保證水准測量結果的精度相同。

根据HC-2型水准仪的这些优点，建議应广泛地采用，特別是在一般水准仪不适于進行作業的沼澤地区更应使用这种仪器。HC-2型水准仪适用于工程勘测及大比例尺地形測圖高程控制方面的工程水准測量。

(二) 儀器的說明

HC-2型水准仪（圖1及2）的水准气泡相对兩端重合

的影像为一直綫，此直綫即代替普通十字絲用作讀取水准尺讀数的指标。在望远鏡視場中同样能看到測距用的二根水平視距絲。

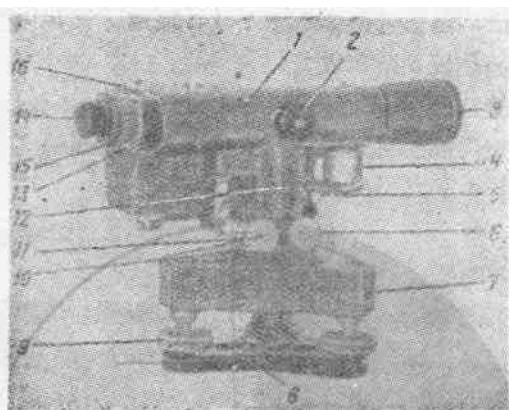


圖 1. HC-2型水准仪右侧圖

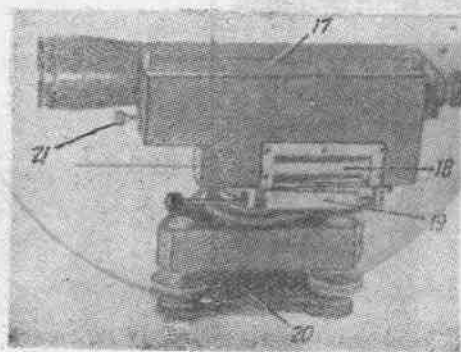


圖 2. HC-2型水准仪左侧圖

通过指标及望远鏡物鏡（等效透鏡）“光心”的直綫为照准綫。進行水准測量时，即使望远鏡傾斜至 $\pm 90^\circ$ 照准綫

亦能保持水平位置。此时，讀数指标及水准尺的影像在望遠鏡中向同一方向移动相等距离，故水准尺的讀数不变（如图3及4）。

水准仪是由望遠鏡1（圖1），底座7及用以連接仪器与三腳架的墊板8所構成。

望遠鏡是由物鏡3，目鏡4，裝于稜鏡盒15內的稜鏡及位于望遠鏡內部的对光透鏡所構成。用对光螺絲2來移动对光透鏡。

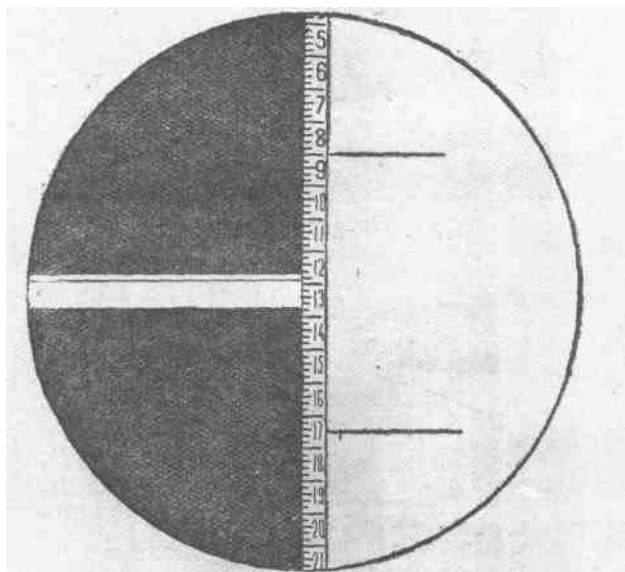


圖 3. 物鏡向上的望遠鏡傾斜圖（格区水准尺讀数为1295）

与望遠鏡筒相連接的有一水准器盒17，盒內裝有管狀水准器，用以將水准气泡兩端影像反射在望遠鏡視場中的光具

組以及圓錐形的儀器旋轉軸，在軸套 12（圖 1）上固定一承裝圓形水準器 4 的懸臂，并于圓形水準器下設置三個校正螺絲 5。

三角底座裝有三個腳螺絲 9，并于其中央部分設置空心套筒 10，儀器的垂直旋轉軸則位于此套筒中。套筒上端附有套環，套環上有一用作擰進制動螺絲 6 的孔徑及供望遠鏡照準水準尺用的微動螺絲 11 的插头。

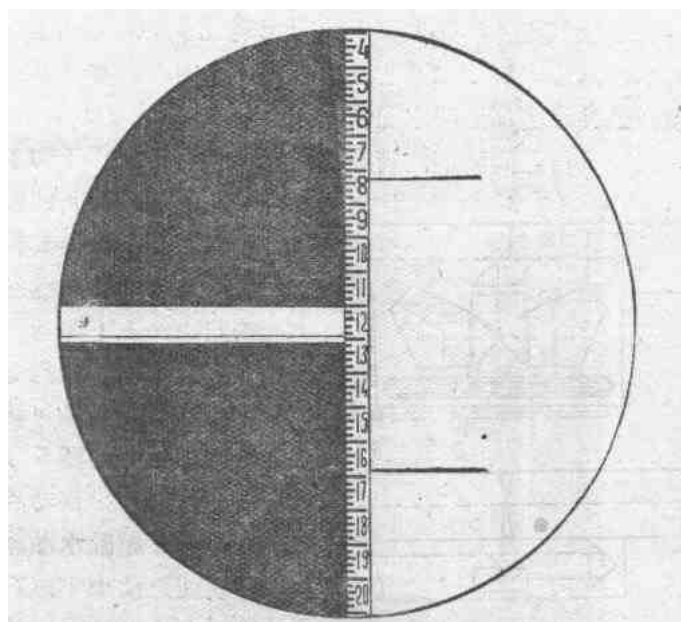


圖 4. 物鏡向下的望遠鏡視斜圖（格區水準尺讀數為 1296）

墊板是由兩塊相互連接的金屬板構成。上金屬板有三個腳螺絲槽和固定套筒 20（圖 2）用的圓孔，套筒 20 內有用于

擰進中心螺絲的內螺紋。下金屬板上有旋腳螺絲用的凹槽。借墊板將水准儀固定在三腳架上。

將水准气泡影像反射至望遠鏡視場內的光具組（圖5）是由兩塊五角稜鏡1、兩塊分枝稜鏡2、直角稜鏡3和4以及管狀物鏡5所構成。沿望遠鏡軸移動望遠鏡目鏡，并借稜鏡6使水准尺的影像与水准气泡的影像在同一焦面上重合。

將水准气泡外形影像反射至望遠鏡視場中的光具組的附件和水准器皆安裝于水准器盒17（圖2）內。用水准器的反光鏡19通過小窗18照明水准器，反光鏡的一面為反射鏡，另一面為乳白色的玻璃。管狀物鏡框上裝有兩個用于初步整

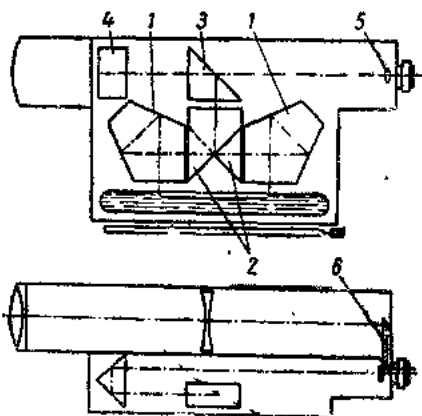


圖5. HC-2型水准儀的光具組略圖

平照准綫的校正螺絲13和16（圖1），其整平方法是轉動校正螺絲使管狀物鏡上下移動。此外，將水准器盒的盒蓋打開沿望遠鏡軸可移動管狀物鏡5（圖5）和直角稜鏡4，移動的目的是為了整置水准器管內表面之曲率半徑（在縱斷面上）適應于望遠鏡物鏡之等效焦距，此項工作必須是在工廠調整儀器時方可進行。為了移動管狀物鏡5，在管狀物鏡框上有一改針孔，而稜鏡4的框上則裝有校正螺絲。管狀水准器同樣也裝有調整水准器使之垂直于儀器旋轉軸用的校正螺絲。

平照准綫的校正螺絲13和16（圖1），其整平方法是轉動校正螺絲使管狀物鏡上下移動。此外，將水准器盒的盒蓋打開沿望遠鏡軸可移動管狀物鏡5（圖5）和直角稜鏡4，移動的目的是為了整置水准器管內表面之曲率半徑（在縱斷面上）適應于望遠

五角稜鏡 1 的位置應與一定的水准氣泡長度相適應，否則指標將會成為兩個平行的直線（如圖 6）。

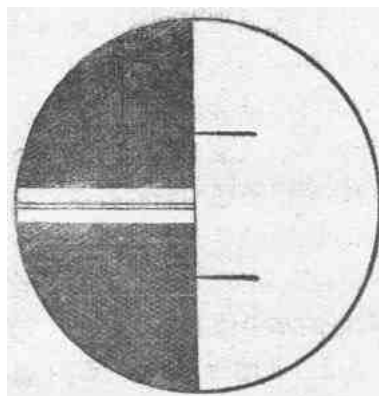


圖 6. 不正確的指標形狀圖

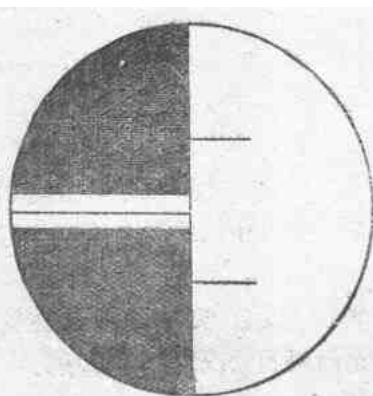


圖 7. 正確的指標形狀圖

旋轉調整螺絲 21（圖 2）可使水准氣泡長度與五角稜鏡的位置相適應，其指標應如圖 7 所示為一直線形。

儀器的主要規格：

- （1）望遠鏡放大率.....31×
- （2）望遠鏡物鏡的等效焦距.....314 公厘
- （3）物鏡有效孔徑.....34 公厘
- （4）望遠鏡的縱向視場.....60′
- （5）望遠鏡的橫向視場.....30′
- （6）出光瞳孔直徑.....1.1 公厘
- （7）出光瞳孔距.....7 公厘
- （8）目鏡放大率.....25×
- （9）照准的最小距離.....3 公尺
- （10）測距係數.....100
- （11）管狀补偿水准器分划值 2 公厘約為.....30″
- （12）管狀物鏡放大率.....0.022×
- （13）圓形水准器分划值 2 公厘為.....7—15″

(三) 構造原理

HC-2 型水准仪的構造是根据下述原理而制成，即水准管内表面的曲率半徑与反射系統（將水准气泡影像反射至望遠鏡視場中）的物鏡放大率之乘積等于望遠鏡物鏡之焦距。

利用水准气泡的外形影像作为水准尺讀数指标并遵守上述条件时，水准仪才具有与其他水准仪不同的新的性能，这些水准仪中的主要条件即望遠鏡的照准軸平行于水准器軸。

HC-2 型水准仪的望遠鏡照准綫（指标为望遠鏡物鏡的光心）能自动地保持着已經整置好的水平位置，甚至在望遠鏡傾斜的情況下進行作業时，亦能自动地改正水准尺的讀数。

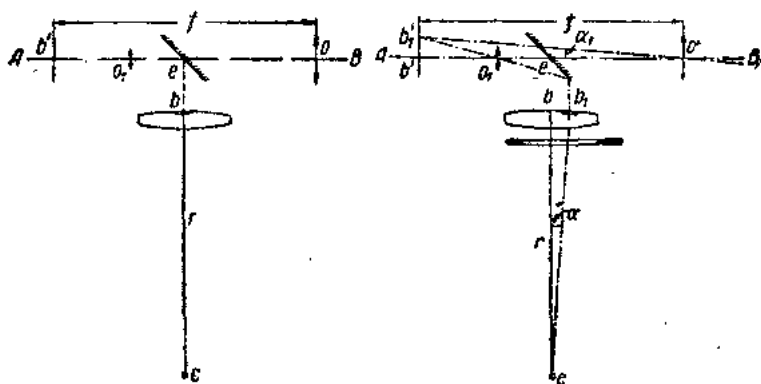


圖 8. 望遠鏡 AB 軸的水平位置圖 圖 9. 望遠鏡 AB 軸的傾斜位置圖

为了說明 HC-2 型水准仪的这些性能，我們分析一下圖 8 及 9。

令望遠鏡几何軸 AB 处于水平位置（圖 8），管狀物鏡

的光心 O_1 与望远镜几何轴位于同一水平面上。此时，点 b 的影像亦即水准气泡的中心影像将由反光镜反射出并通过 O_1 而位于焦面与望远镜几何轴相交的地方，设此点为 b' ，因此沿 $b'O_1$ 方向通过的照准綫与 AB 重合，亦即同样处于水平位置。

若令望远镜倾斜一 α 角，因而 AB 轴亦将倾斜一 α 角（圖9）。此时，水准器亦同样倾斜一 α 角，水准气泡的中心由 b 点移至 b_1 点，而点 b_1 的影像则显示于 b'_1 点上，移至 b'_1O_1 位置上的照准綫与 AB 构成一 α_1 角。

我們再分析一下三角形 $bc b_1$ 及 $b'O b'_1$ 不难觉察到 $b'b'_1$ 即为 bb_1 的影像系借助物鏡 O_1 將 bb_1 放大 v 倍而獲得的，亦即 $\overline{b'b'_1} = \overline{bb_1} \times v$ 。

由三角形 $bc b_1$ 得出水准气泡的位移为

$$\overline{bb_1} = r\alpha,$$

而由三角形 $b'O b'_1$ 可以看出望远镜焦面上的指标位移为

$$\overline{b'b'_1} = f\alpha_1.$$

式中： r ——水准管内表面的曲率半径；

f ——望远镜物鏡的等效焦距。

由此可以得出下列等式：

$$rv\alpha = f\alpha_1,$$

如果遵守以下的条件

$$rv = f. \quad (1)$$

即上式中之 α 和 α_1 角將彼此相等。

α 和 α_1 角的等式証明了这种仪器的照准綫在望远镜倾斜时仍能保持水平。

条件(1)为照准綫自动整置水准仪之主要条件。

(四) 計算根據

HC-2 型水准仪除应遵守上述主要条件 (1) 之外, 还应满足对照准綫自动整置的仪器具有重要作用的其他条件。

1. 为了使气泡的外形影像具有适当的粗細, 以便作为水准尺的讀数指标, 那就应考慮到將水准气泡反射至望遠鏡視場中的光具組放大率。

用反光鏡由下照亮水准器时, 水准气泡邊緣在管内液体与水准器相接触的地方構成一条粗約 0.25 公厘的直綫。指标既然当十字絲应用, 所以指标的粗細亦应同十字絲一样, 即其粗約为 0.005 公厘, 因而光具組的标准放大率应近似于下列之值:

$$v = \frac{0.005}{0.25} = 0.02 \times$$

实际上与上述标准值 v 有些出入是可以的, 但应考慮到下列情况, 若放大率过大, 則指标可能过粗, 反之, 指标則可能过細。在上述两种情况下進行作業都是很很不方便的。

2. 水准管内表面 (縱断面上) 的曲率半徑应符合于主要的条件 (1), 水准管曲率半徑与水准仪望遠鏡物鏡的等效焦距之間的正常比值可用下列公式表之:

$$r = 50f. \quad (2)$$

顯然, 公式 (2) 是由試驗而得, 故与此公式稍微有些出入是允許的, 但亦应考慮到上述情况造成的結果。

3. 水准器長度与稜鏡大小之間的关系应使仪器既不过于笨重, 又能适用于各种不同温度下的作業以及望遠鏡的傾斜度不能过小。

根据圖 10 气泡長度与稜鏡大小的关系 应以下列公式表之:

$$S_1 = 2a + \Delta S, \quad (3)$$

而水准管使用部分的長度以下式表之

$$S_2 = S_1 + a + \Delta S. \quad (4)$$

式中: S_1 ——温度为 20°C 时的水准气泡長度;

S_2 ——水准管使用部分的長度;

a ——五角稜鏡或分支稜鏡使用側面的長度;

ΔS ——温度变化至 t° 时, 气泡長度的变化。

例如: 对望远鏡物鏡的等效焦距为 $f=249.7$ 公厘的仪器來說: 需要進行此項关系的計算。根据公式(2)求得 $r=12.5$ 公尺且相当于約为2公厘的 $30''$ 分划值。已知望远鏡的傾斜范围为 $\pm 90''$ 并相当于水准气泡移动 ± 3 分划或 ± 6 公厘。在此情况下朝向水准器一面的五角稜鏡的必須長度 $a=12$ 公厘。

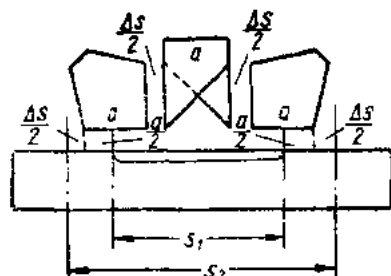


圖 10. 水准气泡与稜鏡之間的大小关系圖

要使仪器在 -10°C 至 $+50^\circ\text{C}$ 的温度內進行工作, 那么作業时的温度与平均温度 ($+20^\circ\text{C}$) 之差便为: $t=\pm 30^\circ\text{C}$ 。

当温度变化 1°C 时, 补偿水准器气泡的变化一般不大

于0.3公厘，由此，求得气泡长度的变化值为

$$\Delta S = 0.3 \times 30 = 9 \text{ 公厘。}$$

將求得之值分別代入公式(3)和(4)中并相加，則得：

$$S_1 = 24 + 9 = 33 \text{ 公厘，}$$

$$S_2 = 33 + 12 + 9 = 54 \text{ 公厘。}$$

此时水准管的标准长度約为80公厘。

—————