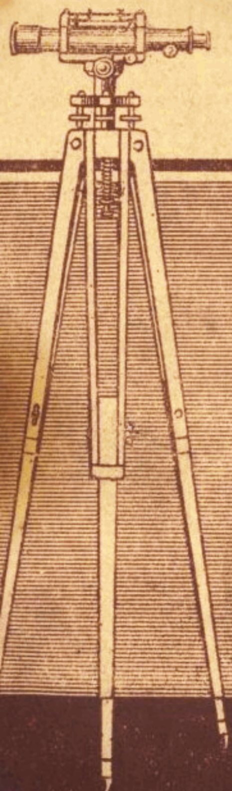
水准測量經驗小丛书

第一集

三四等水準測量



測繪出版社

水准測量經驗小丛书

第一集

三四等水准測量

編　者	測繪出版社
出版者	測繪出版社 北京宣武門外永光寺西街3号 北京市書刊出版業營業許可証出字第081号
发行者	新华书店
印刷者	天津市第一印刷厂 天津市和平區和平路377號

印数(京)1—6,000册　　1958年12月北京第1版
开本31″×43″1/32　　1958年12月第1次印刷
字数22,000　　印張1 1/8
定价(8)0.13元　　統一书号：T15039·241

編 者 的 話

在党中央提出了鼓足干勁、力争上游、多快好省地建設社会主义的总路綫，号召全党和全国人民积極地進行技術革命和文化革命，爭取在十五年，或者在更短的时間內，在主要的工业产品产量方面赶上和超过英国后，全国各地都掀起了技术和文化革命的高潮。为了配合全国工农业的大躍進，交流作業經驗，我社准备选編一套水准測量經驗小丛书，第一集包括八篇有关普通水准測量的文章，內容主要是作業人員的經驗介紹和有关單位的工作总結，因此能促進生產，提高工作效率，可供進行普通水准測量的作業人員参考。

目 錄

隱蔽地区施測三等水准法

邢 緯 喜
（浙江省水利廳第四測量隊）

要提高水准測量的速度，除了观測者与記录者需密切配合外，扶尺員是否配合得好也是非常重要的。在一般的水准測量中，例如三等水准，前后視的距离相差不得超过三公尺，視綫高必須离开地面障碍物0.4公尺以上，这些条件在地形开闊平坦的地区比較容易做到，但是在路綫很隱蔽，地形起伏变化較大的地区，要做到以上条件就比較困难。为了提高水准測量的速度，尽量避免因前后視距离不等或視綫欠高而移动尺垫，我們采取了以下的办法：

往測时，扶尺員把自己踏尺垫的地方大致記牢（或在地上作一記号），观測者把摆仪器站的位置大致記牢。返測时，扶尺員把尺垫踏在第一次曾經踏过的地方，仪器也大致摆在上次摆的地方，这样对提高水准測量的速度起一定的作用。

（轉載測繪通报第四卷第三期）

三等水准測量的新方法

Л. А. 巴什拉文

本文作者認为，目前最好是采用一种新的方法来代替三等水准測量的旧方法。根据新的方法，只要按中絲讀数就可

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

以确定高差，而根据旧方法則必須按三根水平絲讀数。为了检查水准仪到两标尺間的距离是否相等，只要在測站上于观測标尺黑面时預先按一边緣絲讀数，即按望远鏡視野中离地面較其他絲远的那一边緣絲讀数。

这样一来，根据所提出的方法，在一个測站上，只要当观測标尺黑面时按中絲讀两个讀数和按一边緣絲 讀 两 个 讀数，以及当观測标尺紅面时按中絲讀两个讀数就够了。

为了在野外記录观測結果，建議采用下面的手簿格式：

三等水准测量手簿

日期＿＿＿＿＿　　　　　　　　　　　　天气＿＿＿＿＿

＿＿＿时＿＿＿分　　　　　　　　　　　影像＿＿＿＿＿

測站編号	視距讀数	黑面檢查	标尺	黑　面	紅　面	檢　查
7	187 (3) 188 (6)	1571 (2) 739 (5)	后 前	1384 (1) 551 (4)	6171(12) 5239 (4)	4787(13) 1688(11)
	—1/—1(7)	+832 (8)	高差	+833 (9)	+932(15)	+99(14)
8	186 188	2120 2196	后 前	1934 2008	6621 6796	4687 4788
	—2/—3	—76	高差	—74	—175	—101
12						
和之	1086 1089	13218 9829	后 前	12132 8740	40554 37160	
檢查	— 3	+3389	高差	+3392	+3394	+ 2

在每站上記录讀数和計算的次序如括号内的数字所示。

每頁手簿可以記录六个測站的观測結果，并可进行一切

必須的計算。

每頁的检查数值是取自每个测站的各相应数值的总和。

現在我們分別就两种水准測量方法計算在一个测站上确定高差的精度。計算精度时，只考虑这样的一些誤差来源，它們对高差精度影响最大，同时对其影响的制約与測站上的观測方法有关。这些誤差来源就是标尺的讀数誤差和按水准器置平水准仪的誤差。

下面我們推求用旧法观測时一个三等水准測站上的高差精度公式。

为此，首先确定只取决于标尺讀数誤差的高差中誤差和只取决于水准器整置誤差的高差中誤差，然后求出由于观測标尺的誤差所引起的高差的总誤差，即

$$m^2_{h(\text{观測})}=m^2_{h(\text{讀数})}+m^2_{h(\text{水准器})}。\qquad (1)$$

高差的中誤差是标尺讀数之函数的誤差：

$h_{(\text{讀数})}=$

$$\frac{з_{\text{黑}}+з_{\text{黑}}+з_{\text{黑}}-п_{\text{黑}}-п_{\text{黑}}-п_{\text{黑}}+з_{\text{紅}}-п_{\text{紅}}}{4},\qquad (2)$$

式中：$з_{\text{黑}}$——后标尺黑面的讀数；

$п_{\text{黑}}$——前标尺黑面的讀数；

$з_{\text{紅}}$——后标尺紅面的讀数；

$п_{\text{紅}}$——前标尺紅面的讀数。

假設三根水平絲中任一根的讀数中誤差都是一样，則得

$$m^2_{h(\text{讀数})}=\frac{8m_0^2}{16}=\frac{m_0^2}{2}.\qquad (3)$$

标尺讀数的中誤差可以表如下式：

$$m_0=\pm\left(0.03\,t+0.20\frac{S}{v}\right)\text{公厘},[1] \qquad (4)$$

式中：t是标尺的分划間隔，以公厘为单位；S是視綫长，以公尺为单位，v是水准仪望远鏡的放大率。注意到这一点后，当$t=10$公厘时得

$$m^2_{h(\text{讀数})}=\frac{\left(0.30+0.02\frac{S}{v}\right)^2}{2}=$$

$$=\left(0.212+0.141\frac{S}{v}\right)^2. \qquad (5)$$

将高差表作成把水准器相应整置后讀得的标尺讀数（或几組讀数）的函数，即

$$h_{(\text{水准器})}=\frac{\text{з}_{\text{黑}}-\text{п}_{\text{黑}}+\text{з}_{\text{紅}}-\text{п}_{\text{紅}}}{2}. \qquad (6)$$

以$m_{(\text{水准器})}$表示水准器的調置誤差，得

$$m^2_{h(\text{水准器})}=\frac{20m^2_{\text{水准器}}}{16}=1.25m^2_{\text{水准器}}. \qquad (7)$$

在野外条件下，用水准仪的脚螺旋整置水准器的中誤差可以表如下式：

$$m_{\text{水准器}}=\pm0.10\text{分划}[2], \qquad (8)$$

注意到这一点后，便可得

---

[1] 参看Л.А.巴什拉文在应考技術科学副博士学位时的学位論文“三等水准測量問題”，1951年。

[2] 参看Л.А.巴什拉文1951年的学位論文“三等水准測量問題”。

$$m^2_{h(\text{水准器})}=1.25\left(\frac{0.1\tau S10^3}{\rho}\right)^2, \tag{9}$$

式中：τ是水准器的分划値，以角度値表示，S是視綫长，以公尺为单位。

困而，当采用旧法时，由观測誤差所决定的一个测站上高差的精度，可用下式表示：

$$m^2_{h(\text{观测})}=\left(0.212+0.141\frac{S}{v}\right)^2+$$

$$+1.25\left(\frac{0.1\tau S\ 10^3}{\rho}\right)^2, \tag{10}$$

$$m^2_{h(\text{观测})}=0.045+0.020\frac{S^2}{v^2}+$$

$$+0.060\frac{S}{v}+0.30\tau^2S^210^{-6}. \tag{11}$$

在这里，m_h以公厘为单位；S以公尺为单位；τ以弧秒为单位。

下面我們列举一个按公式（11）計算高差中誤差的示例，（11）式中的v和τ取平均値（表1）。

表1

S（公尺）	m_h（观测），（公厘）
25	±0.37
50	±0.56
75	±0.76
100	±0.97

設 $v=32^\times$，$\tau=13''$，則当 $S=75$公尺时，$m_h^2=0.045+0.110+0.140+0.284=0.579$；$m_h=\pm0.76$公厘。

必須指出，在本例中，标尺讀数誤差对高差精度的影响，等于水准器整置誤差的影响。

現在我們来推求当按新法观測时一个三等水准測站上的

高差精度公式。

将一个测站上的高差只表作中絲讀数的函数：

$$h_{(\text{讀数})}=\frac{(з_{\text{黑}}-п_{\text{黑}})+(з_{\text{紅}}-п_{\text{紅}})}{2}. \qquad (12)$$

由此得

$$m^2{}_{h(\text{讀数})}=\frac{4m_0{}^2}{4}=m_0{}^2. \qquad (13)$$

当 $t=10$ 公厘时，得

$$m^2{}_{h(\text{讀数})}=\left(0.30+0.20\frac{S}{v}\right)^2. \qquad (14)$$

水准器整置誤差对高差精度的影响，由表为标尺讀数之函数的高差

$$h_{(\text{水准器})}=\frac{з_{\text{黑}}-п_{\text{黑}}+з_{\text{紅}}-п_{\text{紅}}}{2} \qquad (15)$$

的誤差来表示；由此得

$$m^2{}_{h(\text{水准器})}=\frac{4m^2{}_{(\text{水准器})}}{4}=m^2{}_{(\text{水准器})} \qquad (16)$$

或

$$m^2{}_{h(\text{水准器})}=\left(\frac{0.1\tau S\ 10^3}{\rho}\right)^2. \qquad (17)$$

因而，由讀数誤差和水准器整置誤差之共同影响所决定的一个测站上的高差的精度，用下列公式表示

$$m^2{}_{h(\text{觀測})}\left(0.30+0.20\frac{S}{v}\right)^2+$$
$$+\left(\frac{0.1\,\tau S\ 10^3}{\rho}\right)^2, \qquad (18)$$

$$m^2_{h(\text{观测})}=0.09+0.04\frac{S^2}{v^2}+0.12\frac{S}{v}+$$
$$+0.25\tau^2S^2 10^{-6}. \qquad (19)$$

下面我們列举一个按公式(19)計算高差中誤差的例子；公式(19)中的v和τ取平均值。設$v=32^{\times}$，$\tau=13''$，則得m_h(观測)之值如表2。

表 2

S(公尺)	m_h(观測)(公厘)
25	±0.48
50	±0.69
75	±0.91
100	±1.13

在采用旧法和新法的每一公里測程上，只是由观測誤差影响所决定的高差誤差的累积，其大小如表3所示。

表 3

S(公尺)	n——公里內的测站数	旧法		新法	
		m_h(观測)(公厘)	一公里的m_h(观測),(公厘)	m_h(观測)(公厘)	一公里的m_h(观測),(公厘)
25	20	±0.37	±1.6	±0.48	±2.1
50	10	0.56	1.8	0.69	2.2
75	6.7	0.76	2.0	0.91	2.3
100	5	0.97	2.2	1.13	2.5

为了比較按新、旧两种方法敷設的水准路綫的高差的精度，除了观測誤差以外，还要計及其他誤差，如水准仪和标尺台(或尺樁)的位置在观測过程中不固定的誤差。

所有其他誤差对水准路綫精度的总影响，可根据由所有誤差来源影响所决定的水准路綫的精度来确定。

为了概略計算，当采用旧法时，在$S=50$公尺的情况下，我們取每公里測程上高差的中誤差

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

$$m_{h公里(旧法)}=\pm 3.0公厘。$$

因而，如果

$$m^2_{h公里}=m^2_{h公里(观测)}+m^2_{h(其他)},$$

則

$$m_{h(其他)}=\sqrt{m^2_{h公里}-m^2_{h公里(观测)}}=\pm$$
$$\pm\sqrt{3.0^2-1.8^2}=\pm 2.3公厘.$$

不管采用的是旧方法还是新方法，在每一公里測程上，由所有其他誤差（观測标尺有关的誤差除外）来源影响所决定的高差中誤差，就是这样。

因此，当采用新方法时，在一公里的測程上，由全部誤差来源影响所决定的高差中誤差，当$S=50$公尺时等于：

$$m_{h公里(新法)}=\sqrt{m^2_{h公里(观测)}+m^2_{h(其他)}}=\pm$$
$$\pm\sqrt{2.2^2+2.3^2}=\pm 3.2公厘.$$

于是，假設所有其他誤差来源（与观測标尺有关的誤差除外）对按旧法測量的精度和按新法測量的精度两者的影响都一样，那么按新法測量的精度，同按旧法測量的精度相比較，就可以表成一公里測程上高差中誤差之比：

$$\frac{m_{h(旧法)}}{m_{h(新法)}}=\frac{\pm 3.0公厘}{\pm 3.2公厘}=0.94.$$

可見，作业率較高的新方法，只在精度上稍次于旧方法。

我們有根据来假設所求得的比值实际上接近于1：第一，因为按中絲讀数实际上比按边緣絲讀数准确；第二，因为某些誤差的影响將随着作业时間的縮短而減小。

为了証实理論上的計算，現在我們来研究生产性质的資料。

为了估計精度，我們取莫斯科測繪工程学院二年級学生24个小組在1954年夏季測量实习时按旧法測得的三等水准結果。

采用旧法測量时，一个测站上高差的精度，是由观測标尺紅、黑两面所得的两高差的比較来确定的。以后，再次采用了上述水准測量資料，而将按标尺黑面观測結果的高差，作为只是后标尺的中絲讀数和前标尺的中絲讀数之差而算得的。在后面这种情况下，两次观測結果之差，即表明（虽然不是很完备的）采用三等水准測量新方法时一个測站上高差的精度。

为了消除标尺零点的刻划差对高差值的影响，我們将水准路綫中各两相鄰測站上按黑面測得的高差的总和同按紅面測得的高差的总和作了比較。

一共組成了1560个差数，其中780个作为估計旧法精度的依据，另外780个作为估計新法精度的依据。

当只按中絲讀数时，由标尺紅、黑两面的观測結果算得的高差，其精度我們是看作相等的。因此，按下述方法估計新法的精度。

如果以下列式子表示两次观測之差：

$$d=(h_{1,黑}+h_{2,黑})-(h_{1,紅}+h_{2,紅}), \tag{20}$$

式中：$h_{1,黑}$ 和 $h_{2,黑}$ 是按标尺黑面的观測結果求得的两相鄰測站上的高差；$h_{1,紅}$ 和 $h_{2,紅}$ 是按标尺紅面的观測結果求得的該两相鄰測站上的高差，那么，令 $m_{h黑}=m_{h紅}$，即得

$$m^2_d=4m^2_{h黑}$$

由此得

$$m^2_{h黑}=\frac{m^2_d}{4}. \tag{21}$$

現在我們来估計当采用新法时一个测站上高差的精度，为此，将高差表或按标尺紅、黑两面求得的高差的算术中数：

$$h=\frac{h_{黑}+h_{紅}}{2} \tag{22}$$

注意到$m_{h黑}=m_{h紅}$后，便得

$$m^2_h=\frac{2m^2_{h黑}}{4}.$$

由此得

$$m^2_h=\frac{m^2_d}{8},$$

$$m_h=\pm\frac{1}{2}\sqrt{\frac{m^2_d}{2}}. \tag{23}$$

最后得

$$m_h=\pm\frac{1}{2}\sqrt{\frac{[d^2]}{2n}}, \tag{24}$$

式中：n是差的个数。

按两次观測的差来估計旧法的精度时，要求顧及下面两个不同高差的权数：一个是根据用三絲讀取标尺黑面的观測結果求得的高差，另一个是根据只用中絲讀取标尺紅面的观測結果求得的高差。

为了确定高差的权数，我們先求高差的中誤差。

这种誤差可当作讀数之函数的誤差来求得。

$$h_{黑(讀数)}=\frac{(з_{黑}+з_{黑}+з_{黑})-(п_{黑}+п_{黑}+п_{黑})}{3}, \tag{25}$$

$$m^2_{h黑(讀数)}=\frac{6m_0^2}{9}=\frac{2}{3}m_0^2, \tag{26}$$

式中：m_0 是任一絲的讀数中誤差。

只取决于水准器整置誤差的高差中誤差，当作在把水准器作了相应整置之后讀得的标尺讀数之函数的誤差来确定：

$$h_{黑(水准器)}=з_{黑}-п_{黑}, \tag{27}$$

$$m^2_{h黑(水准器)}=2m^2_{(水准器)}, \tag{28}$$

式中：m（水准器）是整置水准器的中誤差。

因而，取决于标尺讀数誤差和水准器整置誤差，亦即取决于观測誤差的高差中誤差，用下列式子来确定：

$$m^2_{h黑}=m^2_{h黑(讀数)}+m^2_{h黑(水准器)}=$$

$$=\frac{2}{3}m_0^2+2m^2_{(水准器)}$$

或

$$m^2_{h黑}=\frac{2}{3}\left(0.30+0.20\frac{S}{v}\right)^2+$$

$$+2\left(\frac{0.1\tau S10^3}{\rho}\right)^2, \tag{29}$$

式中：S是視綫长，以公尺为单位。

最后

$$m^2_{h黑}=0.06+0.027\frac{S^2}{v^2}+0.08\frac{S}{v}+$$

$$+0.50\tau^2S^2 10^{-6}. \tag{30}$$

按标尺紅面观測結果算得的高差的中誤差，用类似于上面的式子来确定：

$$h_{\text{紅}(\text{讀数})}=З_{\text{紅}}-П_{\text{紅}};\tag{31}$$

$$m^2_{h\text{紅}(\text{讀数})}=2m_0^2;\tag{32}$$

$$h_{\text{紅}(\text{水准器})}=З_{\text{紅}}-П_{\text{紅}};\tag{33}$$

$$m^2_{h\text{紅}(\text{水准器})}=2m^2_{(\text{水准器})};\tag{34}$$

$$m^2_{h\text{紅}}=m^2_{h\text{紅}(\text{讀数})}+m^2_{h\text{紅}(\text{水准器})}=$$

$$=2m_0^2+2m^2_{(\text{水准器})};\tag{35}$$

$$m^2_{h\text{紅}}=2\left(0.30+0.20\frac{S}{v}\right)^2+$$

$$+\left(\frac{0.1\tau S10^3}{\rho}\right)^2.\tag{36}$$

最后

$$m^2_{h\text{紅}}=0.18+0.08\frac{S^2}{v^2}+0.24\frac{S}{v}+$$

$$+0.50\tau^2S^210^{-6}.\tag{37}$$

当$v=32^{\times}$和$\tau=13''$时，按高差权数式$\frac{p_{h\text{黑}}}{p_{h\text{紅}}}=\frac{m^2_{h\text{紅}}}{m^2_{h\text{黑}}}$进行数字計算后所得的結果如下（表 4）：

表 4

S（公尺）	$\frac{p_h\text{黑}}{p_h\text{紅}}$
25	2.45
50	2.08
75	1.79
100	1.81

現在我們来推求当采用旧法时一个測站上高差的中誤差公式。

水准測量的精度，按每两个相鄰測站上高差和之差来确定。

精度計算就視綫长为 50 公尺时測定的高差来进行。在这种情况下，按标尺黑面确定的高差的权数，比按标尺紅面确定的高差的权数大一倍：

$$p_{h\text{黑}}=2p_{h\text{紅}},$$

由此得

$$m^2_{h黑}=\frac{m^2_{h紅}}{2}.$$

根据所采用的条件，两次观测的差表示如下：

$$d=(h_{1,黑}+h_{2,黑})-(h_{1,紅}+h_{2,紅}), \tag{38}$$

式中：h_1 和 h_2 是水准路綫中两相邻测站上的高差。

令 $m_{h1,黑}=m_{h2,黑}$ 和 $m_{h1,紅}=m_{h2,紅}$，得

$$m^2_d=2m^2_{h黑}+2m^2_{h紅}=3m^2_{h紅}, \tag{39}$$

由此得

$$m^2_{h紅}=\frac{m^2_d}{3}. \tag{40}$$

当采用旧法时，在 $S=50$ 公尺的情况下，一个测站上高差的权中数等于：

$$h=\frac{2h_{黑}+h_{紅}}{3},$$

$$m^2_h=\frac{4m^2_{h黑}+m^2_{h紅}}{9}=$$

$$=\frac{2m^2_{h紅}+m^2_{h紅}}{9}=\frac{m^2_{h紅}}{3}. \tag{41}$$

以 $\frac{m^2_d}{3}$ 代 $m^2_{h紅}$，得

$$m^2_h=\frac{m^2_d}{9}, \tag{42}$$

但

$$m^2_d=\frac{[d^2]}{n},$$

因此、

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com