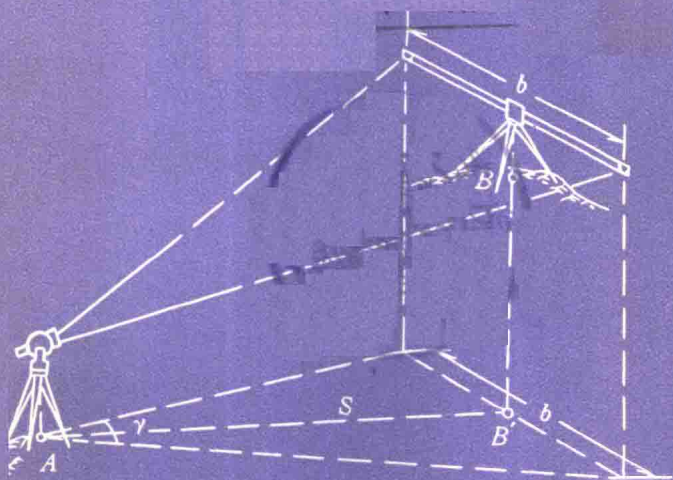


横基尺视差法测距

同济大学测量教研室编



测绘出版社

横基尺视差法测距

同济大学测量教研室编

测绘出版社

横基尺视差法测距
同济大学测量教研室编

测绘出版社出版

北京市印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 109 \frac{2}{32}$ · 印张 $1 \frac{15}{16}$ · 字数 42 千字
1977 年 5 月北京第一版 · 1977 年 5 月北京第一次印刷
印数 1—12,000 册 · 定价 0.18 元
统一书号: 15039 · 新 60

毛主席语录

政治是统帅，是灵魂。

政治工作是一切经济工作的生命线。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。

目 录

概述.....	1
一、关于横基尺.....	2
二、横基尺视差法测距的误差来源.....	9
三、视差角的测角方法.....	17
四、横基尺的检定.....	24
五、各种视差环节的测距精度和施测方法.....	31

概 述

视差法测距是一种间接测距的方法。采用间接测距是为了克服用钢尺直接量距时的地形障碍，例如在河流纵横、水田成片的水网地区，地面高低起伏的丘陵地区以及沟谷切割、坡度很陡的山岭地区等，这些地形障碍使用钢尺直接丈量十分困难，甚至不可能。

遵照毛主席关于“备战、备荒、为人民”和“深挖洞，广积粮，不称霸”的指示，目前有不少工业建设项目是在山区进行的。为了解决在山区进行路线测量和布设工程控制网或图根控制网时直接用钢尺量距的困难，在小型光速测距仪尚未能普遍使用的条件下，用横基尺视差法测距来代替钢尺丈量导线边长或小三角网的基线等是有其实用价值的。

视差法测距是比钢尺直接量距复杂一些，技术要求比较高一些，但只要经过技术操作的基本训练，仔细地对所用的经纬仪及横基尺进行检验和校正，认真细致地进行观测，则完全可以使距离测量达到预期的精度。关于在各种不同的具体条件下布置怎样的视差环节较为合适，怎样很好地防止和削弱视差法测距的各种误差来源以及对观测数据进行可靠的检核，怎样提高视差角的测角精度，怎样精确地检定横基尺的长度以及横基尺的制造等，都是有待进一步研究的问题。本文除了介绍横基尺视差法测距的一般知识以外，对上述的一些问题试作初步的探讨。

一、关于横基尺

横基尺视差法测距的原理是：在被测线段 AB 的一端，水平地安置一支长度为 b 的横基尺，并使尺子垂直于被测的线段。另一端安置经纬仪，测出对横基尺两端标志之间的水平角——视差角 γ (图 1)。

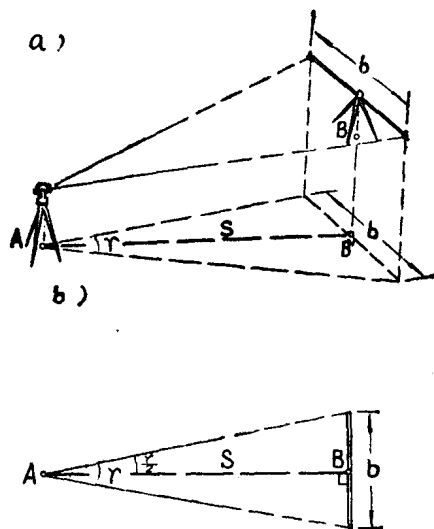


图 1

线段 AB 的水平距离 S 按下式计算：

$$S = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}$$

由于视差角是对着横基尺两端标志之间的水平夹角，因

此安置横基尺和经纬仪的 AB 两点不论有多大的高差，由上式算得的距离 S 总是水平距离。横基尺的长度 b 是视差法测距中唯一的长度标准，相当于一个小型基线网中的实量基线，而在这种“基线网”中，“实量基线” b 与“扩大边” S 之间有数十倍的扩大，因此对横基尺的尺长精度提出较高的要求。

横基尺的长度一般为 2 米。它的结构应首先保证两端标志之间的精确长度要十分稳定（指对外界的温度变化、运输和使用过程中的震动而言），并且能方便地将横基尺安置成水平和垂直于所测的线段。横基尺的端点标志应便于观测视差角时精确地瞄准。

我国自从解放以来，曾从国外进口了一批横基尺，例如德意志民主共和国蔡司厂生产的 2 米套接式横基尺、瑞士威尔特厂生产的 2 米折叠式横基尺等，但是在数量上仍不能满足各方面的测绘工作的需要。此外，进口横基尺的构造方面也并不是没有可以改进之处。为此我们同济大学测量教研室

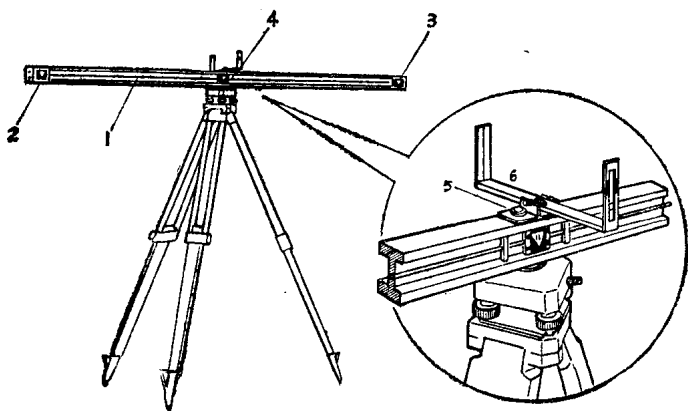


图 2

从 1961 年开始，曾先后试制了三批木质尺身的因瓦丝(即殷钢丝)横基尺(图 2)，供生产与教学上试用。

以下用同济大学试制的横基尺和蔡司厂出产的 Bala 横基尺为例，说明横基尺的构造原理和使用方法。

同济大学试制的横基尺的主要部分是在“工”字形横断面的木质尺身上，用弹簧拉紧一根直径为 1.6 毫米的因瓦丝 1。弹簧装在尺子的背面，利用杠杆给因瓦丝大约 20 公斤的拉力，因此木质尺身的伸缩和因瓦丝不发生直接的关系。因瓦丝的两端装有照准标志 2、3，中间还有一块同样的标志 4 是为了便于用一级分划米尺直接检定横基尺左右两标志之间的长度，标志可以在因瓦丝上移动，使长度可以调整到 2000.00 ± 0.02 毫米。所用国产因瓦丝的膨胀系数约为 0.5×10^{-6} ，曾在温差 15°C 的范围内，通过室内检定试验，尚未发现其长度的变化。横基尺的中部装有圆水准 5 和准直器 6，在运输和携带时它可以从尺上取下。准直器采用小平板照准器的形式，它可以在 $\pm 40^{\circ}$ 之间俯仰活动。在经纬仪望远镜的视场中，可以观察准直器的接物觇板和接目觇板上的黑色线条，以此检查横基尺是否垂直于所测的线段，图 3-a 的形象是垂直的，3-b 的形象是没有垂直。

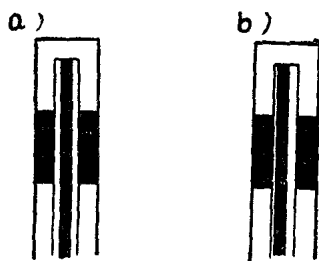


图 3

横基尺旋转中心的上部，可以插入小型照准觇牌(图 4)，这样可以免去横基尺与一般的觇牌在施测视差环节时从基座轴套中换置的手续，不仅节省时间，而且可以免除同换置而可能产生的位移。横基尺的中心旋转轴可以插入所有国产经纬仪和蔡司 030、010 型经纬仪的基座轴套中，这样就可以使横基尺和这些类型的经纬仪在基座中互换，进行强制归心。

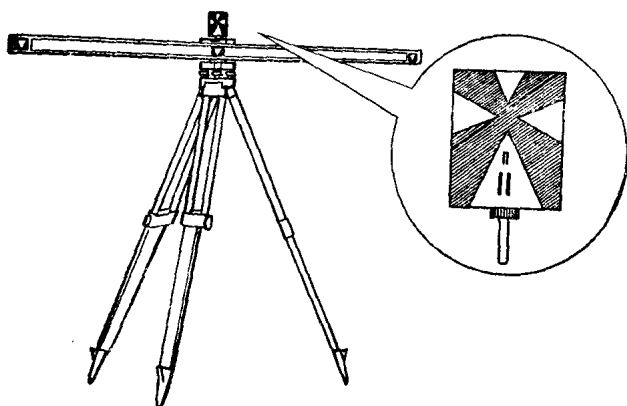


图 4

经过几年来生产和教学的实践证明，这种木质尺身的因瓦丝横基尺虽然因陋就简，但其长度和结构比较稳定，使用尚属方便，并且易于制造，因此有一定的实用价值。

表 1 所列为第一机械工业部勘测公司华中勘测大队用我校试制的横基尺及 J 2 级光学经纬仪进行导线测量时，部分成果的精度统计。

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，我国的许多测绘单位和广大测绘工作者经过无产阶级文化大革命和批林批孔运动，学理论促大干，破除对进口测绘仪器的迷信，大胆革

(表 1)

序 号	导线转折角数	角度闭合差	导线总长	导线相对精度	备 注
1	13	-13"	990 米	1/14000	附合于高级点
2	8	+44	960	1/11000	"
3	9	-3	1080	1/19000	"
4	5	+16	760	1/18000	"
5	7	-10	900	1/11000	"
6	5	+20	730	1/7800	"
7	9	+27	737	1/24000	"
8	10	+41	874	1/11000	独立系统
9	9	+4	693	1/22000	"
10	3	-4	178	1/78000	"
11	4	+4	267	1/26000	"

新, 自力更生, 土法上马, 试制了不少测绘仪器, 其中也包括 2 米横基尺。例如湖北综合勘察院以玻璃钢制作横基尺, 具有质量轻、强度高、伸缩小等优点, 并装有灯光设备, 便于在洞内或夜间观测。这正如毛主席所指出的: “中国人民有志气, 有能力, 一定要在不远的将来, 赶上和超过世界先进水平。”

蔡司厂生产的 Bala 2 米横基尺(图 5) 是由两节套接起来的, 这样便于携带。在每一节中, 有直径约为 5 毫米的因瓦杆装在铝合金的套管中。两端和中间共有三个联接在因瓦杆上的照准标志, 只要在套接时依靠弹簧的力量使两支因瓦杆的接触点密合而无间隙, 则两端标志之间的长度为 2 米。由于因瓦的膨胀系数极小, 使横基尺的长度基本上不受温度变化的影响。但是如果没有套接好, 或接触点生锈、弹簧失效等原因, 会使两端标志之间的长度产生不能容许的误差。

横基尺中部有圆水准器 1 和光学准直器 2 (图 6)。安置

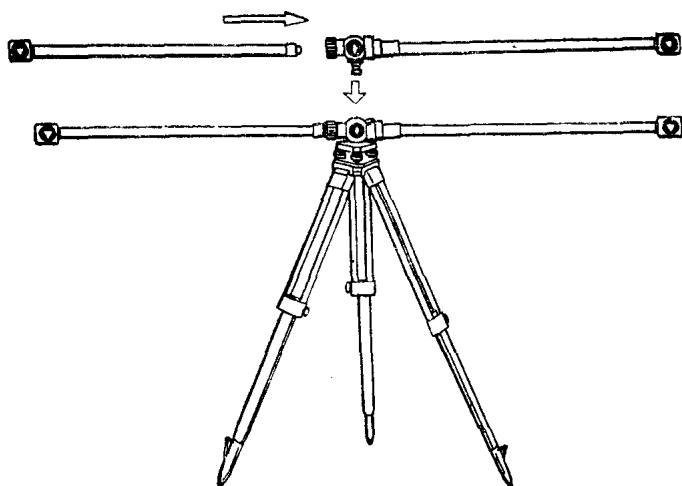


图 5

横基尺时，用准直器中所看到的白色三角形瞄准经纬仪，使横基尺垂直于所测线段，然后旋紧轴套制动螺旋 3。观测员在经纬仪的望远镜中可以观察横基尺准直器上的准直光管，根据准直光管中产生畸变的白色线条的图形，检查横基尺与测线相垂直的程度。如图 6 中 4 所示，横基尺如果严格垂直于测线，则准直光管中的白色线条呈现双凹透镜截面的形状；如果横基尺与测线相交成 $90^\circ \pm 0.4^\circ$ ，则白色线条呈现平凹透镜截面的形状；如果与 90° 的偏差大于 0.4° 时，则白色线条向一侧弯曲。这里应该考虑到：这种横基尺的光学准直器并不是安装在横基尺的中部，而是偏离中部 57 毫米。这个偏心值对于测定较长的距离时可以忽略；对于测定较短的距离（例如十几米）时则不能忽略。此时架设横基尺的人应该用准直器中的白色三角形瞄准经纬仪同一侧的支架的边缘，如图 6 中 5 所示（对于 010 经纬仪，此时应瞄准同一侧支架的中

心)。

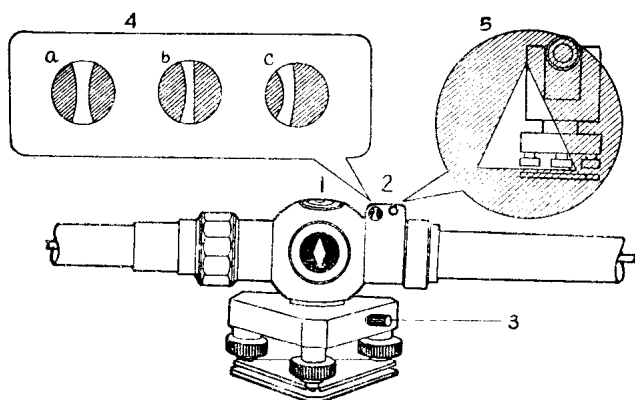


图 6

二、横基尺视差法测距的误差来源

毛主席教导说：“不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。”要使横基尺视差法测距达到预定的精度，首先必须在实践的基础上，对测距的误差来源进行分析，然后拟定合理的施测方法，采取必要的措施防止产生可以避免的误差，这样才能多快好省地进行工作。

横基尺视差法测距的观测值是视差角 γ ，用到的已知数据是横基尺的长度 b ，然后按下式计算水平距离：

$$S = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} \quad (1)$$

因此视差角的测角误差 m_γ 和横基尺的长度误差 m_b 是视差法测距中两种主要的误差来源。此外，在观测时横基尺没有安置水平或横基尺不垂直于所测线段以及横基尺的偏心误差等同样会影响视差法测距的精度。以下针对这些误差来源进行分析：

1 视差角测角误差和横基尺长度误差对测距的影响

设用横基尺视差法测定两段距离 S_1 和 S_2 ， S_1 大于 S_2 （图7）。如果在观测视差角 γ_1 和 γ_2 时，产生同样大小的测角误差 $d\gamma$ ，则对测定 S_1 和 S_2 的距离误差分别为 dS_1 和 dS_2 ，显然 dS_2 远远大于 dS_1 。这就从直观上说明，距离越大，用视差法测距的误差就越显著地增加。

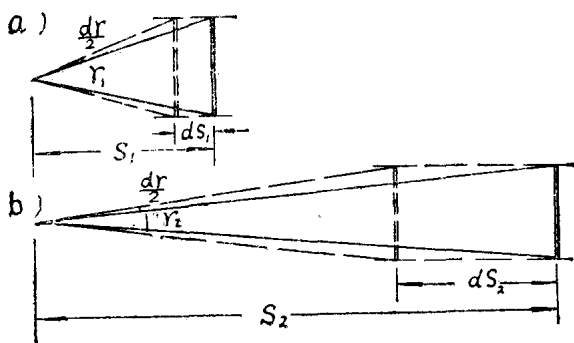


图 7

横基尺的长度 b 应该严格等于 2 米。如果长度有误差而增加至 b' (图 8), 则所测距离 S 也因此而按比例增加至 S' 。这说明横基尺的长度误差对测距的影响很大, 而且具有系统误差的性质。

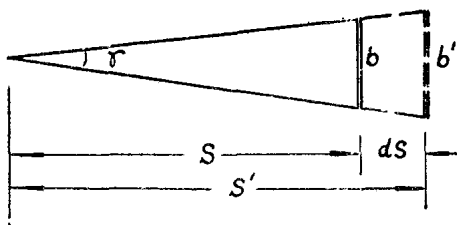


图 8

为了进一步讨论这两种误差对测距的影响, 需要用数学的方法来分析。为此将视差法测距的公式 (1) 写成自然对数的形式:

$$\ln S = \ln b - \ln 2 + \ln \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}$$

然后对 b 、 γ 和 S 取微分, 得到:

$$\frac{dS}{S} = \frac{db}{b} - \frac{1}{\sin \gamma} \cdot \frac{d\gamma}{\rho}$$

由于视差角是一个很小的角度，一般不会大于 10° ，可以认为：

$$\frac{1}{\sin \gamma} \approx \frac{S}{b}, \quad \frac{b}{S} \rho \approx \gamma$$

因此

$$\frac{dS}{S} = \frac{db}{b} - \frac{S}{b} \cdot \frac{d\gamma}{\rho} = \frac{db}{b} - \frac{d\gamma}{\gamma}$$

上式用中误差的形式来表达：

$$\left(\frac{m_S}{S}\right)^2 = \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{S}{b} \cdot \frac{m_\gamma}{\rho}\right)^2 = \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{m_\gamma}{\gamma}\right)^2 \quad (2)$$

如果用 $(m_S)_\gamma$ 和 $\left(\frac{m_S}{S}\right)_\gamma$ 表示由视差测角误差所引起的测距误差和相对误差，则

$$\left(\frac{m_S}{S}\right)_\gamma = \frac{S}{b} \cdot \frac{m_\gamma}{\rho} = \frac{m_\gamma}{\gamma} \quad (3)$$

$$(m_S)_\gamma = \frac{S^2}{b} \cdot \frac{m_\gamma}{\rho} = S \cdot \frac{m_\gamma}{\gamma} \quad (4)$$

上式说明——由视差角测角误差所引起的距离误差与距离的平方成正比，与横基尺的长度成反比；测距的相对误差与扩大倍数 $\frac{S}{b}$ 成正比，或与视差角本身的大小成反比。

假定视差角的测角误差 $m_\gamma = \pm 1''$ ，横基尺的长度 $b = 2$ 米，对于各种不同距离的测距精度列于表 2。

由此可见，为了使测距达到相当的精度，用横基尺一次测定的距离不能太长；另外，视差角的测角精度必须很高，因此观测视差角往往需要采用不同于一般观测水平角的方法。实践证明，用 J2 级经纬仪观测视差角，可以使视差角

$$m_{\gamma} = \pm 1'' \quad b = 2M$$

(表 2)

S	$\frac{S}{b}$	$(m_S)_{\gamma}$	$\left(\frac{m_S}{S}\right)_{\gamma}$
10 M	5	0.25MM	1/41000
20	10	1	1/21000
30	15	2	1/14000
40	20	4	1/10000
50	25	6	1/8200
60	30	9	1/6900
80	40	15	1/5200
100	50	24	1/4100
150	75	42	1/2800
200	100	93	1/2100

的测角误差 $m_{\gamma} < \pm 1''$ ；用 J 6 级 经纬仪可以使 $m_{\gamma} < \pm 2''$ 。但是随着距离的增长，视差角的测角误差也会因瞄准误差的增加而增加。这是因为空气的对流和涡动而使成像不稳定以及空气的透明程度都随距离的增长而变得越来越差，旁折光的影响也会随距离而增加。视差角的测角误差如果没有显著的旁折光的影响，一般具有偶然误差的性质。

用 $\left(\frac{m_S}{S}\right)_b$ 表示由横基尺的长度误差所引起的测距相对误差，根据(2)式可以得到：

$$\left(\frac{m_S}{S}\right)_b = \frac{m_b}{b} \quad (5)$$

上式说明——由横基尺长度的相对误差会引起同样大小的测距相对误差。由于还有视差角测角误差等其他误差来源，因此视差法测距的相对精度一定低于横基尺长度的相对精度。所以横基尺的长度要经过精密的检定并要求保持其长度的稳定性(对空气中温度和湿度的变化、风吹和日晒、运