第四章 距离测量

第四章 距离测量 1
§4－1 钢尺量距 2
一、量距工具 2
二、精密短距测量 3
三、成果整理 3
§4－2 视距测量 4
一、视距测量原理 5
二、视距测量方法 6
§4－3 光电测距 7
一、光电测距原理 7
二、测距成果整理 9
三、测距仪标称精度 10
§4－4 全站仪简介 11
一、全站仪的基本构造 11
二、全站仪的分类 11
三、全站仪的等级与检测 11
四、徕卡 TPS700 全站仪简介 12
五、全站仪使用注意事项 16

距离是确定地面点位置的基本要素之一。测量上要求的距离是指两点间的水平距离（简称**平距**），如图 4-1 中，A′B′的长度就代表了地面点 A、B 之间的水平距离。若测得的是倾斜距离（简称**斜距**），还须将其改算为平距。水平距离测量的方法很多，按所用测距工具的不同，测量距离的方法有一般有钢尺量距、视距测量、光电测距、全站仪测距等。

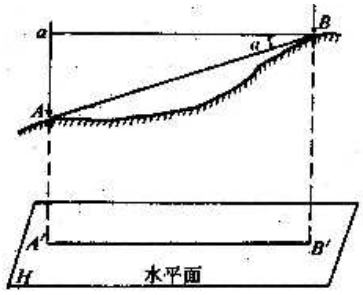


图 4-1 两点间的水平距离

§4—1 钢尺量距

顾名思义，钢尺量距就是利用具有标准长度的钢尺直接量测两点间的距离。按丈量方法的不同它分为一般量距和精密量距。一般量距读数至厘米，精度可达 1/3000 左右；精密量距读数至亚毫米，精度可达 1/3 万（钢卷带尺）及 1/100 万（因瓦线尺）。由于光电测距的普及，在现今的测量工作中已很少使用钢尺量距，只是在精密的短距测量中偶尔用到，下面仅就精密短距测量的有关问题作简要介绍。

一、量距工具

钢尺分为普通钢卷带尺和因瓦线尺两种。

普通钢卷带尺，尺宽 10~15mm，长度有 20m、30m 和 50m 数种，卷放在圆形盒或金属架上，钢尺的分划有几种，有以厘米为基本分划的，适用于一般量距；有的则在尺端第一分米内刻有毫米分划；也有将整尺都刻出毫米分划的；后两种适用于精密量距。较精密的钢尺，制造时有规定的温度及拉力，如在尺端刻有“30m、20℃、100N”字样。它表示在检定该钢尺时的温度为 20 摄氏度，拉力为 100 牛顿，30m 为钢尺刻线的最大注记值，通常称之为**名义长度**。

因瓦线尺是用镍铁合金制成的，尺线直径 1.5mm，长度为 24m，尺身无分划和注记，在尺两端各连一个三棱形的分划尺，长 8cm，其上最小分划为 1mm。因瓦线尺全套由 4 根主尺、1 根 8m（或 4m）长的辅尺组成。不用时卷放在尺箱内。

钢尺量距的辅助工具有测钎、花杆、垂球、弹簧秤和温度计。

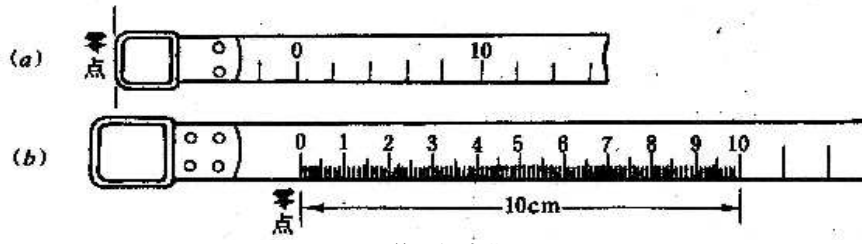


图 4-2 普通钢卷带尺

二、精密短距测量

所谓短距测量，是指被测距离不大于整尺全长的量距工作。这在不便安置测距仪的精密工程测量中时有出现。其测量方式和成果整理方法同样适用于长距离测量。

量距前首先标定被测距离的端点位置，通过端点分别划一垂直于测线的短线作为丈量标志。丈量组一般由 5 人组成，使用检定过的基本分划为毫米的钢尺，2 人拉尺， 2 人读数，1 人指挥兼记录和读温度。丈量时，一人手拉挂在钢尺零分划端的弹簧秤，另一人手拉钢尺另一端，将尺置于被测距离上，张紧尺子，待弹簧秤上指针指到该尺检定时的标准拉力时，两端的读尺员同时读数，估读至 0.5mm。每段距离要移动钢尺位置丈量三次，移动量一般在一厘米以上，三次量距较差一般不超过 3mm。每次读数的同时，读记温度，精确至 0.5℃。

三、成果整理

精密量距中的量距结果需进行尺长改正、温度改正及倾斜改正，求出改正后的平距。

1. 尺长改正

钢尺在标准拉力、标准温度下的检定长度 l' 与钢尺的名义长度 l_0 一般不相等，其差数 Δl 为整尺段的尺长改正数，即

$$\Delta l = l' - l_0$$

任一丈量长度 l 的尺长改正数为

$$\Delta l_d = \frac{\Delta l}{l_0} l \qquad (4—1)$$

2. 温度改正

钢尺长度受温度的影响会伸缩。当量距时的温度 t 与检定钢尺时的温度 t_0。不一致时，需进行温度改正，其公式为

$$\Delta l_t = \alpha(t - t_0)l \qquad (4—2)$$

式中 α 为钢尺的线膨胀系数。

3. 倾斜改正

如图 4-3 所示，设 l 为量得的斜距，h 为距离两端点间的高差，要将 l 改算成平距 d，需加入倾斜改正△l_h，即

$$\Delta l_h = d - l = \sqrt{l^2 - h^2} - l = l\left[\left(1 - \frac{h^2}{l^2}\right)^{1/2} - 1\right] \qquad (4—3)$$

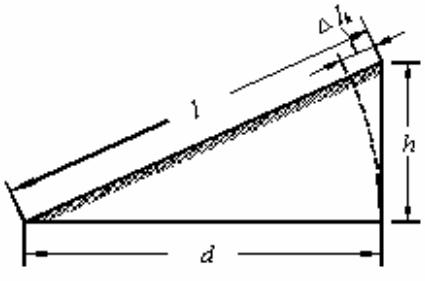


图 4-3 斜距改算平距

将$\left(1-\frac{h^2}{l^2}\right)^{1/2}$展成级数，并顾及$h$与$l$之比值很小，则有

$$\Delta l_h = -\frac{h^2}{2l} \qquad (4—3)$$

倾斜改正数永为负值。

经三项改正后的平距为

$$d = l + \Delta l_d + \Delta l_t + \Delta l_h \qquad (4—4)$$

在标准拉力和标准温度下检定的钢尺，可将它的尺长改正和温度改正表示成实际长度的函数，称为**尺长方程式**。即

$$d = l + \Delta l_d + \alpha(t - t_0)l_0 \qquad (4—5)$$

有了钢尺的尺长方程式，就可对用该钢尺测得之距离作尺长和温度改正计算。

【例】某尺段实测距离为 29.8655m，量距所用钢尺的尺长方程式为：l=30+0.005+0.0000125×30(t-20°C)m，丈量时温度为 30℃，所测高差为 0.238m，求水平距离。

解：方法 1

①尺长改正

$$\Delta l_d = \frac{0.005}{30}\times 29.8655 = 0.0050 \text{ m}$$

②温度改正

$$\Delta l_t = 0.0000125\times(30-20)\times 29.8655 = 0.0037 \text{ m}$$

③倾斜改正

$$\Delta l_h = -\frac{0.238^2}{2\times 29.8655} = -0.0009 \text{ m}$$

④水平距离为

$$d = 29.8655 + 0.0050 + 0.0037 - 0.0009 = 29.8733 \text{ m}$$

方法 2

①由尺长方程算出在 30℃时整尺（30 米）经尺长温度改正后的长度

$$l' = 30 + 0.005 + 0.0000125\times 30(30-20) = 30.0088 \text{ m}$$

②经尺长温度改正后的实测距离长度

$$l = \frac{30.0088}{30}\times 29.8655 = 29.8743 \text{ m}$$

③加倾斜改正后的水平距离

$$d = l + \Delta l_h = 29.8743 - 0.0009 = 29.8733 \text{ m}$$

§4—2 视距测量

视距测量是利用测量仪器望远镜中的视距丝并配合视距尺，根据几何光学及三角学原理，同时测定两点间的水平距离和高差的一种方法。此法操作简单，速度快，不受地形起伏的限制，但测距精度较低，一般可达 1/200，故常用于地形测图。视距尺一般可选用普通塔尺。

一、视距测量原理

1、视线水平时的视距测量公式

欲测定 A、B 两点间的水平距离,如图 4-4 所示，在 A 点安置经纬仪，在 B 点竖立视距尺，当望远镜视线水平时，视准轴与尺子垂直，经对光后，通过上、下两条视距丝 m、n 就可读得尺上 M、N 两点处的读数，两读数的差值 l 称为**视距间隔**或**视距**。f 为物镜焦距，p 为视距丝间隔，δ 为物镜至仪器中心的距离，由图可知，A、B 点之间的平距为：

$$D = d + f + \delta$$

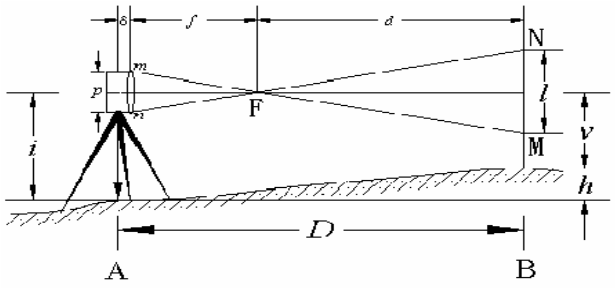


图 4-4 水平视距测量

其中 d 由两相似三角形 MNF 和 m n F 求得

$$\frac{d}{f} = \frac{l}{p}$$

$$d = \frac{f}{p} l$$

因此

$$D = \frac{f}{p} l + (f + \delta)$$

令 $\frac{f}{p} = K$，称为**视距乘常数**，$f + \delta = c$，称为**视距加常数**，则

$$D = Kl + c \qquad (4\text{-}6)$$

在设计望远镜时，适当选择有关参数后,可使 K=100，c=0。于是，视线水平时的视距公式为

$$D = 100l \qquad (4\text{-}7)$$

两点间的高差为

$$h = i - v \qquad (4\text{-}8)$$

式中 i 为仪器高，v 为望远镜的中丝在尺上的读数。

2、视线倾斜时的视距测量公式

当地面起伏较大时，必须将望远镜倾斜才能照准视距尺，如图 4-3 所示，此时的视准轴不再垂直于尺子，前面推导的公式就不适用了。若想引用前面的公式，测量时则必须将尺子置于垂直于视准轴的位置，但那是不太可能的。因此，在推导倾斜视线的视距公式时，必须加上两项改正：（1）视距尺不垂直于视准轴的改正；（2）倾斜视线（距离）化为水平距离的改正。

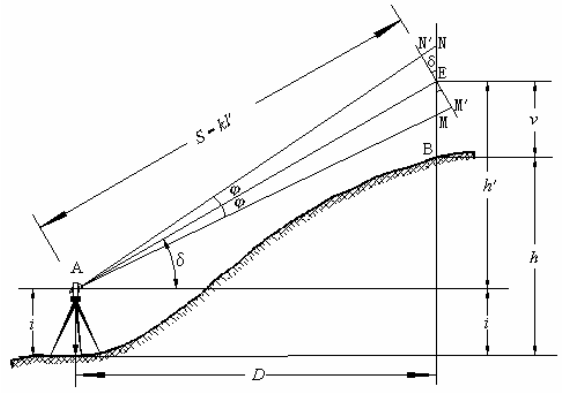


图 4-5 倾斜视距测量

在图 4-5 中，设视准轴倾斜角为 δ，由于 φ 角很小，略为 17′，故可将∠NN′E 和∠MM′E 近似看成直角，则∠NEN′=∠MEM′= δ，于是

$$l' = M'N' = M'E + EN' = ME\cos\delta + EN\cos\delta$$
$$= (ME + EN)\cos\delta = l\cos\delta$$

根据（4-7）式得倾斜距离

$$S = Kl' = Kl\cos\delta$$

化算为平距为

$$D = S\cos\delta = Kl\cos^2\delta \qquad (4\text{-}9)$$

A、B 两点间的高差为

$$h = h' + i - v$$

式中

$$h' = S\sin\delta = Kl\cos\delta\cdot\sin\delta = \frac{1}{2}Kl\sin 2\delta$$

称为**初算高差**。故视线倾斜时的高差公式为

$$h = \frac{1}{2}Kl\sin 2\delta + i - v \qquad (4\text{-}10)$$

二、视距测量方法

1．安置仪器于测站点上，对中、整平后，量取仪器高 i 至厘米。

2．在待测点上竖立视距尺。

3．转动仪器照准部照准视距尺，在望远镜中分别用上、下、中丝读得读数 M、N、V；再使竖盘指标水准管气泡居中，在读数显微镜中读取竖盘读数。

4．根据读数 M、N 算得视距间隔 l；根据竖盘读数算得竖角 δ；利用视距公式（4-9）和（4-10）计算平距 D 和高差 h。记录及计算见表 4-1。

表 4-1 视距测量记录

§4—3 光电测距

与钢尺量距的繁烦和视距测量的低精度相比，电磁波测距具有测程长、精度高、操作简便、自动化程度高的特点。电磁波测距按精度可分为Ⅰ级(m_D≤5mm)、Ⅱ级(5mm＜m_D≤10mm＝和Ⅲ级(m_D＞10mm)。按测程可分为短程(＜3km)、中程（3~5km）和远程（＞15km）。按采用的载波不同，可分为利用微波作载波的微波测距仪；利用光波作载波的光电测距仪。光电测距仪所使用的光源一般有激光和红外光。下面将简要介绍光电测距的原理及测距成果整理等内容。

一、光电测距原理

光电测距是通过测量光波在待测距离上往返一次所经历的时间，来确定两点之间的距离。如图 4-6 所示，在 A 点安置测距仪，在 B 点安置反射棱镜，测距仪发射的调制光波到达反射棱镜后又返回到测距仪。设光速 c 为已知，如果调制光波在待测距离 D 上的往返传播时间为 t，则距离 D 为

$$D=\frac{1}{2}c\cdot t \qquad (4\text{-}11)$$

式中 $c=c_0/n$，其中 c_0 为真空中的光速，其值为 299792458m/s，n 为大气折射率，它与光波波长 λ，测线上的气温 T、气压 P 和湿度 e 有关。因此，测距时还需测定气象元素，对距离进行气象改正。

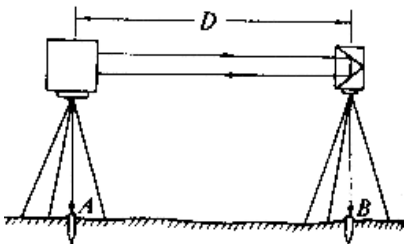


图 4-6 光电测距

由（4-11）式可知，测定距离的精度主要取决于时间 t 的测定精度，即 $dD=\frac{1}{2}cdt$。当要求测距误差 dD 小于 1cm 时，时间测定精度 dt 要求准确到 6.7×10^{-11}s，这是难以做到的。因此，时间的测定一般采用间接的方式来实现。间接测定时间的方法有两种。

1. 脉冲法测距

由测距仪发出的光脉冲经反射棱镜反射后，又回到测距仪而被接收系统接收，测出这一光脉冲往返所需时间间隔 t 的钟脉冲的个数，进而求得距离 D。由于钟脉冲计数器的频率所

限，所以测距精度只能达到 0.5~1m。故此法常用在激光雷达等远程测距上。

2．相位法测距

相位法测距是通过测量连续的调制光波在待测距离上往返传播所产生的相位变化来间接测定传播时间，从而求得被测距离。红外光电测距仪就是典型的相位式测距仪。

红外光电测距仪的红外光源是由砷化镓（GaAs）发光二极管产生的。如果在发光二极管上注入一恒定电流，它发出的红外光光强则恒定不变。若在其上注入频率为 f 的高变电流（高变电压），则发出的光强随着注入的高变电流呈正弦变化，如图 4-7 所示，这种光称为**调制光**。



图 4-7

测距仪在 A 点发射的调制光在待测距离上传播，被 B 点的反射棱镜反射后又回到 A 点而被接收机接收，然后由相位计将发射信号与接收信号进行相位比较，得到调制光在待测距离上往返传播所引起的相位移 φ，其相应的往返传播时间为 t。如果将调制波的往程和返程展开，则有如图 4-8 所示的波形。

设调制光的频率为 f（每秒振荡次数），其周期 $T=\dfrac{1}{f}$（每振荡一次的时间（s）），则调制光的波长为：

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f} \tag{4-12}$$

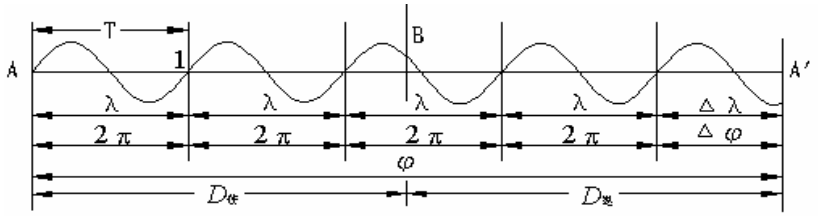


图 4-8 相位式测距原理

从图中可看出，在调制光往返的时间 t 内，其相位变化了 N 个整周（2π）及不足一周的余数 $\Delta\varphi$，而对应 $\Delta\varphi$ 的时间为 Δt，距离为 $\Delta\lambda$ 则

$$t = NT + \Delta t \tag{4-13}$$

由于变化一周的相位差为 2π，则不足一周的相位差 $\Delta\varphi$ 与时间 Δt 的对应关系为

$$\Delta t = \frac{\Delta\phi}{2\pi} \cdot T \tag{4-14}$$

于是得到相位测距的基本公式

$$D=\frac{1}{2}c\cdot t=\frac{1}{2}c\cdot\left(NT+\frac{\Delta\phi}{2\pi}T\right)$$
$$=\frac{1}{2}c\cdot T(N+\frac{\Delta\phi}{2\pi})=\frac{\lambda}{2}(N+\Delta N) \qquad (4\text{-}15)$$

式中 $\Delta N=\frac{\Delta\phi}{2\pi}$ 为不足一整周的小数。

在相位测距基本公式（4-15）中，常将 $\frac{\lambda}{2}$ 看作是一把“光尺”的尺长，测距仪就是用这把“光尺”去丈量距离。N 则为整尺段数，ΔN 为不足一整尺段之余数。两点间的距离 D 就等于整尺段总长 $\frac{\lambda}{2}N$ 和余尺段长度 $\frac{\lambda}{2}\Delta N$ 之和。

测距仪的测相装置（相位计）只能测出不足整周（2π）的尾数 $\Delta\varphi$，而不能测定整周数 N，因此使（4-15）式产生多值解，只有当所测距离小于光尺长度时，才能有确定的数值。例如，“光尺”为 10m，只能测出小于 10m 的距离；“光尺”为 1000m，则可测出小于 1000m 的距离。又由于仪器测相装置的测相精度一般为 1/1000，故测尺越长测距误差越大，其关系可参见表 4-2。为了解决扩大测程与提高精度的矛盾，目前的测距仪一般采用两个调制频率，即两把“光尺”进行测距。用长测尺（称为**粗尺**）测定距离的大数，以满足测程的需要；用短测尺（称为**精尺**）测定距离的尾数，以保证测距的精度。将两者结果衔接组合起来，就是最后的距离值，并自动显示出来。例如：

粗测尺结果 0324
精测尺结果 3.817
显示距离值 323.817m

表 4-2 测尺长度与测距精度

测尺长度（$\frac{\lambda}{2}$）	10m	100m	1km	2km	10km
测尺频率（f）	15MHz	1.5MHz	150KHz	75KHz	15KHz
测距精度	1cm	10cm	1m	2m	10m

若想进一步扩大测距仪器的测程，可以多设几个测尺。

二、测距成果整理

在测距仪测得初始斜距值后，还需加上仪器常数改正、气象改正和倾斜改正等，最后求得水平距离。

1、仪器常数改正

仪器常数有加常数 K 和乘常数 R 两项。

由于仪器的发射中心、接收中心与仪器旋转竖轴不一致而引起的测距偏差值，称为**仪器加常数**。实际上仪器加常数还包括由于反射棱镜的组装（制造）偏心或棱镜等效反射面与棱镜安置中心不一致引起的测距偏差，称为**棱镜加常数**。仪器的加常数改正值 δ_k 与距离无关。并可预置于机内作自动改正。

仪器乘常数主要是由于测距频率偏移而产生的。乘常数改正值δ_R与 所测距离成正比。在有些测距仪中可预置乘常数作自动改正。

仪器常数改正的最终式可写成：

$$\Delta S = \delta_K + \delta_R = K + R \cdot S \qquad (4\text{-}16)$$

2、气象改正

仪器的测尺长度是在一定的气象条件下推算出来的。野外实际测距时的气象条件不同于制造仪器时确定仪器测尺频率所选取的基准（参考）气象条件，故测距时的实际测尺长度就不等于标称的测尺长度，使测距值产生与距离长度成正比的系统误差。所以在测距时应同时测定当时的气象元素：温度和气压，利用厂家提供的气象改正公式计算距离改正值。如某测距仪的气象改正公式为：

$$\Delta S = \left(283.37 - \frac{106.2833p}{273.15+t}\right)\cdot S \quad (\text{mm})$$

式中，P 为气压（hP_a），t 为温度（℃），S 为距离测量值（km）。

目前，所有的测距仪都可将气象参数预置于机内，在测距时自动进行气象改正

3、倾斜改正

距离的倾斜观测值经过仪器常数改正和气象改正后得到改正后的斜距。

当测得斜距的竖角 δ 后，可按下式计算水平距离

$$D = S\cos\delta \qquad (4\text{-}17)$$

三、测距仪标称精度

当顾及仪器加常数 K，并将 $c=c_0/n$ 代入（4-15）式，相位测距的基本公式可写成

$$S = \frac{c_0}{2nf}\left(N + \frac{\Delta\varphi}{2\pi}\right) + K$$

上式中，c_0、n、f、$\Delta\varphi$ 和 K 的误差，都会使距离产生误差。若对上式作全微分，并应用误差传播定律，则测距误差可表示成

$$M_S^2 = \left(\frac{m_{c_0}^2}{c_0^2} + \frac{m_n^2}{n^2} + \frac{m_f^2}{f^2}\right)S + \left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)m_{\Delta\varphi}^2 + m_k^2 \qquad (4\text{-}18)$$

公式（4-18）中的测距误差可分成两部分，前一项误差与距离成正比，称为**比例误差**。而后两项与距离无关，称为**固定误差**。因此，常将上式写成如下形式，作为仪器的**标称精度**：

$$M_S = \pm(A + B\cdot S) \qquad (4\text{-}19)$$

例如，某测距仪的标称精度为

$$\pm 3\text{mm} + 2\text{ppm}\cdot S$$

说明该测距仪的固定误差 A=3mm，比例误差 B=2mm/km（ppm），S 的单位为 km。

目前，测距仪已很少单独生产和使用，而是将其与电子经纬仪组合成一体化的全站仪。因此,关于测距仪的使用，将在下一节全站仪中介绍。

§4—4 全站仪简介

一、全站仪的基本构造

全站型电子速测仪是由电子测角、电子测距、电子计算和数据存储等单元组成的三维坐标测量系统，能自动显示测量结果，能与外围设备交换信息的多功能测量仪器。由于仪器较完善地实现了测量和处理过程的电子一体化，所以人们通常称之为全站型电子速测仪（Electronic Total Station）或简称**全站仪**。

全站仪由以下两大部分组成：

1）采集数据设备：主要有电子测角系统、电子测距系统、还有自动补偿设备等。

2）微处理器：微处理器是全站仪的核心装置,主要由中央处理器,随机储存器和只读存储器等构成,测量时,微处理器根据键盘或程序的指令控制各分系统的测量工作,进行必要的逻辑和数值运算以及数字存储、处理、管理、传输、显示等。

通过上述两大部分有机结合，才真正地体现“全站”功能，既能自动完成数据采集，又能自动处理数据，使整个测量过程工作有序、快速、准确地进行。

二、全站仪的分类

上世纪八十年代末、九十年代初，人们根据电子测角系统和电子测距系统的发展不平衡，把两种系统结构配置在一起构成全站仪，按其结构形式，全站仪分成两大类，积木式和整体式。

积木式（Modular），也称组合式，它是指电子经纬仪和测距仪可以分离开使用，照准部与测距轴不共轴。作业时，测距仪安装在电子经纬仪上，相互之间用电缆实现数据通讯，作业结束后卸下分别装箱。这种仪器可根据作业精度要求，用户可以选择不同测角、测距设备进行组合，灵活性较好。

整体式（integrated），也称集成式，它是将电子经纬仪和测距仪融为一体，共用一个光学望远镜，使用起来更方便。

目前世界各仪器厂商生产出各种型号的全站仪，而且品种越来越多，精度越来越高。常见的有日本（SOKKIA）SET 系列、拓普康（TOPOCON）GTS 系列、尼康（NIKON）DTM 系列、瑞士徕卡（LEICA）TPS 系列，我国的 NTS 和 ETD 系列。随着计算机技术的不断发展与应用以及用户的特殊要求，出现了带内存、防水型、防爆型、电脑型、马达驱动型等等各种类型的全站仪，使得这一最常规的测量仪器越来越满足各项测绘工作的需求，发挥更大的作用。

三、全站仪的等级与检测

全站仪作为一种光电测距与电子测角和微处理器综合的外业测量仪器，其主要的精度指标为测距标准差 m_D 和测角标准差 m_β。仪器根据测距标准差，即测距精度，按国家标准，

分为三个等级。小于 5 mm 为Ⅰ级仪器，标准差大于 5 mm 小于 10 mm 为Ⅱ级仪器，大于 10 mm 小于 20 mm 为Ⅲ级仪器。

全站仪设计中，关于测距和测角的精度一般遵循等影响的原则。即：

$$\frac{m_D}{D}=\frac{m_\beta}{\beta} \quad 或 \quad \frac{m_\beta}{\beta}=2\times\frac{m_D}{D}$$

由于全站仪作为一种现代化的计量工具，必须依法对其进行计量检定，以保证量度的统一性、标准性、合格性。检定周期最多不能超过一年。对全站仪的检定分为三个方面，对测距性能的检测，对测角性能的检测。对其数据记录及数据通讯及数据处理功能的检查。

光电测距单元性能按国家技术监督局（JG 703-91）定规程进行，其主要项目包括：调制光相位均匀性、周期误差、内符合精度、精测尺频率，加、乘常数及综合评定其测距精度。必要时，还可以在较长的基线上进行测距的外符合检查。

电子测角系统的检测主要项目包括：光学对中器和水准管的检校，照准部旋转时仪器基座方位稳定性检查，测距轴与视准轴重合性检查，仪器轴系误差（照准差 C，横轴误差 i，竖盘指标差 I）的检定，倾斜补偿器的补偿范围与补偿准确度的检定，一测回水平方向指标差的测定和一测回竖直角标准偏差测定。

数据采集与通讯系统的检测包括检查内存中的文件状态，检查贮存数据的个数和剩余空间；查阅记录的数据；对文件进行编辑，输入和删除功能的检查；数据通讯接口数据通讯专用电缆的检查等。

四、徕卡 TPS700 全站仪简介

1） 技术指标 图 4-9 为 TPS700 型全站仪外形结构。主要技术指标如下：

技术参数	
望远镜	
放大倍率	30 x
视场	1°30'（1km 处视物直径 26m）
角度测量	
方法	绝对编码，连续
最小读数	1s
精度	2s
距离测量（标准红外）	
测程（单棱镜）	3000m
精度	2mm+2ppm
时间	
标准方式	<1s
快速方式	<0.5s

记录	
内存容量	4000 组数据或 7000 个点
数据交换	IDEX/GS18 位和 16 位可变格式
功能	REM/REC/IR-RL 开关/删除最后一个纪录
程序	放样/地形测量/自由测站/面积/….
激光对中器	
精度	1.5m 处±0.8mm
补偿器	
方法	双轴补偿
补偿范围	±4s
双面键盘	151×203×316 （12 键加开关和快捷键）
显示器	
LCD 分辨率	144×64 像素
字符	8 行×24 列

跟踪方式	<0.3s		重量	4.46kg

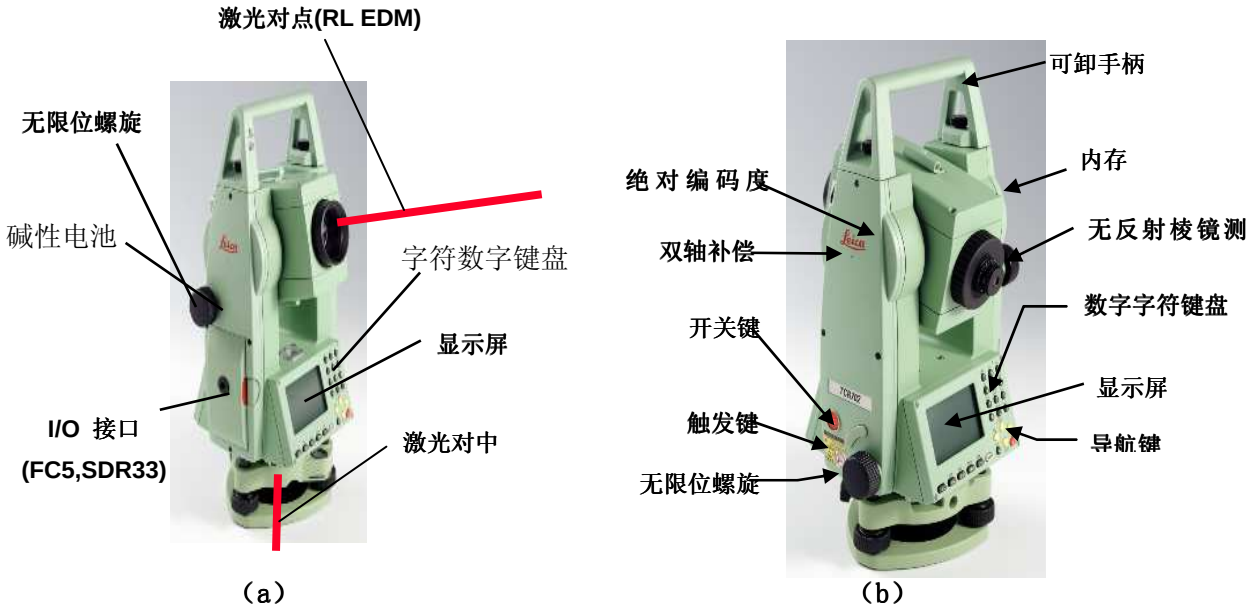


图 4-9 TPS700 全站仪外形结构图



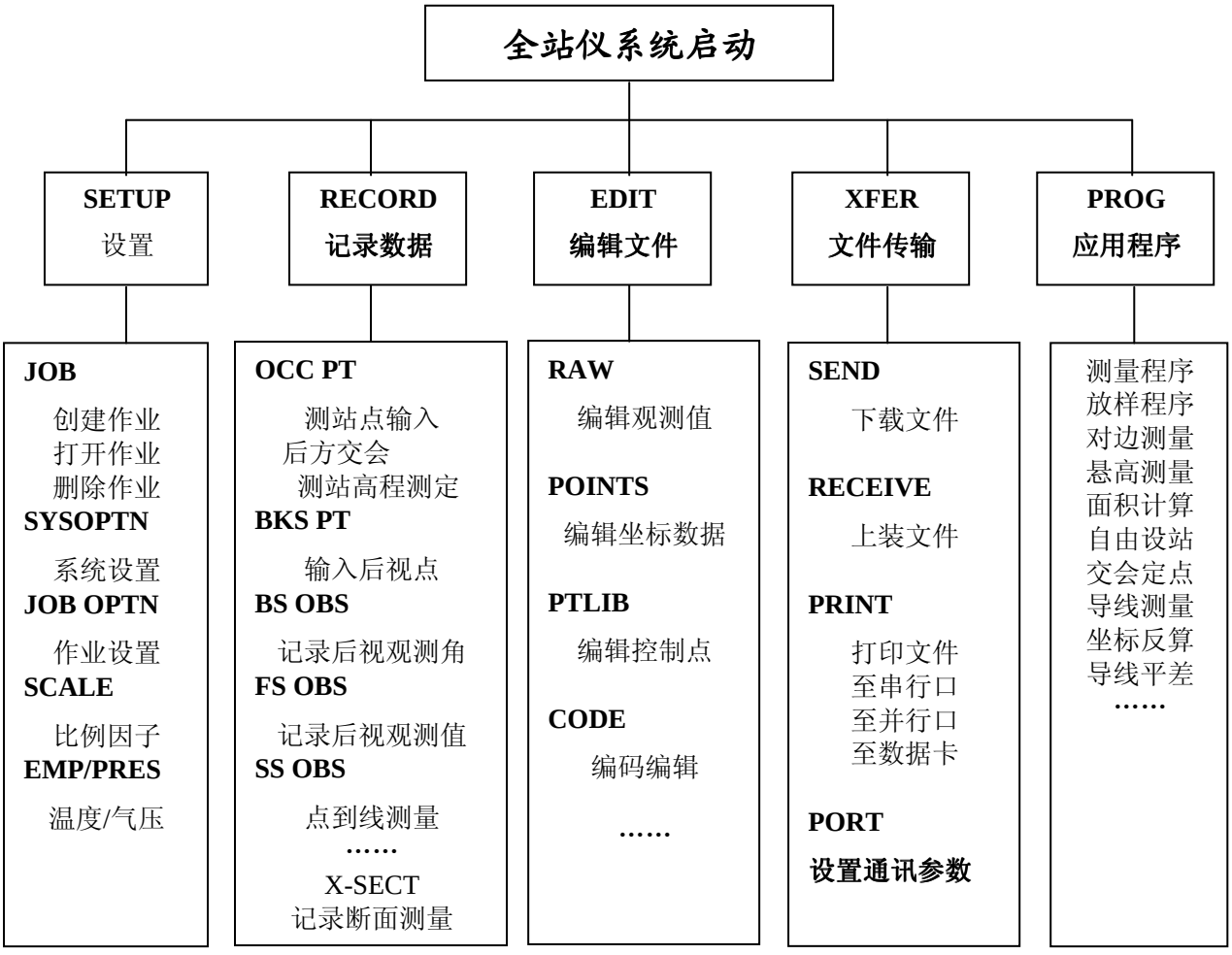
图 4-10 全站仪控制面板及键盘的主要功能

图 4-10 给出了全站仪控制面板及键盘的主要功能：

- 状态符　显示电池状态、测距状态、数据设置状态及页面…
- 选择区　用左右光标符号标识
- 导航键　用导航键滚动菜单选取选择项.可以在任意时间翻页显示更多的内容
- 直接功能键　用于测量,应用程序和功能的选取，包括照明、电子整平和激光对中

- Shift+PgUp/PgDn 显示对话框中更多可用数据
- CE 删除输入的字符
- ESC 永远是退出当前的程序/功能
- Buttons 用于在屏幕上表示多种选择及执行情况。可以用方向键选择，用 RETURN 键激活。
- Focus 总是处于应用程序最为合理执行的选项上。
- EXIT 按钮 在任何对话框内退出程序/功能
- 上/下光标键 引导菜单焦点键入 RETURN 选择菜单
- 数字菜单选择: 由键入数字快速进入选择菜单

2）全站仪功能菜单



3）基本测量程序

（1）自由设站

通过测量（角度，距离测量的任意组合）不超过五个已知点来自动计算所设站点的坐标、高程、以及定向方位角。自动进行粗差检测，提示改变、删除、重测点位使重新计算的结果获得最大的精确度和置信度。

（2）高程传递

通过测量不超过五个已知点来自动计算所设测站点高程。

（3）放样

点位放样可以有四种不同的方式。三维放样元素由存储的待放样已知点和现场测站综合信息计算出来。

（4）对边测量

该程序可以测定任意两点间的距离、方位角和高差。测量模式既可以是相邻两点之间的折线方式，也可以是固定一个点的中心辐射方式。参加对边计算的点既可以是直接测量点，也可以是直接测量点，也可以是由数据文件导入或现场手工输入点。

（5）悬高测量

悬高测量用于测量计算不可接触点的点位坐标和高程。通过测量基准点，然后照准悬高点，测量员可以方便地得到不可接触点（也称悬高点）的三维坐标，还可得到基准点和悬高点之间的高差。

（6）面积测量

该程序用于测量计算闭合多边形的面积。可以用任意直线和弧线段来定义一个面积区域。弧线段由三个点或两点加一半径来确定。用于定义面积计算的点可以通过测量、数据文件导入或手工输入等方式来获得。程序通过图形显示可以查看面积区域的形状。

（7）导线测量

利用方向和距离数据测量，该程序可以边疆计算测站坐标。当导线闭合后，程序可以立即显示导线闭合差作为导线测量的野外检核。

（8）道路放样

该程序可以实现道路曲线放样、线路控制、以及测设纵、横断面等功能。这个软件还可以在任意中桩处插入断面、计算各类元素。同时，用道路数据编辑器可以查看、编辑甚至创建新的项目文件

（9）解析计算

(a)交点计算：交点坐标可以通过两个已知点及两个已知方位或距离来计算，得到的坐标值存入坐标数据文件。

(b)坐标反算：可以计算坐标数据文件中任意两点间的方位角和距离。

面积计算：可以计算同编码或同串号点所构成闭合图形的面积。

(c) 极坐标计算：点坐标可以通过已知点坐标及一个已知方位角和距离来计算。

（10） 导线平差

测量的导线数据可以按单导线形式进行平差采用等权分配法计算，如果误差未超限，平差后的座标将自动记录到仪器内存。

4）全站仪操作和使用

（1） 仪器安置

仪器安置包括对中与整平,其方法与光学仪器相同。它有光学对中器，TPS700 还有激光对中器，使用十分方便。仪器有双轴补偿器，整平后气泡略有偏离，对观测并无影响。采用电子水准仪安平更方便、精确。

（2）开机和设置

开机后仪器进行自检，自检通过后，显示主菜单。测量工作中进行的一系列相关设置，全站仪除了厂家进行的固定设置外，主要包括以下内容:

1）各种观测量单位与小数点位数的设置:包括距离单位、角度单位及气象参数单位等;

2）指标差与视准差的存储;

3）测距仪常数的设置,包括加常数、乘常数以及棱镜常数设置;

4）标题信息、测站标题信息、观测信息 根据实际测量作业的需要,如导线测量、交点放线、中线测量、断面测量、地形测量等不同作业建立相应的电子记录文件。主要包括建立标题信息、测站标题信息、观测信息等。标题信息内容包括测量信息、操作员、技术员、操作日期、仪器型号等。测站标题信息。仪器安置好后，应在气压或温度输入模式下设置当时的气压和温度。在输入测站点号后，可直接用数字键输入测站点的坐标，或者从存贮卡中的数据文件直接调用。按相关键可对全站仪的水平角置零或输入一个已知值。观测信息内容包括附注、点号、反射镜高、水平角、竖直角、平距、高差等。

（3）角度距离坐标测量 在标准测量状态下，角度测量模式、斜距测量模式、平距测量模式、坐标测量模式之间可互相切换，全站仪精确照准目标后，通过不同测量模式之间的切换，可得到所需要的观测值。

全站仪均备有操作手册，要全面掌握它的功能和使用，使其先进性得到充分的发挥，应详细阅读操作手册。

五、全站仪使用注意事项

（1）使用全站仪前，应认真阅读仪器使用说明书。先对仪器有全面的了解，然后着重学习一些基本操作，如测角、测距、测坐标、数据存储、系统设置等。在此基础上再掌握其它如导线测量，放样等测量方法。然后可进一步学习掌握存储卡的使用。

（2）电池充电时间不能超过专用充电器规定的充电时间，否则有可能将电池烧坏或者缩短电池的使用寿命。若用快速充电器，一般只需要 60～80 分钟。电池如果长期不用，则一个月之内应充电一次。存放温度以 0℃～40℃为宜。

（3） 电子手簿(或存储卡)应定期进行检定或检测,并进行日常维护。

（4）严禁在开机状态下插拔电缆，电缆、插头应保持清洁、干燥， 插头如有污物,需进行清理。

（5）凡迁站都应先关闭电源并将仪器取下装箱搬运。

（6）望远镜不能直接照准太阳，以免损坏测距部的发光二极管。

（7）在阳光下或阴雨天气进行作业时，应打伞遮阳、遮雨。

（8）仪器安置在三脚架上之前，应检查三脚架的三个伸缩螺旋是否已旋紧。在用连接螺旋将仪器固定在三脚架上之后才能放开仪器。在整个操作过程中，观测者决不能离开仪器，以避免发生意外事故。

（9）仪器应保持干燥，遇雨后应将仪器擦干，放在通风处，待仪器完全晾干后才能装箱。仪器应保持清洁，干燥。由于仪器箱密封程度很好，因而箱内潮湿会损坏仪器。

（10）全站仪长途运输或长久使用以及温度变化较大时，宜重新测定并存储视准轴误差及竖盘指标差。