

第五章 全站仪与GPS测图

§ 5-1 电子全站仪概述

- 电子全站仪是一种新型的测量仪器，它同时具备了电子经纬仪和光电测距仪的功能，由机械、光学、电子元件组合而成的测量仪器，能够方便、快捷地进行角度（水平角、垂直角）测量和距离（斜距、平距、高差）测量，能够自动显示、记录、存储各种数据，并能进行数据处理，可以在野外直接获取被测点位的坐标和高程。所以只要安置一台仪器，就可以完成在该测站上所有的测量工作，因此被称为“全站仪”。配置相应的软件，可以将电子全站仪与计算机进行联机作业，将观测数据直接传输到计算机中，由软件自动编辑，生成等高线，最后绘制数字地图。

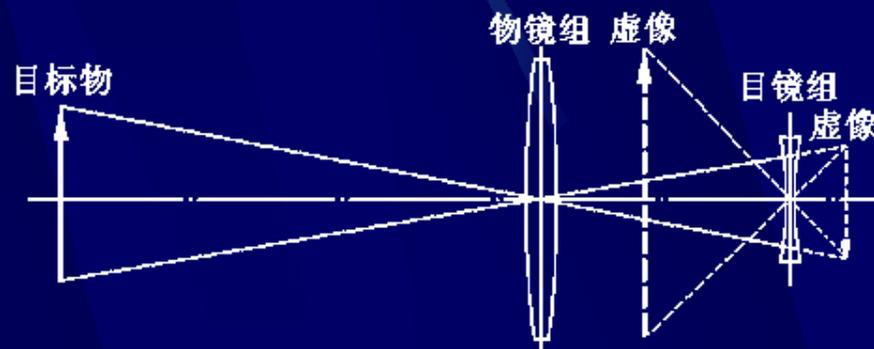
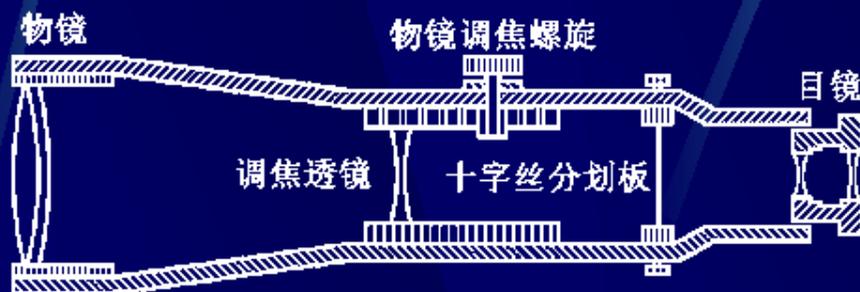
- 根据上一章介绍的测角概念，测角仪器应同时具备以下几何条件：(1) 有一条照准目标的几何直线；(2) 为了保证照准直线在竖直面内上下转动，要有一条与之相垂直的水平轴线；(3) 具有一条竖直的轴线，以便照准直线绕其作水平方向转动。
- 电子全站仪则是具有这些轴线。



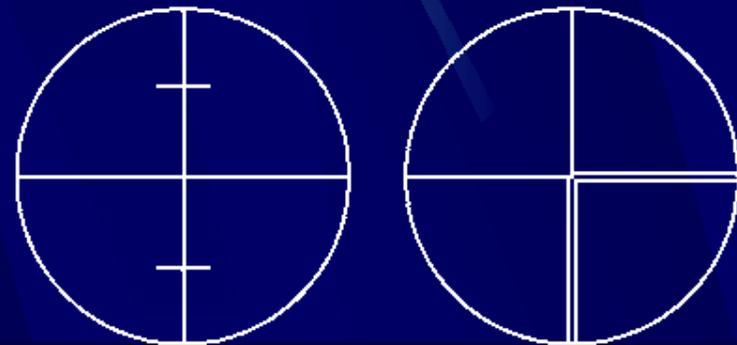
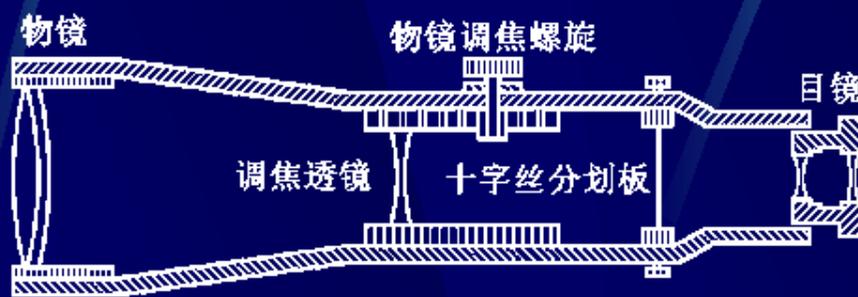
电子全站仪的特殊部件及其功能

1. 同轴望远镜

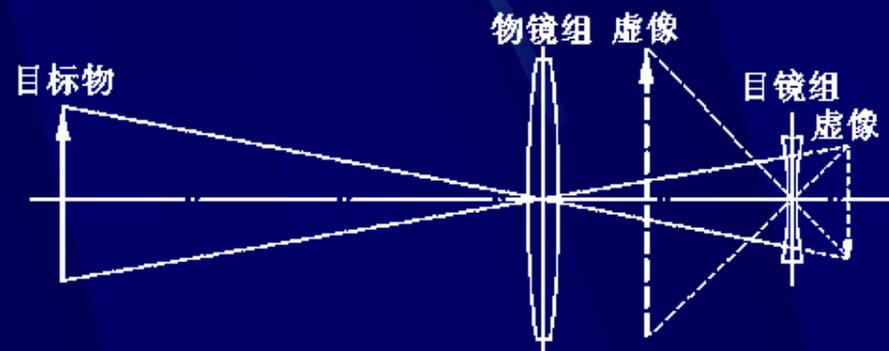
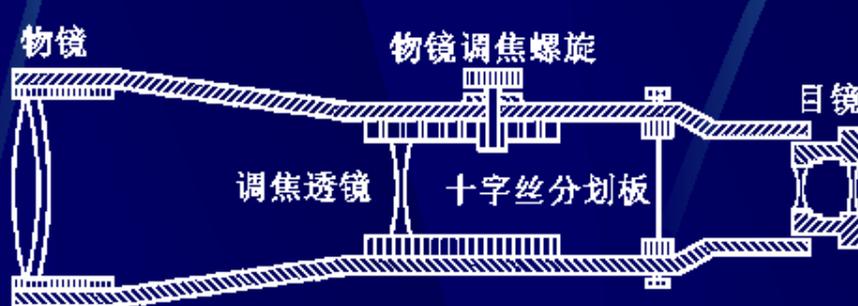
- 望远镜用于观察远方物体和精确瞄准目标，由物镜、目镜、调焦透镜和十字丝分划板组成，如左图所示。物镜和目镜一般采用复合透镜组，调焦镜为凹透镜，位于物镜和目镜之间。右图是望远镜成像原理图。



- 十字丝分划板主要是一块薄玻璃板，用四个螺丝安装在望远镜筒上，起物镜成像面的作用，玻璃板上刻有十字丝。十字丝分划板上竖直的一条长线称竖丝，与之垂直的长线称为横丝或中丝，用来瞄准目标和读取读数。十字丝的中心与物镜光心的连线构成望远镜的照准轴（视准轴），是全站仪精确瞄准目标的轴线。



- 调焦透镜是一块凹透镜，其作用是使物镜生成的像清晰地显现在十字丝分划板上。调焦透镜装置在望远镜筒内的一个金属筒上，金属筒与望远镜筒外壳上的对光螺旋连接，转动对光螺旋，调焦透镜在望远镜筒内会产生纵向滑动。使远近不同的物体成象于十字丝分划板上的操作，称为物镜调焦（物镜对光）。在进行物镜调焦之前，首先应该进行目镜调焦（目镜对光），使十字丝非常清晰，然后才进行物镜调焦。



- 目镜调焦的方法是：将望远镜指向天空或远方或浅色物体，然后逐渐旋进或旋出目镜，直到看清十字丝且丝的颜色愈黑愈好。
- 正因为全站仪望远镜是测角瞄准与测距光路同轴的，因此，一次瞄准目标棱镜（反光棱镜装置于觇牌中心），即能同时测定水平角、垂直角和斜距（望远镜中心至棱镜中心的直线距离）。望远镜也能作 360° 纵转，通过直角目镜，甚至可以瞄准位于天顶的目标，并可测得其垂直距离（高差）。

- 全站仪的望远镜中，瞄准目标用的视准轴和光电测距的红外光发射接收光轴是同轴的。在望远镜与调焦透镜中间设置分光棱镜系统，使它一方面可以接收目标发出的光线，在十字丝分划板上成像，进行测角时的瞄准；又可使光电测距部分的发光二极管射出的调制红外光经物镜射向目标棱镜，并经同一路径反射回来，由光敏二极管接收（称为外光路），同时还接收在仪器内部通过光导纤维由发光二极管传来的调制红外光（称为内光路），由内、外光路调制光的相位差计算所测得的距离。

2. 键盘

- 全站仪的键盘为测量时的操作指令和数据输入的部件，键盘上的键分为硬键和软件键（简称软键）两种。每一个硬键有一固定的功能，或兼有第二、第三功能；软键与屏幕最下一行显示的功能菜单或子菜单相配合，使一个软键在不同的功能菜单下有许多种功能。

3. 双轴倾斜传感器

- 如果全站仪没有严格整平，使仪器纵轴倾斜，会引起角度观测的误差，而且不能从盘左、盘右观测中得以抵消。双轴倾斜传感器监视着纵轴的倾斜，并通过微处理器在度盘读数中自动改正。倾斜超过一定限度时，仪器会停止测量工作，必须重新进行手工整平。
- 所谓“双轴”，是指定仪器的视准轴的水平投影方向为X轴、仪器的横轴方向为Y轴。由传感器测定的纵轴倾斜分别以X轴和Y轴方向的倾斜角度来表示。这样，一方面可以据此进一步精确地整平仪器；另一方面，即使暂不整平，通过微处理器自动按倾角改正水平度盘的读数显示，即所谓纵轴倾斜的自动补偿。

4. 存储器

- 全站仪的存储器把野外测量数据先在仪器内存储起来，然后传送到计算机等设备中进行处理，分为机内存储器和存储卡两种。
- 机内存储器
- 存储卡

5. 通讯接口

- 全站仪可以将内存中的存储数据通过RS-232C接口（计算机串口）和通讯电缆传输给计算机，也可以接收由计算机传输来的测量数据及其他信息，称为数据通讯。
- 通过接口和通讯电缆，在全站仪的键盘上所进行的操作，也同样可以在计算机的键盘上操作，便于用户应用开发，即具有双向通讯功能。

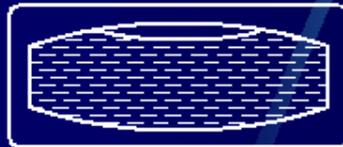
6. 水准器

- 水准仪的水平视线是根据一个称为水准器的部件获得的。水准器是根据液体受重力作用后气泡居于最高处的特性，使水准器的一条特定的直线处于水平或竖直位置的一种装置。水准器有管水准器和圆水准器两种，分别用于精确整平和初步整平。

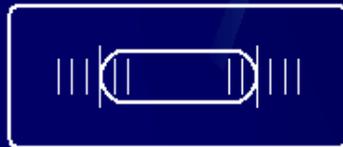
管水准器

圆水准器

剖面



外观



电子全站仪的特性

- 目前最新推出的全站仪一般都具备（或部分具备）如下一些功能和特性：自检与改正功能、双向传输功能、程序化特性、特殊性、统一性和开放性。

使用注意事项

- 操作时只用手指接触仪器，观测时双手不要扶持仪器和三脚架。
- 禁止在高粉尘，无良好排风设备或靠近易燃物品环境下使用仪器，以免发生意外，避免强烈震动。
- 禁止自行拆卸和重装仪器，以免引起意外外事故。
- 严禁直接用望远镜观察太阳，以免造成眼睛失明。
- 禁止用望远镜观察经棱镜或其他反光物体反射的阳光，以免损伤视力。
- 在免棱镜测量状态下，禁止正面观察望远镜中的激光束，禁止激光束照准他人面部。

电子全站仪的安置

- 进行任何一项观测之前，必须把全站仪安置在测站上，其中包括对中与整平两项工作。

1. 对中

- 将仪器的中心安置在测站点上，使仪器的中心与测站点的标志中心在同一铅垂线上。对中的方法是：先打开三脚架，放在测站点上，使脚架头大致水平，架头的中心大致对准测站标志，同时注意脚架的高度要适中，以便观测。然后踩紧三脚架，装上仪器，旋紧中心螺旋，挂上垂球。如果垂球尖偏离测站点，就稍松中心螺旋，在架头上移动仪器，使垂球尖准确对中，再旋紧中心螺旋，使仪器稳固。如果在脚架头上移动仪器还无法准确对中，那就要调整三脚架的脚位。

2. 整平:

- 使仪器的竖轴竖直，即水平度盘安置成水平位置。
- 很多全站仪上都同时安装了圆水准器和管水准器，可以首先使用圆水准器作初步整平，再使用管水准器进行精确整平，也可以直接使用管水准器进行整平。使用管水准器整平的方法是：先转动经纬仪的照准部，使水准管轴平行于任意两个脚螺旋1、2的连线，按相对方向同时旋转脚螺旋1、2，使水准管气泡居中；将照准部旋转90°，单独用脚螺旋3引导水准管气泡居中。



- 上述两步操作往往会相互影响，因此整平工作要反复进行，直到水准管气泡在任何方向都居中为止。
- 在整平工作中，可以遵循左手规则：不论进行初步整平还是精确整平，如果让气泡从右往左移动，则左手往外旋转，如果让气泡从左往右移动，则左手往内旋转。同时旋转两个脚螺旋的时候，右手则始终按照与左手相对的方向旋转。

3. 使用光学对中器作全站仪的对中和整平

- 首先将三脚架的一条腿放在适当位置，两手分别握住三脚架另外两条腿。在移动这两条腿的同时，从光学对中器中观察，使对中器对准地面点标志中心，同时踩实三角架。此时脚架顶部如果不水平，就调节三脚架的伸缩连接处，使脚架顶部大致水平（圆水准器的气泡居中），再通过全站仪的脚螺旋进行精确整平。然后，松动仪器的中心螺旋，在三角架顶部平移（不可旋转）经纬仪使其精确对中。这两项操作需要反复进行，直到用水准管整平仪器，而光学垂线仍对准标志为止。

§ 5-2 拓普康GTS-211D电子全站仪 各部件名称与功能

1. 拓普康 (TOPCON) GTS-211D电子全站仪

- 两面都具有操作按键和显示窗，使用方便，可以进行角度、距离、坐标、偏心、悬高和对边测量，还能够进行数据采集、传输与存储。GTS-211D可以自动进行水平和垂直改正，补偿范围为 $\pm 3'$ ，测角精度 $5''$ ，测距精度 $\pm(3\text{mm} + 2\text{ppm})$ ，单棱镜测程1.2公里，三棱镜测程1.8公里。内有自动记录装置，可记录2400个测量点；测量数据还可以通过BS-232C接口与计算机进行数据通讯。

- 全站仪主要有照准部、支架、操作面板和基座等部分组成。
- 仪器上部为提手，可以提起全站仪。提取全站仪时最好一手握住提手，另一手托住基座。
- 从仪器箱内取出全站仪时，应该记住是如何摆放的。工作结束将全站仪装箱时要按照原样装箱，有的仪器箱盖子上有装箱参考图（目镜、垂直制动螺旋朝上）。





2. GTS-211D的操作面板

- GTS-211D的操作面板上只有10个操作键，通过这些操作键可以实现野外测量工作中需要的各种功能，其中包括电源开关、测量模式选择、翻页、字母与数字的输入等等。仪器的两个操作面板完全相同。各个操作键的功能见下页表格，其中距离测量模式键会有两种切换的模式，显示不同的测量结果。



操作键的名称和功能

键	名 称	功 能
↙	坐标测量模式	进行坐标测量，显示被测点的三维坐标
↗	距离测量模式	进行距离测量，显示水平距离、垂直距离和高差或者显示水平角、竖直角和倾斜距离
ANG	角度测量模式	进行角度测量，显示水平角、竖直角
MENU	菜单键	显示或设置仪器中各种功能的菜单
ESC	退出键	返回到前一模式或前一显示状态 从正常测量模式直接进入数据采集模式或放样模式
POWER	开关键	电源开关键 ON/OFF
F1 ~ F4	软 键	功能参见所显示的信息
0 ~ 9	数字键	输入数字（通过 F1 ~ F4 的特定功能输入数字）
A ~ Z	字母键	输入字母（通过 F1 ~ F4 的特定功能输入字母）
ENT	回车键	每次输入结束按此键确认（一般是 F4 软键）

3. 显示窗

- 显示窗使用液晶显示（LCD）点阵，可显示4行，每行20个字符，通常前三行显示测量数据，最后一行显示随测量模式变化的按键功能，显示窗的对比度和照明都是可以调节的。显示窗中常见的显示符号的内容见下表。

显示	内 容	显示	内 容
V	垂直角	E	东向坐标
HR	右水平角	Z	高程
HL	左水平角	*	EDM（电子测距）正在工作
HD	水平距离	m	以米单位
VD	高差	ft	以英尺单位
SD	斜距	fi	以英尺和英寸单位
N	北向坐标		

4. 功能键（软键）

- 功能键（软键）的有关信息显示在最底行，显示的模式如下图所示，各功能键在角度测量、距离测量和坐标测量模式中的功能见下页表。

角度测量模式

V : 90 10 20			
HR: 120 30 40			
OSET	HOLD	HSET	P1 ↓
TILT	REP	V	P2 ↓
H-BZ	R/L	CMPS	P3 ↓

距离测量模式

HR: 120 30 40			
HD:			
VD:			
MEAS	MODE	S/A	P1 ↓
OFSET	S.O	m/f/i	P2 ↓
⋮	⋮	⋮	⋮
[F1]	[F2]	[F3]	[F4]

坐标测量模式

N: 123.456 m			
E: 34.508 m			
Z: 78.912 m			
MEAS	MODE	S/A	P1 ↓
TILT	REP	V	P2 ↓
OFSET	---	m/f/i	P3 ↓



5. 串行信号RS-232C接口

- 串行信号RS-232C接口是用来连接电子全站仪和计算机或拓普康公司数据采集器，使得计算机能够从全站仪接收到数据或发送预置数据（如水平角等）到全站仪。各种数据都可以根据软件的需要，以不同的模式输出到计算机中。

● 在测量过程中，选择不同的模式就会输出相应的数据，具体输出数据的情况为：

(1) 角度模式 (V、HR或HL)：V、HR (或HL)；

(2) 水平距离模式 (HR、HD、VD)：V、HR、HD、VD；

(3) 斜距模式 (V、HR、SD)：V、HR、SD、HD；

(4) 坐标模式：N、E、Z、HR (或 V、H、SD、N、E、Z)。

软键的名称和功能（角度测量模式）

模式	页码	软键	显示符号	功能
角 度 测 量	1	F1	0SET	水平角设置为 0° 00' 00"
		F2	HOLD	锁定水平角
		F3	HSET	通过键入数字设置水平角
		F4	P1 ↓	显示第 2 页软键功能
	2	F1	TILT	设置倾斜改正，选择 ON 时显示窗显示倾斜改正数
		F2	REP	重复角度测量模式
		F3	V %	垂直角百分比坡度（%）模式
		F4	P2 ↓	显示第 3 页软键功能
	3	F1	H — BZ	对每隔 90° 水平角设置蜂鸣声
		F2	R/L	变换水平角的左/右旋转计数方向
		F3	CMPS	变换天顶距/高度角
		F4	P3 ↓	显示第 1 页软键功能

软键的名称和功能 (距离测量模式)

模式	页码	软键	显示符号	功能
距离 测 量	1	F1	MEAS	开始测量
		F2	MODE	设置测量模式：精测/粗测/跟踪
		F3	S/A	设置棱镜参数、大气改正数、温度、气压
		F4	P1 ↓	显示第 2 页软键功能
	2	F1	OFFSET	偏心测量模式
		F2	S.O	放样测量模式
		F3	m/f/i	米、英尺或者英尺、英寸单位的变换
		F4	P2 ↓	显示第 1 页软键功能

软键的名称和功能（坐标测量模式）

模式	页码	软键	显示符号	功能
坐标 测 量	1	F1	MEAS	开始测量
		F2	MODE	设置测量模式：精测/粗测/跟踪
		F3	S/A	设置棱镜参数、大气改正数、温度、气压
		F4	P1 ↓	显示第 2 页软键功能
	2	F1	R. HT	通过输入设置棱镜高度
		F2	INS.HT	通过输入设置仪器高度
		F3	OCC	通过输入设置测站点坐标
		F4	P2 ↓	转到功能键显示第 3 页
	3	F1	OFSET	偏心测量模式
		F2	S. O	放样测量模式
		F3	m/f/i	米、英尺或者英尺、英寸单位的变换
		F4	P2 ↓	显示第 1 页软键功能

测量准备

1. 安装仪器就是使全站仪处于工作状态，需要进行精确整平和对中。拓普康GTS-211D上配置有圆水准器和管水准器，分别用于初步整平和精确整平。

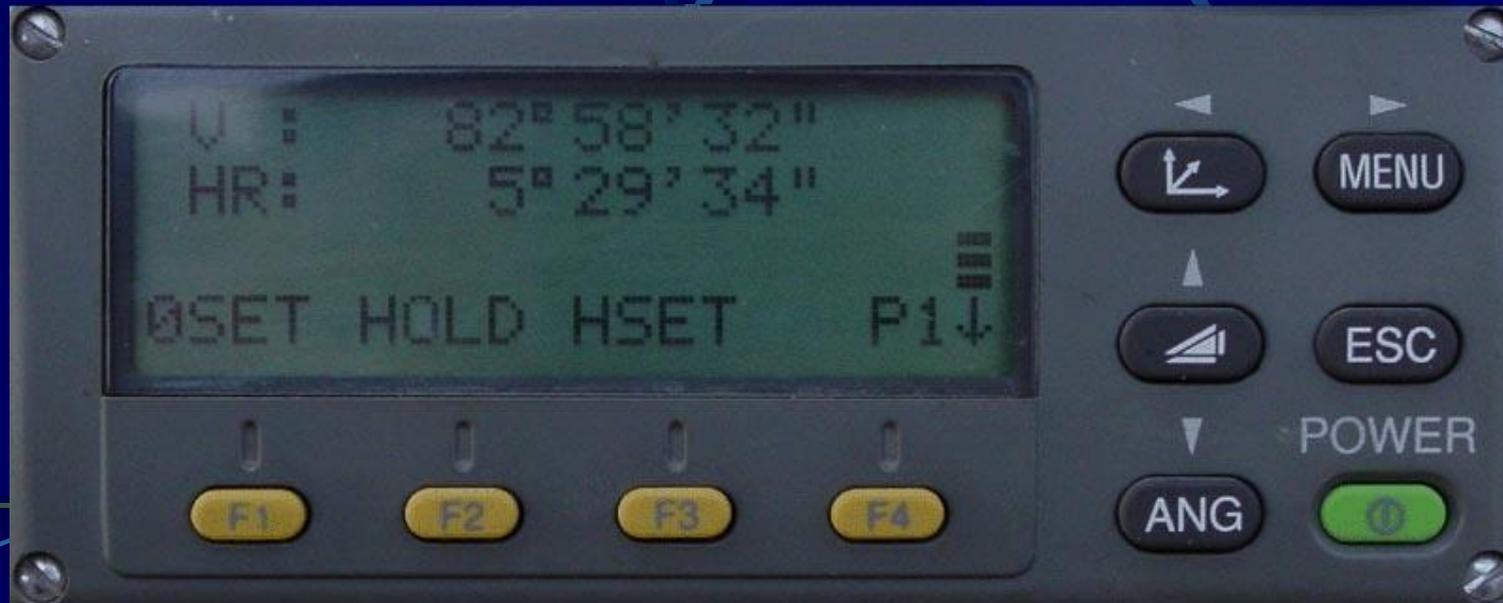
仪器精确整平后，使用光学对中器进行对中：松开仪器基座下的固定螺旋，轻轻平移仪器，精确对中后拧紧固定螺旋，再进行精确整平。最后再对中检查。



2. 按压POWER键，即可开机，首先显示初始化约2秒，然后显示零指标设置指令（0SET）、当前的棱镜常数（PSM）和大气改正值（PPM），以便确认所使用的棱镜常数。此时按压[F1]（↓）或[F2]（↑）键，可以进行显示屏对比度调节，为了在关机后保存设置值，需再按压[F4]（ENTER）键。



3. 全站仪的垂直度盘上装有电子基准，上下转动望远镜，当传感器通过该基准时，仪器自动设置垂直角为 $90^{\circ} 00' 00''$ ，并发出轻微的声音，同时进入角度测量程序，随着仪器的转动，同步显示水平角与垂直角的数值。开机位置的垂直角数值为 $0^{\circ} 00' 00''$ 。



4. 开机后，电池现存容量在显示窗的右侧通过一至三条短粗线显示，一至短粗线闪烁时表示能量不足，需要充电或更换；不能测量时显示（Battery Empty）。拆卸电池时，向下压电池顶部的锁杆，再向外拉出即可。安装电池时，先将电池底部安装到主机上，再向仪器侧面推拢电池，直到发出“喀嚓”一声。

使用专用充电器充电，充电前连接好充电器插头，应该按压放电钮[REFRESH]进行放电，充电时间约1.5小时。充电结束捏住充电电缆插头的金属环拔出充电器插头。



5. 在测量工作中，当输入仪器高棱镜高、测站点号、后视点号等参数时，需要输入字母和数字。输入字符时，(1) 用[▲]或[▼]将箭头移动到需要输入的条目；(2) 按[F1]（INPUT）键，箭头变为等于号（=），同时底行显示字符；(3) 按[▲]或[▼]键选择另一页；(4) 按软功能键选择某一组字符；(5) 再按软功能键选择某一个字符；(6) 按[F4]（ENT）键，箭头移动到下一个条目。

```
ST# →
ID :
INS.HT: 0.000 m
INPUT SECH REC OCNEZ
```

```
ST# =
ID :
INS.HT:
1234 5678 90.- [ENT]
ABCD EFGH IJKL [ENT]
MNOP QRST UVWX [ENT]
YZ+# [SPC] --- [ENT]
```

```
ST# =
ID :
INS.HT:
(Q) (R) (S) (T)
⋮ ⋮ ⋮ ⋮
[F1] [F2] [F3] [F4]
```

在右下图中，按[F2]键选择(QRST)，再按[F3]键选择(S)，即可输入字符“S”。

修改某个字符时，用[▲]或[▼]键将光标移动到要修改的字符上，再按输入键进行操作。

```
ST# →
ID :
INS.HT: 0.000 m
INPUT SECH REC OCNEZ
```

```
ST# =
ID :
INS.HT:
1234 5678 90.- [ENT]
ABCD EFGH IJKL [ENT]
MNOP QRST UVWX [ENT]
YZ+# [SPC] --- [ENT]
```

```
ST# =
ID :
INS.HT:
(Q) (R) (S) (T)
⋮ ⋮ ⋮ ⋮
[F1] [F2] [F3] [F4]
```

角度测量模式

1. 水平角右角和垂直角的测量极为简单，首先确认处于角度测量模式，并进行目镜调焦、物镜调焦后，再照准目标（十字丝与反射棱镜中心重合），显示窗即可显示出读数。如果需要设置某一目标的水平角为 $0^{\circ} 00'00''$ ，则需按压[F1]（0SET）键，再按压[F3]（YES）键。
2. 水平角右角/左角的切换，是在角度测量模式[ANG]下，按压[F4]（↓）两次转到第三页，再按压[F2]（R/L）键即可进行HR和HL切换。

3. 水平角设置方式有两种情况：(1) 通过保存角度值进行设置时，首先用水平微动螺旋设置所需要的水平角，然后按压[F2] (HOLD) 键，再照准目标后，按压[F3] (YES) 键完成保存水平角，显示窗返回正常的角度测量模式；(2) 通过键盘输入进行设置时，首先照准目标，按压[F3] (HSET) 键，通过键盘输入所要求的水平角，随后即可从所要求的水平角进行正常的测量。

在角度测量模式下，可以进行角度复测、水平角在 90° 、 180° 、 270° 附近蜂鸣声的设置，以及垂直角与百分比（坡度）切换、天顶距与高度角切换等工作。

距离测量模式

- 距离测量时理论上应该设置大气改正值，通过测量温度和气压可以求得改正值。同时还需要设置棱镜常数，拓普康的棱镜常数一面为0，不需设置；但是如果把棱镜安装在另外一面的时候则变为-30，棱镜架上一般都标注有棱镜常数。如果使用另外厂家生产的棱镜，使用之前应该设置棱镜常数，棱镜架上没有标注时应该首先检测棱镜常数。棱镜常数设置后，关闭电源也仍然保存。

- 测量过程中可以选择精测模式、跟踪模式和粗测模式，精测模式是一般的测量模式，显示的最小单位是1mm，测量时间大约2.5秒；跟踪模式的最小显示单位是10mm，测量时间为0.3秒；粗测模式的最小显示单位是10mm或1mm，测量时间为0.5秒。选择方式是在距离测量模式下，按压[F2]（MODE）键，设置模式的首字母（F/T/C）将显示出来，再按压[F1]（FINE）、[F2]（TRACK）或[F3]（COARSE）即可设置成合适的测量模式。

- 距离测量是在角度测量模式下，照准棱镜中心，按压距离测量模式[]键即可开始工作，显示窗从上往下显示水平角HR、水平距离HD和垂直距离VD。如果再按一次距离测量模式[]键，显示内容改变为水平角HR、竖直角V和倾斜距离SD。当光电测距（EDM）正在工作时，显示窗HD右边会有“ ”显示，表示连续测量模式，此时按压[F1]（MEAS）即可变成单次测量模式，再按压[F1]则又变为重复测量模式。一般设为单次测量，以节约用电。

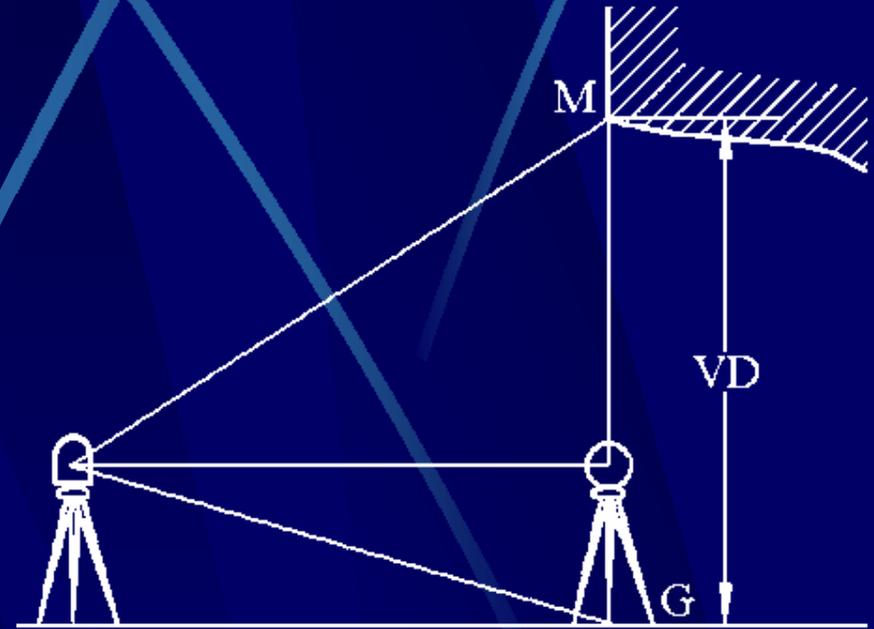
坐标测量模式

- 在进行坐标测量工作之前，需要设置测站点坐标（OCC: N0、E0、Z0）、仪器高（INS. HT）、和目标高（棱镜高）（R. HT），工作中仪器将会自动转换和显示未知点（棱镜点）在该坐标系统中的坐标。仪器关闭之后，测站点坐标、仪器高和棱镜高等数值仍能保存。上述数值没有输入时，全部以0计算。
- 进行测量时，首先需要设置已知点的方向角（照准已知点，设置其水平角），再照准未知点上的棱镜，按压坐标测量模式[]键开始工作，显示窗将显示测量结果，即棱镜点的三维坐标（N、E、Z）。

特殊测量模式

1. 悬高测量 (REM)

- 对于具有免棱镜测量功能的全站仪，悬高测量功能则没有必要。
- 为了测量无法架设棱镜点的高度，可以先将棱镜架设在目标点的垂直下方。



● 基本操作方法:

(1) 按[MENU]键, 再按[F4] (P↓) 翻页, 再按[F1] (PROGRAMS) 键, 选择(REM) 进入悬高测量模式。

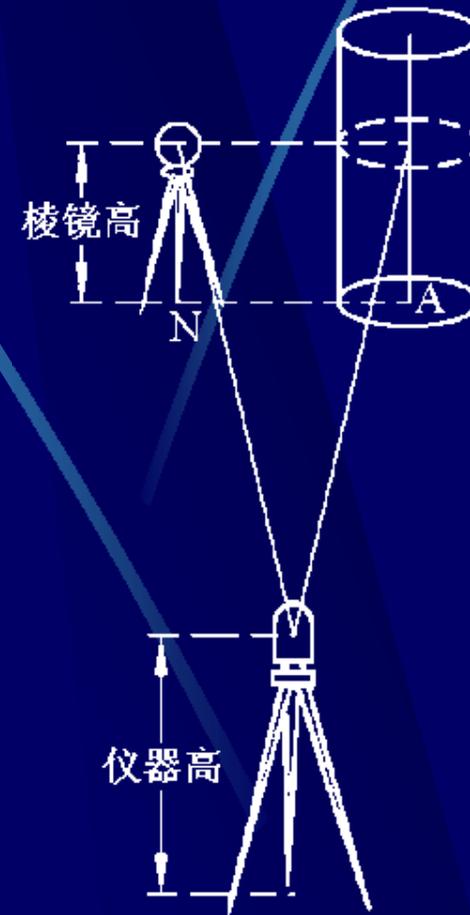
(2) 按[F1] (INPUT R.HT) 键, 输入棱镜高。

(3) 照准棱镜, 按[F1] (MEAS) 键开始测量, 显示窗显示仪器至仪器至棱镜的水平距离。

(4) 按[F4] (SET) 键, 确定棱镜位置。再照准目标M, 显示垂直距离VD。此时按[ESC]键, 返回正常的测量模式。

2. 偏心测量 (OFFSET)

- 当需要测量无法架设棱镜的目标点（如石柱中心）时，可以采用偏心测量模式。为了测量图中A点，在与水平距离相等的N点架设棱镜，输入仪器高和棱镜高。

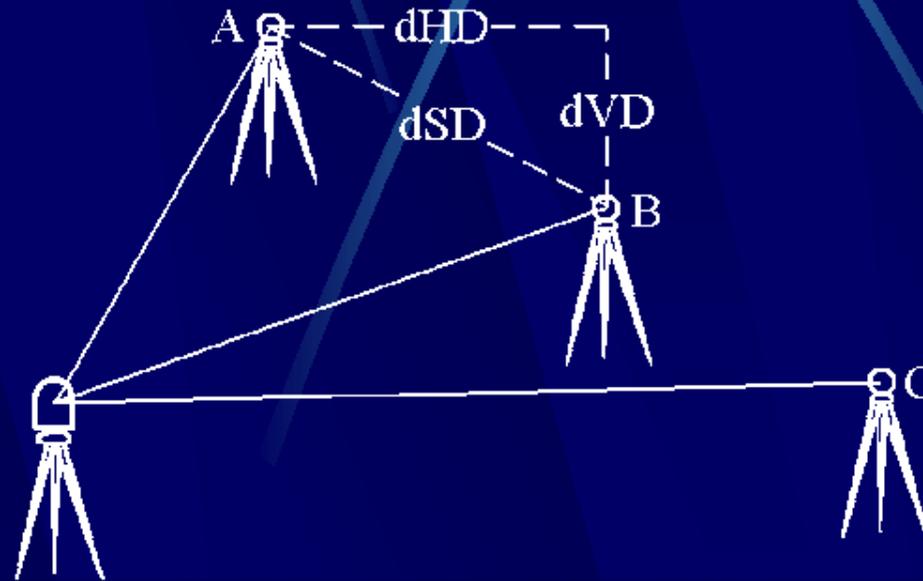


● 基本操作方法:

- (1) 在距离测量模式下，按[F4] (P1↓) 键翻页，再按[F1] (OFSET) 键进入偏心测量模式。
- (2) 照准棱镜，按[F1] (MEAS) 键开始测量，显示窗显示仪器至棱镜的水平距离。
- (3) 按[F4] (SET) 键，确定棱镜位置。
- (4) 只用水平制动和水平微调螺旋照准A点，每按一次距离测量模式[]键，仪器至A点的水平距离SD和高差VD会重复显示。
- (5) 如果设置了测站点的坐标，照准A点后，每按一次坐标测量模式[]键，显示窗依次显示N、E、Z坐标值。

3. 对边测量 (MLM)

- 对边测量是测量两个棱镜点之间的水平距离 d_{HD} 、倾斜距离 d_{SD} 和高差 d_{VD} 。MLM模式有两种功能：MLM-1 (A-B, A-C)，MLM-2 (A-B, B-C)。



● 基本操作方法:

(1) 按[MENU]键, 再按[F4] (P↓) 翻页。

(2) 按[F1] (PROGRAMS) 键, 再按[F2] (MLM), 再按[F1] (MLM-1)。

(3) 照准A点棱镜, 按[F1] (MEAS) 键, 显示仪器至棱镜A的水平距离HD。

(4) 按[F4] (SET) 键, 确定棱镜位置。再照准B点棱镜, 按[F1] (MEAS) 键, 显示仪器至棱镜B的水平距离HD。

(5) 按[F4] (SET) 键, 显示A、B两点棱镜之间水平距离dHD和高差dVD。

(6) 按[]键显示A、B之间的倾斜距离dSD。

(7) 按[F3] (HD) 键，可测量A、C之间的距离（按[ESC]键，返回前一模式）。照准C点棱镜，按[F1] (MEAS) 键，再重复(5)、(6)即可。

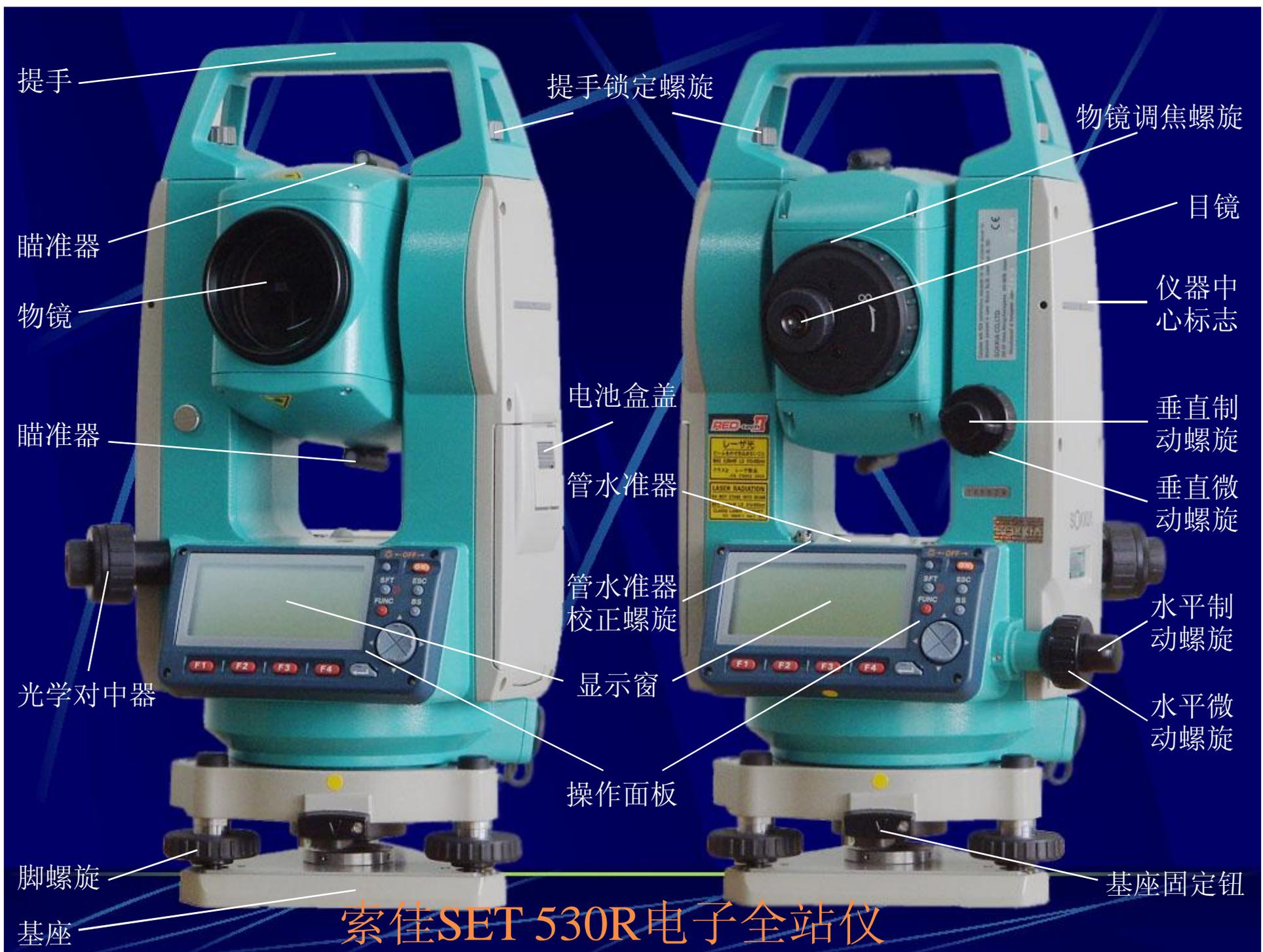
数据采集

- GTS-211D 可将测量数据存放在其内存中的 MEAS.DAT 区域，最多存放 2400 个点。操作时请返回到主菜单显示后再关机，否则数据可能会丢失。
- 数据采集模式的测站点与方位角是和正常测量模式相联系的，在数据采集模式下还可以设置或改变测站点与方位角。测站点和后视点的设置既可以调用存贮在内存中的坐标数据来设置，也能够从键盘直接输入坐标数据。方位角也可以直接输入。

§ 5-4 索佳SET 505/510电子全站仪

各部件名称与功能

- 索佳SET 505/510电子全站仪的测角精度 $5''$ ，测距精度 $\pm(3\text{mm}+2\text{ppm})$ ，单棱镜测程2.0公里，三棱镜测程2.4公里，外形和各部件的名称如图5所示，两面都具有操作按键和显示窗，操作简单方便，可以进行角度、距离、坐标、偏心、悬高和对边测量，还能够进行数据采集、传输与存储，还可以使用反射片进行测量。
- 仪器的操作面板上有11个操作键，通过这些操作键可以实现野外测量工作中需要的各种功能，其中包括电源开关、测量模式选择、翻页、字母与数字的输入、回车确认键等等。



索佳SET 530R电子全站仪

- 显示窗使用192×80点阵的液晶显示器，自带背光设置，可以夜间作业，表面为无反光玻璃。各操作键的名称和功能见下表所示。

键	名 称	功 能
F1~F4	软 键	功能参见所显示的信息
ESC	放弃键	返回到前一模式或前一显示状态，或者取消输入的内容
FUNC	功能键	改变测量模式的菜单选项，或者翻页显示字母或数字
↵	回车键	对输入的数据或字母予以确认
ON	开关键	开机键
☉	照明键	显示窗照明的打开与关闭，按住[ON]后再按此键关机
BS	清除键	删除光标左边的一个字符
SFT	上档键	转换字母的大小写
▲ ▼	箭头键	分别为上下移动光标
◀ ▶	箭头键	分别为左右移动光标

- 在坐标测量模式下，显示的N0、E0、Z0表示架设仪器的测站点坐标，Inst.h表示仪器高，Tgt.h表示目标或棱镜高，NBS、EBS、ZBS表示确定起始水平角时架设棱镜的后视点坐标。显示符号的含义如下表所示。

显示	内 容	显示	内 容
ZA	天顶距	N	北向坐标
HAR	右水平角	E	东向坐标
HAL	左水平角	Z	高程
H	水平距离	m	米单位
V	高差	ft	英尺单位
S	斜距	fi	英尺和英寸单位

- 按压电源键[ON]，即可开机，首先显示初始化约2秒，然后显示零指标设置指令（0SET）。关机时需要同时按压照明键（灯泡标志）和电源键。



- 全站仪的垂直度盘上装有电子基准，上下转动望远镜，当传感器通过该基准时，仪器自动设置垂直角为 $90^{\circ} 00'00''$ ，并发出轻微的声音；然后再进行 360° 水平旋转，使水平方向也通过基准。仪器进入角度测量程序，随着仪器的转动，同步显示水平角与垂直角的数值。



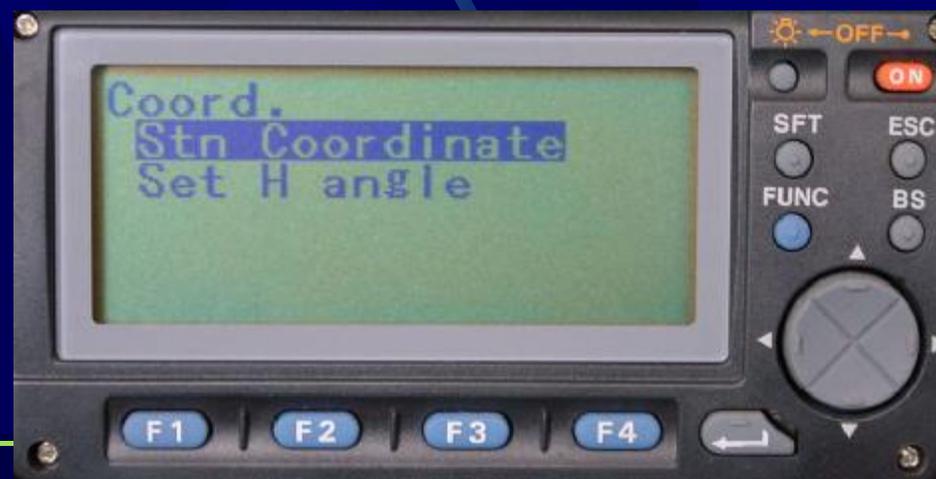
- 开机后，电池现存容量在显示窗的右侧通过电池符号显示，不能测量时电池符号变成空框闪烁，需及时更换。同时还显示棱镜常数PC与气压改正值ppm。
- 拆卸电池时，向下压打开电池盖，再向外拉即可抽出电池。安装电池时，先将电池压入，再向仪器侧面推拢电池盖，直到发出“喀嚓”一声。使用专用充电器充电，充电时间约1.5小时。



- 棱镜常数值一般根据所使用的棱镜设置，棱镜上会有提示，三棱镜为-30，反射片为0，使用激光测距时也为0。气压改正值为0。
- 交互使用三棱镜与激光测距时，应该及时调整棱镜常数值。需要进行坐标测量时，按压[F4]键即可进入坐标测量程序。



- 坐标测量菜单中有测站定向、测量与EDM三项。测站定向中有测站坐标与设置水平角两项。
- SET 505仪器是英文菜单， SET 530R全部为中文菜单，操作更为简便。



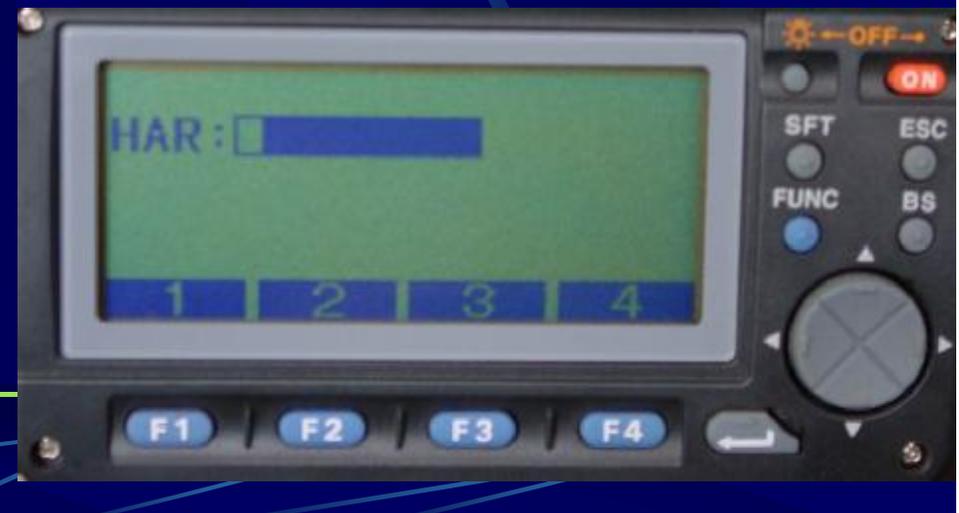
- 在进行坐标测量工作之前，需要设置测站点坐标（N0、E0、Z0）、仪器高（Inst. h）、和目标高（棱镜高）（Tgt. h），工作中仪器将会自动转换和显示未知点（棱镜点）在该坐标系统中的坐标。仪器关闭之后，测站点坐标、仪器高和棱镜高等数值仍能保存。上述数值没有输入时，全部以0计算。



- 进行测量时，首先需要设置已知点的方向角（照准已知点，设置其水平角），再照准未知点上的棱镜，按压坐标测量模式键开始工作，显示窗将显示测量结果，即棱镜点的三维坐标（N、E、Z）。测量下一个控制点的坐标时，瞄准好棱镜中心后，按压[F1]即可。



- 设置已知两点的方向角（照准已知点，设置其水平角），即输入测站点至后视点连线的方位角，直接输入数值，其中度数值用整数表示，分值用小数点后的前两位表示，秒值用小数点后的三、四两位表示。如 $172^{\circ} 36'28''$ 输入为 172.3628，按压蓝色（530R 上为红色）圆形功能键 [FUNC] 可以使数字键翻页，输入结束后按压回车键。



- 设置已知两点的方向角（照准已知点，设置其水平角）时，也可以直接输入照准点（后视点）的三维坐标，这样就不必通过两个点的坐标计算两点连线的方位角。



§ 5-4 EPSW2003外业测绘系统

- EPSW2003外业测绘系统由北京清华山维新技术开发公司设计，是内外业一体化数字测绘系统，可以配合多种电子全站仪进行野外测绘，测绘成果可以根据要求打印输出或直接输入到CAD和GIS等软件中，作为GIS系统的基本数据。

1. 工程名设定（“文件”→“新建工程”） 每一个测区（遗址）开始测量时都需要设定一个工程名，并存放在硬盘上专门建立的文件夹中，工作中所有的相关文件都会自动存放到该文件夹中，以后继续测量时只需打开该工程即可。新建工程时需要选择测量模板，对考古测量而言，可以选择GB_500。

2. 全站仪设置（“测图”→“全站仪设置”） 全站仪设置对话框打开后，“通讯端口”一般选择COM1；所列全站仪型号中没有Topcon GTS-211D，需要单击“自定义的通讯设备”前的复选框，根据全站仪提供的配置，需要修改第一行为“REM 拓普康GTS 211D”，再将第二行的“波特率，校验，数据位，停止位”分别改为“9600，N，8，1”，保存修改的内容，或者选择Topcon GTS300系列。

3. 根据具体情况，设定“设置”菜单下的“系统环境设置”、“工作区设定”、“图廓属性设置”各项，对相关的参数或选项进行修改。

4. 进入“测图”→“控制点管理”对话框，控制点的坐标和高程要求预先测定，应该不少于三个，控制点的点号自己设定，编码一般选择106（埋石图根点）、107（不埋石图根点），输入一个点的全部数据后，单击“录入”按钮，然后再输入下一个控制点的数据。控制点可以一次录入，也可以多次录入。

5. 测站设置（“测图”→“设置测站”） 设置测站对话框中的“测站点”和“后视点”的点号必须是已经录入的控制点，可以用键盘输入，也可以用鼠标左键在屏幕上捕获；仪器高由键盘输入。其中测站点为架设仪器的位置，后视点为设置水平角起始方向的控制点。

6. 测站检核（“测图” → “测站检核”） 测站检核就是在测站点上架设好仪器后，再次测量已经测量的点或已知点，并进行计算和比较，确定测站设置的精度是否满足要求。检核点的点号输入后，全站仪照准检核点上的棱镜，并设置测量模式为水平角、竖直角、斜距模式进行测量，按压计算机的“F1”键，测量数据会自动填入相应的编辑框中，再点击“计算”按钮，计算出E纵偏、N横偏、高程差和平距差，若符合要求，则关闭对话框；如果有超限值，软件会有提示，必须检查更正。

7. 极坐标测量（“测图”→“极坐标测量”） 测站设定和检核后即可进行极坐标测量，其对话框如右图所示，对话框中各参数的含义及操作如下：

(1) 测尺表示多个棱镜的进行测量时，需要进行选择；

(2) 点号是一个工程中碎部点的编号，每测一点，点号自动加1，一般不必自行输入，除非有特殊情况。点号不能重复，否则系统将不予接受。自行定义点号可以是符号、数字、字母或汉字，最多为7个字符或三个汉字。

(3) 连接是指与当前点连接的点的点号，必须是已测量的碎部点或控制点，系统自动连接前一点，或通过键盘输入、鼠标捕捉、功能键等方法设定。不与任何点连接时编辑框内空白。

(4) 编码是EPSW软件自行定义的地物类别代码，详细情况见编码表。输入方法有系统默认、键盘输入，或者直接在工具栏中选择。

(5) “起始方向”按钮一般不要输入。仪器照准后视点的时候，仪器水平角设置为 $0^{\circ} 00' 00''$ 时，需要输入后视点的方位角，后视点在正北时不用输入。

极坐标测量

测尺 R1:1-

点名

连接

编码 1

起始方位

水平角

竖直角

斜距

标杆高 1.25

高: 建: 转向

直 曲 圆 弧 反向

读数 视距 帮助?

(6) 水平角、竖直角、斜距由全站仪直接传输。全站仪照准目标后，按压计算机的“F1”键，就可以得到上述数据，也可以点击左下角的“读数”按钮进行读数。

(7) 标杆高可以通过键盘输入，标杆高变化时需要随时更改。

(8) 测点需要高程注记和参加建模时，点击“高”与“建模”前的复选框。

(9) “直”、“曲”、“圆”、“弧”按钮用于确定当前点与连接点相连接的线型分别为直线、曲线、整圆、圆弧，每次只能按下一个按钮。其中直线由两点确定，曲线和圆弧由三点确定，整圆是连接点为圆心，当前点与连接点的距离为半径画圆。

(10) “反向”按钮用于确定有方向地物（如陡坎）的方向。在此按钮上单击一下变为“反向”，再单击一下又变为“正”。一个点的内容确定完毕时，需要敲击回车键确认，进入下一点的测量工作。

8. 全部测量工作结束，高程点数目合适后即可建模，并生成等高线。但有时所测高程点的分布不很合理，需要根据地表情况人为补充一些，以便忠实地反映地表状况。在“地模”→“生成三角网”菜单中，需要输入“三角网名”和最大边长数值，选择“全部数据”复选框，再点击“生成三角网”按钮。

极坐标测量

测尺 R1:1-

点名

连接

编码 1

起始方位

水平角

竖直角

斜距

标杆高 1.25

高: 建模 转向

直 曲 圆 弧 反向

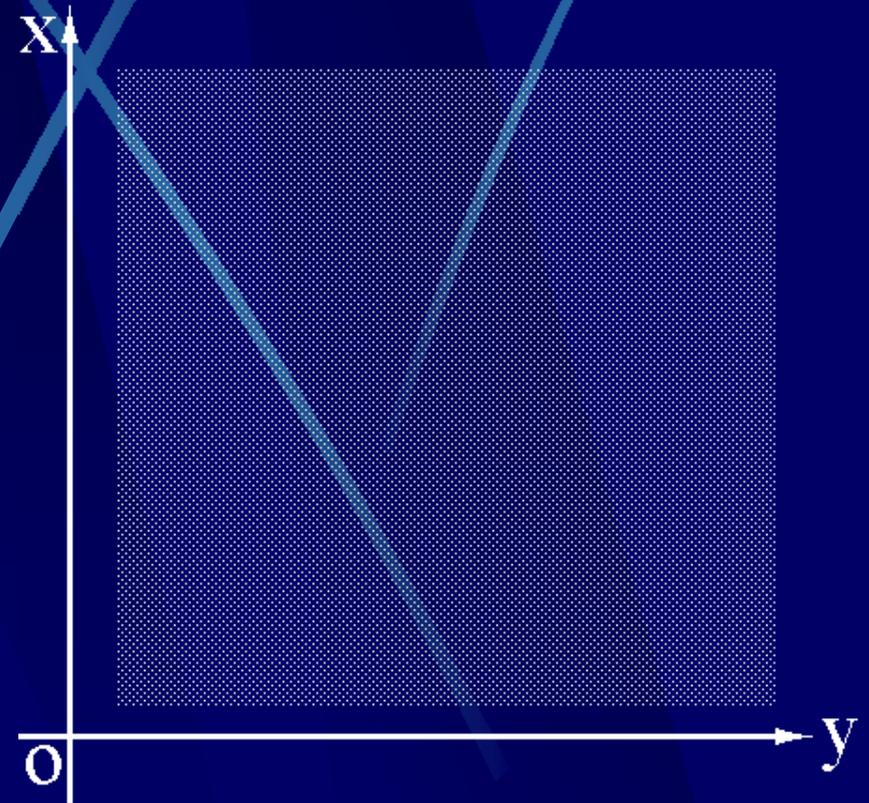
读数 视距 帮助?

9. 打开“地模”→“自动生成等高线”对话框，修改等高线注记中小数位数字与计曲线上高程注记间隔，点击“生成等高线”按钮，就可以生成等高线。
10. 根据需要对图形进行修改操作，通过“文件”→“输出AutoCAD数据DXF”输出成DXF格式或按比例打印图形。

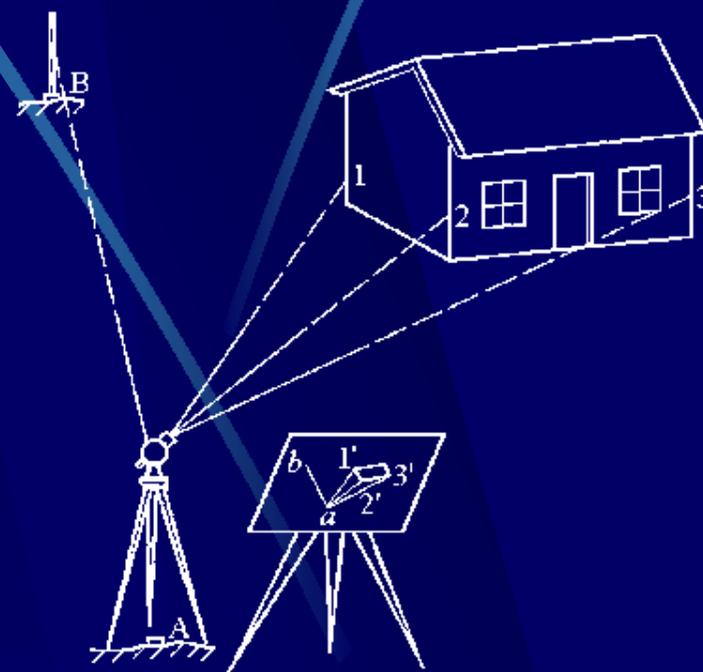
§ 5-5 电子全站仪在田野考古中的应用 控制测量的实施

- 一个考古遗址中不论是布方或者进行细部测量，关键是要建立高精度的测量控制网，即需要在遗址内均匀埋设一定数目的永久测量控制点，然后使用电子全站仪进行高精度的坐标测量，详细记录每个控制点的三维坐标值，绘制控制点的分布图，控制点遭到破坏后要随时增补。

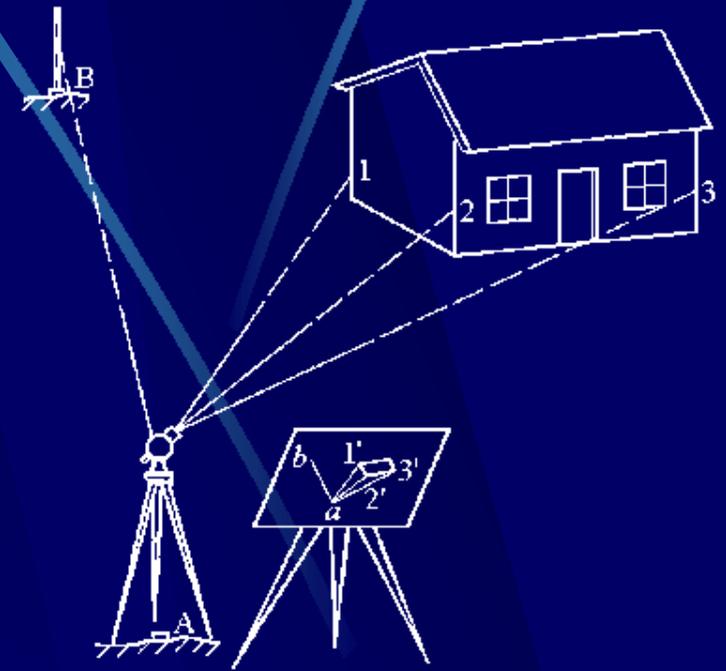
- 如果采用任意坐标系，根据我们的探方都是以磁北方向为探方的北方，所以一般也是以磁北方向为坐标纵轴方向，坐标原点选择在整個遗址的西南角外侧，目的是使整个遗址中的坐标值都是正数。



- 采用的坐标系统可以是国家坐标系，也可以是自己设定的任意坐标系。如果采用国家坐标系，必须在遗址内或者遗址附近找到至少两个已知坐标的控制点，具体的三维坐标值可以在相应省市的测绘部门抄录，抄录时应该注意已知控制点的坐标是1954北京坐标系的坐标，还是1980国家坐标系的坐标。然后再由已知的控制点到未知控制点进行测量，逐步建立起遗址内的测量控制网。



- 进行控制测量时，如果采用国家坐标系统，应该在一个已知控制点(A)上架设电子全站仪，另外一个已知控制点(B)上架设棱镜，其中架设电子全站仪的控制点A称为测站点，架设棱镜的控制点称为后视点B。待仪器整平、对中、再整平之后，打开电子全站仪，在坐标测量模式下输入测站点的坐标、仪器高与棱镜高，同时还需要设置从测站点至后视点方向的方位角，这个数值需要根据两个控制点的坐标值来计算。

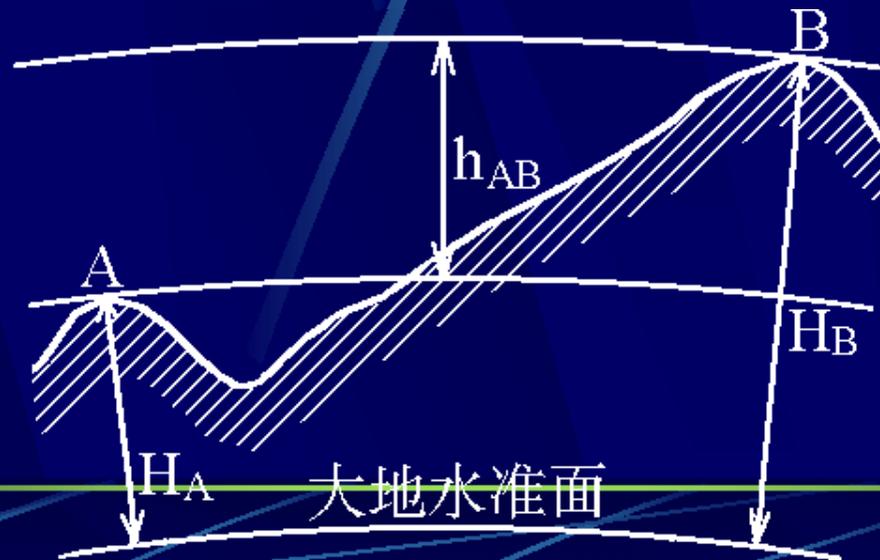


高程测量原理

- 通常用已知高程点为根据，测量已知点与待定点之间的高差来求得待定点的高程。如图所示，点A的高程 H_A 已知，如果点A到点B的高差 h_{AB} 已知，则待定点B的高程：

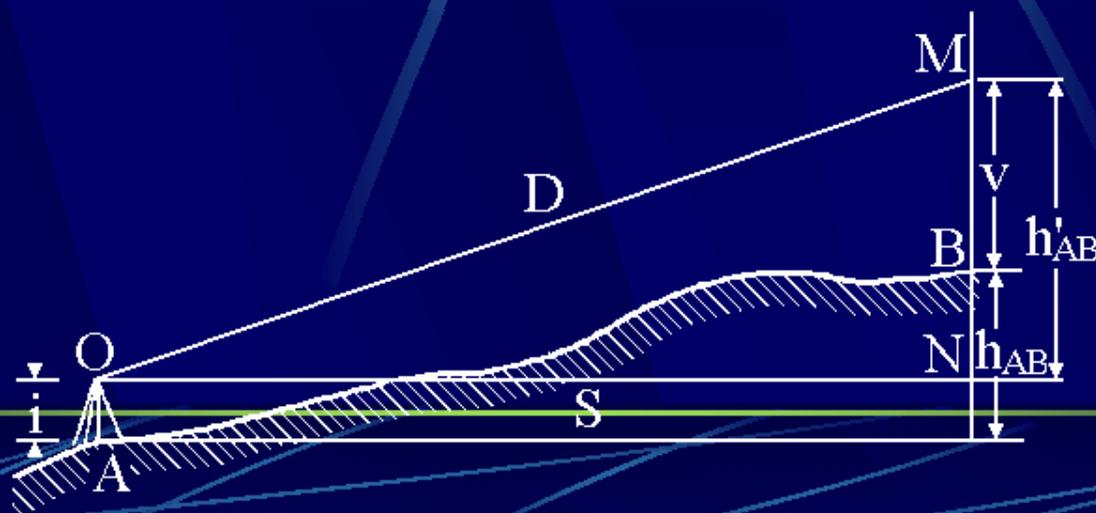
$$H_B = H_A + h_{AB} \quad \text{即} \quad h_{AB} = H_B - H_A = -h_{BA}$$

- 高差是一个向量，如果B点高于A点，则高差 h_{AB} 为正值；如果B点低于A点，高差 h_{AB} 为负值。



三角高程测量

- 三角高程测量是根据三角学原理来工作的。图中A为已知高程点，B为待定点。在点A设置全站仪，量取仪器高为 i ；棱镜中心的高度为 v （目标高）。根据三角函数关系，求出望远镜旋转中心与照准目标M处的高差 h'_{AB} （高差主值）。再由图中可以看出，A、B的高差为： $h_{AB} = h'_{AB} + i - v$
- 最后计算待定点B的高程： $H_B = H_A + h_{AB}$



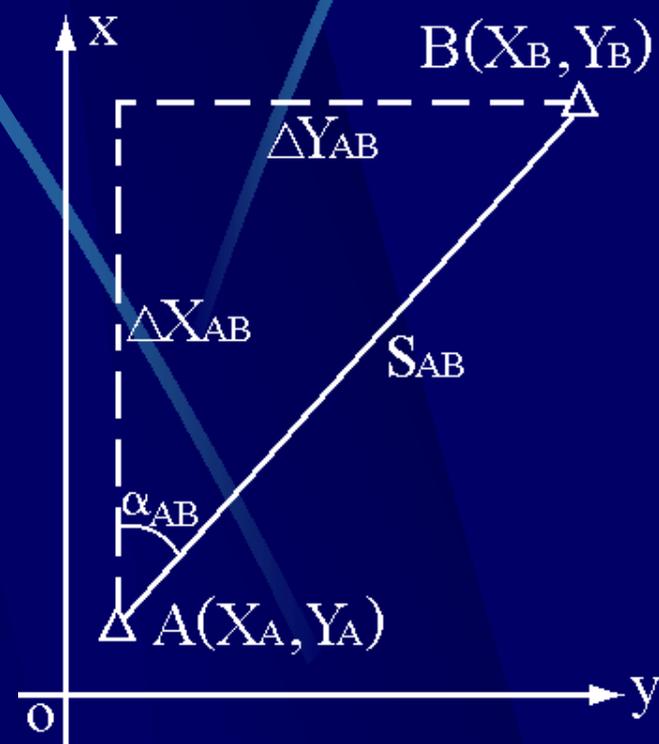
平面坐标测量

- 根据已知点坐标、已知边长和坐标方位角计算未知点坐标：
- 在图中， A 为已知点， B 为未知点， A 点的坐标 X_A ， Y_A 和边长 S_{AB} 及其坐标方位角 α_{AB} 均为已知，则 B 点的坐标为：

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB} = X_A + S_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB}$$

$$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB} = Y_A + S_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB}$$

- 也可以根据 A 、 B 两点的坐标，来计算 AB 连线的坐标方位角 α_{AB} 。



控制测量步骤

1. 安装仪器就是使全站仪处于工作状态，需要进行精确整平和对中。拓普康GTS-211D上配置有圆水准器和管水准器，分别用于初步整平和精确整平。

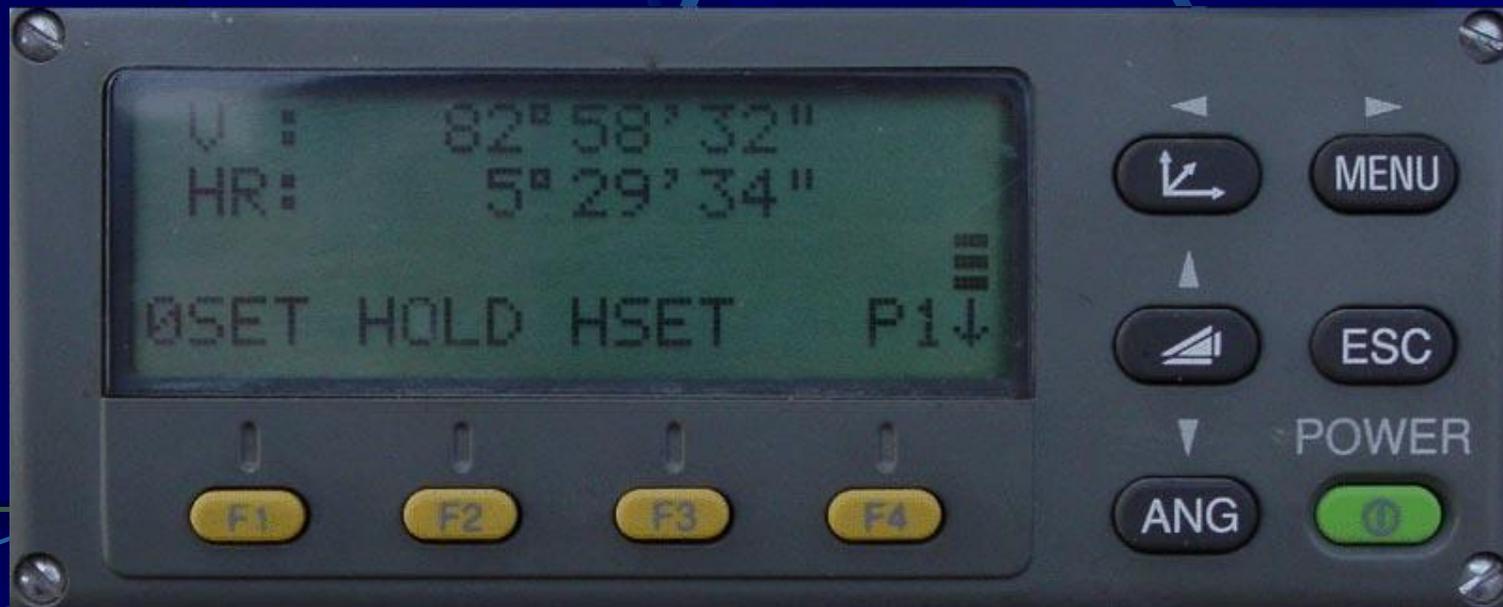
仪器精确整平后，使用光学对中器进行对中：松开仪器基座下的固定螺旋，轻轻平移仪器，精确对中后拧紧固定螺旋，再进行精确整平。最后再对中检查。



2. 按压POWER键，即可开机，首先显示初始化约2秒，然后显示零指标设置指令（0SET）、当前的棱镜常数（PSM）和大气改正值（PPM），以便确认所使用的棱镜常数。此时按压[F1]（↓）或[F2]（↑）键，可以进行显示屏对比度调节，为了在关机后保存设置值，需再按压[F4]（ENTER）键。



3. 全站仪的垂直度盘上装有电子基准，上下转动望远镜，当传感器通过该基准时，仪器自动设置垂直角为 $90^{\circ} 00' 00''$ ，并发出轻微的声音，同时进入角度测量程序，随着仪器的转动，同步显示水平角与垂直角的数值。



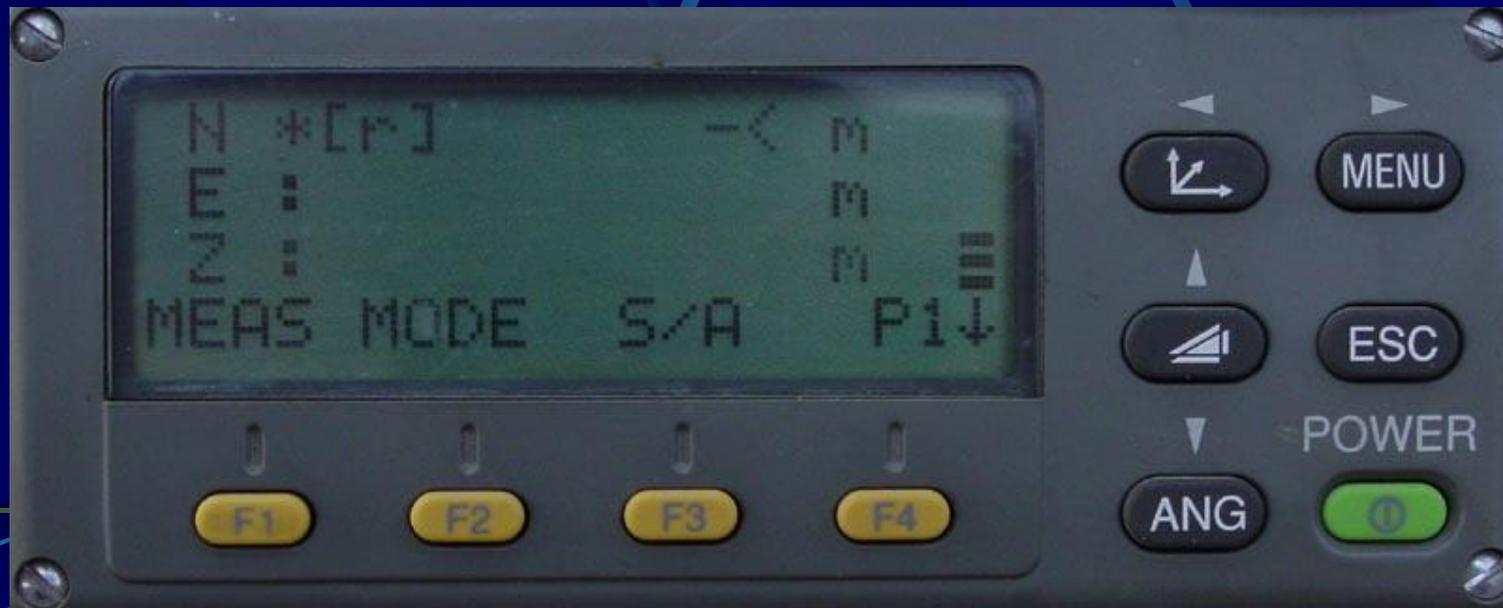
4. 开机后，电池现存容量在显示窗的右侧通过一至三条短粗线显示，一至短粗线闪烁时表示能量不足，需要充电或更换；不能测量时显示（Battery Empty）。使用专用充电器充电，充电前应该按压放电钮进行放电，充电时间约1.5小时。

拆卸电池时，向下压电池顶部的锁杆，再向外拉出即可。安装电池时，先将电池底部安装到主机上，再向仪器侧面推拢电池，直到发出“喀嚓”一声。

5. 在进行坐标测量工作之前，需要设置测站点坐标（OCC: N0、E0、Z0）、仪器高（INS. HT）、和目标高（棱镜高）（R. HT），工作中仪器将会自动转换和显示未知点（棱镜点）在该坐标系中的坐标。仪器关闭之后，测站点坐标、仪器高和棱镜高等数值仍能保存。上述数值没有输入时，全部以0计算。



6. 进行测量时，首先需要设置已知点的方向角（照准已知点，设置其水平角），再照准未知点上的棱镜，按压坐标测量模式[]键开始工作，显示窗将显示测量结果，即棱镜点的三维坐标（N、E、Z）。测量下一个控制点的坐标时，瞄准好棱镜中心后，按压[F1]即可。



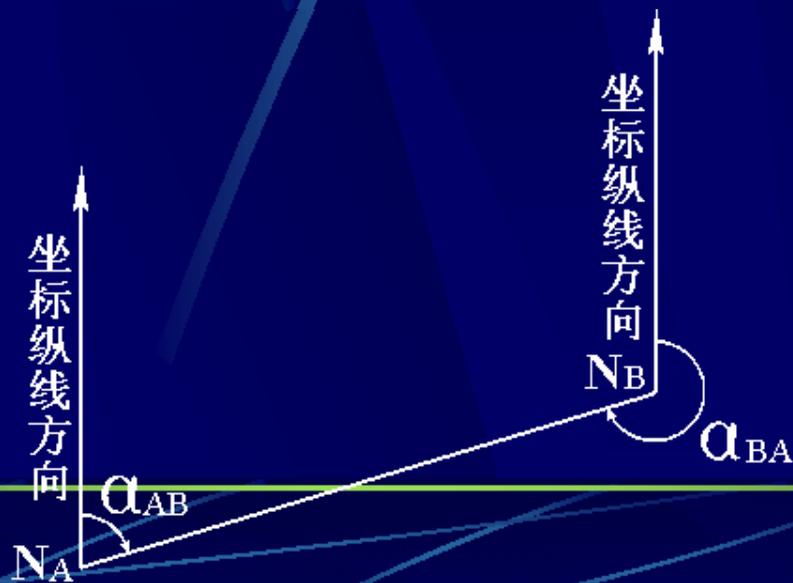


- 很多型号的电子全站仪可以通过直接输入后视点的坐标，由仪器自动计算方位角（如Sokkia SET505等），但是Topcon GTS-211D没有此项功能。一切准备就绪后，就可以在未知点上架设棱镜，坐标模式下测量的三维坐标值就是未知点的三维坐标。

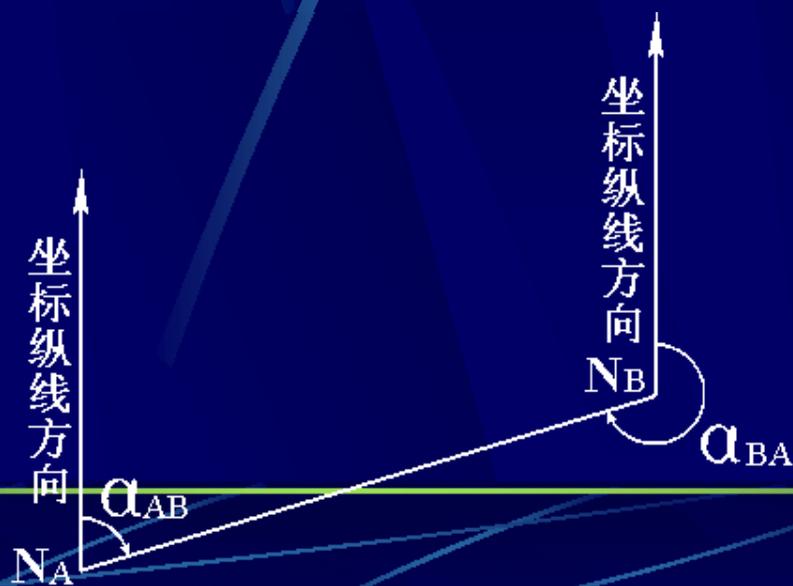


- 迁移测站前，应该测量下一个测站点的坐标和方位角。在下图中，如果需要将测站从 N_A 点迁移至 N_B 点，首先应该在 N_A 点测量 N_B 点的三维坐标与 $N_A N_B$ 连线的方位角 α_{AB} （Topcon GTS-211D必须测量）。在 N_B 点架设仪器后，将 N_A 点作为后视点， $N_B N_A$ 连线的方位角：

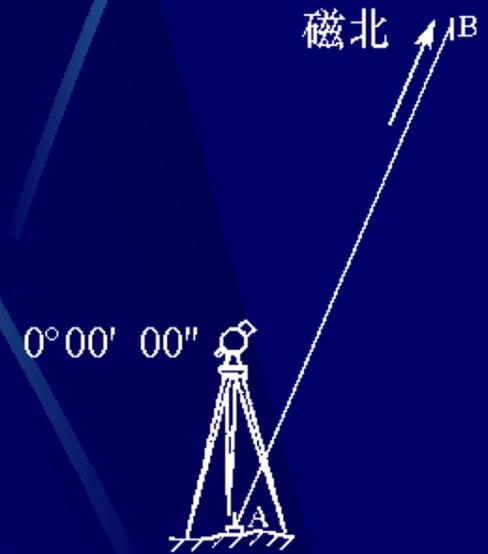
$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ$$



- 在 N_B 点将全站仪对中、整平后，照准架设在 N_A 点的棱镜，在测站点设置菜单中输入测站点 N_B 的三维坐标、仪器高、棱镜高与水平角 α_{BA} ，检查无误后即可继续测量。但是在测量下一个点之前最好先测量一、两个已知坐标的控制点（ N_A 点最方便，设置完成后即可进行测量）或者已经测量的碎部点进行检核。



- 采用任意坐标系时，首先应该在遗址内选择一个地势较高、视野开阔的位置架设全站仪，整平仪器后，使用光学对中器在地面上确定测站点的位置并精确插入木桩（上面应该钉上小钉子）或铁钎，使全站仪光学对中器的中心与木桩上的小钉子或铁钎重合。然后由测站点向磁北方向拉一条细线使用罗盘反复测量细线的方向，确保磁北方向线具有足够的精度。最后转动全站仪照准细线，使十字丝的竖丝与磁北方向线重合，设置全站仪的水平角为 $0^{\circ} 00' 00''$ 即可。

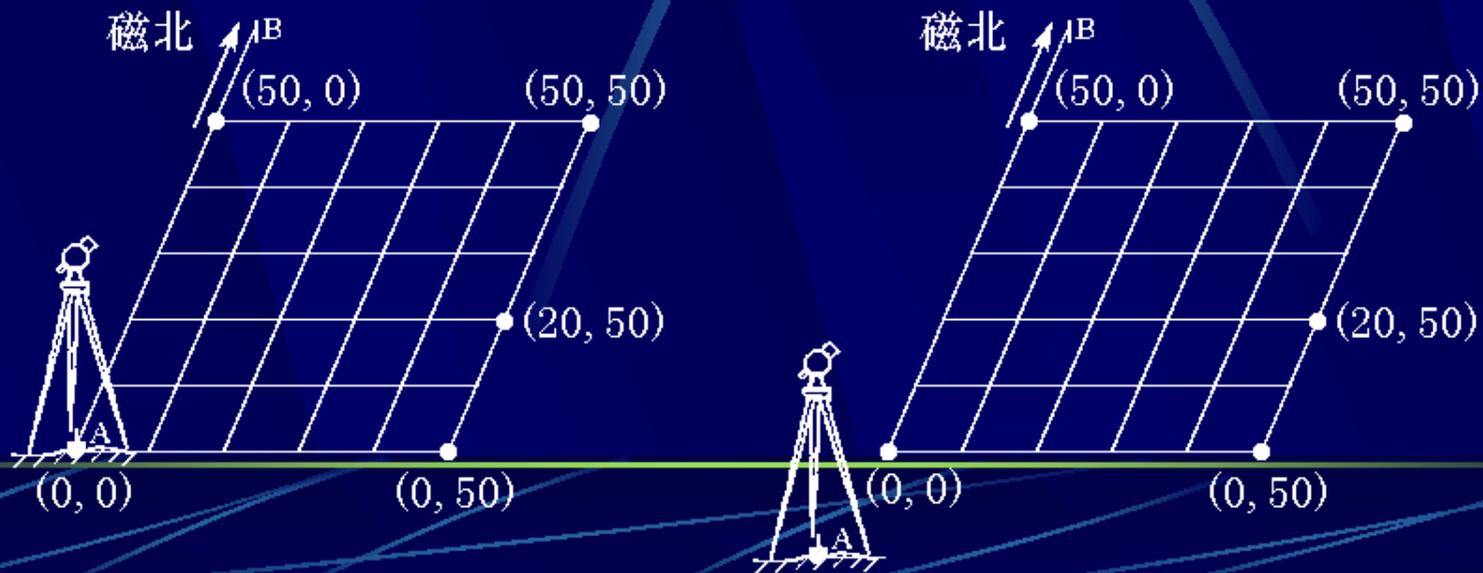


- 如果测站附近有高压线通过，或者其它原因对罗盘的方向造成影响时，需要在夜晚测定北极星的方向（真北方向），再根据当地1:50000地形图上磁北与真北方向的夹角（磁偏角）的数值，将全站仪转动一个磁偏角的角度，磁偏角为正数时向东转动，负数时向西转动，确定磁北方向，并在磁北方向上插一铁钎，使其与全站仪十字丝的竖丝重合。
- 也可以在全站仪照准北极星时，将其水平角设置成磁偏角的数值，此时水平角为 $0^{\circ} 00' 00''$ 时的方向就是磁北方向。

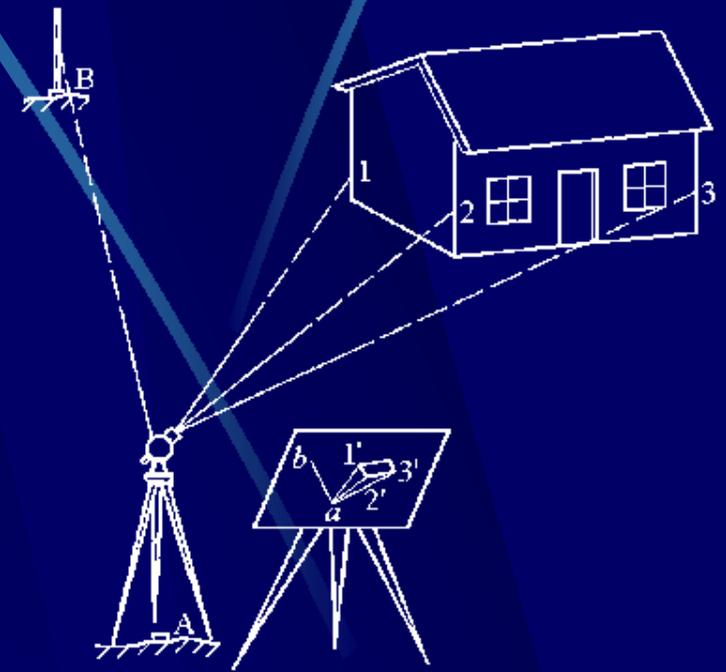
- 确定测站点坐标时，可以先测量测站点到遗址最南端和最西端的距离，或者是在其它现有的地形图上大致量取这两段距离，并以此数值作为参考，以稍大一些的数值作为测站点的平面坐标，确保整个遗址中所有点的坐标都是正数。一般情况下，为了便于记录和使用，第一个测站点的平面坐标值取至整百米，比如（1200，500），其它测站点的坐标值则根据实际测量而得。高程值可以随意确定，也可以根据全球定位系统测量或在现有地形图确定大致的高程值。进一步的控制测量则如同前文描述的采用国家坐标系统的情况一样。

- 布设探方的时候可以使用全站仪的坐标放样功能，在测站点坐标与方位角输入后，进入放样测量模式，输入一个探方角点的坐标，然后在地面上大致相应的位置竖立棱镜，测量后仪器显示现在的棱镜位置与待定点位置北坐标与东坐标的差值，据此移动棱镜，直至上述的差值可以忽略（如都在5毫米以内）为止，然后进入下一个探方角点的测量定位工作。

- 也可以在全站仪的坐标测量模式下直接测量棱镜位置的坐标，由仪器操作员口算棱镜位置与待定点位置北坐标与东坐标的差值，再渐次移动棱镜到合适的位置。在坐标模式下工作时可以不必每次输入测方角点的坐标，速度应该会更更快一些。左图测站是在坐标零点的位置，右图测站是任意位置。

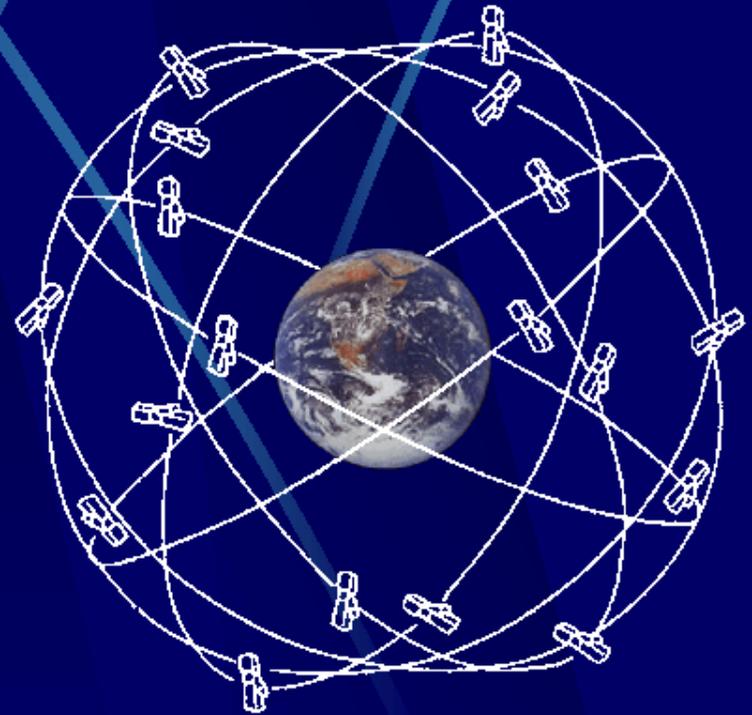


- 碎部测量时可以在坐标测量模式下，测量各细部点的坐标，然后在坐标纸上逐点标绘，并描绘成图。
- 也可以使用专门的测绘软件，配合电子全站仪进行测量成图。或者将测量的碎部点坐标输入到 AutoCAD 软件中进行成图。



§ 5-5 全球定位系统简介

- 全球定位系统（GPS）是“授时、测距导航系统 / 全球定位系统（Navigation System Timing and Ranging / Global Positioning System）”的简称。该系统是由美国国防部于1973年组织研制，历经20年，于1994进入完全运行状态，主要为军事导航与定位服务的系统。

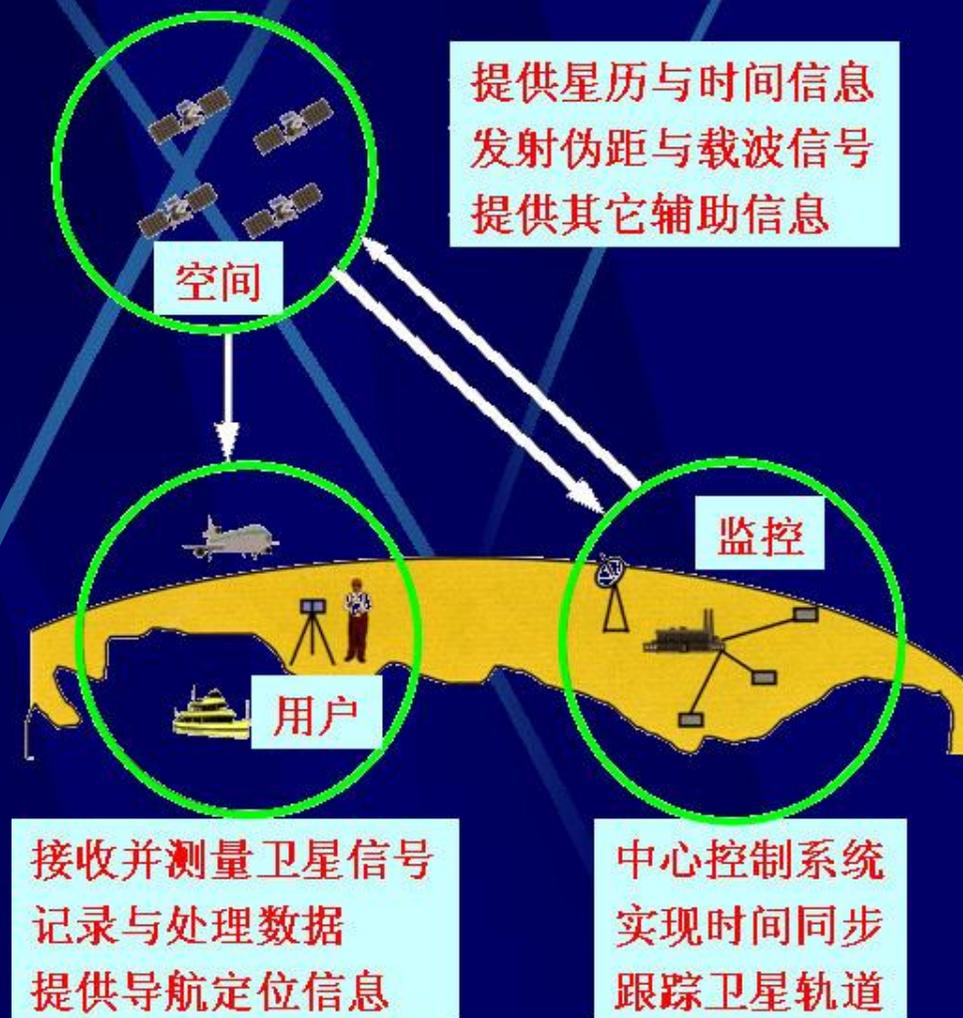


- GPS以卫星为基础，以无线电为通讯手段，依据天文大地测量学的原理，实行全球连续导航和定位的高新技术系统，具有全球性、全天候、高精度、快速实时的三维导航、定位、测速和授时功能，以及良好的保密性和抗干扰性。
- GPS导航定位系统不但可以用于军事上各种兵种和武器的导航定位，而且在民用上也发挥重大作用。如智能交通系统中的车辆导航、车辆管理和救援，民用飞机和船只导航及姿态测量，大气参数测试，电力和通信系统中的时间控制，地震和地球板块运动监测，地球动力学研究等。特别是在大地测量、城市和矿山控制测量、建筑物变形测量、水下地形测量等方面得到广泛的应用。

- 从1986年开始GPS被引入我国测绘界，引起了测绘技术的一场革命，从而使测绘领域步入一个崭新的时代。GPS测量具有很多优点：(1) 高精度三维定位，满足各种考古测量的要求；(2) 设计和布点方便灵活，控制点之间不必通视；(3) 对地理条件和作业条件要求低，高山、沙漠地区能进行全天候作业；(4) 工作效率高，自动进行观测、记录和计算，目前已被广泛应用于测绘行业。不足之处是不能在楼群之间和地下（如墓室）中进行测量。

全球定位系统的组成

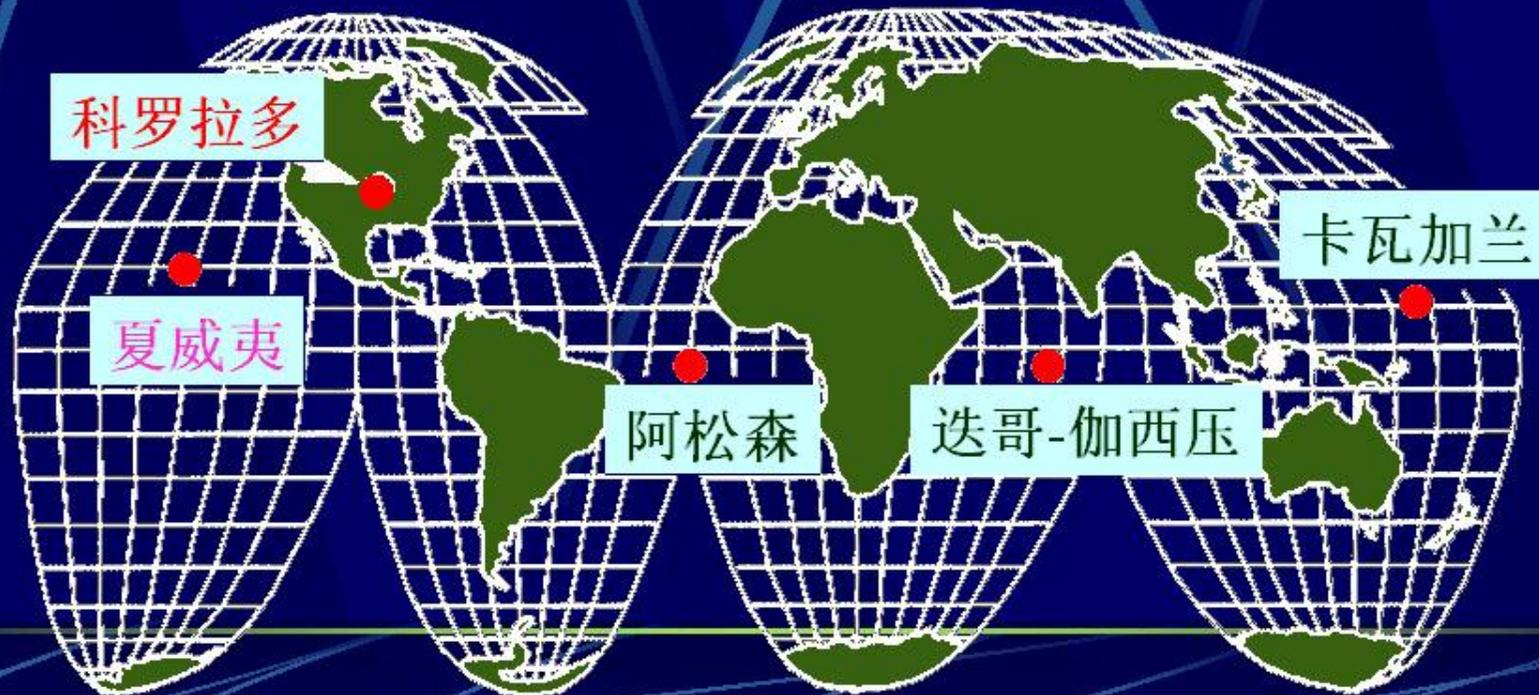
- 全球定位系统主要由空间卫星部分、地面监控部分和用户设备三部分组成。



- **空间部分:** GPS卫星星座由24颗卫星组成，其中有21颗工作卫星，3颗备用卫星。工作卫星分布在6个近圆形轨道上，每个轨道上有4颗卫星。卫星轨道面相对地球赤道面的倾角为 55° ，轨道平均高度为20200km，卫星运行周期为11小时58分。
- 在地球上任何地区、任何时刻，可以同时接收4至11颗卫星的信号。每颗卫星装有4台高精度原子钟（2台铷钟，2台铯钟），频率稳定度为 $10E-12 \sim 10E-13$ ，为GPS测量提供高精度的时间标准。
- GPS卫星的主要功能是接收并存储由地面监控站发来的导航信息；接收并执行主控站发出的控制命令，如调整卫星姿态，启用备用卫星等；向用户连续发送卫星导航定位所需信息，如卫星轨道参数、卫星健康状况及卫星信号发射时间标准等。

- GPS卫星向地面发射的信号是经过二次调制的组合信息。它是由铷钟和铯钟提供的基准信号（ $F=10.23\text{MHz}$ ），经过分频或倍频产生 $D(t)$ 码（ 50Hz ）、C/A码（ 1.023MHz ，波长 293m ）、 P 码（ 10.23MHz ，波长 29.3m ）、 L_1 载波（ 1575.42MHz ）和 L_2 载波（ 1227.60MHz ）。 $D(t)$ 码是卫星导航电文，其中含有卫星广播星历和空中24颗卫星历书（卫星概略坐标）。星历是采用世界大地坐标系（World Geodetic System 1984）即WGS—84坐标系计算出来的，它分为广播星历和精密星历两种，精密星历由美国国防测绘局编制。地面跟踪站预报星历，根据这些数据可以计算出卫星在地面固定坐标系中的瞬时坐标值。

- **控制部分：**地面监控部分是由分布在世界各地的五个地面站组成。按功能可分为五个监测站、一个主控站和三个注入站。



- (1) 监测站

- 监测站设在科罗拉多、阿松森群岛、迭哥伽西亚、卡瓦加兰和夏威夷。站内设有双频GPS接收机、高精度原子钟、气象参数测试仪和计算机等设备。主要任务是完成对GPS卫星信号的连续观测，并将搜集的数据和当地气象观测资料经处理后传送到主控站。

- (2) 主控站

- 主控站设在美国本土科罗拉多空间中心。它除了协调管理地面监控系统外，还负责将监测站的观测资料联合处理，推算卫星的星历、卫星钟差和大气修正参数，并将这些数据编制成导航电文送到注入站。另外它还可以调整偏离轨道的卫星，使之沿预定轨道运行；调度备用卫星，替代失效的卫星开展工作。

- (3) 注入站

- 注入站设在阿松森群岛、迭哥伽西亚、卡瓦加兰。其主要任务是将主控站编制的导航电文、计算出的卫星星历和卫星钟差的改正数等，通过直径为3.6m的天线注入给相应的卫星。

- **用户部分：**用户设备主要设备由GPS接收机、硬件和数据处理软件、微处理机及终端设备组成，GPS接收机由主机、天线和电源组成。其主要任务是捕获卫星信号，跟踪并锁定卫星信号；对接收的卫星信号进行处理，测量出GPS信号从卫星到接收机天线间传播的时间；能译出GPS卫星发射的导航电文，实时计算接收机天线的三维位置、速度和时间。
- GPS接收机从原理上来分类，可分为码相关接收机、码相位接收机和平方接收机三类。各类接收机又可分为单频和双频两种。目前发达国家生产的GPS接收机，其性能各异，型号众多。按其用途可以分为精密测量的测地型，航空、航海的导航型和精确收时的授时型三种。

GPS定位原理

- 利用GPS进行定位的基本原理，就是把卫星视为“飞行”的控制点，在已知其瞬时坐标（可根据卫星轨道参数计算）的条件下，以GPS卫星和用户接收机天线之间距离（或距离差）为观测量，进行空间距离后方交会，从而确定用户接收机天线所处的绝对位置或相对位置。
- 原则上在1个观测站有3个独立的距离观测量（3颗卫星）便可解算观测站的3维坐标。
- 测量时卫星钟与接收机钟难以保持严格同步，所观测的测站与卫星之间的距离含有钟差的影响（伪距）。为此1个观测站至少需要同时观测4颗卫星。

GPS定位方法

- 按定位参考点的不同位置可分为：
 - 绝对定位（单点定位）**：在协议地球坐标系统中，直接确定观测站相对于地球质心的位置。
 - 相对定位（差分定位）**：在协议地球坐标系统中，确定观测站与某一地面参考点之间的相对位置。
- 按用户接收机在作业中所处的状态可分为：
 - 静态定位**：定位过程接收机天线的位置是固定的，处于静止状态。
 - 动态定位**：定位过程接收机天线处于运动状态。
- GPS定位可分为：静态绝对定位、动态绝对定位、静态相对定位、动态相对定位。

GPS绝对定位原理

- GPS绝对定位也叫单点定位，基本原理就是以GPS卫星和用户接收机天线之间的距离（或距离差）观测量为基础，并根据已知的卫星瞬时坐标，来确定用户接收机天线所对应的点位，即观测站的位置。

- **静态绝对定位：** 在接收机天线处于静止状态的情况下，确定观测站绝对坐标的定位方法。
- 静态绝对定位可以连续地测定卫星至观测站的伪距，可获得充分的多余观测量，通过测后数据处理提高定位的精度，以精确测定观测站在协议地球坐标系中的绝对坐标。
- **动态绝对定位：** 把GPS接收机安置在运动的载体上，在处于动态的情况下，确定载体瞬时绝对位置的定位方法。
- 动态绝对定位方法，被广泛地应用于飞机、船舶以及陆地车辆等运动载体的导航。另外，在航空物探和卫星遥感等领域也有着广泛的应用。

GPS相对定位原理

- GPS相对定位，也叫差分GPS定位（DGPS），是目前GPS定位中精度最高的一种定位方法。
- 相对定位通常是用两台GPS接收机，分别安置在基线的两端，并同步观测相同的GPS卫星，以确定基线端点在协议地球坐标系中的相对位置。
- 因为在两个观测站同步观测相同卫星，各种误差对观测量的影响具有一定的相关性，利用这些观测量的不同组合，进行相对定位，便可有效地消除或减弱各种公共误差影响，从而提高相对定位的精度。

- **静态相对定位：**即设置在基线端点的接收机是固定不动的，这样便可能通过连续观测，取得充分的多余观测数据，以改善定位的精度。
- 静态相对定位，一般均采用载波相位观测值为基本观测量。这一定位方法，是当前GPS定位中精度最高的一种方法。
- **动态相对定位：**将一台接收机安设基准站上固定不动，另一台接收机安设在运动的载体上，两台接收机同步观测相同的卫星，以确定运动点相对基准站的实时位置。
- 动态相对定位中，有实时处理和测后处理两种方式，实时处理必须在流动站与基准站间传输数据。

GPS接收机分类

- GPS卫星是以广播方式发送定位信息。GPS接收机是一种被动式无线电定位设备。在全球任何地方只要能接收到4颗以上GPS卫星的信号，就可以实现三维定位、测速、测时，所以GPS得到广泛应用。根据使用目的不同，世界上已有近百种不同类型的GPS接收机。这些产品可以按不同用途、不同原理和功能进行分类。

1. 按用途分类

(1) 导航型接收机

- 此类接收机主要用于运动载体的导航。它可以实时给出载体位置和速度。导航型接收机定位精度低，但这类接收机价格低廉，使用广泛。
- 根据不同应用领域又可分为手持型、车载型、航海型、航空型、星载型。



● GARMIN旗下eTrex系列接收机及其参数:



产品名称 技术指标	eTrex C 小博士	Venture 奇遇	Summit 桂冠	Legend 传奇	Vista 展望
记录航点数	300	3000	500	1000	1000
航线/航迹数	1/10	20/10	20/10	20/10	20/10
存图内存	--	2M	--	32M	32M
地图	无	20000城镇点	无	全国公路网图及 城市电子地图	全国公路网图及 城市电子地图
罗盘类型	GPS罗盘	GPS罗盘	GPS/地磁罗盘	GPS罗盘	GPS/地磁罗盘
气压测高	无	无	有	无	有
电池使用时间	22小时	20小时	16小时	18小时	12小时
垂直定位精度(m)	<30	<30	<3	<30	<3
水平定位精度(RMS)	<3米	<3米	<3米	<3米	<3米
防水性能	水下1米, 30分 钟不进水				

(2) 测地型接收机

- 测地型接收机主要用于精密大地测量、工程测量、地壳形变测量等领域。这类仪器主要采用载波相位观测值进行相对定位，定位精度高，一般相对精度可达 $\pm(5\text{mm}+1\text{ppm})$ 。仪器的构造复杂，价格较贵，可用于大型考古遗址内的控制测量。



(3) 授时型接收机

- 这种接收机主要利用GPS卫星提供的高精度时间标准进行授时，常用于天文台授时、电力系统、无线电通信系统中的时间同步等。

(4) 姿态测量型

- 这种接收机可提供载体的航偏角、俯仰角和滚动角。主要用于船只、飞机及卫星的姿态测量。

2. 按接收机通道数分类

- GPS接收机从捕获卫星信号到跟踪、处理、测量卫星信号的无线电器件称为信号通道。GPS接收机定位至少要同步接收4颗卫星信号，同时最多可观测11颗GPS卫星，所以最多信号通道为12个。不同类型的接收机对卫星信号捕获方法也不同。

(1) 多通道GPS接收机

- 同时有多个通道工作，每个通道跟踪一颗卫星。目前的接收机多为这种接收机。

(2) 序贯通道接收机

- 通常只有两个信号通道，为了跟踪多颗卫星，采用分时依序对各卫星进行跟踪测量，循环一周所需时间20ms，不能对卫星信号连续跟踪。早期接收机多用这种方法，优点是通道少，价格便宜。缺点是不能同步跟踪卫星，测量误差大。

(3) 多路复用通道接收机

- 和序贯通道接收机相似，只是测量循环时间较短，小于20ms，可以保证对卫星信号连续跟踪。目前这种接收机也逐步被多通道接收机代替。

§ 5-6 蓝精灵2型GPS的操作方法

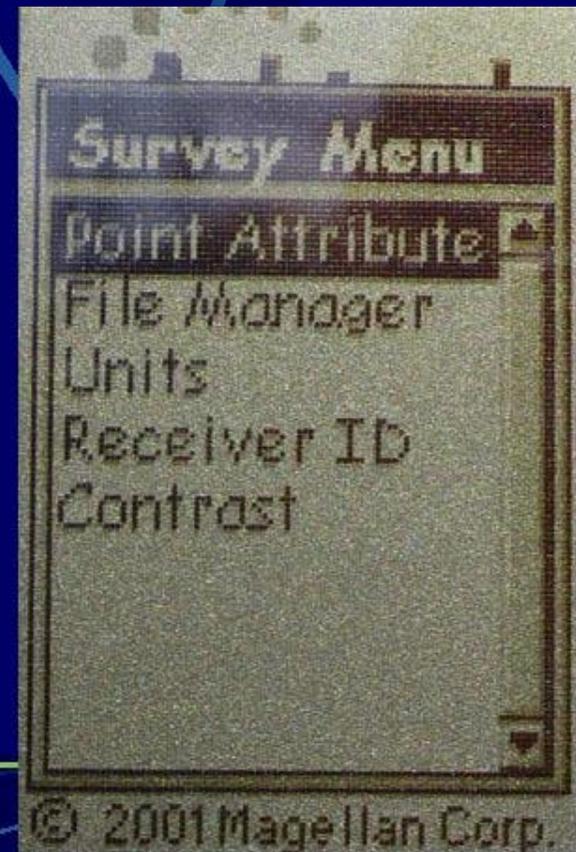
- 蓝精灵2型GPS接收机：
 - 天线、屏幕、键盘
 - IN/OUT：放大与缩小
 - ESC：显示模式切换、返回
 - NAV/SURV：导航与测量模式切换
 - MENU：菜单选择
 - MARK/GOTO：设置路标与走向路标
 - 另外还有回车、电源开关与移动箭头。



- 圆盘形天线一般固定在对中杆（全站仪测量中架设棱镜）顶端，并架设于需要测量的控制点上，天线上方有指北的箭头，应该大致指向北方。使用电缆将天线与接收机连接，并量取天线的垂直高度或倾斜高度。



- 开机自检后，有“测量”与“导航”模式，“测量”模式下有“设置”和“采集数据”两项，“设置”中有“点属性”、“文件管理”、“单位”、“接收机编号”、“反差”等选项。



- “点属性”中有“站点编号”、“站点描述”、“天线高类型（倾斜或垂直）”、“天线高”。
- “站点编号”通过上下左右箭头与回车键输入。

Point Attributes

Site ID
????

Site Description

Antenna Height Type
Slant

Antenna Height
0.000 Meters

Save

Site ID

?

A	B	C	D	E	F	G	H
I	J	K	L	M	N	O	P
Q	R	S	T	U	V	W	X
Y	Z	1	2	3	4	5	6
7	8	9	0	-	.	'	/

Shift

OK Clear

Point Attributes

Site ID
M001

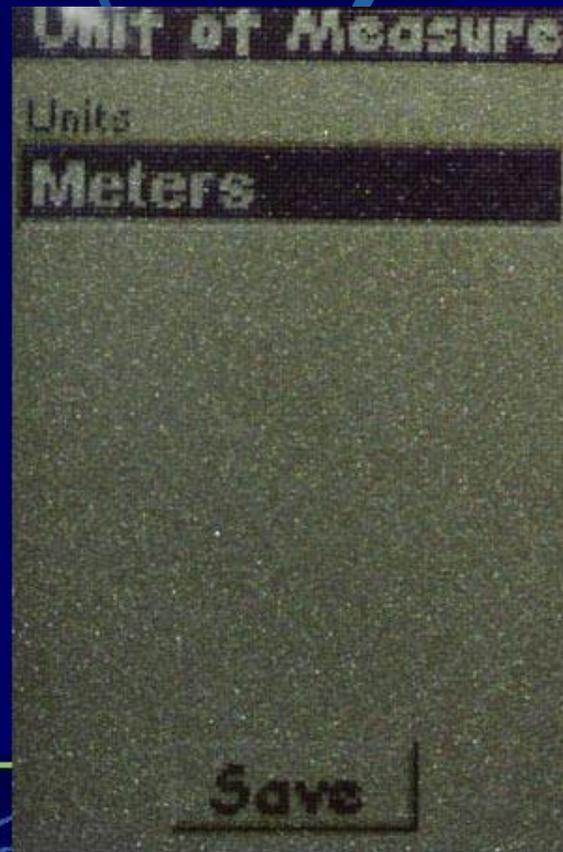
Site Description

Antenna Height Type
Slant

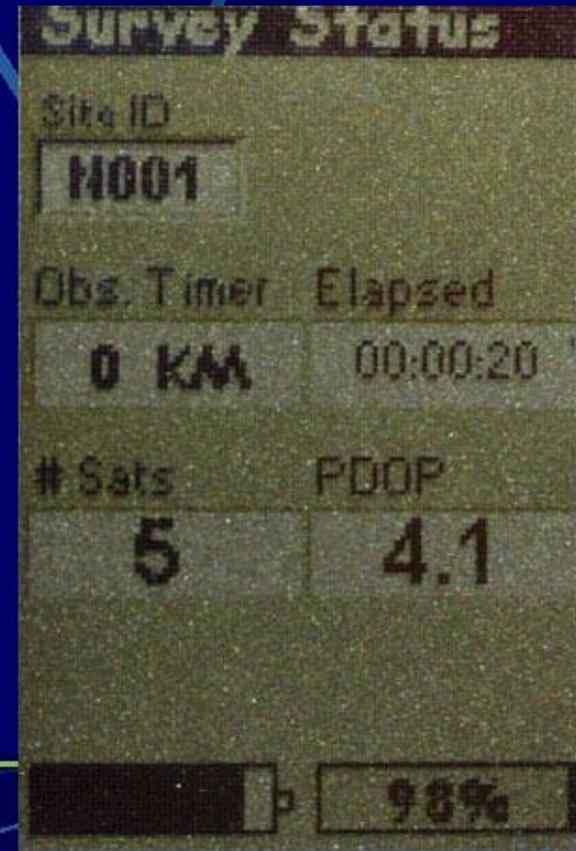
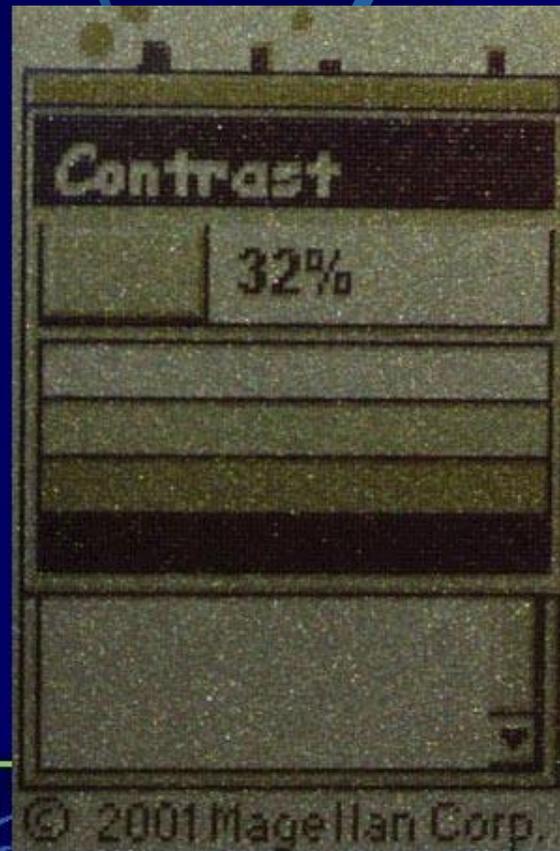
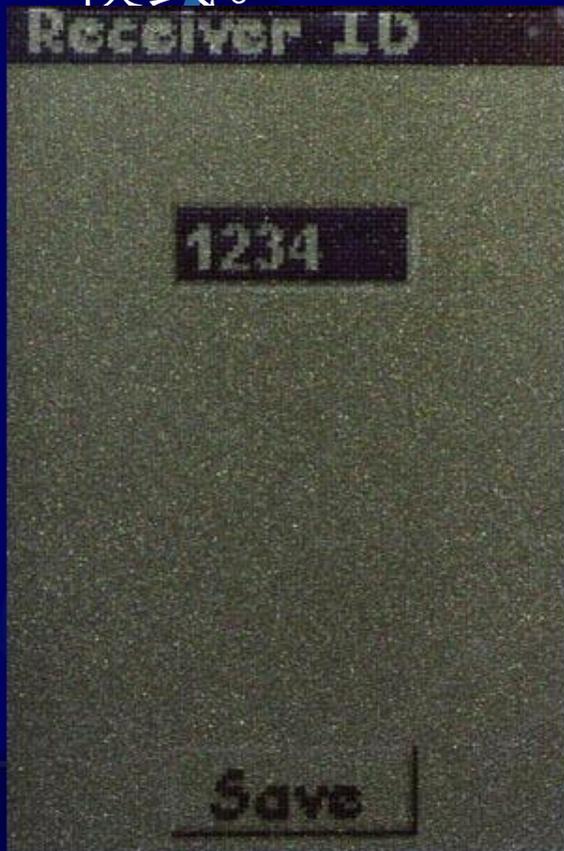
Antenna Height
0.000 Meters

Save

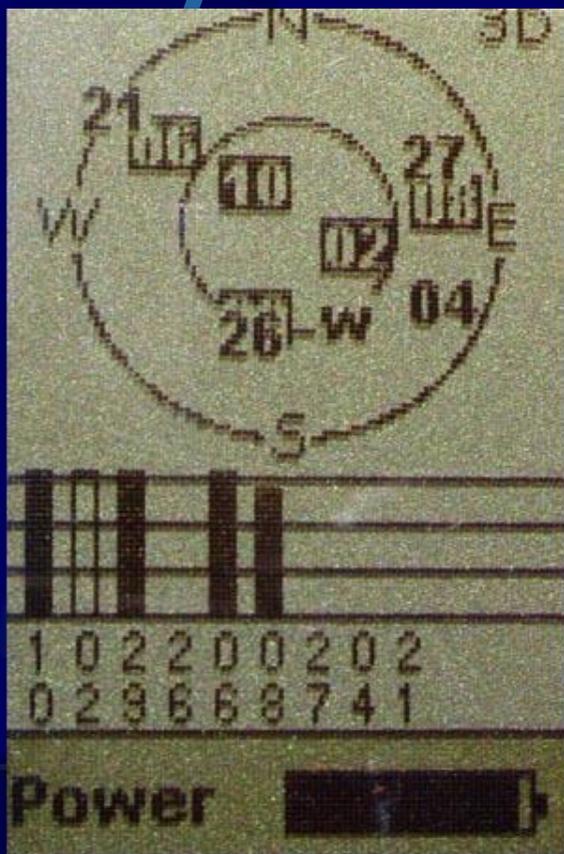
- “文件管理” 用于删除单个文件或全部文件。
- “单位” 缺省值是“米”，不用改变。



- “接收机编号”的输入方法同“站点编号”。“反差”由左右箭头控制。设置完毕后进入“采集数据”模式，关机结束数据采集。ESC键切换至卫星星图显示模式。

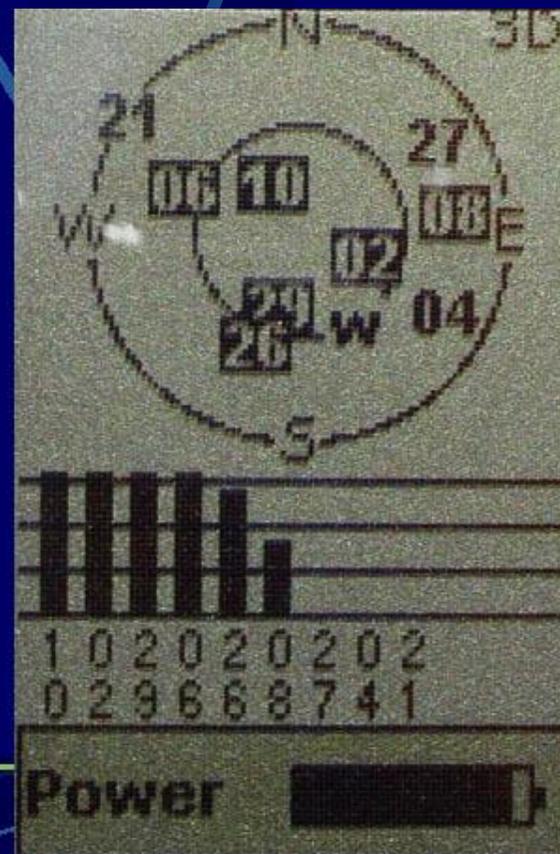


- 导航模式下直接进入显示星图的状态，收到4颗星的信号后开始显示经纬度数据。ESC键切换显示模式。

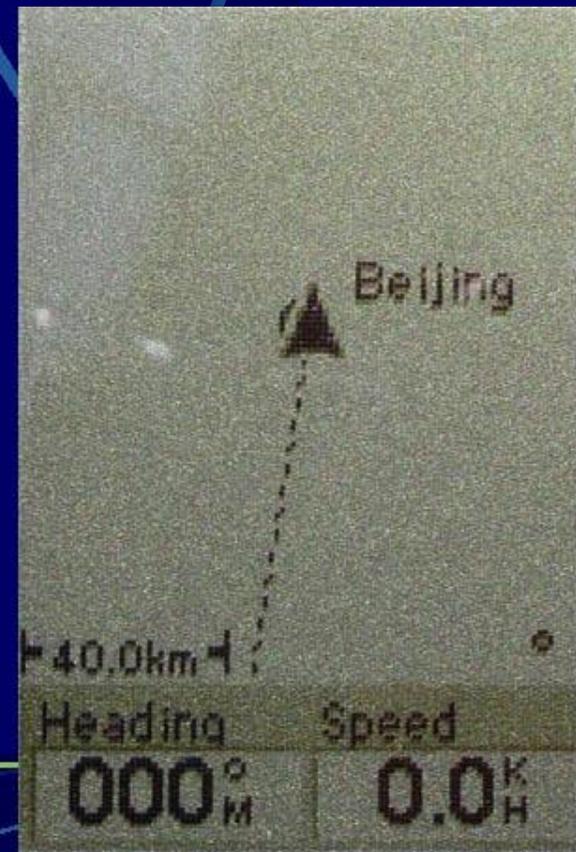
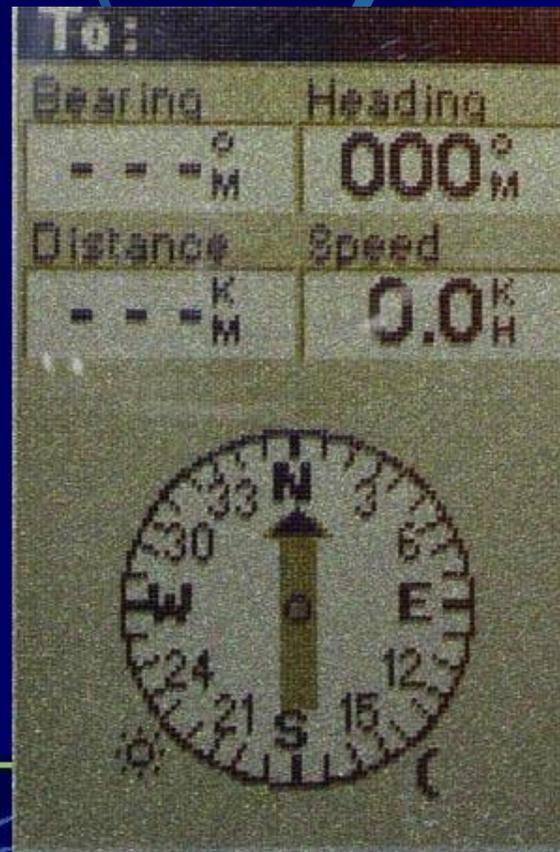
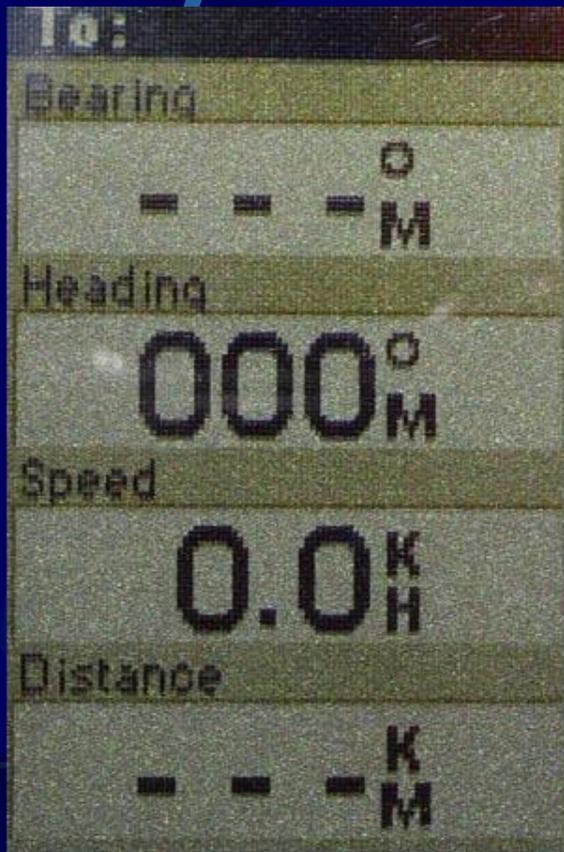


39°55'15N
116°24'11E
44M
02:12:25 PM
Averaging
00:04:46
WGS84 Lat/Lon

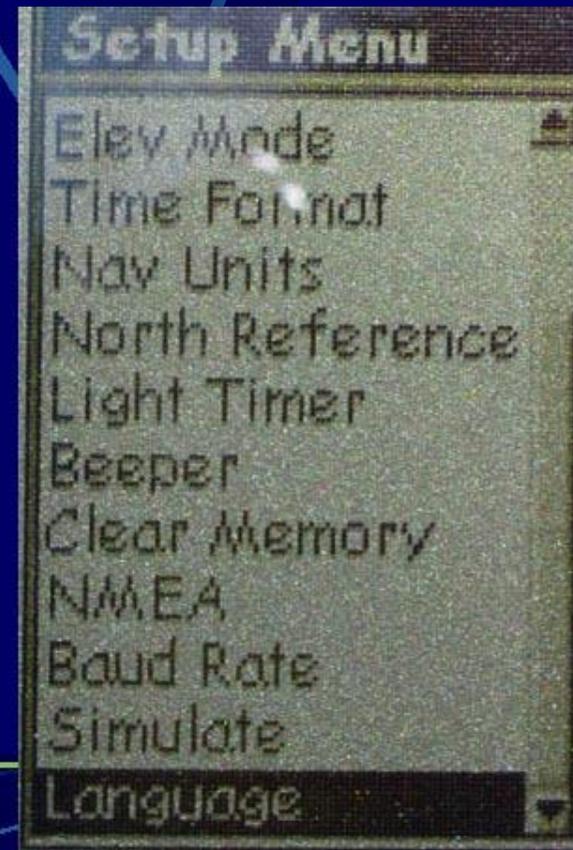
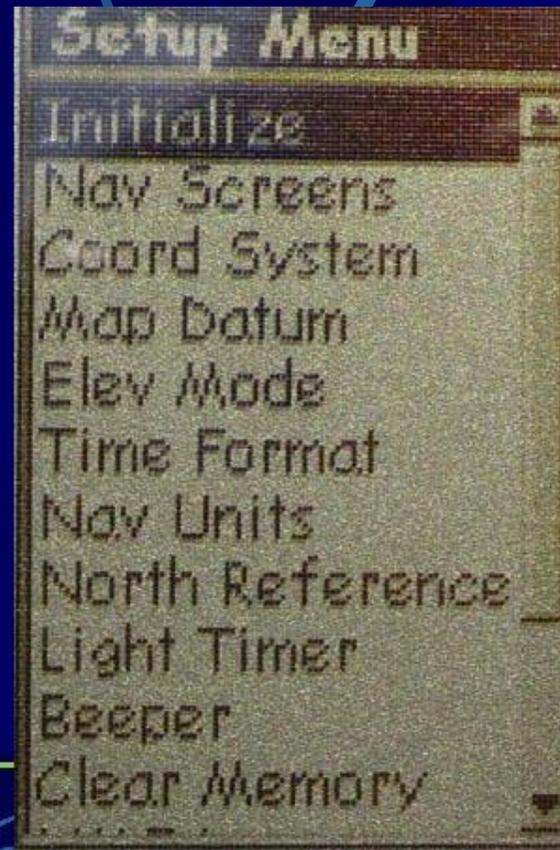
50 449060E
4419136N
NAD27 UTM



- 航线方向、移动方向、距离、速度、地图的显示。



- “菜单”模式中有各项参数的设置。



§ 5-7 GPS测量数据的整理与应用

- 导航型GPS携带方便，操作简单，长时间测量时平面定位精度可以达到10米以内，高程定位精度会低一些，但是现在有的导航型GPS具有气压改正功能，提高了高程定位精度，有时可以达到2.5米的精度。这样的精度可以满足考古调查时测量遗址位置的需要，最后根据测量的数据将遗址标绘在1:5万甚至1:1万比例尺的地形图中。
- 测量型GPS的精度可以满足各种考古测量的需要。

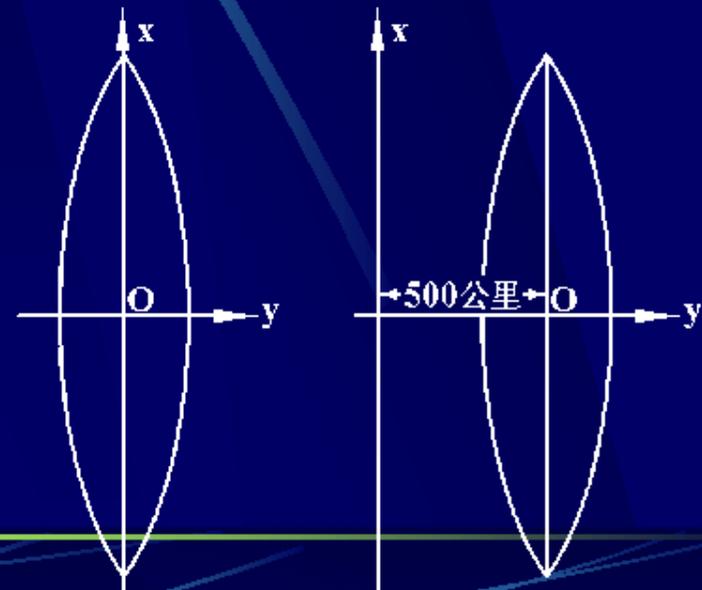
- 大部分GPS不仅能以经、纬度的显示点的位置，而且还可以用UTM（通用横轴墨卡托投影）等坐标系显示测量结果。使用经纬度来表示平面位置时，可以根据经纬度的数值直接在地形图上标绘点位，其数值表示方法应该选择“ddd° mm'ss.s”。地球子午线长是39940.67公里，纬度改变一度合110.946公里，一秒合30.82米，赤道圈是40075.36公里，北京地区纬度在北纬40度左右，纬度圈长为30699.51公里，经度一度合85.276公里，一秒为23.69米。所以在GPS测量时，应该根据需要，精确到秒的一个或多个小数位，否则会影响测量结果的精度。

GPS测量的大地坐标系

- 地理坐标系（显示经纬度数值）
- WGS—84坐标系（球心坐标系）
- 1954年北京坐标系（投影坐标系）
- 1980西安坐标系（投影坐标系）



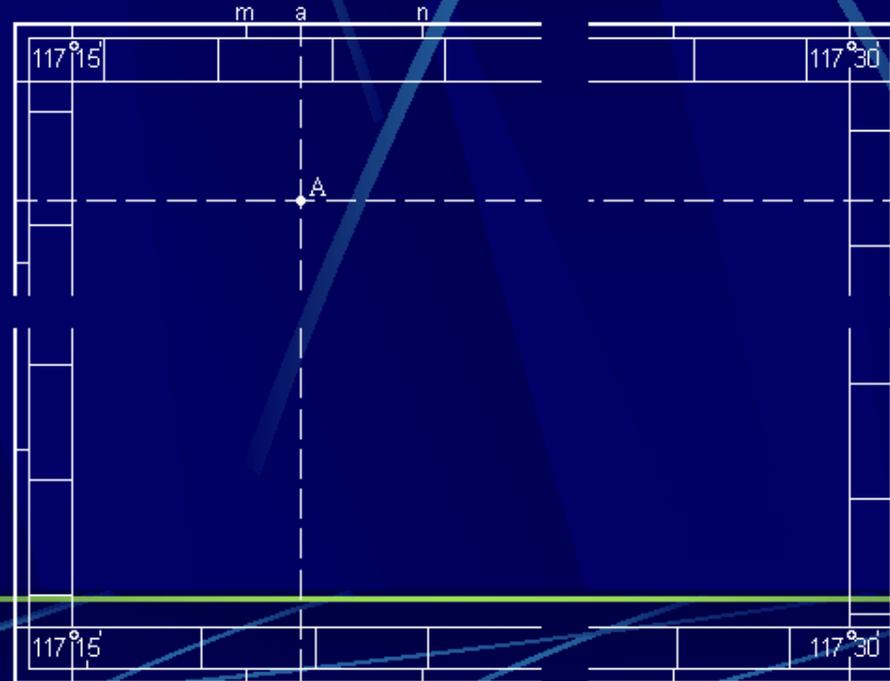
球心坐标系



投影坐标系

经纬度与坐标值在地形图上标绘

- 在田野调查等工作中，GPS测量考古遗迹的经纬度或坐标，然后根据这些经纬度或坐标的数值，在地形图上进行标绘。1:50000地形图图框的最外层是经纬度注记，最小分划是1'；往内较宽的是坐标格网的注记，最小分划是1公里，并且有公里数的注记。



- 从地形图上可以直接读取经纬度的度和分的数值、坐标的公里值，但是经纬度的秒和坐标的米值则需要通过线性内插方法获取。
- 在实际工作时，若无特别需要，为了简化工作程序，避免发生错误，最好还是测量遗迹的经纬度数值。

