

中华人民共和国行业标准

全球定位系统城市测量技术规程

Technical Specification for Urban
Surveying Using Global Positioning System

CJJ 73—97



1 9 9 7 北 京

中华人民共和国行业标准

全球定位系统城市测量技术规程

Technical Specification for Urban
Surveying Using Global Positioning System

CJJ 73—97

主编单位：北京市测绘设计研究院

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：1997年10月1日

关于发布行业标准《全球定位系统城市测量 技术规程》的通知

建标 [1997] 79 号

根据建设部建标 [1994] 第 314 号文的要求，由北京市测绘设计研究院主编的《全球定位系统城市测量技术规程》，业经审查，现批准为行业标准，编号 **CJJ73—97**，自 1997 年 10 月 1 日起施行。

本标准由建设部勘察与岩土工程标准技术归口单位建设部综合勘察研究设计院归口管理，具体解释等工作由主编单位负责。

本标准由建设部标准定额研究所负责组织出版。

中华人民共和国建设部

1997 年 4 月 25 日

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	坐标系统和时间	4
3.1	坐标系统	4
3.2	时间	5
4	GPS 网的技术设计	6
4.1	GPS 网的分级	6
4.2	布网原则与设计	7
5	GPS 选点与标石埋设	9
5.1	GPS 选点	9
5.2	标石埋设	10
5.3	选点埋石后应提交的资料	10
6	仪器设备的技术要求	12
6.1	接收机的选择	12
6.2	接收设备检验	12
6.3	接收设备的维护	13
7	观测	15
7.1	基本技术要求	15
7.2	观测计划	15
7.3	观测准备	16
7.4	观测作业要求	16
8	外业观测记录	18
9	数据处理	19
9.1	基线解算	19
9.2	基线解算的质量检验	20
4		

9.3 补测与重测	21
9.4 GPS 网平差处理	21
10 技术总结与成果资料提交	23
附录 A GPS 点点之记	24
附录 B 各等级 GPS 点标志及标石埋设图	25
附录 C 接收机内部噪声水平用零基线检验的方法	27
附录 D 天线相位中心稳定性的检验	28
附录 E 光学对点器的检验与校正	29
附录 F GPS 测量作业调度表	30
附录 G 天线高测定方法及要求	31
附录 H GPS 外业观测手簿	32
附录 L 本规程用词说明	33
附加说明	34

1 总 则

1.0.1 为了统一城市全球定位系统 GPS (Global Positioning System) 测量技术,为城市规划、城市建设与管理部门提供所需的测量数据,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于城市各等级控制网测量,城市地籍控制网测量和工程控制网测量。当进行城市地形变监测控制网测量时,可参照本规程执行。

1.0.3 全球定位系统城市测量除应符合本规程外,尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

2 术 语

2.0.1 观测时段 **Observation session**

测站上开始接收卫星信号进行观测到停止,连续观测的时间间隔。

2.0.2 同步观测 **Simultaneous observation**

两台及以上接收机同时对同一组卫星进行的观测。

2.0.3 同步观测环 **Simultaneous observable loop**

三台及以上接收机同步观测所获得的基线向量构成的闭合环。

2.0.4 独立观测环 **Independent observable loop**

由独立观测所获得的基线向量构成的闭合环。

2.0.5 天线高 **Antenna height**

观测时接收机天线平均相位中心到测站中心标志面的高度。

2.0.6 星历 **Ephemeris**

是不同时刻卫星在轨道位置上的坐标值。卫星星历的提供方式通常有两种,预报星历(广播星历)和后处理星历(精密星历)。

2.0.7 广播星历 **Broadcast ephemeris**

卫星发播的无线电信号载有预报一定时间内卫星轨道参数的电文信号。

2.0.8 精密星历 **Precise ephemeris**

由若干个卫星跟踪站所得到的观测数据经事后处理计算出的卫星轨道参数,供卫星精密定位等使用。

2.0.9 单基线 **Single baseline**

多台 GPS 接收机同步观测,每次只取两台接收机的 GPS 观测数据解算两个测站间的基线向量。

2.0.10 多基线 Multiple baseline

在任意 m 台 GPS 接收机同步观测时,只选择 $m-1$ 条独立基线,一并构成观测方程,统一解算出 $m-1$ 条基线向量。

2.0.11 单差 Single differential

两个不同观测站 GPS 接收机同步观测同一卫星相位观测值之差。

2.0.12 双差 Double differential

两个不同观测站 GPS 接收机同步观测两颗卫星所得两个单差之差。

2.0.13 三差 Tripel differential

两个不同观测站对同一对卫星不同历元的两个双差之差。

2.0.14 数据剔除率 Percentage of data rejection

删除的观测值个数与应获取的观测值个数的比值。

3 坐标系统和时间

3.1 坐标系统

3.1.1 GPS 测量应采用世界大地坐标系 WGS—84。当 GPS 测量同时要求采用 1954 北京坐标系或 1980 西安坐标系时,应进行坐标转换。各坐标系的地球椭球和参考椭球基本几何参数,应符合表 3.1.1 的规定。

地球椭球和参考椭球的基本几何参数 表 3.1.1

项 目	地球椭球	参 考 椭 球	
坐标系名 参数名称	WGS—84	1980 西安坐标系	1954 北京坐标系
长半轴 $a(m)$	6378137	6378140	6378245
短半轴 $b(m)$	6356752. 3142	6356755. 2882	6356863. 0188
扁 率 a	1/298. 257223563	1/298. 257	1/298. 3
第一偏心率平方 e^2	0. 00669437999013	0. 00669438499959	0. 006693421622966
第二偏心率平方 $e' ^2$	0. 006739496742227	0. 00673950181947	0. 006738525414683

3.1.2 当 GPS 测量要求采用地方或城市独立坐标系时应进行坐标转换,并应具备下列技术参数:

- (1) 参考椭球几何参数;
- (2) 中央子午线经度值;
- (3) 纵横坐标的加常数;
- (4) 投影面正常高;
- (5) 测区平均高程异常;
- (6) 起算点坐标及起算方位角。

3.1.3 当 GPS 网的世界大地坐标系统转换成城市坐标系统时,应满足投影长度变形值不大于 2.5cm/km。可根据城市地理位置和平均高程按下列方法选定坐标系统。

3.1.3.1 当长度变形值不大于 2.5cm/km 时,采用高斯正形投影统一 3°带的平面直角坐标系统。

3.1.3.2 当长度变形值大于 2.5cm/km 时,可采用下列方法:

(1) 投影于抵偿高程面上的高斯正形投影 3°带的平面直角坐标系统;

(2) 高斯正形投影任意带的平面直角坐标系统,投影面可采用黄海平均海面或城市平均高程面。

3.1.4 当 GPS 测量的高程值转换为正常高时,其高程系统,应采用 1985 国家高程基准或沿用 1956 年黄海高程系统、地方原高程系统。1985 国家高程基准青岛原点高程为 72.269m;1956 年黄海高程系统青岛原点高程为 72.289m。

3.2 时 间

3.2.1 GPS 外业测量宜采用协调世界时 UTC 记录。当采用北京时间 BST 时,应与 UTC 进行换算。

4 GPS 网的技术设计

4.1 GPS 网的分级

4.1.1 城市或工程 GPS 网按相邻点的平均距离和精度划分为二、三、四等和一、二级,在布网时可以逐级布设、越级布设或布设同级全面网。

4.1.2 各等级 GPS 网相邻点间弦长精度应按公式 4.1.2 计算

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (4.1.2)$$

式中 σ ——标准差(基线向量的弦长中误差 mm);

a ——固定误差(mm);

b ——比例误差系数(1×10^{-6});

d ——相邻点间的距离(km)。

4.1.3 各等级 GPS 网的主要技术要求应符合表 4.1.3 规定。相邻点最小距离应为平均距离的 $1/2 \sim 1/3$;最大距离应为平均距离的 $2 \sim 3$ 倍。

GPS 网的主要技术要求

表 4.1.3

等级	平均距离 (km)	a (mm)	$b(1 \times 10^{-6})$	最弱边相对中误差
二等	9	≤ 10	≤ 2	1/120000
三等	5	≤ 10	≤ 5	1/80000
四等	2	≤ 10	≤ 10	1/45000
一级	1	≤ 10	≤ 10	1/20000
二级	< 1	≤ 15	≤ 20	1/10000

注:当边长小于 200m 时,边长中误差应小于 20mm。

4.2 布网原则与设计

4.2.1 GPS 网应根据测区实际需要和交通状况进行设计。GPS 网的点与点间不要求通视,但应考虑常规测量方法加密时的应用,每点应有一个以上通视方向。

4.2.2 在布网设计中应顾及原有城市测绘成果资料以及各种大比例尺地形图的沿用,宜采用原有城市坐标系统。对凡符合 GPS 网布点要求的旧有控制点,应充分利用其标石。

4.2.3 GPS 网应由一个或若干个独立观测环构成,也可采用附和线路形式构成。各等级 GPS 网中每个闭合环或附和线路中的边数应符合表 4.2.3 的规定。

非同步观测的 GPS 基线向量边,应按所设计的网图选定,也可按软件功能自动挑选独立基线构成环路。

闭合环或附和线路边数的规定

表 4.2.3

等 级	二等	三等	四等	一级	二级
闭合环或附和路线的边数(条)	≤6	≤8	≤10	≤10	≤10

4.2.4 为求定 GPS 点在地面坐标系的坐标,应在地面坐标系中选定起算数据和联测原有地方控制点若干个,其选定方法可按本规程第 3.1.3 条的规定,也可以根据实际需要取定。

大、中城市的 GPS 网应与国家控制网相互联接和转换,并应与附近的国家控制点联测,联测点数不应少于 3 个点。小城市或工程控制网可联测 2~3 个点。

4.2.5 为了求得 GPS 网点的正常高,应进行水准测量的高程联测,并按下列要求实施:

4.2.5.1 高程联测应采用不低于四等水准测量或与其精度相当的方法进行。

4.2.5.2 平原地区,高程联测点不宜少于 5 个点,并应均匀分布于网中。

4.2.5.3 丘陵或山地,高程联测点应按测区地形特征,适当增

加高程联测点其点数不宜少于 10 个点。

4.2.5.4 GPS 点高程(正常高)经计算分析后符合精度要求的可供测图或一般工程测量使用。

5 GPS 选点与标石埋设

5.1 GPS 选点

5.1.1 选点准备应符合下列要求：

5.1.1.1 技术设计前应收集城市或工程各项有关的资料，收集的资料应包括：

- (1) 城市 1 : 1 万~1 : 10 万比例尺地形图；
- (2) 原有控制测量资料，包括点的平面坐标、高程、坐标系统、技术总结等有关资料，以及国家或其他测绘部门所布设的控制测量成果资料；
- (3) 测区有关的地质、气象、交通、通讯等方面的资料；
- (4) 城市总体规划和近期城市建设发展方面的资料。

5.1.1.2 在周密调查研究的基础上，应进行控制网的技术设计。

5.1.1.3 选点人员应了解任务目的要求和测区的自然地理条件，并按技术设计的要求进行现场踏勘。

5.1.2 GPS 选点应符合下列要求：

- (1) 点位的选择应符合技术设计要求，并有利于其他测量手段进行扩展与联测；
- (2) 点位的基础应坚实稳定，易于长期保存，并应有利于安全作业；
- (3) 点位应便于安置接收设备和操作，视野应开阔，被测卫星的地平高度角应大于 15°；
- (4) 点位应远离大功率无线电发射源(如电视台、微波站等)，其距离不得小于 200m，并应远离高压输电线其距离不得小于 50m；

- (5) 附近不应有强烈干扰接收卫星信号的物体；
- (6) 交通应便于作业；
- (7) 应充分利用符合上述要求的旧有控制点及其标石和觇标。

5.1.3 选点作业应符合下列规定：

- (1) 选点人员应按技术设计进行踏勘，在实地按要求选定点位；
- (2) 实地绘制点之记(包括所利用的旧点)。并应符合本规程附录 A 的要求；
- (3) GPS 点点名可取村名、山名、地名、单位名，应向当地政府部门或群众进行调查后确定。当利用原有旧点时，点名不宜更改。点号编排(码)应适应于计算机计算；
- (4) 当所选点位需要进行水准联测时，选点人员应实地踏勘水准路线，提出有关建议；
- (5) 当利用旧点时，应检查旧点的稳定性、完好性，以及觇标的安全可用性，符合要求方可利用。

5.2 标石埋设

5.2.1 各等级 GPS 点的标石及标志规格要求应符合本规程附录 B 的要求。

5.2.2 各等级 GPS 点均应埋设永久性的标石，埋设时坑底填以砂石，捣固夯实或浇灌混凝土底层，二、三等点宜埋设盘石和柱石，两层标志中心的偏离值应小于或等于 2mm。

5.2.3 标石可用混凝土按本规程第 5.2.1 条规格预制，也可现场灌制，利用基岩或混凝土路面时可以凿孔现场灌注混凝土埋设标志。

5.2.4 GPS 点标石埋设所占土地，应经土地使用者或管理部门同意，依法办理征地手续，并办理测量标志委托保管书。

5.3 选点埋石后应提交的资料

5.3.1 GPS 点的点之记。

- 5.3.2** GPS 网的选点网图。
- 5.3.3** 土地占用批准文件与测量标志委托保管书。
- 5.3.4** 选点与埋石工作技术总结。

6 仪器设备的技术要求

6.1 接收机的选择

6.1.1 GPS 接收机的选择,可按表 6.1.1 规定执行。

接 收 机 的 选 择 表 6.1.1

等级 项目	二	三	四	一级	二级
接收机类型	双频或单频	双频或单频	双频或单频	双频或单频	双频或单频
标称精度	$\leq(10\text{mm}+2\times 10^{-6}\times d)$	$\leq(10\text{mm}+5\times 10^{-6}\times d)$	$\leq(10\text{mm}+5\times 10^{-6}\times d)$	$\leq(10\text{mm}+5\times 10^{-6}\times d)$	$\leq(10\text{mm}+5\times 10^{-6}\times d)$
观测量	载波相位	载波相位	载波相位	载波相位	载波相位
同步观测接收机数	≥ 3	≥ 3	≥ 2	≥ 2	≥ 2

6.2 接收设备检验

6.2.1 新购置的 GPS 接收机或经维修后的接收机应按规定进行全面检验后使用。

6.2.2 GPS 接收机的检验应包括下列内容:

- (1) 一般检视;
- (2) 通电检验;
- (3) 实测检验。

6.2.3 一般检视应符合下列规定:

- (1) 接收机及天线型号应正确,主机与配件应齐全;
- (2) 接收机及天线外观应良好;各部件及附件应完好;紧固部

件不得松动和脱落；

(3) 设备使用手册及后处理软件手册及软盘应齐全。

6.2.4 通电检验应符合下列规定：

检查设备联接电缆正确无误，方可通电进行以下检查：

(1) 电源信号灯工作应正常；

(2) 按键和显示系统工作应正常；

(3) 利用自测试命令进行测试，检验接收机锁定卫星时间快慢，接收信号强弱及信号失锁情况。

6.2.5 实测检验

当 GPS 接收机在完成一般检视和通电检验后，应进行实测检验，并应符合下列规定：

(1) GPS 接收机内部噪声水平的测试，其测试方法应符合本规程附录 C 的要求；

(2) 接收机天线应进行平均相位中心稳定性的检验。其方法应符合本规程附录 D 的规定；

(3) GPS 接收机不同测程精度指标的测试，应在不同长度的标准基线或标准检定场上进行。检测时天线应严格整平对中，对中误差应小于 $\pm 1\text{mm}$ 。天线定向标志应指向正北，天线高应量至 1mm 。测试结果与基线长度比较，应小于仪器标称精度；

(4) 对有特殊要求的任务应对 GPS 接收机进行高温、低温测试。其测试方法可将天线架设在室外，GPS 接收机主机放在高低温箱中进行测试；或者在野外实际高、低温下进行测试。

6.2.6 用于等级测量的 GPS 接收机，每年出测前应按本规程第 6.2.5 条中(1)、(2)两项检验。经过检修或更换插板的接收机，有关检验和测试项目均应重新进行。

6.2.7 用于天线基座的光学对点器在作业中应经常检验，应确保对中的准确性，其检验方法应符合本规程附录 E 的要求。

6.3 接收设备的维护

6.3.1 外业期间，GPS 接收机应指定专人保管，运输时应专人押

运。并应采取防震、防潮、防晒和防尘措施。带有软盘驱动器的微机在运输中应插入保护片或废磁盘。

6.3.2 接收机的接头和连接器应保持清洁,连接外电源时,应检查电压是否正确(符合仪器电源要求),电池正负极严禁接反。天线电缆不应有扭转,不得在硬度大的表面或粗糙面上拖曳。每半年应检查一次天线电缆的性能。

6.3.3 接收机不使用时,应存放在有软垫的仪器箱内,仪器箱应放置于通风良好的阴凉处,防潮、防霉。当防潮剂呈显粉红色时,应及时更换。

6.3.4 接收机在室内存放期间,应每隔 1~2 个月通电检查一次。电池应在充满电的状态下保存。每隔 1~2 个月应充电一次,并应检查电池电容量。

6.3.5 严禁任意拆卸接收机的各部件,如发生故障,应做记录并交专业人员维修或更换部件。

7 观 测

7.1 基本技术要求

7.1.1 GPS 测量各等级的作业的基本技术要求应符合表 7.1.1 规定。

GPS 测量各等级的作业的基本技术要求 表 7.1.1

项 目	等 级	二等	三等	四等	一级	二级
	观测方法					
卫星高度角(°)	静 态	≥15	≥15	≥15	≥15	≥15
	快速静态	—	—	—	—	—
有效观测卫星数	静 态	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4
	快速静态	—	≥5	≥5	≥5	≥5
平均重复设站数	静 态	≥2	≥2	≥1.6	≥1.6	≥1.6
	快速静态	—	≥2	≥1.6	≥1.6	≥1.6
时段长度(min)	静 态	≥90	≥60	≥45	≥45	≥45
	快速静态	—	≥20	≥15	≥15	≥15
数据采样间隔(S)	静 态	10~60	10~60	10~60	10~60	10~60
	快速静态	—	—	—	—	—

注：当采用双频机进行快速静态观测时，时间长度可缩短为 10min。

7.1.2 GPS 测量各等级的点位几何图形强度因子 PDOP 值应小于 6。

7.1.3 城市 GPS 测量可不观测气象要素，但应记录雨、晴、阴、云等天气状况。

7.2 观测计划

7.2.1 作业组在进入测区观测前，应事先编制 GPS 卫星可见性

预报表。预报表应包括可见卫星号、卫星高度角和方位角、最佳观测卫星组最佳观测时间、点位图形几何图形强度因子等内容。

7.2.2 编制预报表所用概略位置坐标应采用测区中心位置的经、纬度。预报时间应选用作业期的中间时间。当测区较大,作业时间较长时,应按不同时间和地区分段编制预报表,编制预报表所用概略星历龄期不应超过 20d,否则应重新采集一组新的概略星历。

7.2.3 作业组在观测前应根据作业的接收机台数,GPS 网形设计及卫星预报表编制作业调度表,其内容应包括观测时间、测站号、测站名称及接收机号等项并应符合本规程附录 F 的要求。

7.3 观测准备

7.3.1 每天出发前应检查电池容量是否充足。仪器及其附件应携带齐全。

7.3.2 作业前应检查接收机内存或磁盘容量是否充足。

7.3.3 天线安置应符合下列要求;

(1) 作业员到测站后应先安置好接收机使其处于静置状态,然后再安置天线;

(2) 天线可用脚架直接安置在测量标志中心的垂线方向上,对中误差应 $\leq 3\text{mm}$ 。天线应整平,天线基座上的圆气泡应居中;

(3) 需在觐标基板上安置天线时,应先卸去觐标顶部,将标志中心按现行作业标准《城市测量规范》CJJ8—85 中有关规定投影至基板上,然后依投影点安置天线;

(4) 天线定向标志应指向正北,定向误差不宜超过 $\pm 5^\circ$ 。对于定向标志不明显的接收机天线,可预先设置标记。每次应按此标记安置仪器。

7.4 观测作业要求

7.4.1 观测组应严格按调度表规定的时间进行作业。保证同步观测同一卫星组。当情况有变化需修改调度计划时,应经作业队负责人同意,观测组不得擅自更改计划。

7.4.2 接收机电源电缆和天线电缆应联接无误,接收机预置状态应正确,然后方可启动接收机进行观测。

7.4.3 每时段开机前,作业员应量取天线高,并及时输入测站名,年月日,时段号,天线高等信息。关机后再量取一次天线高作校核,两次量天线高互差不得大于 **3mm**,取平均值作为最后结果,记录在手簿。若互差超限,应查明原因,提出处理意见记入测量手簿备注栏中。

天线高的量取方法应符合本规程附录 **G** 的要求,量取的部位应在观测手簿上绘制略图。

7.4.4 接收机开始记录数据后,作业员可使用专用功能键选择菜单,查看测站信息、接收卫星数、卫星号、各通道信噪比、实时定位结果及存贮介质记录情况等。

7.4.5 仪器工作正常后,作业员应及时逐项填写测量手簿中各项内容。当时段观测时间超过 **60min** 以上,应每隔 **30min** 记录一次,记录手簿应符合本规程附录 **H** 的规定。

7.4.6 一个时段观测过程中不得进行以下操作:关闭接收机又重新启动;进行自测试(发现故障除外);改变卫星高度角;改变数据采样间隔;改变天线位置;按动关闭文件和删除文件等功能键。

7.4.7 观测员在作业期间不得擅自离开测站,并应防止仪器受震动和被移动,防止人和其他物体靠近天线,遮挡卫星信号。

7.4.8 接收机在观测过程中不应在接收机近旁使用对讲机;雷雨过境时应关机停测,并卸下天线以防雷击。

7.4.9 观测中应保证接收机工作正常,数据记录正确,每日观测结束后,应及时将数据转存至计算机硬、软盘上,确保观测数据不丢失。

8 外业观测记录

8.0.1 记录项目应包括下列内容：

- (1) 测站名、测站号；
- (2) 观测月、日/年积日、天气状况、时段号；
- (3) 观测时间应包括开始与结束记录时间，宜采用协调世界时 UTC，填写至时、分；
- (4) 接收设备应包括接收机类型及号码，天线号码；
- (5) 近似位置应包括测站的近似纬度、近似经度与近似高程，纬度与经度应取至 1'，高程应取至 0.1m；
- (6) 天线高应包括测前、测后量得的高度及其平均值，均取至 0.001m；
- (7) 观测状况应包括电池电压、接收卫星、信噪比(SNR)、故障情况等。

8.0.2 记录应符合下列要求：

- (1) 原始观测值和记事项目，应按规格现场记录，字迹要清楚、整齐、美观，不得涂改、转抄；
- (2) 外业观测记录各时段观测结束后，应及时将每天外业观测记录结果录入计算机硬盘或软盘；
- (3) 接收机内存数据文件在卸到外存介质上时，不得进行任何剔除或删除，不得调用任何对数据实施重新加工组合的操作指令。

9 数 据 处 理

9.1 基线解算

9.1.1 基线解算可采用双差相位观测值,对于边长超过 **30km** 的基线,解算时也可采用三差相位观测值。

9.1.2 卫星广播星历坐标值,可作基线解的起算数据。对于特大城市的首级控制网,也可采用其他精密星历作为基线解算的起算值。

9.1.3 基线解算中所需的起算点坐标,应按以下优先顺序采用:

(1) 国家 **GPS A、B** 级网控制点或其他高等级 **GPS** 网控制点的已有 **WGS—84** 系坐标;

(2) 国家或城市较高等级控制点转换到 **WGS—84** 系后的坐标值;

(3) 不少于观测 **30min** 的单点定位结果的平差值提供的 **WGS—84** 系坐标。

9.1.4 在采用多台接收机同步观测的一个同步时段中,可采用单基线模式解算,也可以只选择独立基线按多基线处理模式统一解算。

9.1.5 同一级别的 **GPS** 网,根据基线长度不同,可采用不同的数学处理模型。但 **8km** 内的基线,必须采用双差固定解。**30km** 以内的基线,可在双差固定解和双差浮点解中选择最优结果。**30km** 及其以上的基线,可采用三差解作为基线解算的最终结果。

9.1.6 对于所有同步观测时间短于 **35min** 的快速定位基线,应采用符合要求的双差固定解作为基线解算的最终结果。

9.2 基线解算的质量检验

9.2.1 同一时段观测值基线处理中,二、三等数据采用率都不宜低于80%。

9.2.2 采用单基线处理模式时,对于采用同一种数学模型的基线解,其同步时段中任一三边同步环的坐标分量相对闭合差和全长相对闭合差不宜超过表 9.2.2 的规定:

同步环坐标分量及环线全长相对闭合差的规定(1×10^{-6})

表 9.2.2

等 级	二等	三等	四等	一级	二级
限差类型					
坐标分量相对闭合差	2.0	3.0	6.0	9.0	9.0
环线全长相对闭合差	3.0	5.0	10.0	15.0	15.0

对于采用不同数学模型的基线解,其同步时段中任一三边同步环的坐标分量闭合差和全长相对闭合差按独立环闭合差要求检核。同步时段中的多边形同步环,可不重复检核。

9.2.3 无论采用单基线模式或多基线模式解算基线,都应在整个 GPS 网中选取一组完全的独立基线构成独立环,各独立环的坐标分量闭合差和全长闭合差应符合下式的规定:

$$\begin{aligned} w_x &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\ w_y &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\ w_z &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\ w &\leq 2\sqrt{3n}\sigma \end{aligned} \quad (9.2.3)$$

式中 w ——环闭合差, $w = \sqrt{w_x^2 + w_y^2 + w_z^2}$;

n ——独立环中的边数。

9.2.4 复测基线的长度较差,不宜超过下式的规定:

$$ds \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (9.2.4)$$

9.3 补测与重测

9.3.1 无论何种原因造成一个控制点不能与两条合格独立基线相联结,则在该点上应补测或重测不得少于一条独立基线。

9.3.2 可以舍弃在复测基线边长较差、同步环闭合差、独立环闭合差检验中超限的基线,但应保证舍弃基线后的独立环所含基线数,不得超过表 4.2.3 的规定,当超过表 4.2.3 的规定时,应重测该基线或者有关的同步图形。

9.3.3 由于点位不符合 GPS 测量要求而造成一个测站多次重测仍不能满足各项限差技术规定时,可按技术设计要求另增选新点进行重测。

9.4 GPS 网平差处理

9.4.1 当各项质量检验符合要求时,应以所有独立基线组成闭合图形,以三维基线向量及其相应方差协方差阵作为观测信息,以一个点的 WGS—84 系三维坐标作为起算依据,进行 GPS 网的无约束平差。无约束平差应提供各控制点在 WGS—84 系下的三维坐标,各基线向量三个坐标差观测值的总改正数,基线边长以及点位和边长的精度信息。

9.4.2 在无约束平差确定的有效观测量基础上,在国家坐标系或城市独立坐标系下应进行三维约束平差或二维约束平差。约束点的已知点坐标、已知距离或已知方位,可作为强制约束的固定值,也可作为加权观测值。平差结果应输出在国家或城市独立坐标系中的三维或二维坐标,基线向量改正数,基线边长、方位以及坐标、基线边长、方位的精度信息,转换参数及其精度信息。

9.4.3 无约束平差中,基线向量的改正数($V_{\Delta x}$ 、 $V_{\Delta y}$ 、 $V_{\Delta z}$)绝对值应满足下式要求:

$$\begin{aligned} V_{\Delta x} &\leq 3\sigma \\ V_{\Delta y} &\leq 3\sigma \\ V_{\Delta z} &\leq 3\sigma \end{aligned} \quad (9.4.3)$$

当超限时,可认为该基线或其附近存在粗差基线,应采用软件提供的方法或人工方法剔除粗差基线,直至符合上式要求。

9.4.4 约束平差中,基线向量的改正数与剔除粗差后的无约束平差结果的同名基线相应改正数的较差($dV_{\Delta x}$ 、 $dV_{\Delta y}$ 、 $dV_{\Delta z}$)应符合下式要求:

$$\begin{aligned}dV_{\Delta x} &\leq 2\sigma \\dV_{\Delta y} &\leq 2\sigma \\dV_{\Delta z} &\leq 2\sigma\end{aligned}\tag{9.4.4}$$

当超限时,可认为作为约束的已知坐标、距离,已知方位与**GPS**网不兼容,应采用软件提供的或人为的方法剔除某些误差较大的约束值,直至符合上式要求。

10 技术总结与成果资料提交

10.0.1 GPS 测量全部工作结束后,应编写技术总结报告,内容应包括:

- (1) 测区概况,自然地理条件等;
- (2) 任务来源,测区已有测量情况,施测目的和基本精度要求;
- (3) 施测单位,施测起止时间,技术依据,作业人员情况,接受设备类型与数量以及检验情况,观测方法,重测、补测情况,作业环境,重合点情况,工作量与工日情况;
- (4) 野外数据检核,起算数据情况,数据后处理内容、方法与软件情况;
- (5) 外业观测数据质量分析与野外检核计算情况;
- (6) 方案实施与规范执行情况;
- (7) 提交成果中尚存问题和需说明的其他问题;
- (8) 各种附表与附图。

10.0.2 GPS 测量任务完成后,应提交下列资料:

- (1) 技术设计书;
- (2) 卫星可见性预报表和观测计划;
- (3) 外业观测记录(含软盘)、测量手簿及其他记录;
- (4) 数据加工处理中生成的文件、资料和成果表;
- (5) GPS 网示意图;
- (6) 技术总结和成果验收报告;
- (7) 造点埋石后的资料应符合本规程第 5.3 节的规定。

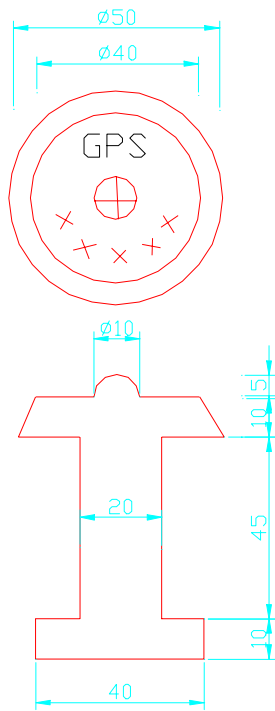
附录 A GPS 点点之记

GPS 点点之记

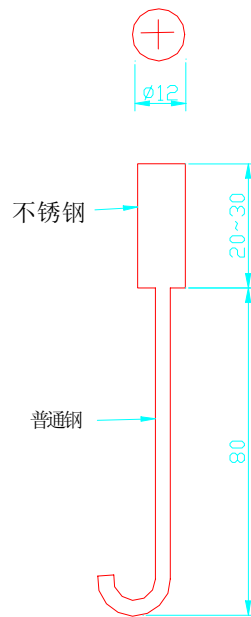
日期:19 年 月 日 记录者: 绘图者: 校对者:

点名及种类	GPS 点	名		土 质	
		号			
	相邻点 (名、号、 里程、通 视否)			标 石 说 明 (单、双层、类 型)旧点	
				旧点名	
所 在 地					
交通路线					
所在图幅号			概略位置	X	Y
				L	B
(略图)					
备 注					

附录 B 各等级 GPS 点标志及标石埋设图

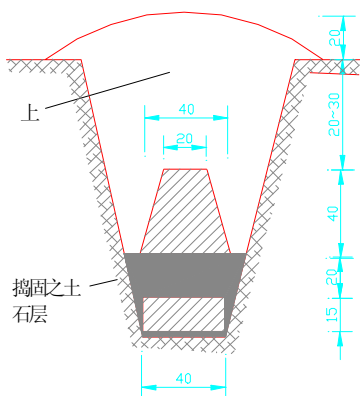


附图 B. 0.1 金属标志图
(单位:mm)

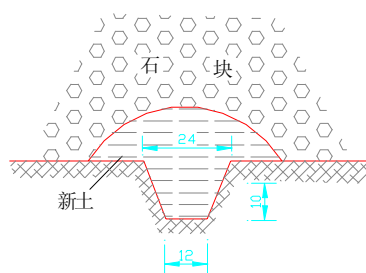


附图 B. 0.2 不锈钢标志图
(单位:mm)

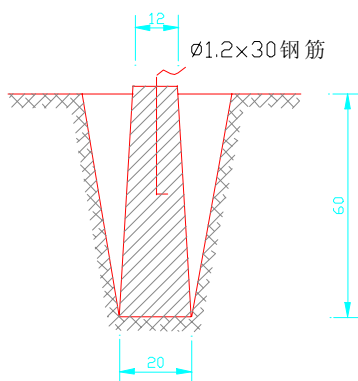
- 注:①金属标志制作材料为铸铁或其他金属品;
②不锈钢标志可采用直径 $\varnothing 12 \sim \varnothing 16\text{mm}$,长度为 20~30mm 不锈钢材料。下部采用普通钢筋焊接而成;
③图中“×××××”处为测量单位名称。



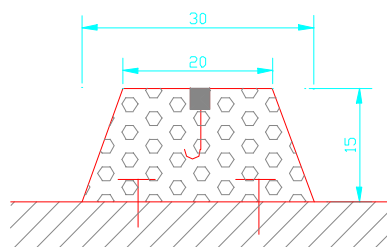
附图 B. 0. 3 二、三等 GPS 点标石埋设图(单位:cm)



附图 B. 0. 4 岩石地区各等级 GPS 点标石埋设图(单位:cm)



附图 B. 0. 5 四等一、二级 GPS 点标石埋设图(单位:cm)



附图 B. 0. 6 建筑物上各等级 GPS 点标石埋设图(单位:cm)

注:①建筑物顶上标石和顶面连接应牢固;
②在山区及冻土地区小三角点标石尺寸和深度可自行设计。

附录 C 接收机内部噪声水平用零基线 检验的方法

C. 0.1 零基线是采用“GPS 功率分配器”(简称功分器)将同一天线输出信号分成功率、相位相同的两路或多路信号送到接收机,然后将观测数据进行双差处理求得坐标增量,作为检验仪器固有误差。由于这种方法所测得的坐标增量可以消除卫星几何图形的影响;天线相位中心偏移;大气传播时延误差;信号多路经效应误差及仪器对中误差等,所以是检验接收机钟差、信号通道时延、延迟锁相环误差及机内噪声等电性能所引起的定位误差的一种有效方法。

C. 0.2 零基线测试方法

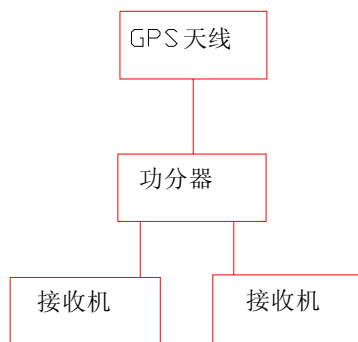


图 C. 0.2 零基线测试连接框图

C. 0.2.1 应选择周围高度角 10° 以上无障碍物的地方安放天线,按图 C. 0.2 连接天线、功分器和接收机。

C. 0.2.2 连接电源,两台 GPS 接收机应同步接收四颗以上卫星 1~1.5h。

C. 0.2.3 当交换功分器与接收机接口时,应再观测一个时段。

C. 0.2.4 应用随机软件计算零基线坐标增量和基线长度。其基线误差应小于 1mm,否则应送厂检修或降低级别使用。

附录 D 天线相位中心稳定性的检验

D. 0.1 该项检验可在标准基线、比较基线场或 GPS 检测场上进行。

D. 0.2 检测时可以将 GPS 接收机带天线两两配对,置于基线的两端点。天线应精确对中,定向指标线指向正北,观测一个时段。然后交换接收机与天线再观测一个时段。

按上述方法在与该基线垂直的基线上(不具备此条件,可将一个接收机天线固定指北,其他接收机天线绕轴顺时针转动 90° 、 180° 、 270°)进行同样观测。

D. 0.3 观测结束,应用随机软件解算各时段三维坐标。计算各时段坐标差和基线长,其误差不应超过仪器标称精度的 2 倍固定误差,否则应送厂返修或降低级别使用。

附录 E 光学对点器的检验与校正

检验和校正方法很多,在此仅介绍一种。

E. 0. 1 检验方法:

把基座置在三脚架上,整平后,用铅笔沿基座底板四周将它的轮廓画在三角架头上。在地板上放一张毫米方格纸,读出光学对中器在毫米纸上的十字丝位置,然后转动基座并小心地在其他两个位置上把底座板放进铅笔画的轮廓中,在每转动一次,就得整平并读出光学对中器十字丝的位置。如果三次读数相符,则光学对点器是正确的,否则不正确,就需进行校正工作。

E. 0. 2 校正方法:

先找出三个位置所构成的误差三角形的中心,然后用校正拨针把两个水平校正螺丝放松,旋转 45° ,使十字丝能随着另一个竖直螺丝的运动而移动。放松竖直螺丝的锁定环,然后旋转这个螺丝,直至看到水平十字丝对准地面标点,再将两水平螺丝拧紧各 45° ,稍微松开其中一个,并立即上紧另一个螺丝,再拧紧锁定环,但不要拧得太紧或太松,否则光学对点器不会保持在校正的位置上。

附录 F GPS 测量作业调度表

GPS 测量作业调度表

时段 编号	观测 时间	测站号、名 机 号	测站号、名 机 号	测站号、名 机 号	测站号、名 机 号	测站号、名 机 号	测站号、名 机 号
1		_____	_____	_____	_____	_____	_____
2		_____	_____	_____	_____	_____	_____
3		_____	_____	_____	_____	_____	_____
4		_____	_____	_____	_____	_____	_____
5		_____	_____	_____	_____	_____	_____
6		_____	_____	_____	_____	_____	_____
7		_____	_____	_____	_____	_____	_____
8		_____	_____	_____	_____	_____	_____

附录 G 天线高测定方法及要求

G. 0.1 在觐标基板上安置天线时,应采用经过鉴定的钢尺三次量取标志中心至觐标基板下沿的高度,两次差不应大于 5mm,取平均值为 h_1 ;量取天线基板厚度 h_2 以及量取基板上沿平面至厂方指定的天线高部位 h_3 。则天线高为:

$$h=h_1+h_2+h_3 \quad (\text{G. 0.1})$$

G. 0.2 在三角架上天线高的量取应符合下列要求:

G. 0.2.1 当备有专用量取仪器高的直角杆设备时,可直接量取标志中心至厂方指定天线高部位的高度。

G. 0.2.2 当备有专用测杆时,可在三个互成 120° 的折线形孔读取标志中心至厂方指定天线高部位的距离,其互差应小于 3mm,取平均值为 L ,已知天线基板半径为 R ,则天线高按下式计算:

$$h=\sqrt{L^2-R^2} \quad (\text{G. 0.2})$$

G. 0.2.3 采用无专用测高设备的仪器时,可采用小钢卷尺从脚架三个空档(互成 120°)量取从三脚架上沿至标志中心的距离,互差应小于 3mm,取平均值为 L ,并量取从脚架上沿至厂方提供天线高部位为 h_3 ,已知天线基板半径为 R ,则天线高按下式计算:

$$h_{\perp}=\sqrt{l^2-R^2}+h^3 \quad (\text{G. 0.3})$$

G. 0.3 在观测墩上安置天线时用小钢卷尺从天线基座下表面量至标石中心高度值 h' ,然后加上厂方指定的平均相位中心至天线基座下表面的高度值 h'' 即为天线高:

$$h=h'+h'' \quad (\text{G. 0.4})$$

附录 H GPS 外业观测手簿

_____工程 GPS 外业观测手簿

观测者姓名_____ 日 期_____年_____月_____日 测 站 名_____ 测 站 号_____时段号_____ 天 气 状 况_____	
测站近似坐标： 经度：E _____°_____/_____ 纬度：N _____°_____/_____ 高程：_____ (m)	本测站为 <input type="checkbox"/> _____新点 <input type="checkbox"/> _____等大地点 <input type="checkbox"/> _____等水准点 <input type="checkbox"/> _____
记录时间： <input type="checkbox"/> 北京时间 <input type="checkbox"/> UTC <input type="checkbox"/> 区时 开录时间_____ 结束时间_____	
接收机号_____ 天线号_____ 天线高：(m) _____ 测后校核值_____ 1. _____ 2. _____ 3. _____ 平均值_____	
天线高量取方式略图 	测站略图及障碍物情况
观测状况记录 1. 电池电压_____ (块条) 2. 接收卫星号_____ 3. 信噪比(SNR)_____ 4. 故障情况_____ _____ 5. 备 注	

附录 L 本规程用词说明

L. 0. 1 为了便于在执行本规程条文时区别对待,对要求程度不同的用词说明如下:

- (1) 表示很严格,非这样作不可的用词:
正面词采用“必须”
反面词采用“严禁”
- (2) 表示严格,在正常情况下均应这样作的用词:
反面词采用“应”
反面词采用“不应”或“不得”
- (3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样作的用词:
正面词采用“宜”或“可”
反面词采用“不宜”

L. 0. 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为,“应按……执行”或“应符合……的要求(或规定)”。非必须按照所指的标准执行的写法为,“可参照……的要求(或规定)”。

附加说明

本规程主编单位、参加单位和 主要起草人员名单

主 编 单 位：北京市测绘设计研究院

参 编 单 位：武汉测绘科技大学

同济大学

清华大学

南京市测绘研究院

长沙市勘察测绘研究院

青岛市勘察测绘研究院

主要起草人：洪立波、刘大杰、金善焜、孟庆遇、刘经南、
过静君、刘长春、蒋达善