

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

CJJ73—2010

2010 北京

目 录

1	总 则	1
2	术语、符号和代号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	4
2.3	代 号	6
3	基本规定	7
3.1	精 度 等 级	7
3.2	坐 标 系 统	9
3.3	时 间	10
4	城市连续运行基准站网（CORS）建设	11
4.1	一般要求	11
4.2	CORS 基准站网的布设	12
4.3	基准站建设	13
4.4	通讯网络建设	16
4.5	管理中心建设	17
4.6	服务中心建设	19
4.7	坐标联测	20
4.8	系统测试	22
4.9	成果提交	24
4.10	系统维护	25
5	城市 GNSS 网的建设	28
5.1	一般规定	28
5.2	选点及埋石	29
5.3	GNSS 测量	31
5.4	数据处理	36
5.5	质量检查与技术总结	39
6	GNSS RTK 测量	42
6.1	一般规定	42
6.2	仪器设备	42
6.3	单基站 RTK 测量	43
6.4	网络 RTK 测量	46
6.5	数据处理与检验	47
6.6	成果提交	48
7	GNSS 高程测量	49
7.1	一般规定	49
7.2	技术要求	49
7.3	数据处理与检验	52
7.4	成果提交	54
附录 A	地球椭球和参考椭球的基本几何参数	55

附录 B 直角坐标系间相互转换的常用方法.....56

附录 C 连续运行基准站点之记.....59

附录 D 连续运行基准站观测墩埋设及规格60

附录 E 通信设备登记表.....62

附录 F 系统维护日志表.....63

附录 G GNSS 控制点的标志、标石和造埋规格64

附录 H GNSS 控制点点之记67

附录 J 光学对点器的检验与校正.....68

附录 K 接收机内部噪声水平用零基线检验的方法.....69

附录 L 天线相位中心稳定性的检验70

附录 M GNSS 外业观测手簿71

附录 N GNSS 高程异常拟合的常用方法72

附录 Q GNSS RTK 外业观测手簿77

1 总 则

1.0.1 为了统一全球导航卫星系统（GNSS）技术在城市测量中的应用，为城市规划、建设与管理以及科学研究等提供准确、适时、可靠的空间地理信息，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于城市各等级控制网测量、工程控制网测量、形变监测控制网测量以及城市各种工程测量、地形测量和地籍测量等。

1.0.3 本规程以中误差作为衡量精度的标准，并以两倍中误差作为极限误差。

1.0.4 城市 GNSS 测量应积极采用新技术、新方法和新仪器，但应满足本规程的基本规定和精度要求。

1.0.5 城市 GNSS 测量除应符合本规程外，还应符合国家现行有关标准、规范的规定。

2 术语、符号和代号

2.1 术 语

2.1.1 观测时段 Observation session

测站上开始观测记录 GNSS 卫星信号到记录停止，连续观测的时间间隔。

2.1.2 同步观测 Simultaneous observation

两台及以上接收机同时对同一组卫星进行观测。

2.1.3 同步观测环 Simultaneous observation 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。

2.1.4 独立观测环 Independent observation loop

由独立观测所获得的基线向量构成的闭合环。

2.1.5 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。

2.1.6 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）。

2.1.7 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。

2.1.8 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。

2.1.9 单基线 Single baseline

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

2.1.10 多基线 Multiple baseline

在任意 m 台 GNSS 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，统一解出 $m-1$ 条基线向量。

2.1.11 单差 Single differential

两个不同观测站 GNSS 接收机同步观测同一卫星相位观测值之差。

2.1.12 双差 Double differential

两个不同观测站 GNSS 接收机同步观测两颗卫星所得两个单差之差。

2.1.13 三差 Tripel differential

两个不同观测站对同一卫星不同历元的两个双差之差。

2.1.14 数据剔除率 Percentage differential

删除的观测值历元数与应获取的观测值历元数的比值。

2.1.15 GNSS大地高 GNSS Geodetic Height

点位参照于 GNSS 参考椭球面的高程。

2.1.16 正常高 Orthometric Height

点位参照于似大地水准面的高程。

2.1.17 高程异常 Height Anomaly

GNSS 参考椭球面与似大地水准面间的差值。

2.1.18 似大地水准面 Quasi-geoid

从地面点沿正常重力线量取正常高所得端点构成的封闭曲面。

2.1.19 似大地水准面精化 Quasi-geoid Determination

利用全球或局部重力场模型，结合重力测量数据、地形数据、卫星测高数据以及 GNSS 点水准资料等，按照物理大地测量的方法综合确定出高分辨率、高精度的区域似大地水准面。

2.1.20 GNSS水准点 GNSS leveling point

是指进行了水准观测的 GNSS 点。

2.1.21 GNSS 高程测量 GNSS height survey

利用 GNSS 定位技术、精密水准测量技术或已建立的似大地水准面精化模型，获取实测点的高程异常值，进而得到实测点正常高，称为 GNSS 高程测量。

2.2 符 号

2.2.1 变形量

d_s ——复测基线的长度较差

W_x ——同步环、异步环 X 方向坐标闭合差

W_y ——同步环、异步环 Y 方向坐标闭合差

W_z ——同步环、异步环 Z 方向坐标闭合差

W_s ——独立异步环或附合线路坐标闭合差

$V_{\Delta x}$ ——基线分量 X 方向改正数绝对值

$V_{\Delta Y}$ ——基线分量 Y 方向改正数绝对值

$V_{\Delta Z}$ ——基线分量 Z 方向改正数绝对值

$dV_{\Delta X}$ ——基线改正数 X 方向较差的绝对值

$dV_{\Delta Y}$ ——基线改正数 Y 方向较差的绝对值

$dV_{\Delta Z}$ ——基线改正数 Z 方向较差的绝对值

ΔS_{ci} ——为重复测量的点位平面位置较差

v_i ——拟合点的拟合残差

V_i ——检测点的 GNSS 高程与水准高程之差

H'_i ——拟合点、检测点的 GNSS 测量高程

H_i ——拟合点、检测点的水准测量的高程

μ ——内符合中误差

M ——高程测量中误差

Δh_{ci} ——分别为检测点高程较差

2.2.2 观测量

d ——相邻点间的距离

n ——闭合环边数、测站数、点数

n_c ——重复测量的点数、检测点的点数

L ——为水准检测线路长度

S ——为三角高程边长

2.2.3 中误差

σ ——标准差（基线向量的弦长中误差）

m_{cs} ——检核点位中误差

m_{ch} ——检测点的高程中误差

2.2.4 仪器特征参数

a ——固定误差

b ——比例误差系数(1×10^{-6})

2.3 代 号

GNSS 全球导航卫星系统 Global Navigation Satellite System

CORS 连续运行基准站系统

Continuous Operational Reference System

MP1 L1 多路径影响 Multipath Effects of L1

MP2 L2 多路径影响 Multipath Effects of L2

UTC 协调世界时 Coordinate Universal Time

IGS 国际 GPS 服务 International GPS Service

LAN 局域网 Local Area Network

TCP/IP 传输控制协议/互联网络协议

Transmission Control Protocol / internet Protocol

UPS 不间断电源 Uninterruptible Power Supply

GNSS RTK 全球导航卫星系统实时动态定位

Global Navigation Satellite System Real-Time Kinematic

PDOP GPS 的空间位置精度因子 Position dilution of precision

3 基本规定

3.1 精度等级

3.1.1 城市 GNSS 测量包括下列技术内容:

- 1 城市 CORS 网建设;
- 2 城市 GNSS 网建设;
- 3 城市 GNSS RTK 测量;
- 4 城市 GNSS 高程测量。

3.1.2 城市 GNSS 控制网分为 CORS 网和 GNSS 网。GNSS 网按相邻站点的平均距离和精度应划分为二、三、四等及一、二级网。CORS 网应单独布设; GNSS 网可以逐级布网、越级布网或布设同级全面网。

3.1.3 GNSS 控制网相邻点间弦长精度应按公式 3.1.3 计算

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (3.1.3)$$

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)。

3.1.4 CORS 网中基准站的稳定性应符合下列要求:

- 1 平面位置变化量应不大于 2cm;
- 2 高程变化量应不大于 5cm。

3.1.5 GNSS 控制网的主要技术要求应符合表 3.1.5 规定。二、三、四等网相邻点最小距离不应小于平均距离的 1/2；最大距离不应超过平均距离的 2 倍。一、二级网的距离可在上述基础上放宽一倍。

表 3.1.5 GNSS 控制网的主要技术要求

等级	平均距离 (Km)	a (mm)	b (1×10^{-6})	最弱边相对中误差
CORS	40	≤ 2	≤ 1	1/800000
二等	9	≤ 5	≤ 2	1/120000
三等	5	≤ 5	≤ 2	1/80000
四等	2	≤ 10	≤ 5	1/45000
一级	1	≤ 10	≤ 5	1/20000
二级	<1	≤ 10	≤ 5	1/10000

注：当边长小于 200m 时，边长中误差应小于 ± 2 cm。

3.1.6 GNSS RTK 平面测量按精度划分为二级、三级、图根和碎部，布设的平面 RTK 控制点应满足扩展的需要。RTK 测量的平面点位中误差（相对于起算点）不得大于 ± 5 cm。技术要求应符合表 3.1.6 的规定。

表 3.1.6 GNSS RTK 平面测量技术要求

等级	相邻点间距离 (m)	点位中误差 (cm)	相对中误差	起算点等级	流动站到单基准站间距离(km)	测回数
二级	≥ 300	$\leq \pm 5$	$\leq 1/10000$	四等及以上	≤ 6	≥ 3
三级	≥ 200	$\leq \pm 5$	$\leq 1/6000$	四等及以上	≤ 6	≥ 3
				二级及以上	≤ 3	
图根	≥ 100	$\leq \pm 5$	$\leq 1/4000$	四等及以上	≤ 6	≥ 2
				三级及以上	≤ 3	
碎部	---	图上 0.3mm	-----	四等及以上	≤ 15	≥ 1
				三级及以上	≤ 10	

注： 1 网络 RTK 测量可不受起算点等级、流动站到单基准站间距离的限制。

2 困难地区相邻点间距离缩短至表中的 2/3，边长限差应不大于 2cm。

3.1.7 GNSS 高程测量按精度等级划分为四等、图根和碎部。四等 GNSS 高程测量最弱点的高程中误差（相对于起算点）不得大于 \pm

2cm。技术要求应符合表 3.1.7 的规定。

表 3.1.7 GNSS 高程测量主要的技术要求 (单位: cm)

地形 等级	平原			山区		
	高程异常 模型内符合中误差	高程 测量 中误差	限差	高程异常模型内符合中误差	高程 测量 中误差	限差
四等	$\leq \pm 1.0$	$\leq \pm 2.0$	$\leq \pm 4.0$	$\leq \pm 1.5$	$\leq \pm 3.0$	$\leq \pm 6.0$
图根	$\leq \pm 3.0$	$\leq \pm 5.0$	$\leq \pm 10.0$	$\leq \pm 4.5$	$\leq \pm 7.5$	$\leq \pm 15.0$
碎部	$\leq \pm 5.0$	$\leq \pm 7.5$	$\leq \pm 15.0$	$\leq \pm 7.5$	$\leq \pm 11.5$	$\leq \pm 23.0$

3.2 坐标系统

3.2.1 GNSS 测量可采用 WGS-84 大地坐标系或我国 CGS2000 大地坐标系。当 GNSS 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, 应符合本规程附录 A 的规定。坐标转换的方法可按本规程附录 B 的规定。

3.2.2 当 GNSS 测量要求采用城市坐标系时, 应进行投影变换, 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。

3.2.3 当 GNSS 网的大地坐标系统变换成城市地方坐标系统时,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。

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。

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水面或城市平均高程面。

3.2.4 当 GNSS 测量的高程值转换成正常高时,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、城市原高程系统。1985 国家高程基准青岛原点高程为 72.260m; 1956 年黄海高程系统青岛原点高程为 72.289m。

3.3 时 间

3.3.1 GNSS 测量的时间宜采用协调世界时 UTC 记录。当采用北京时间标准时 BST 时,应与 UTC 进行换算。

3.3.2 BST 时与 UTC 时两者的关系可用 $BST=UTC+8h$ 换算。

4 城市连续运行基准站网（CORS）建设

4.1 一般要求

4.1.1 CORS 系统应包括基准站网、通讯网络、管理中心和服务中心等基本内容。

4.1.2 城市 CORS 网建设应遵循如下原则：

- 1** 立足测绘，服务社会；
- 2** 科学规划，统筹建设；
- 3** 行业共建，信息共享；
- 4** 可靠实用，安全先进。

4.1.3 CORS 系统应具备下列基本功能

1 基准站应具备实时进行卫星定位数据跟踪、采集、记录、设备完好性监测等功能。

2 通讯网络应具备将基准站观测数据实时传输至管理中心，能将管理中心的 RTK 差分数据实时发送给用户，并能将基准站静态数据发送给特许用户。

3 管理中心应实现对各基准站进行远程监控，并对定位数据进行分析、处理、计算、存储；系统建模、差分数据生成、传输、记录；数据管理、维护和分发等功能。

4 服务中心应实现对用户进行管理，包括：用户注册、登记、撤消，查询、权限管理等功能。

4.1.4 CORS 系统的防雷设施应符合国家现行标准 GB50057 和 GB7450 的要求。

4.2 CORS 基准站网的布设

4.2.1 CORS 基准站网建设前应收集有关资料并进行现场踏勘，收集资料应包括：

- 1** 收集区域内已有的城市连续运行基准站网建设的资料、控制网成果资料、1：10000 和 1：50000 现势性好的地形图资料；
- 2** 收集区域内的及周边地区的地质、水文、气象和交通资源与需求等资料；
- 3** 收集区域内的无线电发射源、微波站及传输通道等资料；
- 4** 城市总体规划和近期建设开发资料。

4.2.2 应根据资料和踏勘情况进行基准站网设计，并对以下内容进行调查、综合分析。

- 1** 已有基准站运行情况；地面控制点的可用性分析；
- 2** 区域内可利用的供电、通讯和交通情况等；
- 3** 共建共享单位资源和需求状况。

4.2.3 CORS 网的布设的主要技术要求应符合表 3.1.5 的规定。

4.2.4 CORS 网宜建设 1~2 个基岩或深埋的土层基准站点。

4.2.5 CORS 网的布设应充分利用满足条件的已有连续运行基准站，减少重复建设。

4.3 基准站建设

4.3.1 基准站建设分为基准站选址、观测墩标建设和设备室建设三部分。

4.3.2 基准站选址应符合下列条件：

1 站址应选在基础坚实稳定，易于长期保存，并有利于安全作业的地方；

2 站址周围应便于安置接收设备和方便作业，视野应开阔；

3 站址与周围大功率无线电发射源（如电视台、电台、微波站、通讯基站、变电所等）的距离应大于 200m；与高压输电线、微波通道的距离应大于 100m；

4 站址附近不应有强烈干扰接收卫星信号的物体，如大型建筑物、玻璃幕墙及大面积水域等；

5 站址视场内高度角大于 10° 的障碍物遮挡角累积不应超过 30° ；

6 站址应避开地质构造不稳定区域，如：断层破碎带，易于发生滑坡、沉陷等局部变形的地点（如采矿区、油气开采区、地下水漏斗沉降区等），地下水位变化较大的地点；

7 站址应可方便地架设市电路或具有可靠的电力供应；并应便于接入公共通信网络或专用通信网络；

8 屋顶观测墩应选在坚固稳定的建筑物上，建筑物高度不宜超过 30m；

9 站址选定后，应用场强仪进行实地场强测试，在 L1、L2 中

心频点上的噪声场强宜分别低于-180db/mv 和-160db/mv。并应连续进行 24 小时的 GNSS 建站条件测试和数据分析，其中数据有效率应高于 90%，多路径影响 $MP1 < 0.35$ ， $MP2 < 0.4$ ；

10 站址选定后，应测设基准站环视图，环视图记录应符合本规程附录 C 的规定；

11 建站所占用的土地，应征得土地所有者和使用者的同意或依据土地管理法办理征地或用地手续。

4.3.3 观测墩标按地质地形可分为基岩观测墩、土层观测墩和屋顶观测墩三类，墩标建造应符合下列规定：

1 基岩观测墩内部钢筋与基岩应紧密浇注，浇注深度不少于 0.5 米；土层观测墩应建在坚实的土层上，钢筋混凝土墩体应埋于解冻线 2 米以下，深埋点应根据实际地质情况另行设计；屋顶观测墩内部钢筋应与主承重结构连接。观测墩建造可参照本规程附录 D 设计。

2 观测墩应安装强制对中装置，并严格整平；强制对中装置的对中误差应小于 1mm。应加装或预埋保护线缆进出硬质管道。

3 观测墩与地面接合四周应做不少于 10 厘米宽的隔振槽，内填粗沙，避免振动带来的影响。屋顶观测墩与屋顶面接合处应做防水处理。

4 基岩上埋设的观测墩至少需经过一个月的稳定期；土层内埋设的观测墩，一般地区至少需经过一个雨季，冻土地区还需经过一个冻解期方可进行观测。

5 观测墩应埋设水准标志并进行三等以上水准联测，水准标志

与观测墩强制对中标志间高差测定误差应不大于 3mm;

6 观测墩应设置避雷装置。

4.3.4 设备室可单独建造或利用现有建筑物,设备室建造应符合下列规定:

1 设备室应在观测墩周围建造或租用,也可在观测墩中底部预制容纳仪器的空间,以减少占地面积。

2 设备室中仪器设备应整合安装在集成柜中,保证各设备具有适宜的工作条件。

3 观测墩至设备室电缆长度不宜大于标称距离。

4 设备室应设置通风、通电、安全、防雷等设施;

5 设备室地基应牢固,并敷设防水层,周围应有排水设计;结构中应预埋进出两种管线通道(电力和信号通道),并具有防护动物损坏装置的防护处理。

4.3.5 接收设备的天线应符合下列规定:

1 在温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 100\%$ 的环境中天线应能长期正常工作,并应安装天线罩。

2 基准站 GNSS 天线应配备扼流圈或抑径板,应能有效消除多路径误差。

3 天线的相位中心应稳定,变化量应小于 1mm。

4 在使用超长电缆时,应加装在线放大器。

5 天线线缆应加装有源射频线防雷装置。

4.3.6 接收设备应符合下列规定：

- 1** 对环境要求应符合本规程 4.3.5 条 1 款要求；
- 2** 接收机应具备交流电、直流电自动切换功能；
- 3** 接收机应是双频 GNSS 接收机；应具有并行 24 个以上的通道，至少能同时接收 12 个 GNSS 卫星信号。
- 4** GNSS 原始观测数据的采样间隔可在 1~60 秒内设置。
- 5** 应能实时输出原始观测数据、伪距和载波相位差分数据。
- 6** 基准站接收机应具有 1 秒采样间隔、24 小时连续观测数据的存储能力。
- 7** 接收机应具备 2 个以上的 RS-232 标准接口。
- 8** 接收机应具备支持 TCP/IP 的 LAN 接口。

4.3.7 基准站应加装在线式 UPS 供电保护，至少应保证 48 小时连续稳定独立供电。电力线接入 UPS 之前，应加装电涌防护设备，隔离 UPS 和电力线。

4.4 通讯网络建设

4.4.1 通讯网络建设包括：基准站与管理中心的网络建设；管理中心和服务中心间的网络建设；服务中心和用户间的信息发布；并建立信息发布的通道。

4.4.2 通讯网络应符合下列技术要求：

- 1** 可长期、连续、稳定、可靠、安全地工作；
- 2** 数据传输速率应大于 64kbps；
- 3** 通讯误码率应小于 10^{-8} ；延时应小于 500ms；可用性应不小于 95%；

4.4.3 基准站和管理中心可采用政府专网或公网进行数据通讯，有条件时可采用两条相互独立的数字通讯链路，提高数据传输的可靠性。

4.4.4 实时信息发布可采用 GPRS、CDMA 等无线通讯方式，静态数据发布可采用基于 Internet 的 ftp、Web 等方式。

4.4.5 通信网络宜采用 TCP/IP 协议。

4.4.6 通讯线路上应加装信号线（或射频线）避雷设备。通讯线接入通讯终端前，应加装通信线（数据线）电涌防护设备。

4.4.7 服务中心应通过路由器接入公共网络，并设置硬件防火墙。

4.4.8 通信网络建设完成后，应进行网络连通测试。建设或更新完成后应填写《通信设备登记表》，记录应符合本规程附录 E 的要求。

4.5 管理中心建设

4.5.1 管理中心建设包括环境建设和硬、软件及网络配置等内容。

4.5.2 管理中心环境建设应符合下面要求：

- 1** 管理中心机房建设符合国家现行标准《电子计算机机房设计规范》GB 50174 的要求；
- 2** 中心后备电源应不少于 8 小时连续稳定独立供电；

3 管理中心应配备雷电防护设备，并应符合本规程 4.1.4 的要求。

4.5.3 管理中心硬件配置应符合下列要求：

1 应配置一台及以上的服务器及数据备份设备（磁盘阵列服务器或刻录机）；

2 服务器内存容量不低于 1GB，硬盘容量至少应满足 15s 采样间隔的数据连续存储 1 年以上要求；

3 服务器 CPU 数据处理占有率不应超过 30%，主频应满足系统软件运行要求；

4 有条件的情况下，宜按系统管理、数据处理、存储和服务等功能配置单独服务器，并对关键服务器采用双机热冗余备份。

4.5.4 管理中心宜选用运行稳定、安全性能好的软件。无人值守的情况下，软件自动运行功能应符合下列技术要求：

1 各基准站工作状态自动监控，发生故障应及时报警；

2 自动进行数据下载、处理，并形成服务需要的多种标准格式的数据文件；

3 按预设的数据格式和文件类型自动存储原始数据、过程数据及运行记录；

4 数据完整性、站点稳定性及多路径影响分析，并进行记录；

5 应对电离层和对流层进行分析，并生成报告；

6 软件应具有一定的容错能力，在不能提供有效数据服务时，应有示警功能；

7 软件应具有兼容性，支持不同型号的基准站、流动站接收机；

8 软件应具备用户授权、认证、监控、流量统计等管理功能。

4.5.5 合理分配网络资源，并应有一定的冗余度。

4.5.6 管理中心建设完成后应具备下列功能：

1 监控基准站 GNSS 接收机及其它配套设备的工作状态；并能进行远程管理、故障分析；

2 获取基准站 GNSS 数据（原始观测数据及星历数据），对获取的数据进行分析、处理后，形成 Rinex 格式数据文件；

3 实时生成差分数据，并发送给服务中心；

4 定期处理、分析 GNSS 数据，监测基准站稳定情况；

5 对 GNSS 数据、管理数据和管理日志进行管理，并定期进行备份，保存期限至少 2 年；

4.5.7 建设完成后，应进行下列调试：

1 管理中心机房配套设施的完整性、运行情况；

2 电压稳定，UPS 单独稳定供电不低于 8 小时；

3 空调控制温度、湿度情况；

4 服务器及软件运行情况，稳定情况；

5 通讯网络的误码率，GNSS 原始数据文件的记录完整率。

4.6 服务中心建设

4.6.1 服务中心建设包括环境建设和硬、软件及网络配置等内容。

4.6.2 服务中心的环境建设、硬件配置应符合 4.5 节中规定。

4.6.3 服务中心建设完成后应具备下列功能：

- 1 提供不同精度的实时网络差分数据；
- 2 提供不同采样间隔的事后数据；
- 3 对用户进行管理；
- 4 提供技术服务和技术支持。

4.6.4 服务中心的软件功能应符合下列要求：

- 1 接收管理中心发送的不同类型的服务数据；
- 2 接收并处理用户的服务请求；
- 3 提供实时差分网络 RTK、RTD 和单基准站 RTK、RTD 定位服务；
- 4 提供事后各基准站不同采样间隔的原始观测数据服务；
- 5 软件可以对用户进行授权、认证、登陆、使用过程进行监控。

并对用户的使用时间、流量大小等进行统计管理。

4.6.5 服务信息发布应满足国家信息安全基本要求。

4.6.6 服务中心建设完成后的调试应符合本规程 4.5.7 的要求。

4.6.7 服务中心和管理中心可以单独建设，也可共同建设。

4.7 坐标联测

4.7.1 坐标联测包括 CORS 网与 IGS 全球站或周边及区域内的国家连续运行参考站、国家控制点、城市地方控制点等进行联测。

4.7.2 确定 CORS 网的地心坐标时，应至少联测三个 IGS 全球站或国家连续运行参考站点；

4.7.3 确定 CORS 网的参心坐标时，应至少联测四个已有的高等级控制点。

4.7.4 联测的技术要求应满足下列规定：

1 CORS 网地心坐标联测时，使用的各连续运行基准站观测数据应不少于 120 小时，采样间隔 30s，截止高度角 10° ；

2 CORS 网参心坐标联测时，各控制点观测使用的设备，应符合本规程 5.3 节二等 GNSS 观测的设备要求；每点与连续运行基准站同时连续观测 3 个时段，每时段 8 小时，采样间隔 30s。

4.7.5 数据处理应符合下列要求：

1 基线处理时应利用精密星历，采用精密计算软件进行处理；

2 坐标框架与历元的选取应与所联测的基准一致；

3 CORS 网的基线解算应采用全球 IGS 参考站的地心坐标作为起算依据；

4 CORS 网的参心坐标联测网的基线解算应采用 CORS 网点的地心坐标作为起算依据；

5 基线解算以同步时段为单位进行，应主要进行下列改正：

1) 卫星、接收机钟差的模型改正；

2) 电离层折射改正；

3) 对流层折射改正；

4) 卫星和接收机天线相位中心改正；

5) 潮汐改正；

6) 相对论效应改正；

7) 地球自转改正。

6 应进行重复基线、同步环闭合差和异步环闭合差的检核，基线检核应符合本规程 5.4.3 的规定；

7 CORS 网坐标联测的平差计算应符合本规程 5.4.5 的规定；

8 确定地心坐标系与参心坐标系间的坐标转换参数。

4.8 系统测试

4.8.1 系统测试包括功能测试及指标测试。

4.8.2 系统功能测试应符合下列规定：

1 系统自动运行能力测试

在无人工干预的情况下，系统应 24 小时自动、不间断向用户提供各种数据服务。

2 通信网络测试

网络数据的传输率、误码率、延时等应符合本规程 4.4.2 的规定。

3 流动站用户并发性测试

应通过软件模拟设计用户极限测试和实测两种方法进行测试。实测同时在线用户数应不少于设计用户数的 10%，应采用 GPRS 或 CDMA 等不同的通讯方式进行测试。

4 远程控制功能测试

管理中心应实现对所有基准站的接收机和 UPS 电源等设备的运行状态进行监控，并能对参数进行调整，确认调整有效。

5 系统容错性测试

模拟基准站、网络通讯发生故障时，系统应自动报警，可重新构网计算，提供用户数据服务。

6 用户设备兼容性测试

至少选用三个以上品牌的 GNSS RTK 设备，在不同时间段进行测试，记录观测过程中获得固定解的时间以及测试点位精度，并进行统计分析。

4.8.3 系统指标测试应符合下列规定：

1 静态精度测试应符合下列规定：

1) 应在网络设计覆盖范围内均匀选择测试点，点的选择应符合本规程 5.2.2 条中规定，参与统计的测试点数不宜少于 20 个；

2) 测试点应是单点观测，测试点的选择、观测、数据处理等应符合本规程第 5 章四等以上的 GNSS 网的规定。

3) 统计、分析测试点的平面及高程精度，指标按设计要求进行检核。

2 动态精度及覆盖范围的测试应符合下列规定：

1) 点的选择应均匀分布在网内及网外 10~30 公里范围内；点的选择应符合本规程 5.2.2 条中规定，参与统计的测试点数不应少于 20 个；

2) 观测、数据处理等应符合本规程第 6.4 节的规定；

3) 按网内、网外分别进行精度统计，并进行测试点的内符合精度统计，分析测试点的平面、高程精度、收敛时间、覆盖范围及重复性测量精度，指标按设计要求进行检核。

3 RTK 可用性测试

在系统有效覆盖区域内，选择 1 个已知地心坐标的动态测试点，服务中心与流动站应采用有线连接方式进行通讯，连续进行 24 小时 RTK 测量，每秒记录一个定位结果。按下式计算可用性指标：

可用性 = 满足精度要求的观测值数 / 86400

可用性指标应不小于 95%。

4.9 成果提交

4.9.1 基准站建设完成后提交成果应包括：

- 1 基准站建设方案；
- 2 基准站建设报告；
- 3 基准站点之记；
- 4 基准站竣工地形图；
- 5 委托保管报告。

4.9.2 通讯网络建设完成后应提交下列成果：

- 1 技术设计书；
- 2 网络测试报告；
- 3 通信设备登记表；

4.9.3 管理中心和服务中心建设完成后应提交下列成果：

- 1 技术设计书；
- 2 测试报告；

4.9.4 联测完成后应提交下列成果：

- 1 技术设计；
- 2 原始观测数据、记录手簿；
- 3 基线处理报告（重复基线、同步环闭合差、异步环闭合差报告）；
- 4 三维、二维无约束、约束平差报告及成果表；
- 5 坐标转换参数及精度分析报告；
- 6 技术总结。

4.9.5 系统测试完成后应提交下列成果：

- 1 技术设计
- 2 施测报告
- 3 测试报告

4.9.6 系统建设完成后应提交的下列成果：

- 1 项目设计书；
- 2 系统技术报告；
- 3 系统工作报告；
- 4 系统使用说明书。

4.10 系统维护

4.10.1 系统维护内容应包括：

- 1 基准站设备的完好性检验；

2 基准站的接收机及天线可通过原始数据进行检验分析，不需要年检；

3 基准站址稳定性检验分析；

4 通讯网络设备的完好性检验；

5 系统软件安全运行检验；

6 系统防雷检验；

7 用户管理。

4.10.2 系统维护应符合下列技术要求：

1 定时填写日志表，记录系统运行中出现的故障及其维护工作情况。日志表填写应符合本规程附录 F 的规定；

2 不得随意修改系统配置；

3 定时检查网络 RTK 及服务器软件运行状态，出现故障应查找原因，及时排除，并进行记录；

4 定期利用远程控制方法进行基准站监控检查并记录；

5 定期进行基准站巡视，并记录巡视情况；

6 保持管理与服务中心、基准站的环境清洁，设备运行良好；

7 重新计算基准站框架坐标的时间应不超过一年，发现坐标变化量超过 3.1.4 规定时，应及时进行处理；

8 在发生自然灾害后应及时进行设备的检查和更换，重新对基准站框架坐标进行联测。

4.10.3 系统维护应包括下列记录：

1 日志表；

- 2 接收机原始数据分析报告；
- 3 系统发生故障时的记录报告；
- 4 系统硬、软件升级记录报告；
- 5 基准站框架坐标定期重新计算数据处理报告。

5 城市 GNSS 网的建设

5.1 一般规定

5.1.1 GNSS 网的布设应遵循从整体到局部、分级布网的原则，城市首级网应一次全面布设，加密网可越级布设；GNSS 网的布设应兼顾历史、满足需求、方便使用。

5.1.2 各等级 GNSS 网布设的主要技术要求应符合本规程表 3.1.5 的规定；对符合 GNSS 网布点要求的已有控制点，应充分利用其标石。

5.1.3 GNSS 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 GNSS 网中每个闭合环或附和线路中的边数应符合表 5.1.3 规定。

非同步观测的 GNSS 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。

表 5.1.3 闭合环或附和线路边数的规定

等级	二等	三等	四等	一级	二级
闭合环或附和线路的边数（条）	≤ 6	≤ 8	≤ 10	≤ 10	≤ 10

5.1.3 布设城市或测区首级控制网时应与国家控制网进行联测，建立相互联接和转换关系，联测点数不应少于 3 个点，联测点应均匀分布。有条件时，应与高精度的地面连续运行跟踪站进行同步观测，充分利用与地面连续运行跟踪站的同步观测数据。

5.1.4 控制网点的高程联测应与高程控制网布设或精化区域似大地水准面工程的目标一致。

5.2 选点及埋石

5.2.1 选点准备工作应包括：

1 技术设计前应收集测区内及周边地区的有关资料，资料应包括下列内容：

- 1) 测区 1:10000 至 1:100000 各种比例尺地形图；
- 2) 原有测区及周边地区的控制测量资料，包括平面控制网和水准路线网成果、技术设计、技术总结、点之记等其它文字和图表资料；
- 3) 与测区有关的城市总体规划和近期城市建设发展资料；
- 4) 与测区有关的交通、地质、气象、通讯、地下水和冻土深度等资料。

2 应根据项目目标和测区的自然地理情况进行网型及点位设计，进行控制网优化和精度估算。

5.2.2 选点应本规程 4.3.2 条 1—4 款的规定外，还应符合下列要求：

- 1 点位应选择在交通便利、并有利于扩展和联测的地点。
- 2 视场内障碍物的高度角不宜大于 15° 。
- 3 对符合上述要求的已有控制点，经检查点位稳定可靠时可充分利用。
- 4 点位选定后应现场标记、画略图。

5.2.3 控制点命名应符合下列规定：

- 1 点名可采用村名、山名、地名或单位名等表示。
- 2 利用原有旧点位时，点名不宜进行更改。

5.2.4 埋石工作应符合下列要求：

1 城市各等级 GNSS 控制点应埋设永久性测量标志，标志应满足平面、高程共用。标石及标志规格要求应符合本规程附录 G 的要求。

2 控制点的中心标志应用铜、不锈钢或其他耐腐蚀、耐磨损的材料制作；并应安放正直，镶接牢固；控制点的标志中心应刻有清晰、精细的十字线或嵌入直径小于 0.5mm 的不同颜色的金属；标志顶部应为圆球状，顶部应高出标石面。

3 控制点标石可采用混凝土预制或现场灌制；利用基岩、混凝土或沥青路面时可以凿孔现场灌注混凝土埋设标志；利用硬质地面时可以在地面上刻正方形方框，其中心灌入直径不大于 2mm、长度不短于 30mm 的铜条作为标志。

4 埋设 GNSS 观测墩应符合本规程 4.3.3 的要求。

5 标石的底部应埋设在冻土层以下，并浇灌混凝土基础。

6 GNSS 测量控制点埋设后应经过一个雨季和一个冻结期，方可进行观测，地质坚硬的地方可在混凝土浇注一周后进行观测。

7 标石埋设后应在实地绘制点之记，具备拴距条件的，拴距不应少于三个方向，拴距方向交角宜在 60°至 150°之间，拴距误差应小于 10cm；对二、三等点不具备拴距条件的，应埋设指示标志。点之记绘制应符合附录 H 的规定。

8 二、三等 GNSS 测量控制点埋设后应办理测量标志委托保管。

5.2.5 选点与埋石结束后，应提交控制点点之记、控制点选点网图、测量标志委托保管书和选点与埋石工作技术总结。

5.3 GNSS 测量

5.3.1 GNSS 连续运行站提供的观测数据可作为布设各等级控制网的起算依据。

5.3.2 选用的 GNSS 接收机应符合表 5.3.2 的规定。

表 5.3.2 GNSS 接收机的选用

等级 项目	二等	三等	四等	一级	二级
接收机类型	双频	双频	双频或单频	双频或单频	双频或单频
标称精度	$\leq (5\text{mm} + 2 \times 10^{-6}d)$	$\leq (5\text{mm} + 2 \times 10^{-6}d)$	$\leq (10\text{mm} + 2 \times 10^{-6}d)$	$\leq (10\text{mm} + 5 \times 10^{-6}d)$	$\leq (10\text{mm} + 5 \times 10^{-6}d)$
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	≥ 4	≥ 4	≥ 3	≥ 3	≥ 3

5.3.3 GNSS 接收设备的检验应符合下列要求：

1 新购置的 GNSS 接收机或天线受到强烈撞击、更新天线与接收机的匹配或经过维修后的接收机应进行全面检验后使用。

2 GNSS 接收机全面检验内容应包括一般检视、常规检验、通电检验和实测检验。

3 一般检视应符合下列要求：

- 1) 接收机及天线型号应与标称一致，外观应良好；
- 2) 各种部件及其附件应匹配、齐全和完好；紧固的部件应不得松动和脱落；
- 3) 设备使用手册和后处理软件操作手册及磁（光）盘应齐全。

4 常规检验应符合下列要求：

- 1) 天线或基座圆水准器和光学对点器应符合要求，光学对点器的测试方法应符合附录 J 的规定；

- 2) 天线高量尺应完好, 尺长精度应符合要求;
- 3) 数据传录设备及软件应齐全, 数据传输性能应完好;
- 4) 通过实例计算, 测试和评估数据后处理软件。

5 通电检验应符合下列要求:

- 1) 确认各种电缆正确连接后, 方可进行检验。
- 2) 电源及工作状态指示灯工作应正常;
- 3) 按键和显示系统工作应正常;
- 4) 利用自测试命令进行测试;
- 5) 检验接收机锁定卫星时间, 接收信号强弱及信号失锁情况。

6 在完成一般检视、常规检验、通电检验后, 应进行下列实测检验:

- 1) 接收机内部噪声水平测试, 测试方法应符合附录 K 的规定;
- 2) 接收机天线相位中心稳定性测试, 测试方法应符合附录 L 的规定;
- 3) 接收机野外作业性能及不同测程精度指标测试;
- 4) 接收机频标稳定性检验和数据质量的评价;
- 5) 接收机高低温性能测试;
- 6) 接收机综合性能评价等。

7 用于等级测量的接收机, 在使用前应按本规程 5.3.3 条第 6 款中的 1)、2) 项要求进行实测检验, 每年按本规程 5.3.3 条第 6 款中的 4)、5)、6) 项要求进行实测检验。

8 不同类型的接收机参加共同作业时, 应在已知基线上进行比

对测试，超过相应等级限差时不应投入生产使用。

5.3.4 GNSS 接收设备的维护应符合下列要求：

1 接收设备应有专人保管，运输期间应有专人押送，并应采取防震、防潮、防晒、防尘、防蚀和防辐射等防护措施，软盘驱动器在运输中应插入保护片或废磁盘。

2 接收设备的接头和连接器应保持清洁，电缆线不应扭折，不应在地面拖拉、碾压。连接电源前，电池正负极连接应正确，观测前电压应正常。

3 当接收设备置于楼顶、高标或其他设施顶端作业时，应采取加固措施，在大风和雷雨天气作业时，应采取防风 and 防雷措施。

4 作业结束后，应及时对接收设备进行擦拭，并放入有软垫的仪器箱内；仪器箱应置放于通风、干燥阴凉处，箱内干燥剂呈粉红色时，应及时更换。

5 接收设备在室内存放时，电池应在充满状态下存放，应每隔 1 至 2 个月存放电一次。

6 仪器发生故障，应转交专业人员维修。

5.3.5 GNSS 观测技术要求应符合表 5.3.5 的规定。

表 5.3.5 GNSS 测量各级的作业的基本技术要求

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					
有效观测同类卫星数	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	≥ 2	≥ 1.6	≥ 1.6
	快速静态	-	≥ 2	≥ 2	≥ 1.6	≥ 1.6
时段长度 (min)	静 态	≥ 90	≥ 60	≥ 60	≥ 45	≥ 45
	快速静态	-	≥ 20	≥ 20	≥ 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					

5.3.6 观测实施计划应符合下列要求：

- 1 观测实施计划可根据测区范围的大小分区编制。
- 2 根据分区中心概略位置，编制卫星可见性预报表，所用的概略星历龄期不应超过 20 天。
- 3 观测实施计划内容应包括作业日期、时间、测站名称和接收机名称等。

5.3.7 观测准备工作应符合下列要求：

- 1 安置 GNSS 接收机天线时，天线的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，可预先设置定向标志。
- 2 用三脚架安置 GNSS 接收机天线时，对中误差应小于 3mm；在高标基板上安置天线时，应将标志中心投影到基板上，投影示误三角形最长边或示误四边形对角线应小于 5mm。
- 3 天线高应量测至毫米，测前测后应各量测一次，两次较差不应大于 3mm，并取平均值作为最终成果；较差超限时应查明原因，

并记录至 GNSS 外业观测手簿备注栏内。GNSS 外业观测手簿格式应符合附录 M 的规定。

5.3.8 GNSS 的外业观测应符合下列要求：

- 1** 接收机工作状态正常后，应进行自测试，并输入测站名、日期、时段号和天线高等信息。
- 2** 接收机开始记录数据后，应查看测站信息、卫星状况、实时定位结果、存储介质记录和电源工作情况等，异常情况应记录至 GNSS 外业观测手簿备注栏内。
- 3** 观测过程中应逐项填写 GNSS 外业观测手簿中的记录项目，记录应符合本规程附录 M 的规定。
- 4** GNSS 快速静态定位测量的同一观测单元期间，基准站观测应连续，基准站和流动站采样间隔应相同。
- 5** 作业期间禁止在仪器附近使用手机和对讲机；雷雨天气时应关机停测，并卸下天线以防雷击。
- 6** 作业期间不允许下列操作：关机又重新启动、自测试、改变仪器高度值与测站名、改变 GNSS 天线位置、关闭文件或删除文件等。
- 7** 作业人员在作业期间不得擅自离开仪器，应防止仪器受到震动和被移动，防止人和其他物体靠近天线，遮挡卫星信号。
- 8** 观测结束后，应检查 GNSS 外业观测手簿的内容，并将点位保护好后，方可迁站。
- 9** 每日观测完成后，应将全部数据双备份，清空接收机存储器，及时对数据进行处理，剔除不合格数据。

5.3.9 观测记录整理应符合下列要求：

- 1** 原始观测记录不应涂改、转抄和追记。
- 2** 数据存储介质应贴标识，标识信息应与记录手簿中的有关信息一一对应。
- 3** 接收机内存数据转存过程中，不应进行任何剔除和删改，不应调用任何对数据实施重新加工组合的操作指令。

5.4 数据处理

5.4.1 城市二等控制网基线解算和平差应采用高精度解算软件，其它控制网可采用商用软件；新启用的软件应经过鉴定并获得批准后方可使用。

5.4.2 数据预处理应符合下列要求：

- 1** 城市二等控制网应采用卫星精密星历解算基线，其它控制网可采用卫星广播星历解算基线。
- 2** 当使用不同型号的接收设备时，应将观测数据转换成同一格式。
- 3** 基线解算可采用多基线解或单基线解，每个同步观测图形应选定一个起算点。起算点应按连续运行跟踪站、已知点坐标和单点定位结果的先后顺序选择。
- 4** 观测值应加入对流层延迟修正，对流层延迟修正模型中的气象元素可采用标准气象元素。
- 5** 8km 以内的基线应采用双差固定解；8km 至 30km 的基线可

在双差固定解和双差浮点解中选择最优解；30km 以上基线宜采用三差解。

6 处理结果中应包括相对定位坐标和方差——协方差阵等平差所需的元素。

5.4.3 数据检验应符合下列要求：

- 1 同一时段观测值的数据采用率宜大于 80%。
- 2 预处理复测基线的长度较差 d_s 应符合公式 (5.4.3-1) 的规定。

$$d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad \dots\dots\dots (5.4.3-1)$$

式中：
 σ ——相应级别规定的精度（按该级别固定误差、比例误差及实际平均边长计算的标准差，以下各式同），单位为毫米（mm）。

3 GNSS 网中任何一个三边构成的同步环闭合差应符合公式 (5.4.3-2) 的规定。

$$\begin{aligned} W_x &\leq \sqrt{3} \sigma / 5 \\ W_y &\leq \sqrt{3} \sigma / 5 \quad \dots\dots\dots (5.4.3-2) \\ W_z &\leq \sqrt{3} \sigma / 5 \end{aligned}$$

4 GNSS 网外业基线预处理结果，其独立异步环或附合线路坐标闭合差应符合公式 (5.4.3-3) 的规定。

$$\begin{aligned} W_x &\leq 2\sqrt{n} \sigma \\ W_y &\leq 2\sqrt{n} \sigma \\ W_z &\leq 2\sqrt{n} \sigma \quad \dots\dots (5.4.3-3) \\ W_s &\leq 2\sqrt{3n} \sigma \end{aligned}$$

$$W_S = \sqrt{W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2}$$

式中：

n ——闭合环边数。

5.4.4 补测和重测应符合下列要求：

复测基线边长较差、同步环闭合差、独立环闭合差或附和路线中超限的基线可舍弃，舍弃基线后的独立环所含基线数应符合表 5.1.2 的规定，否则，应进行补测或重测。舍弃和重测的基线应分析、记录在数据处理报告中。

5.4.5 平差计算应符合下列要求：

1 无约束平差应符合下列要求：

1) 基线向量检核符合要求后，应以三维基线向量及其相应方差——协方差阵作为观测信息，按一个点的地心系三维坐标作为起算依据，进行 GNSS 网的无约束平差。

2) 无约束平差应提供各点在地心系下的三维坐标、各基线向量、改正数和精度信息。

3) 无约束平差中，基线分量的改正数绝对值（ $V_{\Delta X}$ 、 $V_{\Delta Y}$ 、 $V_{\Delta Z}$ ）应符合公式（5.4.5-1）的要求。

$$\begin{aligned} V_{\Delta X} &\leq 3\sigma \\ V_{\Delta Y} &\leq 3\sigma & \dots\dots\dots (5.4.5-1) \\ V_{\Delta Z} &\leq 3\sigma \end{aligned}$$

2 约束平差应符合下列要求：

1) 可选择地心坐标系、国家坐标系或地方坐标系，对无约束

平差后的观测值进行三维约束平差或二维约束平差。平差中，可对已知点坐标、已知距离和已知方位进行强制约束或加权约束。

2) 约束平差中，基线分量的改正数与经过粗差剔除后的无约束平差结果的同一基线相应改正数较差的绝对值 ($dV_{\Delta X}$ 、 $dV_{\Delta Y}$ 、 $dV_{\Delta Z}$) 应符合公式 (5.4.5-2) 的要求。

$$\begin{aligned}dV_{\Delta X} &\leq 2 \sigma \\dV_{\Delta Y} &\leq 2 \sigma \quad \dots\dots\dots (5.4.5-2) \\dV_{\Delta Z} &\leq 2 \sigma\end{aligned}$$

3) 当平差软件不能输出基线向量改正数时，应进行不少于 2 个已知点的部分约束平差，在部分约束平差结果中未作为约束的已知点的坐标与原坐标的点位较差不大于 5cm。

3 方位角取位至 0.1″，坐标和边长取位至毫米。

5.4.6 测量成果输出应包括相应坐标系中的三维或二维坐标、基线向量改正数、基线边长、方位角、转换参数及其精度等信息。

5.5 质量检查与技术总结

5.5.1 检查的依据应包括任务或合同书、现行国家、行业和地方有关技术标准以及技术设计。

5.5.2 质量检查应包括以下内容：

- 1) 使用仪器的精度等级、检定状态；记录；
- 2) 控制点布设情况；选埋资料的完整性；
- 3) 外业观测资料中多余观测、各项限差、技术指标情况；

4) 数据处理过程中, 数据录入、已知数据的使用、各项限差、闭合差和精度统计情况;

5) 记录完整准确性、记录项目齐全性;

6) 观测数据的各项改正是否齐全;

7) 计算过程正确性、资料整理的完整性、精度统计和质量评定的合理性;

8) 提交成果的正确性和完整性;

9) 技术报告内容的完整性、统计数据的准确性、结论的可靠性。

5.5.3 技术总结的编写应符合下列要求:

各项工作完成后应编写项目技术总结, 技术总结应突出重点、文理通顺、表达清楚、结论明确。技术总结内容包括:

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, 接收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。

5.5.4 提交的成果资料应包括下列内容：

- 1** 任务或合同书、技术设计书；
- 2** 利用的已有成果资料情况；
- 3** 仪器检校资料和自检原始记录；
- 4** 点之记、外业原始观测记录、计算手簿（含电子文档）；
- 5** 质量检查资料；
- 6** 技术总结；
- 7** 设计网图、选点网图、观测网图、数据处理用图、成果图；
- 8** 坐标、高程成果及注释资料。

6 GNSS RTK 测量

6.1 一般规定

6.1.1 RTK 测量可采用单基站 RTK 测量和网络 RTK 测量两种方法进行。已建立 CORS 网的城市，不宜采用单基站 RTK 测量。

6.1.2 RTK 测量的主要技术要求应符合本规程表 3.1.6 的要求。

6.1.3 RTK 控制点的选点应符合本规程 5.2.2 的要求。

6.1.4 RTK 作业时卫星状况应符合本规程表 6.1.4 规定。

表 6.1.4 RTK 作业中 GNSS 卫星状况的基本要求

观测窗口状态	15°以上的卫星个数	PDOP 值
良好窗口	≥ 6	< 6
勉强可用的窗口	5	≤ 8
避免观测的窗口	< 5	> 8

6.1.5 在应用 RTK 测量时，应至少有一个已知点作为检核点。

6.1.6 利用已有 RTK 测设的控制点时，应进行可靠性检测。

6.2 仪器设备

6.2.1 RTK 测量接收设备应符合下列规定：

- 1 接收设备应包括双频接收机、天线和天线电缆、数据链套件（调制解调器或电台）、数据采集器等；
- 2 基准站接收设备应具有发送标准差分数据的功能；
- 3 流动站接收设备应具有接收并处理标准差分数据功能；
- 4 接收设备应操作方便、性能稳定、故障率低、可靠性高；

5 宜选用优于下列测量精度 (RMS) 指标的 RTK 接收机:

平面: $10\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times d$

高程: $20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times d$

其中, d —流动站至基准站的距离, 以公里为单位。

6.2.2 接收设备的检验

1 接收机的一般检验应符合本规程 5.3.3 要求;

2 RTK 测量前宜对设备进行以下的检验:

- 1) 基准站与流动站的数据链联通检验;
- 2) 数据采集器与接收机的通讯联通检验。

6.2.3 接收设备的维护应符合本规程 5.3.4 的要求。

6.3 单基站 RTK 测量

6.3.1 基准站设置应符合下列规定:

- 1** 基准站选点应符合本规程 5.2.2 的点位要求;
- 2** 基准站测前准备应符合本规程 5.3.6 的规定;
- 3** 基准站观测和记录应符合本规程 5.3.7 的规定;
- 4** 基准站的卫星截止高度角设置应大于 10° ;
- 5** 选择无线电台通讯方法时, 应按约定的工作频率进行数据链设置, 以避免串频;
- 6** 应正确设置随机软件中对应的仪器类型、电台类型、电台频率、天线类型、数据端口、蓝牙端口等;

7 应正确设置基准站坐标、数据单位、尺度因子、投影参数和转换参数等坐标参数。

6.3.2 RTK观测前的准备工作应包括下列内容：

1 检查GNSS天线、通讯口、主机接口等设备是否牢固可靠；连接电缆接口是否有氧化脱落或松动；

2 检查数据采集器、电台、基准站和流动站主机等电源是否充足；

3 检查数据采集器内存或贮存卡容量能否满足工作需要；

4 检查接收机的设置参数的正确性；

5 检查水准气泡、投点器和基座是否合乎要求；

6 检查天线高度设置，天线高的量取与记录应符合本规程 5.3.7 的规定。基准站的记录要求应符合本规程附录 Q 的规定。

6.3.3 坐标系统转换参数的求取应符合下列规定：

1 基准站置于已知点上且收集到准确的转换参数，可直接输入。

2 基准站置于已知点上且收集到三个以上同时具有地心和参心坐标系的控制点成果时，可直接将地心和参心坐标输入数据采集器获取。

3 基准站置于已知点上无转换参数且收集到三个以上参心坐标系的控制点成果时，可采用直接输入基准站坐标，流动站在控制点上采集地心坐标方式获取。

4 使用的已知控制点应均匀分布在测区及周边。

5 坐标转换的残差应不大于 2cm。

6.3.4 RTK 一测回观测应符合下列要求：

1 开始前应对仪器进行初始化。

2 观测应在得到 RTK 固定解，并收敛至毫米级、水平精度（HRMS）小于 2cm、垂直精度（VRMS）小于 3cm 且稳定后开始记录，记录的数据应是固定解结果。

3 每测回的自动观测个数不应少于十个观测值（在电子手簿的观测次数或观测时间中进行设置），每次读数的坐标分量较差应不大于 10mm，取平均值作为定位结果。

4 经、纬度记录到 0.00001s，平面坐标和高程记录到 0.001m。

6.3.5 测回间应重新进行初始化，观测记录的时间间隔不应小于一分钟。

6.3.6 测回间的平面坐标分量较差应小于 2cm（或小于 0.0007s），垂直坐标分量较差应小于 3cm。

6.3.7 当初始化时间超过 3 分钟仍不能获得固定解时，应断开通讯链接，重启 GNSS 接收机，再次进行初始化操作。

6.3.8 重试次数超过 3 次仍不能获得初始化时，应选择其它位置进行测量。

6.3.9 开始作业或重新设置过基准站后，应检测至少一个已知点或重复测量点。检测点的平面较差不应大于 5cm。

6.3.10 可采用双基站 RTK 等测量方法来提高测量成果的精度和可靠性。

6.3.11 RTK 测量布设控制点时应符合下列规定：

- 1 同一地区应布设 3 个以上或 2 对以上的 RTK 控制点。
- 2 应采用三角支架方式架设天线进行作业；测量过程中仪器的圆气泡应严格稳定居中。
- 3 平面控制点应进行 100%外业校核，校核可按图形校核或进行同精度导线串测，测量技术要求应符合表 6.1.6 规定。

表 6.3.12 RTK 平面控制点校核测量技术要求

等级	边长校核		角度校核		导线串测校核	
	测距中误差 (mm)	边长较差的相对中误差	测角中误差 (″)	角度较差限差 (″)	角度闭合差 (″)	边长相对闭合差
二级	$\leq \pm 15$	1/7000	$\leq \pm 8$	20	$\leq \pm 20 \sqrt{n}$	1/10000
三级	$\leq \pm 15$	1/5000	$\leq \pm 12$	30	$\leq \pm 40 \sqrt{n}$	1/6000
图根	$\leq \pm 20$	1/2500	$\leq \pm 20$	60	$\leq \pm 60 \sqrt{n}$	1/4000

注：表中 n 为测站数。

- 4 仪器对中、天线高的量取应符合本规程 5.3.7 的要求。接收机中的“天线类型”、“天线高量取方式”以及“天线高量取位置”等项目设置应和天线高量测时的情况一致。天线高的记录格式应符合附录 Q 的规定。

6.4 网络 RTK 测量

- 6.4.1 网络 RTK 的用户应在系统服务中心进行登记、注册，以获得系统服务的授权。
- 6.4.2 网络 RTK 测量应在 CORS 网的有效覆盖区域内进行。
- 6.4.3 网络 RTK 测量用户应实现与服务中心的通讯。
- 6.4.4 网络 RTK 的用户的作业应满足本规程 6.3 单基站 RTK 测量的

技术要求。

6.5 数据处理与检验

6.5.1 应及时将外业采集的数据从数据采集器中导入计算机, 并进行数据备份。同时对数据采集器内存进行整理。

6.5.2 数据输出内容应包含点号、三维坐标、天线高、三维精度、解的类型、数据采集时的卫星数、PDOP 值及观测时间。

6.5.3 外业观测数据在转存时, 应提交原始观测记录, 不得进行任何剔除或修改, 不得调用任何对数据实施重新加工组合的操作指令。

6.5.4 对导出的地心三维坐标, 应通过验证后的软件进行坐标转换和高程转换, 获得参心坐标成果和正常高成果。

6.5.5 RTK 测量成果应进行 100%的内业检查和 10%外业抽检。

6.5.6 内业数据检查应包括下列主要内容:

- 1 原始观测记录齐全;
- 2 输出成果内容完整;
- 3 观测成果的精度指标、测回间观测值及校核点的较差;
- 4 几何检验结果。

6.5.7 外业检核点应均匀分布于作业区的中部和边缘。可采用重测比较法、常规测量方法等进行。检核点的平面位置应按公式 (6.5.7) 计算检核点位中误差 m_{cs} 。

$$m_{cs} = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta S_{ci}^2}{2n_c}} \quad (6.5.7)$$

式中 ΔS_{ci} ——为重复测量的点位平面位置较差；
 n_c ——重复测量的点数。

6.5.8 检核点位中误差 m_{cs} 不应超过本规程表 3.1.6 的规定。

6.6 成果提交

6.6.1 RTK 测量完成后，应提交下列成果：

- 1** 技术设计书（需要时）；
- 2** 外业观测原始记录文件；
- 3** 起算点成果资料（单基站 RTK 测量）；
- 4** 控制点测量示意图；
- 5** 区域坐标转换参数及精度分析；
- 6** 测量成果表；
- 7** 测量检验资料；
- 8** 技术小结/总结。

7 GNSS 高程测量

7.1 一般规定

7.1.1 GNSS 高程测量按作业过程应分为高程异常模型的建立、GNSS 测量和高程计算三部分。高程异常模型可利用已有模型或根据需要单独获取。

7.1.2 GNSS 高程测量的等级划分及主要技术要求应符合表 3.1.7 的规定。

7.1.3 符合本规程表 3.1.7 规定的区域似大地水准面精化模型可用于四等 GNSS 高程测量。

7.1.4 GNSS 高程测量可与 GNSS 平面控制测量同时布测，也可以单独布测。

7.1.5 单独布设的 GNSS 四等高程控制点应根据需要埋设固定测量标志、绘制点之记，并按照《城市测量规范》的要求办理相关的委托保管手续；单独布设的图根级 GNSS 控制点可根据工作的实际需要埋设测量标志。

7.2 技术要求

7.2.1 高程异常模型的选取应符合下列要求：

1 在区域面积大、重力异常变化复杂地区，应利用水准测量、GNSS 测量、重力测量、地形测量及重力场模型等资料，按物理大地测量计算方法，进行区域似大地水准面精化，获取似大地水准面模型。

似大地水准面精化应另行专门的技术设计。

2 在区域较小、地形平坦及重力梯度分布平缓地区，可利用水准测量、GNSS 测量资料，通过一定的数学拟合方法，获取该区域的高程异常模型。

7.2.2 数学拟合法高程异常模型建立应符合下列技术要求：

1 GNSS/水准点的布设应符合下列要求：

1) 点位应均匀分布于测区四周及中间，平原地区点间距一般不宜超过 5km；

2) 地形起伏较大时，应按测区地形特征适当增加点位；

3) 分区拟合时，区域交接处应具有三个以上的重合点；

4) 点位选取应同时符合本规程 5.2.2 条和现行行业标准 CJJ8 中 3.2.3 条水准点选点的要求；

5) 一次拟合计算选取的拟合点数不应少于四个。

2 高程异常模型建立的GNSS/水准点观测应符合表7.2.2的技术要求。

表 7.2.2 建模观测技术要求

等级	水准联测等级	GNSS 联测等级
图根	四等	四等
碎部	图根	一级

3 GNSS测量的数据处理应符合本规程5.4节的规定。水准测量的数据处理应符合CJJ8中3.6节的规定。

7.2.3 数学拟合方法的选择应符合下列要求：

1 测区面积小、地形较为平坦、重力梯度分布平缓时，对应的

高程异常模型一般可采用平面拟合或二次曲面拟合。

2 GNSS控制网布设成线状或带状时，可采用曲线拟合。

3 测区面积较大或呈大跨度带状分布时，应根据高程异常变化梯度合理地划分区域，进行分区拟合。

4 数学拟合方法应符合本规程附录N的规定。

7.2.4 高程异常模型的内符合中误差应符合表3.1.7规定。

7.2.5 高程异常模型确定后，应采用相同的作业方法和精度单独进行外符合检验，检验点数不少于三个，检验结果应符合本规程表3.1.7的规定。

7.2.6 GNSS高程测量应符合下列技术要求：

1 GNSS高程测量选点应符合本规程5.2.2的规定；可采取埋设永久测量标志、实地标注点位等方法设置测量点；

2 GNSS高程测量的主要技术要求应符合表7.2.3的规定；

表 7.2.3 GNSS 高程观测的技术要求

等级	观测方法	GNSS 观测等级
四等	静态	四等
图根	静态/动态	二级
碎部	静态/动态	三级

3 采用静态观测方法时，布网、观测和已知点联测应符合本规程第5章的技术要求。

4 采用动态观测方法时，RTK测量的选点、观测应符合本规范第6章的技术要求。

5 GNSS高程测量时，应重合或联测一个以上的校核点，较差应符合本规程表3.1.7的规定。

7.2.7 GNSS高程测量应在高程异常模型覆盖区域内进行,不宜外扩。

7.3 数据处理与检验

7.3.1 新建立的 GNSS 高程异常模型应进行模型内符合中误差 μ 的计算,并应符合表 3.1.7 的规定, μ 应按 7.3.1 式计算。

$$v_i = H'_i - H_i$$
$$\mu = \pm\sqrt{[vv]/(n-1)} \quad (7.3.1)$$

式中 v_i —拟合点的拟合残差;

H'_i —拟合点的 GNSS 测量高程;

H_i —拟合点的水准测量的高程;

μ —内符合中误差;

n —参与拟合的点数;

7.3.2 新建立的 GNSS 高程异常模型应进行模型外符合中误差 M 计算,并应符合表 3.1.7 的规定, M 应按 7.3.2 式计算。

$$V_i = H'_i - H_i$$
$$M = \pm\sqrt{[V_i V_i]/(n-1)} \quad (7.3.2)$$

式中 V_i —检测点的 GNSS 高程与水准高程之差;

H'_i —检测点的 GNSS 测量高程;

H_i —检测点的水准测量高程;

M —高程测量中误差;

n —检测点点数;

7.3.3 采用静态观测方法时, GNSS 网的数据处理应符合本规程 5.4

的技术要求。

7.3.4 采用动态观测方法时，RTK测量的数据处理应符合本规范6.5的技术要求。

7.3.5 使用已建立的高程异常模型，对实测得到的三维坐标进行转换，获得实测点的高程值。

7.3.6 GNSS高程测量工作完成后，应进行100%的内业检查和10%外业抽检。内业检查应符合本规程6.5.6条第1—3款的规定。

7.3.7 外业检测点应均匀分布于测区。可采取水准测量、光电测距三角高程测量或GNSS测量方法进行抽检。

7.3.8 采用水准或光电测距三角高程检测时应至少联测一个已知高程点。测量的技术要求应符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ8的规定，RTK测量的技术要求应符合本规程第6章的技术规定。

7.3.9 GNSS高程检测的技术要求应符合表7.3.9的规定。

表 7.3.9 GNSS 高程检测的技术要求 单位：mm

等级	四等	图根			碎部	
方法	四等及以上水准	图根水准	图根RTK	三角高程	三角高程	碎部RTK
检测较差	$\leq \pm 30\sqrt{L}$	$\leq \pm 60\sqrt{L}$	100	0.4s	$\leq \pm 150$	

注：1 L 为水准检测线路长度，以公里为单位。小于0.5km按0.5km计；

2 S 为三角高程边长，以米为单位；

3 在山区上述限差可放宽1.5倍；

4 在山区可采用四等电磁波测距三角高程检测。

7.3.10 GNSS 高程测量检测时应计算检测点的高程中误差 m_{ch} ， m_{ch} 不应超过本规程表 3.1.7 的规定。检核点高程中误差 m_{ch} 应按公式（7.3.10）计算。

$$m_{ch} = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta h_{ci}^2}{2n_c}} \quad (7.3.10)$$

式中 Δh_{ci} ——分别为检测点高程较差；
 n_c ——检测点的点数。

7.4 成果提交

7.4.1 GNSS 高程测量完成后，应提交下列成果：

- 1 技术设计书（需要时）；
- 2 起算点成果资料；
- 3 仪器鉴定资料；
- 4 外业观测原始记录文件；
- 5 控制点测量示意图；
- 6 平差计算文件；
- 7 高程异常模型及精度评定；
- 8 测量成果表；
- 9 技术总结。

附录 A 地球椭球和参考椭球的基本几何参数

项 目	地 球 椭 球	参 考 椭 球	
坐标系名 参考名称	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 α	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

附录 B 直角坐标系间相互转换的常用方法

B.0.1 直角坐标系间相互转换常用方法可包括相似变换法、多项式拟合变换模型。

B.0.2 相似变换

1 布尔莎（Bursa）7 参数空间模型

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 + \delta\mu) \cdot R_0 \cdot \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix}$$

$$R_0 = R_1(\varepsilon_X) R_2(\varepsilon_Y) R_3(\varepsilon_Z)$$

$$R_1(\varepsilon_X) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varepsilon_X & \sin \varepsilon_X \\ 0 & -\sin \varepsilon_X & \cos \varepsilon_X \end{bmatrix} \quad (\text{B.0.2-1})$$

$$R_2(\varepsilon_Y) = \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_Y & 0 & -\sin \varepsilon_Y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varepsilon_Y & \cos \varepsilon_Y & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_3(\varepsilon_Z) = \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_Z & \sin \varepsilon_Z & 0 \\ -\sin \varepsilon_Z & \cos \varepsilon_Z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

式中 X_i 、 Y_i 、 Z_i ——新坐标系坐标；

ΔX 、 ΔY 、 ΔZ ——新、旧两个坐标系坐标原点的坐标差；

$\delta\mu$ ——新、旧两个坐标系的尺度变化参数；

ε_X 、 ε_Y 、 ε_Z ——新、旧两个坐标系三维空间直角坐标变换的三个旋转角，也称欧勒角；

x_i 、 y_i 、 z_i ——旧坐标系坐标；

当 ε_x 、 ε_y 、 ε_z 为微小转角，B.0.2-1 式可化简为：

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 + \delta\mu) \cdot \begin{bmatrix} 1 & \varepsilon_z & -\varepsilon_y \\ -\varepsilon_z & 1 & \varepsilon_x \\ \varepsilon_y & -\varepsilon_x & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} \quad (\text{B.0.2-2})$$

2 4 参数平面模型

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{bmatrix} + (1 + \delta\mu) \cdot \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} \quad (\text{B.0.2-3})$$

式中 α ——新、旧两个平面直角坐标变换的旋转角；

3 3 参数空间模型

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} \quad (\text{B.0.2-4})$$

B.0.3 多项式拟合

$$\begin{aligned} dX_i &= L_{X0} + L_{X1}U + L_{X2}V + L_{X3}W + L_{X4}U^2 + L_{X5}V^2 \\ &\quad + L_{X6}W^2 + L_{X7}UV + L_{X8}UW + L_{X9}WV + \dots \\ dZ_i &= L_{Z0} + L_{Z1}U + L_{Z2}V + L_{Z3}W + L_{Z4}U^2 + L_{Z5}V^2 \\ &\quad + L_{Z6}W^2 + L_{Z7}UV + L_{Z8}UW + L_{Z9}WV + \dots \\ dY_i &= L_{Y0} + L_{Y1}U + L_{Y2}V + L_{Y3}W + L_{Y4}U^2 + L_{Y5}V^2 \\ &\quad + L_{Y6}W^2 + L_{Y7}UV + L_{Y8}UW + L_{Y9}WV + \dots \end{aligned} \quad (\text{B.0.3-1})$$

式中： $U = (X_i - X_k)$ ；

$V = (Y_i - Y_k)$ ；

$W = (Z_i - Z_k)$ ；

dX ——公共点 X 坐标分量差；

X_k, Y_k, Z_k ——参考点坐标或为大地原点坐标；

L_{X1}, L_{X2}, \dots ——多项式系数；

使用多项式拟合利用多个公共点坐标，采用最小二乘求解，公共点应分布均匀，模型不能用于外推计算，适合于低精度到高精度控制网之间转换。

附录 C 连续运行基准站点之记

基准站点之记

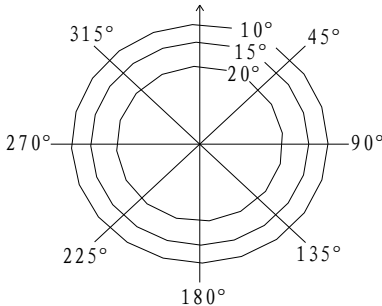
站名		编号		类级		
所在图幅				点位略图		
概略位置	B=	L=	H=	<div>N ↑</div>		
所在地						
最近住所						
供电情况						
电信情况						
选点情况				单位：m 比例尺：		
选点者		选点日期		点位环视图		
单位				<div></div>		
点位环视图说明						
埋石情况						
埋石者		埋石日期				
单位				交通路线图		
标石类型						
标石断面图				<div>N ↑</div>		
单位：m				比例尺：		

图 C.0.1 基准站点之记

附录 D 连续运行基准站观测墩埋设及规格

D.0.1 基岩观测墩的建造应符合图 D.0.1 的规定。

D.0.2 土层观测墩的建造应符合图 D.0.2 的规定。

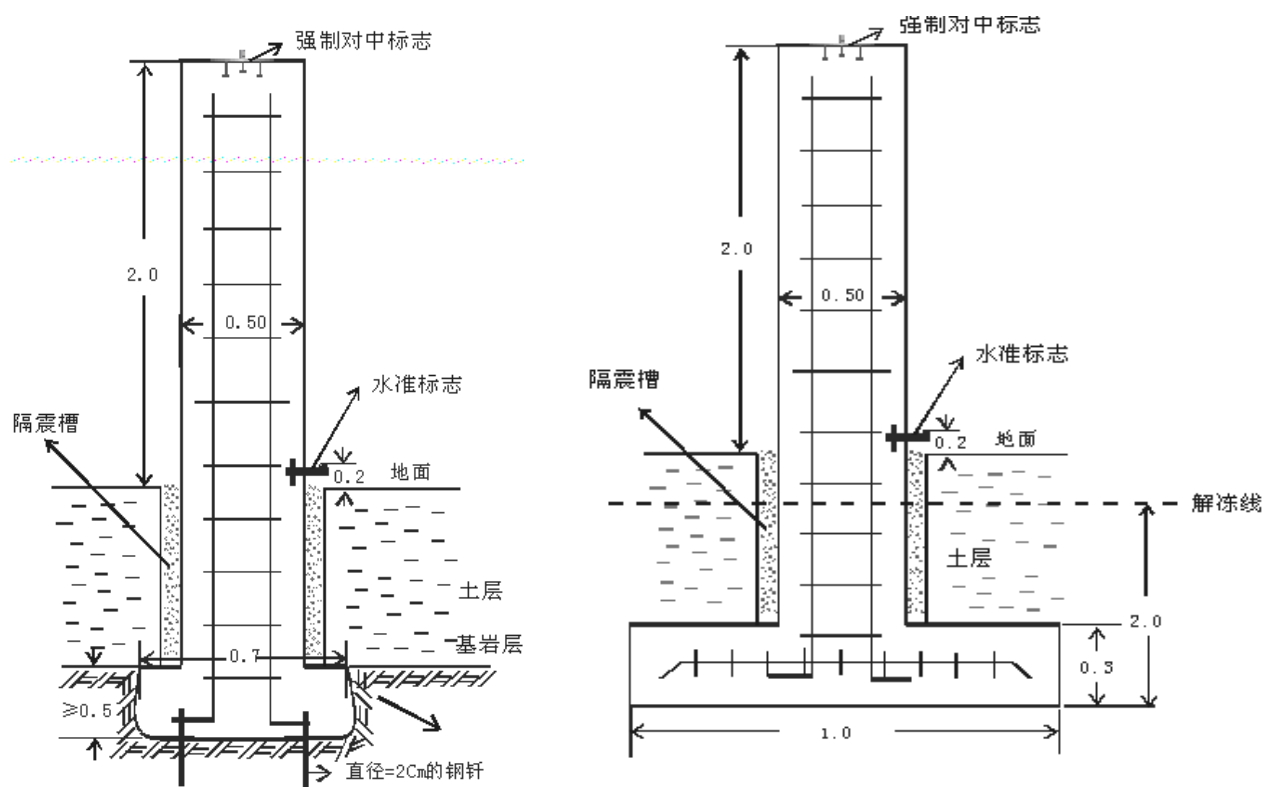


图 D.0.1 基岩观测墩 (单位: m)

D.0.2 土层观测墩 (单位: m)

D.0.3 屋顶观测墩的建造应符合图 D.0.3 的规定。

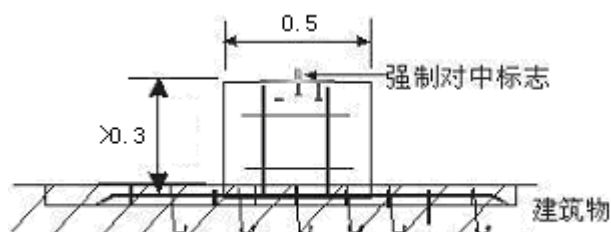


图 D.0.1 屋顶观测墩 (单位: m)

D.0.4 观测墩钢筋绑应符合图 D.0.4 的规定。

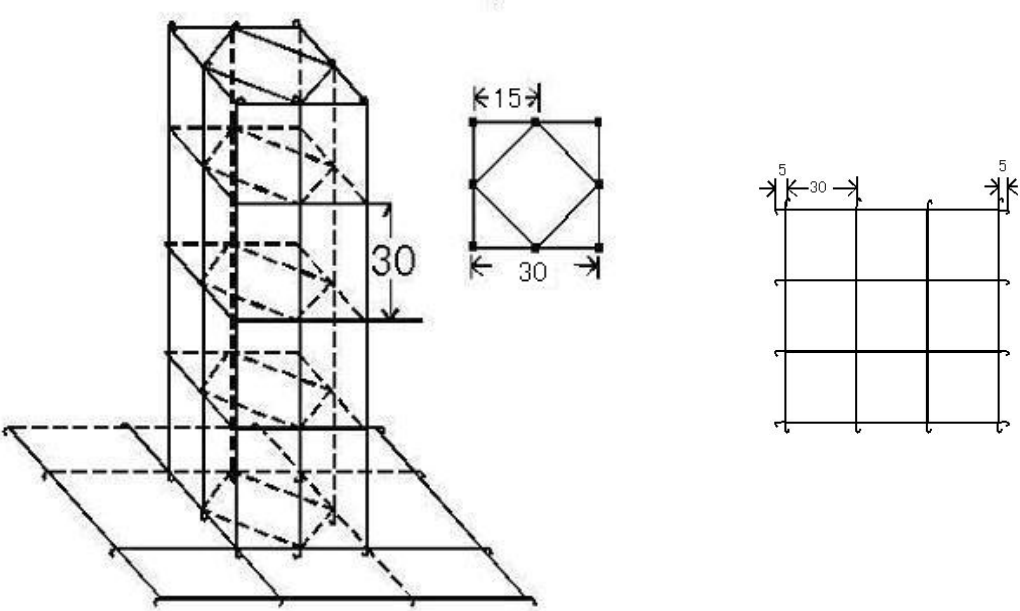


图 D.0.1 屋顶观测墩 （单位：cm）

附录 E 通信设备登记表

安装人：	日期：	年	月	日	时
安装地点：					
设备编号：					
设备代码：					
设备名称：					
设备型号：					
设备 ID 号：					
设备功率：			电压（电流）：		
设备完好性检查：					
功能描述：					
备注：					

说明：上表中，设备代码指由财政部门统一规定的固定资产编码；设备编号为由资产管理部门为了设备管理按一定规则为该设备所做的序号；设备 ID 号为设备出厂时的唯一识别号。

附录 F 系统维护日志表

时间： 年 月 日 时 分

责任人：

维护内容 维护项目	正常性监测	故障描述	故障分析处理	说明
系统软件	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常			
CORS 网络	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常			
参考站卫星解算	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常			
数据存储	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常			
参考站坐标监测	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常			
数据分发服务系统	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常			
相关硬件设备	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常			
其它				

- 1、检查系统软件工作是否正常，是否自动更新星历数据。
- 2、CORS 中各参考站通讯连接情况，通讯时延大于 30 秒以上，即为异常。
- 3、解算卫星数是否多于 5 颗（正常），检查电离层等可能影响卫星接收状况的因素。
- 4、数据存储包括各参考站自身数据存储和控制中心数据存储，检查是否有丢失历元的情况。
- 5、若坐标变化量超过规定要求时，即视为异常情况。
- 6、数据分发系统包括实时原始数据流分发和差分数据发播，有拨号服务系统的还需检查拨号服务系统。
- 7、检查工作站服务器、UPS 等硬件设备是否有报警出错信息。

附录 G GNSS 控制点的标志、标石和造埋规格

G.0.1 GNSS 控制点的标志应采用铜或不锈钢等耐腐蚀的金属材料制作，圆盘和根络可用普通金属材料，标志应同时符合高程、平面测量的要求。

G.0.2 GNSS 控制点的标志、标石和造埋规格应符合图 H.0.2-1 至图 G.0.2-7 的规定。

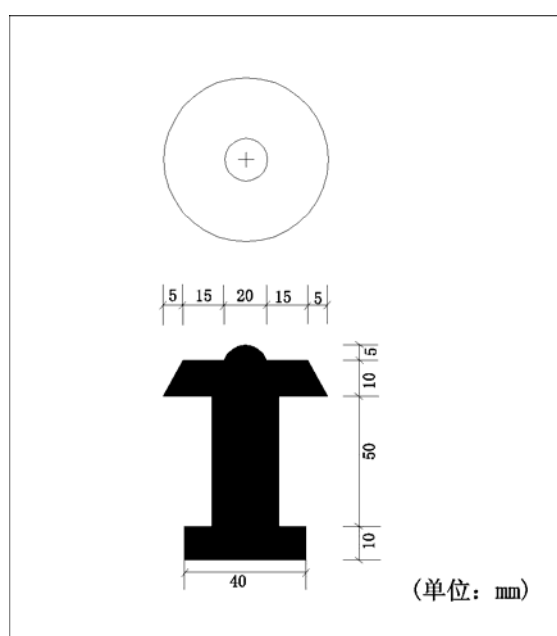


图 G. 0. 2-1 GNSS 控制点标志

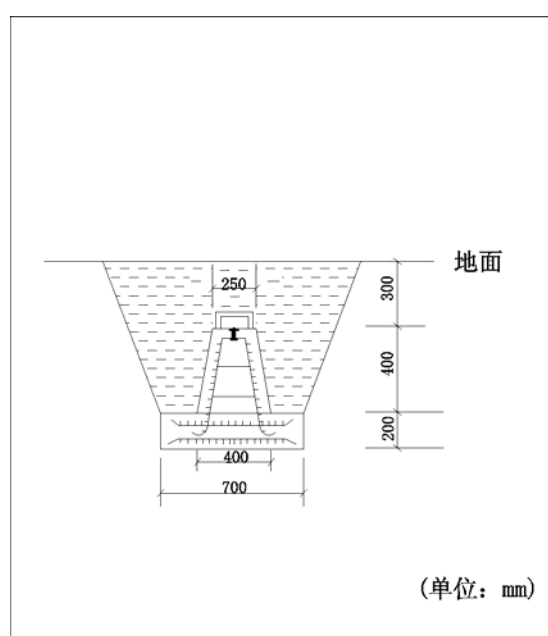


图 G. 0. 2-2 普通地面标石埋设

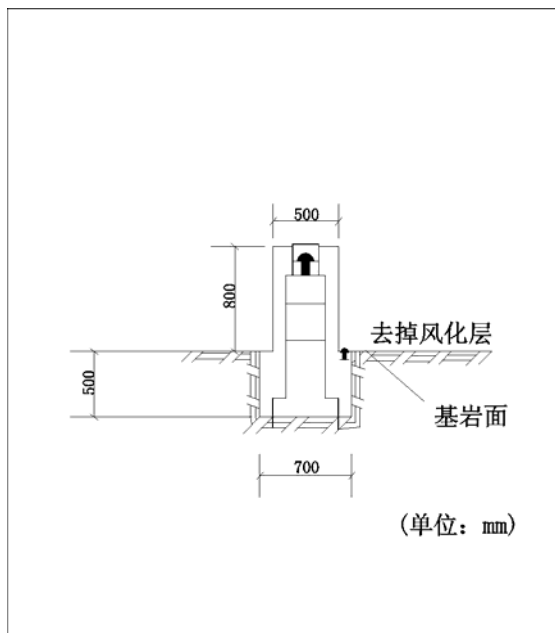


图 G. 0. 2-3 岩层墩标埋设

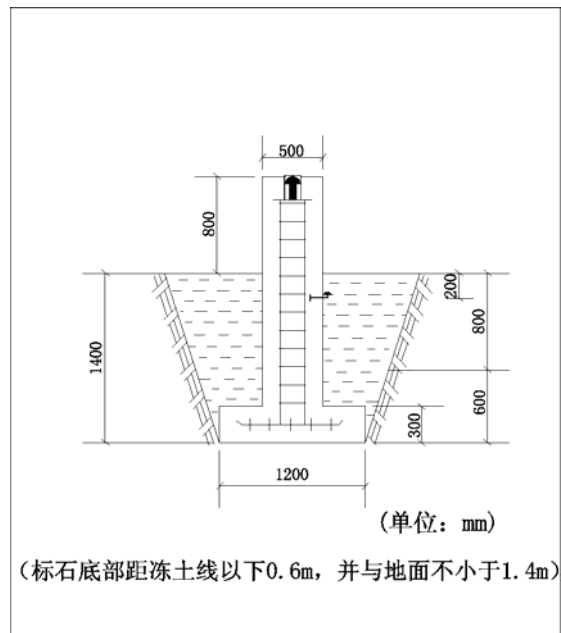


图 G. 0. 2-4 土层墩标埋设

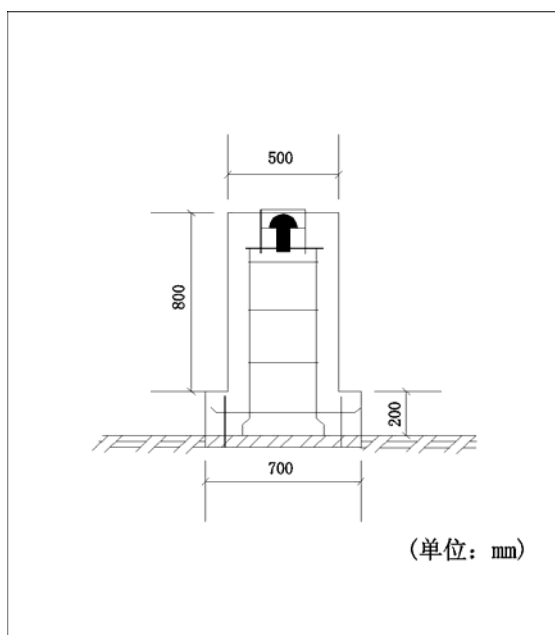


图 G. 0. 2-5 楼顶墩标埋设

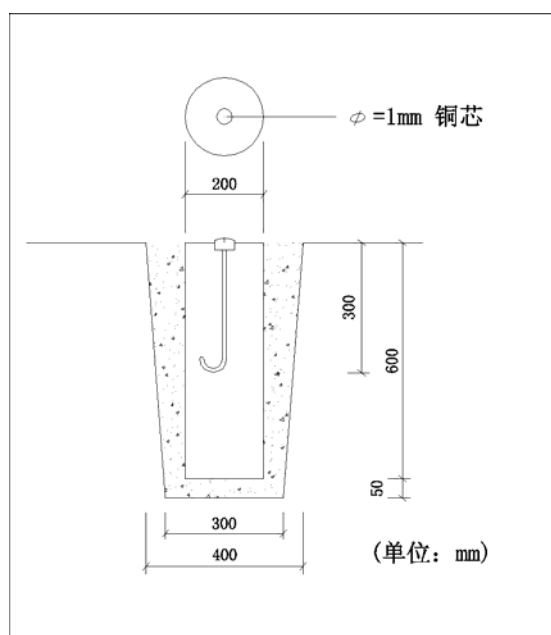


图 G. 0. 2-6 一二级控制点埋设

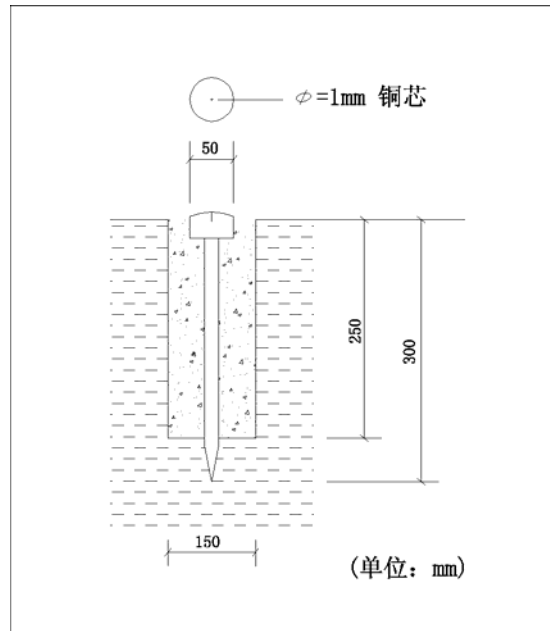


图 G. 0. 2-7 一二级控制点埋设

附录 H GNSS 控制点点之记

GNSS 控制点点之记应符合表 H 的规定

表 H GNSS 点点之记

等级		点名		点号		所在图幅	
概略经度			概略纬度			概略高程	
所在地							
标石类型				标石质料			
详细位置图				标石断面图			
点位详细说明							
交通线路图				交通情况			
接管单位						保管人	
选点者		埋石者			绘图者		
选点日期		埋石日期			绘图日期		
备注							

XXXXXXXXXXXXXX

附录 J 光学对点器的检验与校正

检验与校正的方法很多，在此仅介绍一种

J.0.1 检验的方法：

把基座置在三脚架上，整平后，用铅笔沿基座的底板四周将它的轮廓画在三脚架头上。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它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位置。如果三次读数相符，则光学对中器是正确的，否则不正确，就需进行校正工作。

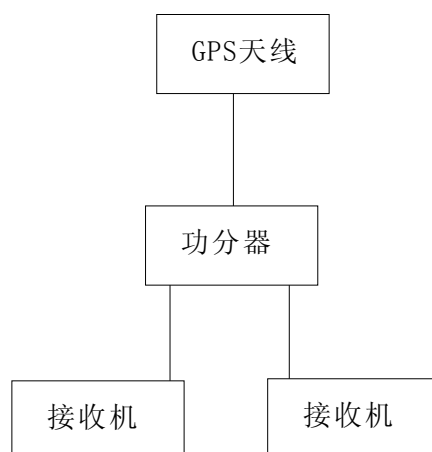
J.0.2 校正方法：

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 45° ，稍微松开其中一个，并立即上紧另一个螺丝，载拧紧锁定环，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 K 接收机内部噪声水平用零基线检验的方法

K.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、相位相同的两条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；天线相位偏移；大气传播时延误差；信号多路径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、延时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。

K.0.2 零基线测试方法



附图 L.0.2 零基线测试连接框图

- 1) 应选择周围高度角 10 度以上无障碍物的地方安放天线，按图 N.0.2 连接天线、功分器和接收机。
- 2) 连接电源，两台接收机同步接收四颗以上卫星 1-1.5 小时。
- 3) 当交换功分器和接收机接口时，应再观测一个时段。
- 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 L 天线相位中心稳定性的检验

L.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。

L.0.2 检验时可以将 GPS 接收机带天线两两配对，置于基线的两 endpoint。天线应精确对中，定向指标线指向正北，观测一个时段。然后交换接收机和天线再观测一个时段。

接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转动 90° 、 180° 、 270° ）进行同样观测。

L.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 M GNSS 外业观测手簿

GNSS 外业观测记录应符合表 M 的规定。

表 M GNSS 外业观测手簿

观 测 者	日期	年	月	日
测 站 名	测站号	时段号		
本测站为：已知点 <input type="checkbox"/>		待定点 <input type="checkbox"/>		
记录时间：北京时间 <input type="checkbox"/>		UTC <input type="checkbox"/>	区时 <input type="checkbox"/>	
开机时间：		结束时间：		
接收机号：		天线号：		
天线高：(m)				
1.	2.	3.	平均值	
备注：				

XXXXXXXXXX

附录 N GNSS 高程异常拟合的常用方法

N.0.1 GNSS高程异常拟合可根据需要选取不同的拟合方法，常用拟合方法包括等值线图解法、曲线拟合法、曲面拟合方法等。

N.0.2 GNSS高程异常等值线图解法应依据获得的离散点的坐标和高程异常的关系，根据需求依一定的比例尺展绘出高程异常等值线图，等值线的差值不应大于拟合精度的三倍。

N.0.3 GNSS高程异常曲线拟合法可分为包括多项式曲线拟合法、三次样条曲线拟合法和阿克玛（Akima）拟合法。

1 若拟合曲线不长且高程异常平缓时可用多项式曲线拟合法，并按下式计算

$$\xi(x_i) = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_3 x_i^3 + \cdots + a_n x_i^n + \cdots \quad (\text{P.0.3-1})$$

$$\xi(x_i) = H_i - h_i$$

式中 $\xi(x_i)$ ——拟合点的高程异常；

x_i ——拟合点在测线上的长度值；

a_0 、 a_1 、 a_2 、 \cdots 、 a_n 、 \cdots ——各阶拟合系数；

H_i ——拟合点的 GNSS 测量高程；

h_i ——拟合点的实测高程

V_i ——拟合点的残差；

按最小二乘原理使 $[\xi(x_i)\xi(x_i)]$ 最小，求出P.0.3-1式中的 a_0 、 a_1 、 a_2 、 \cdots 、 a_n 、 \cdots 等各系数后，可按P.0.3-1式根据测线的长度值求出测线方向上任一点的高程异常值 ξ

2 当测线过长、已知点较多时，宜采用三次样条曲线拟合法拟合，并按

下式计算

设测线的 n 个已知点, ξ_i 和 x_i (拟合坐标) 在区间 $[x_i, x_{i+1}] (i=0, 1, 2, \dots, n-1)$ 存在如下的三次样条函数关系:

$$\xi(x) = \xi(x_i) + (x - x_i)\xi(x_i, x_{i+1}) + (x - x_i)(x - x_{i+1})\xi(x, x_i, x_{i+1})$$

$$\xi(x_i, x_{i+1}) = (\xi(i+1) - \xi(i)) / (x_{i+1} - x_i)$$

$\xi(x, x_i, x_{i+1}) = 1/6[\xi''(x_i) + \xi''(x) + \xi''(x_{i+1})]$, 而 $\xi''(x_i) (i=1, 2, \dots, n-1)$ 满足系数矩阵为对称三角阵的线性方程组:

$$(x_i - x_{i-1})\xi''(x_{i-1}) + 2(x_{i+1} - x_{i-1})\xi''(x_i) + (x_{i+1} - x_i)\xi''(x_{i+1}) = 6[\xi(x_i, x_{i+1}) - \xi(x_{i-1}, x_i)]$$

$$\xi''(x_0) = \xi''(x_n) = 0$$

可以求出 $\xi''(x_i)$ 和 $\xi''(x_{i+1})$, 而 $\xi''(x) = \xi''(x_i) + (x_i - x_{i-1})\xi''(x_i, x_{i+1})$

式中, $\xi(x)$ ——拟合点的高程异常

x ——为待求点坐标

x_i, x_{i+1} ——为待求点两端已知点的坐标

$\xi(x_i, x_{i+1})$ ——为一阶差商

$\xi(x, x_i, x_{i+1})$ ——为二阶差商。

3 Akima 曲线拟合

用 Akima 法进行曲线拟合, 在两个已知点间内插时, 还需用另外两点确保曲线光滑、函数连续。

设给定 n 个不等距 GNSS 测点为 $x_0 < x_1 < \dots < x_{n-1}$, 相应的高程异常值为 $\xi_i (i=0, 1, 2, \dots, n-1)$ 。

若在子区间 $[x_k, x_{k+1}] (k=0, 1, 2, \dots, n-2)$ 上两个端点处满足以下 4 个条件:

$$\begin{cases} \xi_k = f(x_k) \\ \xi_{k+1} = f(x_{k+1}) \\ \xi'_k = g_k \\ \xi'_{k+1} = g_{k+1} \end{cases}$$

式中, g_k 、 g_{k+1} 可由 Akima 条件唯一确定。

则在区间 $[x_k, x_{k+1}]$ ($k=0,1,2,\dots,n-2$)上可以唯一地确定一个三次多项式:

$$\xi(x) = p_0 + p_1(x - x_k) + p_2(x - x_k)^2 + p_3(x - x_k)^3$$

由上式即可计算该子区间插值点 t 处的高程异常值 $\xi(x)$ 。

其中:

$\xi(x)$ ——拟合点的高程异常

x_k, x_{k+1} ——两端已知点的坐标

p_0, p_1, p_2, p_3 ——拟合系数;

N.0.4 GNSS高程异常曲面拟合方法可分平面拟合法、多项式曲面拟合法、多面函数拟合法deng。

1) 平面拟合

对于较小范围的平坦且地势平坦时,其似大地水准面可以近似看成平面。这样就可以用一个平面函数来近似拟合出似大地水准面,进而求出测点的正常高。

设已知点 i 的高程异常为 ξ_i ,平面坐标为 (x_i, y_i) ,则平面模型可表示为:

$$\xi_i = a_1 + a_2 x_i + a_3 y_i$$

式中 ξ_i ——拟合点的高程异常

a_1, a_2, a_3 ——为未知参数

求解时至少需要三个公共点,在最小二乘法的准则下,就可求得参数的

最佳估计，并进而回代得到未知点的高程异常值 ξ 。

2) 多项式曲面拟合

当测区范围较大时，应采用曲面模型来对似大地水准面进行拟合。设测点的高程异常 ξ_i 和坐标 (x_i, y_i) 之间存在如下函数关系：

$$\xi_i = f(x_i, y_i) + \varepsilon_i$$

式中， $f(x, y)$ —为空间曲面函数，

ε_i —为误差。

通常， $f(x, y)$ 可选用如下的多项式空间曲面表达式：

$$f(x, y) = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_3y^2 + b_4xy + b_5y^2 + b_6x^3 + b_7xy^2 + b_8x^2y + b_9y^3 + \dots$$
 写成距

阵形式： $\xi = \mathbf{XB} + \varepsilon$

$$\xi = \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \vdots \\ \xi_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_0 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 & x_1^2 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_n & y_n & x_n^2 & \dots \end{bmatrix}$$

对于每一个已知点，都可列出以上方程。在 $\sum \varepsilon^2 = \min$ 条件下，可解出参数 b_i ，并进而回代得到未知点的高程异常值 ξ 。根据的测区的不同情况，可在上式中选用不同的参数进行拟合。选用的参数不同，拟合出的空间曲面形式也不同。

3) 多面函数拟合

当测区地势复杂、高差较大时，似大地水准面的起伏也随之增大，单一的数学曲面不再适用。此时可采用多面函数模型进行拟合。其理论根据是：任何一个圆滑的数学表面总可以用一系列有规则的数学表面总和，以任意的

精度逼近。多面函数拟合的基本思想是：在每个插值点上，同所有的已知数据点分别建立函数关系（多面函数），通过将这些多面函数的值叠加起来，获取最佳的曲面拟合值。

设测点的高程异常 ξ_i 和坐标 (x_i, y_i) 之间存在如下函数关系：

$$\xi = f(x, y) = \sum_{i=1}^n a_i Q(x, y, x_i, y_i)$$

式中， a_i —为待定系数；

x, y —为待求点的坐标；

x_i, y_i —为已知点的坐标，

$Q(x, y, x_i, y_i)$ —为二次核函数。核函数一般可选用如下的形式：

$$Q(x, y, x_i, y_i) = [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + \delta]^{1/2}$$

其中， δ 为光滑系数，应在试算后加以确定。

当待求点数等于已知点数时，任一点 ξ_p 为：

$$\xi_p = Q_p Q^{-1} \xi = (Q_{1p}, Q_{2p}, \dots, Q_{np}) \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} & \dots & Q_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Q_{n1} & Q_{n2} & \dots & Q_{nn} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \vdots \\ \xi_n \end{bmatrix}$$

其中 $Q_{ij} = Q(x, y, x_i, y_i)$

当待求点数多于已知点数时

$$\xi_p = Q_p (Q^T Q)^{-1} Q^T \xi$$

附录 Q GNSS RTK 外业观测手簿

GNSS RTK 外业观测手簿

观 测 者	日期	年	月	日
测 站 名	测站号			
本测站为：____等控制点 ____级控制点				
记录时间：北京时间 <input type="checkbox"/> UTC <input type="checkbox"/> 区时 <input type="checkbox"/>				
开机时间：		结束时间：		
接收机号：		天线号：		
天线高：(m) 1. 2. 3. 平均值				
电台型号：		电台功率：		电台频率：
备注：				

XXXXXXXXXXXX