

卫星定位测量技术规范

上海市建筑建材业市场管理总站

上海市建筑建材业市场管理总站

上海市工程建设规范

卫星定位测量技术规范

Technical code for surveying using
satellite positioning system

DG/TJ08—2121—2013

J12362—2013

2013 上海

上海市工程建设规范

卫星定位测量技术规范

Technical code for surveying using
satellite positioning system

DG/TJ08—2121—2013

主编单位：上海市测绘院

上海市城市建设设计研究总院

批准部门：上海市城乡建设和交通委员会

施行日期：2013年7月1日

2013 上海

上海市城乡建设和交通委员会文件

沪建交[2013]351号

上海市城乡建设和交通委员会 关于批准《卫星定位测量技术规范》为 上海市工程建设规范的通知

各有关单位：

由上海市测绘院等单位主编的《卫星定位测量技术规范》，经市建设交通委科技委技术审查和我委审核，现批准为上海市工程建设规范，统一编号为 DG/TJ08—2121—2013，自 2013 年 7 月 1 日起实施。

本规范由上海市城乡建设和交通委员会负责管理、上海市测绘院负责解释。

上海市城乡建设和交通委员会

二〇一三年四月十五日

前 言

根据《上海市城乡建设和交通委员会关于印发〈2011年上海市工程建设规范和标准设计编制计划(第一批)〉的通知》(沪建交[2011]第462号)的要求,由上海市测绘院等四家单位联合组成编制组,共同制定了本规范。

规范编制组通过调查研究,总结卫星定位测量实践经验,参考有关国内标准,结合本市实际情况,在经广泛征求意见的基础上,制定本规范。

《规范》分六章和五个附录,主要内容包括:1. 总则;2. 术语符号;3. 基本规定;4. GNSS 静态测量;5. GNSS 动态测量;6. GNSS 成果转换模型。

为进一步完善规范,各单位在执行本规范过程中如有意见建议,请与上海市测绘院(地址:上海市武宁路419号,邮编:200063)联系,以供今后再次修订时参考。

主 编 单 位:上海市测绘院

上海市城市建设设计研究总院

参 编 单 位:同济大学

上海岩土工程勘察设计研究院有限公司

主要起草人:邹俊平 季善标 郭容寰 余美义 丁 美

王解先 褚平进 郭春生 李海涛 邓 斌

杨欢庆 余祖锋

主要审查人:沈云中 张晓沪 许新苗 顾顺隆 万 军

顾建祥 王智燊 赵 峰

上海市建筑建材业市场管理总站
二〇一二年十二月

目 次

1	总 则	(1)
2	术语、符号	(2)
2.1	术 语	(2)
2.2	符 号	(4)
3	基本规定	(6)
3.1	坐标系统	(6)
3.2	坐标转换	(6)
3.3	时 间	(7)
3.4	仪器设备	(7)
4	GNSS 静态测量	(8)
4.1	一般规定	(8)
4.2	选点及造标	(10)
4.3	控制网联测	(12)
4.4	数据处理	(15)
4.5	技术总结与质量检查	(18)
4.6	成果提交	(19)
5	GNSS 动态测量	(20)
5.1	一般规定	(20)
5.2	测前准备	(21)
5.3	RTD 测量	(22)
5.4	RTK 平面测量	(23)

5.5	RTK 大地高测量	(26)
5.6	数据处理与质量检验	(28)
5.7	成果提交	(29)
6	GNSS 成果转换模型	(30)
6.1	一般规定	(30)
6.2	坐标成果转换	(31)
6.3	正常高转换	(32)
附录 A	地球椭球和参考椭球的基本几何参数	(35)
附录 B	GNSS 控制点标志规格	(36)
附录 C	城市 GNSS 控制网点之记	(38)
附录 D	城市 GNSS 测量观测手簿	(39)
附录 E	城市 GNSS 测量成果表	(40)
	本规范用词说明	(41)
	引用标准名录	(42)
	附:条文说明	(43)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(4)
3	Basic requirements	(6)
3.1	Coordinates system	(6)
3.2	Coordinate transformation	(6)
3.3	Time system	(7)
3.4	Survey equipment	(7)
4	GNSS static survey	(8)
4.1	General requirement	(8)
4.2	Reconnaissance and monumentation	(10)
4.3	Control network survey	(12)
4.4	Data processing	(15)
4.5	Technical conclusion and quantity control	(18)
4.6	Results submission	(19)
5	GNSS dynamic survey	(20)
5.1	General requirement	(20)
5.2	Preparation	(21)
5.3	RTD survey	(22)
5.4	RTK plane survey	(23)

5.5	RTK Ellipsoidal height survey	(26)
5.6	Data processing and verification	(28)
5.7	Results submission	(29)
6	GNSS achievements transformation model	(30)
6.1	General requirement	(30)
6.2	Coordinate transformation	(31)
6.3	Nomal height transformation	(32)
Appendix A	Earth's ellipsoid and reference ellipsoid parameters	(35)
Appendix B	GNSS monumentation specification	(36)
Appendix C	Urban GNSS control station notes	(38)
Appendix D	Urban GNSS field book	(39)
Appendix E	Urban GNSS achievements list	(40)
	Explanation of wording in this code	(41)
	List of quoted standards	(42)
	Addition; Explanation of provisions	(43)

1 总 则

1.0.1 为统一卫星定位测量的工作原则及技术要求,推进卫星定位测量技术应用与成果共享,保障城市建设管理工作的正确实施,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于在本市利用卫星定位技术开展的各项测绘活动。包括大地测量、摄影测量与遥感、地图制图、工程测量、海洋测绘等专业领域的卫星定位测量。

1.0.3 本规范以中误差作为衡量各等级卫星定位测量精度的标准,并以两倍中误差作为测量极限误差。

1.0.4 本市卫星定位测量应积极采用新技术、新方法和新仪器。进行卫星定位测量除应符合本规范外,还应符合国家、行业现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 卫星定位测量 Surveying Using Satellite Positioning System

使用全球导航卫星定位技术建立测量控制网或测量定位等测绘活动, 又称 GNSS 测量 (Global Navigation Satellite System Survey)。

2.1.2 SHCORS 系统 ShangHai Continuously Operating Reference Station System

由多个连续运行的 GNSS 基准站及计算机网络、通信网络、软件系统等组成, 用于提供不同精度、多种方式定位服务的上海市连续运行参考站系统。

2.1.3 2000 国家大地坐标系 China Geodetic Coordinate System 2000 (CGCS2000)

采用 2000 参考椭球, 原点在地心的右手地固直角坐标系。我国自 2008 年 7 月 1 日起, 启用 2000 国家大地坐标系。

2.1.4 上海平面坐标系统 ShangHai Local Coordinate System

上海统一采用的独立高斯平面直角坐标系统。

2.1.5 吴淞高程系 WuSong Elevation System

上海统一采用的正常高系统。

2.1.6 观测时段 Observation Session

测站上开始记录卫星观测数据到停止记录的时间间隔。

2.1.7 同步观测 Simultaneous Observation

两台及以上接收机同时对共同卫星进行观测。

2.1.8 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,简称同步环。

2.1.9 异步观测环 Unsimultaneous Observation Loop

由不同时段的观测基线向量构成的闭合环,简称异步环。

2.1.10 独立基线 Independ Baseline

线性无关的一组观测基线。

2.1.11 广播星历 Broadcast Ephemeris

卫星实时发播的用来表示不同时刻卫星轨道位置的一组参数。

2.1.12 精密星历 Precise Ephemeris

利用全球或区域导航卫星跟踪站网的观测数据,经后处理确定的表示卫星在不同时刻轨道精密位置的一组参数。

2.1.13 初始化 Initial

流动站通过接收相关数据实现对所观测卫星的锁定,主要是完成其整周模糊度的解算,以获得更高定位精度。

2.1.14 RTD Real-Time Differential

利用伪距差分的实时动态定位。

2.1.15 RTK Real-Time Kinematic

利用载波相位差分的实时动态定位。

2.1.16 精密单点定位 Precise Point Positioning (PPP)

利用精密星历和精密钟差,采用精细的误差改正模型进行的单点定位。

2.1.17 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。

2.1.18 高程异常 Height Anomaly

似大地水准面相对于参考椭球面的高度。

2.1.19 IGS International GNSS Service

国际 GNSS(前 GPS)地球动力学服务。

2.1.20 GLONASS Global Navigation Satellite System

俄罗斯全球卫星导航系统。

2.1.21 GPS Global Positioning System

美国全球卫星定位系统。

2.1.22 伽利略导航系统 Galileo Positioning System

欧盟全球卫星定位系统。

2.1.23 北斗卫星导航系统 BeiDou (COMPASS) Navigation Satellite System

中国卫星导航定位系统。

2.1.24 RTCM Radio Technical Commission For Maritime Services

航海无线电技术委员会。

2.1.25 信噪比 Signal-To-Noise Ratio(S/N)

卫星正常信号与噪声的比值。

2.1.26 PDOP Position Dilution Of Precision

三维位置精度因子。

2.2 符 号

a —— 基线长度的固定误差；

b —— 基线长度的比例误差系数；

d —— 相应等级规定的平均边长；

d_s —— 复测基线的长度较差；

- $dV_{\Delta X}$ —— 基线改正数 X 方向较差；
 $dV_{\Delta Y}$ —— 基线改正数 Y 方向较差；
 $dV_{\Delta Z}$ —— 基线改正数 Z 方向较差；
 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；
 L —— 水准检测线路长度；
 m —— 控制网的测量中误差；
 m_{cs} —— 检核点位中误差；
 N —— 控制网中异步环个数；
 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；
 S —— 三角高程测量边长；
 ΔS_{ci} —— 重复测量点的平面点位较差或高程较差；
 t —— 拟合模型参数个数；
 $V_{\Delta X}$ —— 基线向量 X 方向改正数；
 $V_{\Delta Y}$ —— 基线向量 Y 方向改正数；
 $V_{\Delta Z}$ —— 基线向量 Z 方向改正数；
 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；
 W_s —— 同步环、异步环或附合线路坐标闭合差；
 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；
 σ —— 基线向量的长度中误差；
 μ —— 高程异常中误差。

3 基本规定

3.1 坐标系统

3.1.1 GNSS 测量原始观测值应采用相应导航卫星系统的坐标框架。其测量的大地坐标转换成高斯平面坐标时,坐标系统应采用上海平面坐标系统;其测量的大地高转换成正常高时,高程系统应采用吴淞高程系。

3.1.2 当 GNSS 测量要求采用 2000 国家大地坐标系、1954 北京坐标系、1980 西安坐标系、1985 国家高程基准等不同参考系统时,应进行转换。各参考系的地球椭球和参考椭球基本几何参数应符合附录 A 的规定。

3.1.3 当采用 GNSS 测量的工程项目要求使用工程坐标系统时,可根据工程地理位置和平均高程采用任意带高斯正形投影的平面直角坐标系统,投影面可采用椭球面或抵偿高程面。

3.2 坐标转换

3.2.1 GNSS 测量的大地坐标转换成上海平面坐标时,宜采用空间七参数转换模型,小面积区域可采用平面四参数转换模型。

3.2.2 GNSS 测量的大地高转换为吴淞高程时,宜采用上海似大地水准面精化模型进行高程异常改正,小面积区域可采用数学拟合方法建立高程异常模型进行改正。

3.2.3 GNSS 测量成果与 2000 国家大地坐标系、1954 北京坐标系及 1980 西安坐标系的转换应采用空间七参数转换模型。

3.2.4 GNSS 测量需要建立的工程坐标系统应根据工程区域面

积大小,采用空间七参数模型或平面四参数模型与上海平面坐标系建立坐标转换关系。

3.3 时 间

3.3.1 GNSS 测量原始观测值应采用相应导航卫星系统的系统时间记录。

3.3.2 GNSS 测量外业记录应采用北京标准时(BST)。

3.4 仪器设备

3.4.1 用于 GNSS 测量的仪器设备应经计量检验合格,并在合格有效期内使用。

3.4.2 新购置和经过维修的 GNSS 测量仪器设备应在计量检验合格后使用。

4 GNSS 静态测量

4.1 一般规定

4.1.1 GNSS 静态测量可用于建立区域高程异常模型、基准站建设、工程变形测量、布设 GNSS 控制网等。其中,GNSS 控制网包括平面控制网和高程控制网。

4.1.2 GNSS 静态测量用于建立区域高程异常模型和获取正常高时,应符合本规范第 6 章的有关规定。

4.1.3 GNSS 控制网布设应遵循从整体到局部、分级布网的原则。加密 GNSS 控制网可逐级布网、越级布网和布设同级网。对符合 GNSS 控制网布点要求的已有控制点,应利用其标石。

4.1.4 GNSS 控制网相邻点间基线长度精度应按下列公式计算:

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (4.1.4)$$

式中 σ —— 基线长度中误差(mm);

a —— 固定误差(mm);

b —— 比例误差系数(mm/km);

d —— 相应等级规定的平均边长(km)。

4.1.5 GNSS 控制网按相邻站点的平均距离和精度划分为二、三、四等及一、二、三级和图根网。各等级 GNSS 控制网的技术要求应符合表 4.1.5 的规定。二、三、四等网相邻点最小边长不宜小于平均边长的 1/2;最大边长不宜大于平均边长的 2 倍。一、二、三级和图根网相邻点最小边长不宜小于平均边长的 1/4;最大边长不宜大于平均边长的 4 倍。

表 4.1.5 GNSS 控制网的主要技术要求

等级	平均边长(km)	a (mm)	$b(1 \times 10^{-6})$	最弱边相对中误差
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	0.5	≤ 10	≤ 5	1/10000
三级	0.3	≤ 10	≤ 10	1/6000
图根	0.2	≤ 10	≤ 10	1/4000

注:1. 当边长小于 200m 时,边长中误差应小于 2cm;

2. 特殊工程控制网边长可不受限制,但必须满足相应等级的精度要求。

4.1.6 新布设 GNSS 控制网时宜采用 SHCORS 站点进行 GNSS 控制网设计。四等及以上 GNSS 控制网宜选用 SHCORS 站点作为起算点,SHCORS 提供的观测数据可作为布设各等级控制网的观测数据。

4.1.7 布设测区首级控制网时应与同等级或高等级控制网进行联测,建立转换关系,联测点数应不少于 2 个,联测点应均匀分布。

4.1.8 GNSS 控制网由一个或若干个异步观测环构成或者采用附和线路的形式构成。各等级 GNSS 控制网中每个异步环或附和线路中的边数应符合表 4.1.8 的规定。

表 4.1.8 异步环或附和线路边数的规定

等 级	二等	三等	四等	一级	二级	三级	图根
异步环或附和线路的边数(条)	≤6	≤8	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10

4.1.9 GNSS 控制网的测量中误差应满足相应等级控制网的基线精度要求,GNSS 控制网的测量中误差按下列公式计算:

$$m = \sqrt{\frac{1}{3N} \sum \frac{W_s W_s}{n}} \quad (4.1.9)$$

式中 m —— 控制网的测量中误差(mm);

N —— 控制网中异步环或附和线路个数;

n —— 异步环或附和线路的边数;

W_s —— 异步环或附和线路全长闭合差(mm)。

4.2 选点及造标

4.2.1 GNSS 控制网布设选点前应收集测区内和周边地区的相关资料,资料宜包括:

1 测区 1:500 至 1:2000 比例尺地形图;

2 测区及周边地区的控制测量资料,包括平面控制网和高程控制网成果、技术设计、技术总结、点之记等资料;

3 与测区有关的城市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、通信和地下水等资料。

4.2.2 GNSS 控制网布设应根据项目总体技术、精度要求、卫星状况、接收机类型和数量,结合测区的实际情况以及测区已有的测量资料进行综合设计,必要时还应当进行控制网优化和精度估算。

4.2.3 选点应符合下列要求:

- 1 选择交通便利,并有利于扩展和联测的地点;
- 2 视场内高度角大于 15° 的障碍物不宜超过环视图的 $1/3$;
- 3 点位附近不应有强烈干扰接收卫星信号的干扰源或强烈反射卫星信号的物体;
- 4 充分利用符合上述要求的已有控制点。

4.2.4 GNSS 控制点命名和编号应符合下列规定:

- 1 GNSS 控制点宜采用项目、道路、单位等名称加编号方式表示;
- 2 GNSS 控制点命名或编号应能反映出此点的等级标识;
- 3 利用原有旧点位时,点名不宜更改。

4.2.5 造标应符合下列要求:

1 二、三、四等 GNSS 控制点应埋设永久性测量标志,一、二、三级和图根 GNSS 控制网点可根据项目实际情况埋设临时性测量标志;

2 测量标志宜采用强制对中装置,临时控制点标志可采用预制或凿孔现场灌注混凝土埋设标志;

3 采用强制对中装置的控制点标志中心应用铜、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;采用非强制对中装置的控制点标志中心应刻有清晰、精细的十字线或圆孔。标志规格要求应符合本规范附录 B 的要求;

4 造标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 $60^{\circ}\sim 150^{\circ}$ 之间,拴距误差应小于 10cm ;对二、三、四等点不具备拴距条件的,应埋设指示标志。点之记绘制应符合本规范附录 C 的规定。

4.2.6 选点与造标结束后,应提交控制点点之记、控制点选点网图。

4.3 控制网联测

4.3.1 GNSS 控制网完成造标后,应在稳定、坚固后进行联测。对规模较大的测区,应编制作业计划。

4.3.2 GNSS 控制网应联测不少于 2 个同等级或高等级已有控制点。联测的控制点点位应符合本规范第 4.2.3 条中 GNSS 控制点的选点要求。

4.3.3 进行各等级 GNSS 测量选用的接收机应符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 GNSS 接收机的选用

等级	二等	三等	四等	一级	二级	三级	图根
接收机类型	双频及以上	单频及以上	单频及以上	单频及以上	单频及以上	单频及以上	单频及以上
标称精度	$\leq(5\text{mm} + 2 \times 10^{-6}d)$	$\leq(5\text{mm} + 2 \times 10^{-6}d)$	$\leq(10\text{mm} + 5 \times 10^{-6}d)$	$\leq(10\text{mm} + 5 \times 10^{-6}d)$	$\leq(10\text{mm} + 5 \times 10^{-6}d)$	$\leq(10\text{mm} + 10 \times 10^{-6}d)$	$\leq(10\text{mm} + 10 \times 10^{-6}d)$
同步观测接收机数	≥ 4	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3

4.3.4 各等级 GNSS 观测的技术要求应符合表 4.3.4 的规定。

表 4.3.4 GNSS 测量各等级的作业的基本技术要求

等	级	二等	三等	四等	一级	二级	三级	图根
卫星高度角($^{\circ}$)	静态	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15
	快速静态	—	—	—	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15

续表 4.3.4

等	级	二等	三等	四等	一级	二级	三级	图根
有效观测 同类卫星数	静态	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4	≥4	≥4
	快速 静态	—	—	—	≥5	≥5	≥5	≥5
时段长度(min)	静态	≥90	≥60	≥45	≥30	≥30	≥30	≥30
	快速 静态	—	—	—	≥15	≥15	≥15	≥15
数据采样间隔(s)	静态	10~30	10~30	10~30	10~30	10~30	10~30	10~30
	快速 静态	—	—	—	5~15	5~15	5~15	5~15
PDOP 值	静态							
	快速 静态	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6

4.3.5 GNSS 观测的准备工作应符合下列要求：

1 GNSS 接收设备在使用前，应检查电池的容量、内存和可存储空间，同时进行通电检验，通电检验宜符合下列要求：

- 1) 电源及工作状态指示灯工作应正常；
- 2) 按键和显示系统工作应正常；
- 3) 检验接收机锁定卫星时间及信号失锁情况。

2 GNSS 接收机天线应安置整平，定向标志宜指向正北。对于定向标志不明显的接收机天线，可预先设置定向标志；

3 GNSS 接收设备选用应符合本规范第 4.3.3 条规定，各接收机采样间隔应设置一致；

4 用三脚架安置 GNSS 接收机天线，对中误差应小于 3mm；

5 天线高的量取应精确至 1mm,测前测后各量测一次,两次较差不应大于 3mm,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 观测手簿备注栏内;GNSS 观测手簿格式应符合附录 D 的规定;

6 GNSS 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;大风天气作业时,应采取防风措施。

4.3.6 控制点上进行 GNSS 观测应符合下列要求:

1 观测过程中应逐项填写 GNSS 观测手簿中的记录项目,记录应符合本规范附录 D 的规定;

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,异常情况应记录至 GNSS 外业观测手簿异常情况记录栏内;

3 作业期间使用手机和对讲机时宜远离接收机;雷雨天气应关机停测,并卸下天线;

4 一个观测时段内不得重新启动、自测试、改变仪器高度值与测站名、改变 GNSS 天线位置、关闭文件和删除文件;

5 作业人员在作业期间不得离开仪器,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;

6 观测结束后,应检查 GNSS 外业观测手簿的内容,并进行点位保护。

4.3.7 每日观测应做好观测数据备份,对数据进行处理,原始观测记录不得涂改、转抄和追记;数据存储介质应做标识,标识信息应与记录手簿中的有关信息对应;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。

4.4 数据处理

4.4.1 GNSS 控制网布设数据处理应包括数据格式转换、基线解算、基线向量检验、平差计算等内容。

4.4.2 GNSS 观测数据应采用相关软件转换成 RINEX 标准格式文件。

4.4.3 二等 GNSS 控制网基线解算和平差应采用高精度解算软件,其他等级控制网可采用随机软件,基线解算应符合下列要求:

1 二等 GNSS 控制网应采用卫星精密星历解算基线,基线解算时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;其他等级控制网可采用卫星广播星历解算基线;

2 基线解算模式可采用多基线解算模式和单基线解算模式;

3 基线解算结果宜采用双差固定解;基线解算处理结果中应包括相对定位坐标及其方差阵、基线及其方差阵—协方差阵等平差所需的元素。

4.4.4 基线向量检验应符合下列要求:

1 复测基线的长度较差 ds 应满足下列公式的要求:

$$ds \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (4.4.4-1)$$

式中 ds —— 复测基线的长度较差(mm)。

2 GNSS 控制网中任何一个同步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差应满足下列公式的要求:

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma$$

$$\begin{aligned}
 W_z &\leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \\
 W_s &\leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma \\
 W_s &= \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2}
 \end{aligned}
 \tag{4.4.4-2}$$

式中 W_s ——环闭合差(mm)；
 n ——环中基线边的个数。

3 GNSS 控制网中任何一个异步环或附和线路各坐标分量闭合差及环线全长闭合差应满足下列公式的要求；

$$\begin{aligned}
 W_x &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\
 W_y &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\
 W_z &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\
 W_s &\leq 2\sqrt{3n}\sigma \\
 W_s &= \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2}
 \end{aligned}
 \tag{4.4.4-3}$$

式中 W_s ——环闭合差(mm)；
 n ——环中基线边的个数。

4 重复基线、同步环、异步环或附和路线中的基线超限，应舍弃基线后重新构成异步环，所含异步环基线数应符合表 4.1.8 的规定。舍弃和重测的基线应分析，并记录在数据处理报告中。

4.4.5 外业观测数据检验合格后，应按 4.1.9 条对 GNSS 控制网的观测精度进行评定。

4.4.6 GNSS 控制网平差计算应包括无约束平差、约束平差等内容。

4.4.7 无约束平差应符合下列要求：

1 基线向量检验符合要求后，应以三维基线向量及其相应方差—协方差阵作为观测信息，按固定一个点的三维坐标作为起

算依据,进行 GNSS 网的无约束平差;

2 无约束平差应提供各点的三维坐标、各基线向量及其改正数和精度信息;

3 无约束平差中,基线分量的改正数绝对值($V_{\Delta X}$ 、 $V_{\Delta Y}$ 、 $V_{\Delta Z}$)应满足下列公式的要求:

$$\begin{aligned}V_{\Delta X} &\leq 3\sigma \\V_{\Delta Y} &\leq 3\sigma \\V_{\Delta Z} &\leq 3\sigma\end{aligned}\quad (4.4.7-1)$$

式中 $V_{\Delta X}$ 、 $V_{\Delta Y}$ 、 $V_{\Delta Z}$ ——基线分量的改正数绝对值(mm)。

4.4.8 约束平差应符合下列要求:

1 二等 GNSS 控制网应选用不少于 2 个 SHCORS 站点作为起算点,其余等级可选择不少于 2 个高等级控制点或同等级控制点作为起算点,对通过无约束平差后的观测值进行三维约束平差,当只需建立平面控制网时可进行二维约束平差;

2 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。约束点间的边长相对中误差应符合表 4.1.5 中相应等级的规定;

3 约束平差中,基线分量的改正数与经过剔除粗差后的无约束平差结果的同一基线相应改正数较差的($dV_{\Delta X}$ 、 $dV_{\Delta Y}$ 、 $dV_{\Delta Z}$)应满足下列公式的要求:

$$\begin{aligned}dV_{\Delta X} &\leq 2\sigma \\dV_{\Delta Y} &\leq 2\sigma \\dV_{\Delta Z} &\leq 2\sigma\end{aligned}\quad (4.4.8-1)$$

式中 $dV_{\Delta X}$ 、 $dV_{\Delta Y}$ 、 $dV_{\Delta Z}$ ——同一基线约束平差基线分量与无约束平差基线分量的改正数较差(mm)。

4 平差坐标的最弱边相对中误差应符合表 4.1.5 中相应等级的规定。

4.4.9 平差成果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。方位角精确至 $0.1''$ ，坐标和边长精确至 1mm。

4.5 技术总结与质量检查

4.5.1 GNSS 控制网布设完成后应编写项目技术总结，其内容宜包括：

- 1 测区概况，自然地理条件等；
- 2 任务来源，施测目的和基本精度要求，测区已有成果情况；
- 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，工作量与工作日情况；
- 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 提交成果中尚存问题和需说明的其他问题；
- 7 各种附表与附图等。

4.5.2 GNSS 控制网布设的质量检查应进行 100% 内业检查和 10% 的外业抽查。

4.5.3 质量检查内容宜包括：

- 1 使用仪器的精度等级，检定记录应满足要求；
- 2 控制点布设情况，选点资料应齐全；
- 3 外业观测资料、多余观测、各项限差、技术指标等应满足

要求；

4 数据录入及起算数据的正确性,各项限差、闭合差和精度统计情况,以及观测数据的各项改正应齐全、正确；

5 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,以及提交成果的正确性和完整性；

6 技术报告内容的完整性、统计数据的准确性、结论的可靠性等。

4.6 成果提交

4.6.1 GNSS控制网布设工作结束后应进行资料整理、编目并提交成果资料。

4.6.2 提交的成果资料宜包括下列内容：

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、平差计算手簿(含电子文档)；

5 质量检查资料；

6 技术总结；

7 坐标、高程成果及成果说明等。

5 GNSS 动态测量

5.1 一般规定

5.1.1 GNSS 动态测量包括 RTK 测量、RTD 测量、精密单点定位测量等。RTK 测量和 RTD 测量可采用单基站、后处理和网络差分三种方法进行。

5.1.2 进行精密单点定位测量时,技术要求应符合现行国家或行业标准的规定。

5.1.3 GNSS 动态测量应在坐标转换模型及高程异常模型覆盖区域内进行,测量区域不应外扩。GNSS 动态测量采用的坐标转换模型或高程异常模型应符合本规范第 6 章的规定。

5.1.4 GNSS 动态测量应优先采用 SHCORS 提供的网络差分服务。在通信条件差等困难情况下,可采用单基站或后处理的模式进行测量。

5.1.5 GNSS 动态测量时,GNSS 卫星的状况应符合表 5.1.5 规定。

表 5.1.5 GNSS 卫星状况的基本要求

类别	15°以上的卫星个数	PDOP 值
RTK	≥ 5	≤ 6
RTD	≥ 5	≤ 8

注:1. 其中 15°以上的同系统卫星个数应不小于 4;

2. 当 15°以上的卫星个数小于 5 颗或 PDOP 值大于 6 时不可进行 RTK 测量。

5.1.6 利用 GNSS 动态测量测设的控制点时,应进行坐标或几

何关系检核。进行后处理动态测量时,流动站应先在静止状态下观测 10 分钟~15 分钟,然后在不丢失初始化状态的前提下进行测量。

5.1.7 GNSS 动态测量选用的接收机应符合表 5.1.7 的规定。

表 5.1.7 GNSS 动态测量接收机的选用

类 型	RTK	RTD
接收机类型	双频及以上	双频及以上
平面标称精度	$\leq(10\text{mm}+2\times 10^{-6}d)$	$\leq(10\text{mm}+10\times 10^{-6}d)$
高程标称精度	$\leq(20\text{mm}+2\times 10^{-6}d)$	$\leq(20\text{mm}+10\times 10^{-6}d)$

5.1.8 GNSS 动态测量过程中,当初始化时间超过 5 分钟仍不能获得固定解时,宜断开通信链路,重新启动 GNSS 接收机再次进行初始化。当重新启动 3 次仍不能获得固定解时,应选择其他位置进行测量。

5.2 测前准备

5.2.1 GNSS 动态测量测前准备工作包括单基站基准站架设、网络差分参数设置、坐标转换模型设置、高程异常模型设置、通电检验等内容。

5.2.2 单基站动态测量前应进行基准站架设。基准站宜选择在观测条件好、距离测区近的地方,基准站点选用应符合本规范第 4.2.3 条的要求,基准站仪器对中、天线高的量取应符合本规范第 4.3.5 条的要求,天线高的记录格式应符合附录 D 的要求。

5.2.3 单基站动态测量基准站随机软件设置应符合下列规定:

1 正确设置仪器类型、测量类型、电台类型、电台频率、天线类型、天线高量取方式、数据端口、蓝牙端口等参数;

- 2 正确设置基准站坐标、接收机天线高等参数；
 - 3 基准站的卫星截止高度角设置不低于 10° 。
- 5.2.4** 网络差分动态测量应在 SHCORS 系统服务中心进行登记、注册,并在 SHCORS 的有效服务区域内进行。
- 5.2.5** 流动站设备在使用前应进行参数设置,流动站参数设置应符合下列规定:
- 1 正确设置仪器类型、测量类型、电台类型、电台频率、天线类型、天线高量取方式、IP 地址端口、蓝牙端口、网络差分服务用户名密码等参数；
 - 2 正确设置天线高、数据单位、尺度因子、坐标转换和高程异常模型等参数。其中,经、纬度取位设置到 $0.00001''$,平面坐标和高程取位设置到 1mm,RTK 平面收敛阈值应小于 2cm、垂直收敛阈值应小于 3cm,RTD 平面收敛阈值应小于 20cm、垂直收敛阈值应小于 30cm；
 - 3 流动站的卫星截止高度角设置不低于 10° 。
- 5.2.6** GNSS 动态测量前应检查流动站电池的容量、内存和可存储空间是否充足,同时进行通电检验,通电检验应符合下列要求:
- 1 电源及工作状态指示灯工作应正常；
 - 2 按键和显示系统工作应正常；
 - 3 接收单基准站或 SHCORS 系统卫星差分改正信号应正常。

5.3 RTD 测量

5.3.1 网络 RTD 测量可不受起算点等级、流动站到单基准站间距离的限制;单基站 RTD 测量流动站距基准站的距离一般不超过 30km,海滩、浅海可适当放宽;后处理 RTD 测量流动站距基准

站的距离一般不超过 80km。

5.3.2 RTD 测量有下列情况之一时,应使用同等级(或以上)的不同控制点或复测 2 个以上测量点进行校核:

- 1 每日施工前;
- 2 单基站 RTD 搬迁至新的参考站;
- 3 物探测线等线性工程长度超过 30km 时;
- 4 基准站或流动站内的参数更新后。

5.3.3 检核点与控制点平面点位较差应小于 0.3m,大地高或使用同一高程模型转换后的正常高较差应小于 0.6m;检核点与原测点平面点位较差应小于 0.8m,大地高或使用同一高程模型转换后的正常高较差应小于 1.0m。

5.3.4 RTD 测量可采用带圆气泡的对中杆架设流动站天线进行测量,数据采集时圆气泡应稳定居中。

5.3.5 RTD 测量应在流动站数据稳定后开始观测,每点采集一组观测数据,每组采集的时间不少于 5 秒。

5.3.6 RTD 测量对所测的成果应有不少于 1%的重复抽样检查且检查点数不应少于 3 点,重复抽样检查应在临近收测时或隔日进行,且应重新进行独立初始化,重复抽样采集与初次采集平面点位较差应小于 0.8m,大地高或使用同一高程模型转换后的正常高较差应小于 1.0m。

5.4 RTK 平面测量

5.4.1 RTK 平面测量包括控制测量、碎部测量和放样测量,按精度划分为二级、三级、图根和碎部。技术要求应符合表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1 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)	初始化次数	一次初始化测量次数
二级	≥300	5	≤1/10000	四等及以上	≤15	≥2	≥2
三级	≥200	5	≤1/6000	二级及以上	≤15	≥2	≥2
图根	≥100	5	≤1/4000	二级及以上	≤10	≥2	≥2
碎部	—	0.1mm * M	—	二级及以上	≤10	≥1	≥1

注:1. 二级 GNSS 控制点布设宜采用网络 RTK 测量技术;

2. 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;
3. 困难地区相邻点间距离可缩短至表中的 2/3,边长较差应不大于 2cm;
4. M 为测图比例尺分母。

5.4.2 单基站 RTK 使用不同等级的控制点设置基准站,其起算点等级、作业半径应符合表 5.4.1 的规定,进行平面测量作业前应使用同等级(或以上)的不同控制点进行校核,平面控制测量点位误差应不大于 5cm,平面碎部测量不应大于相应等级精度要求的 2 倍;网络 RTK 进行平面测量作业前可不进行已知点校核。

5.4.3 RTK 平面控制测量应采用三角支架方式架设流动站天线进行测量,测量过程中仪器对中应符合本规范第 4.3.5 条的要求。

5.4.4 RTK 平面控制测量应在流动站持续显示固定解后开始观测,每点应独立初始化二次,每次采集二组观测数据,每组采集的时间不少于 10 秒,四组数据的平面点位较差小于 2cm 时可取其中任一组数据或平均值。

5.4.5 RTK 平面控制测量在同一测区布点不得少于 3 点,对所测的成果应有不少于 10% 的重复抽样检查且检查点数不应少于 3 点,重复抽样检查应在临近收测时或隔日进行,且应重新进行独立初始化,重复抽样采集与初次采集点位较差应小于 3cm。

5.4.6 RTK 平面控制测量成果使用前应对每个测量成果用常规方法进行边长或角度检核,技术要求应符合表 5.4.6 的规定。

表 5.4.6 RTK 平面控制点检核测量技术要求

等级	边长检核		角度检核	
	检验方法测距中误差 (mm)	边长较差	检验方法测角中误差 (")	角度较差(")
二级	15	$\leq 1/7000 * d$	≤ 8	≤ 20
三级	15	$\leq 1/5000 * d$	≤ 12	≤ 30
图根	20	$\leq 1/2500 * d$	≤ 20	≤ 60

注:1. 困难地区相邻点间边长较差应不大于 2cm;

2. d 为相邻点间距离。

5.4.7 RTK 平面碎部测量可采用带圆气泡的对中杆架设流动站天线进行测量,数据采集时圆气泡应稳定居中。

5.4.8 RTK 平面碎部测量应在流动站持续显示固定解后开始观测,每点采集一组观测数据,每组采集的时间不少于 10 秒,连续采集 20 组数据后,应重新初始化,验证一组采集数据的坐标重合差,重合差不大于相应等级精度要求的 2 倍。

5.4.9 RTK 平面放样测量宜采用三角支架方式架设流动站天线进行测量,数据采集时圆气泡应稳定居中,在流动站持续显示固定解后开始观测,每个放样点采集一组观测数据,每组采集的时间不少于 10 秒。放样点应采用几何或重复测量等方法进行外

业检核,检核限差应符合放样精度的要求。

5.5 RTK 大地高测量

5.5.1 RTK 大地高测量包括控制测量、碎部测量和放样测量,按精度划分为图根和碎部,技术要求应符合表 5.5.1 的规定。

表 5.5.1 GNSS RTK 高程测量技术要求

等级	相邻点间距离(m)	大地高较差(cm)	起算点大地高等级	流动站到单基准站间距离(km)	初始化次数	一次初始化读数次数
图根	≥ 100	≤ 3	四等及以上	≤ 10	≥ 4	≥ 2
碎部	—	—	四等及以上	≤ 10	≥ 1	≥ 1

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. 困难地区图根控制点相邻点间距离可缩短至表中的 1/2。

5.5.2 单基站 RTK 使用不同等级的控制点设置基准站,其起算点等级、作业半径应符合表 5.5.1 的规定,进行大地高测量作业前应使用同等级(或以上)的不同控制点进行校核,大地高或使用同一高程模型转换后的正常高较差应不大于 5cm;网络 RTK 进行大地高测量作业前可不进行已知点校核。

5.5.3 RTK 大地高控制测量应采用三角支架方式架设流动站天线进行测量,数据采集时圆气泡应稳定居中,测量过程中仪器对中、天线高的量取应符合本规范第 4.3.5 条的要求,天线高的记录格式应符合附录 D 的要求。

5.5.4 RTK 大地高控制测量应在流动站持续显示固定解后开始观测,每点应独立初始化四次,每次采集二组观测数据,每组采集的时间不少于 10 秒,八组数据的大地高较差小于 3cm 时取其

平均值作为最终测量的大地高成果。

5.5.5 RTK 大地高控制测量在同一测区布点不得少于 3 点,对所测的成果应有不少于 10% 的重复抽样检查且检查点数不应少于 3 点,重复抽样检查应在临近收测时或隔日进行,且应重新进行独立初始化,重复抽样采集与初次采集大地高较差应小于 5cm。

5.5.6 RTK 大地高控制测量成果使用前应对每个测量成果采用几何水准或电磁波测距三角高程等方法进行相邻点高差检核,技术要求应符合表 5.5.6 的规定。

表 5.5.6 RTK 大地高控制测量高差检核测量技术要求

检测方法	几何水准	三角高程
检测方法等级	图根及以上	图根及以上
检测较差(mm)	$\leq 40\sqrt{L}$	$\leq 40\sqrt{S}$

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,以公里为单位。小于 0.5km 按 0.5km 计。

5.5.7 RTK 大地高碎部测量可采用带圆气泡的对中杆架设流动站天线进行测量,数据采集时圆气泡应稳定居中,测量过程中仪器对中、天线高的量取应符合本规范第 4.3.5 条的要求,数据采集时正确将天线高输入流动站选项中。

5.5.8 RTK 大地高碎部测量应在流动站持续显示固定解后开始观测,每点采集一组观测数据,每组采集的时间不少于 10 秒,连续采集 20 组数据后,应重新初始化,验证一组数据的大地高较差,较差不大于 5cm。

5.5.9 RTK 大地高碎部测量用于建设工程等精度要求较高的碎部点测量时,每点应独立初始化二次,每次采集二组观测数据,

每组采集的时间不少于 10 秒,四组数据的大地高较差小于 3cm 时,取其平均值作为最终测量的大地高成果。

5.5.10 RTK 大地高放样测量宜采用三角支架方式架设流动站天线进行测量,数据采集时圆气泡应稳定居中,在流动站持续显示固定解后开始观测,每个放样点采集一组观测数据,每组采集的时间不少于 10 秒。放样点应采用几何水准或重复测量等方法进行外业检核,检核限差应符合放样精度的要求。

5.6 数据处理与质量检验

5.6.1 GNSS 动态测量数据处理与质量检验可包括数据导入、格式转换、数据输出、内业检查、外业抽检等内容。

5.6.2 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、数据处理,同时对数据采集器内存进行整理。对外业观测数据不得进行任何剔除、修改等操作。

5.6.3 数据输出内容宜包含点号、三维坐标、天线高、三维坐标精度、解的类型、数据采集时的卫星数、PDOP 值及观测时间等。

5.6.4 GNSS 动态测量成果应进行 100%的内业检查和 10%外业抽检。

5.6.5 内业数据检查应包括下列主要内容:

- 1 外业观测数据记录;
- 2 输出成果内容;
- 3 采用的坐标转换或高程异常模型参数;
- 4 观测成果的精度指标、观测值及校核点的较差;
- 5 检核结果。

5.6.6 外业检核点应均匀分布于作业区。外业检核精度评定应符合下列规定:

- 1 平面检核点应按下列公式计算检核点位中误差 m_{cs} ：

$$m_{cs} = \sqrt{\frac{\sum \Delta S_{ci}^2}{2n_c}} \quad (5.6.6-1)$$

式中 ΔS_{ci} ——重复测量的点位坐标较差；
 n_c ——重复测量的点数。

- 2 大地高检核点应按下列公式计算检核点位中误差 m_{cs} ：

$$m_{cs} = \sqrt{\frac{\sum \Delta S_{ci}^2}{n_c}} \quad (5.6.6-2)$$

式中 ΔS_{ci} ——重复测量的点位大地高较差；
 n_c ——重复测量的点数。

- 3 检核点位中误差 m_{cs} 不应超过本规范表 5.4.1 或表 5.5.1 的规定。

5.7 成果提交

5.7.1 GNSS 动态测量工作结束后应进行资料整理、编目并提交相应纸质和电子成果资料。

5.7.2 提交的成果资料宜包括：

- 1 任务或合同书、技术设计书；
- 2 外业观测数据记录文件；
- 3 单基站 GNSS 动态测量起算点成果资料；
- 4 区域坐标转换或高程异常模型相关资料与转换精度分析；
- 5 测量成果表或示意图；
- 6 质量检查资料；
- 7 技术小结或总结；
- 8 其它。

6 GNSS 成果转换模型

6.1 一般规定

6.1.1 GNSS 成果转换包括数据格式转换、坐标成果转换、正常高转换等。

6.1.2 用于共享的 GNSS 成果应转换成统一数据格式,数据格式宜符合本规范附录 E 的规定。

6.1.3 GNSS 坐标成果转换应采用空间七参数转换模型或平面四参数模型。公共点观测等级以及转换后各坐标分量残差应符合表 6.1.3 的规定。

表 6.1.3 坐标转换关系建立的主要技术要求

转换等级	公共点等级	公共点观测方式	平面坐标分量残差 (cm)	大地高分量残差 (cm)
二等	二等及以上	静态	≤ 1.5	≤ 3.0
三等	三等及以上	静态	≤ 1.5	≤ 3.0
四等	四等及以上	静态	≤ 1.5	≤ 3.0
一级	一级及以上	静态	≤ 3.0	≤ 5.0
二级	二级及以上	静态	≤ 3.0	≤ 5.0
三级	三级及以上	静态	≤ 3.0	≤ 5.0
图根	图根及以上	静态或动态	≤ 5.0	≤ 7.5
碎部	图根及以上	静态或动态	≤ 5.0	≤ 7.5

注:当采用空间七参数模型建立平面坐标转换关系时可不考虑大地高分量残差。

6.1.4 GNSS 正常高转换只可用于四等及以下的正常高转换。GNSS 正常高转换可采用似大地水准面精化模型或建立区域高程异常模型进行转换,公共点观测等级、转换残差,以及与采用同等级或高等级水准测量的高程检测较差应符合表 6.1.4 的规定。

表 6.1.4 大地高与正常高转换的主要技术要求

转换等级	公共点大地高观测等级	公共点大地高观测方式	公共点水准观测等级	公共点残差 (cm)	检测点高程较差 (cm)
四等	四等及以上	静态	四等及以上	≤3.0	≤5.0
图根	图根及以上	静态或动态	图根及以上	≤3.0	≤5.0
碎部	碎部及以上	静态或动态	碎部及以上	≤5.0	≤7.0

6.2 坐标成果转换

6.2.1 GNSS 坐标成果转换一般采用空间七参数转换模型,小面积区域可采用平面四参数转换模型。坐标成果的转换应在转换模型的覆盖范围内,不应外扩。

6.2.2 转换参数的计算应符合下列要求:

- 1 计算转换参数的控制点点位均匀分布于测区范围内及周边;
- 2 根据测区具体情况及工程应用需要选取合适的数学模型;
- 3 采用平面四参数模型计算转换参数选取的控制点应不少于 3 个,采用空间七参数模型计算转换参数选取的控制点应不少于 4 个;
- 4 计算转换参数的控制点观测等级、观测方式、转换后各坐标分量残差应符合本规范表 6.1.3 的规定。

6.2.3 GNSS 大地坐标成果与高斯平面坐标采用平面四参数模型建立坐标转换关系时,可选取测区中心任意带中央子午线进行高斯投影,在高斯平面上进行旋转、平移、缩放。采用的地球椭球和参考椭球基本几何参数应符合附录 A 的规定。

6.2.4 低等级控制点计算的转换参数不能用于高等级 GNSS 测量成果的转换。

6.2.5 采用已有的转换参数前,应在不少于 3 个已知点上进行验证,各坐标分量残差应符合本规范表 6.1.3 的规定。

6.2.6 坐标成果转换参数计算成果宜包括:

- 1 技术设计书;
- 2 控制点成果资料;
- 3 控制点各坐标分量转换残差文件;
- 4 转换参数成果表;
- 5 技术总结。

6.3 正常高转换

6.3.1 GNSS 正常高转换可采用似大地水准面精化成果,也可建立高程异常模型进行转换。上海地区大地高与吴淞高程转换宜利用上海市似大地水准面精化成果。

6.3.2 采用上海市似大地水准面精化成果网络服务进行正常高转换时,用户应在 SHCORS 系统服务中心进行登记、注册,以获得上海市似大地水准面精化成果服务的授权。

6.3.3 在地形平坦及重力异常变化平缓地区,可利用水准测量和 GNSS 测量资料,通过数学拟合方法,获取该区域的高程异常模型。

6.3.4 建立高程异常模型的拟合点布设应符合下列要求:

- 1 点位均匀分布于测区范围内及周边,并适宜进行 GNSS 观测;
- 2 点间距不宜大于 5km,计算选取的拟合点不宜少于 5 点;
- 3 收集或施测得到四等或以上水准测量成果,四等或以上 GNSS 测量成果;
- 4 选取合适的数学模型拟合。

6.3.5 高程异常模型中误差 μ 可按下列公式计算。

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum v_i v_i}{n-t}} \quad (6.3.5)$$

$$v_i = H'_i - H_i$$

式中 v_i —— 拟合点的拟合残差;

H'_i —— 拟合点的 GNSS 测量拟合高程;

H_i —— 拟合点的水准测量的高程;

μ —— 高程异常模型中误差;

n —— 参与拟合的点数;

t —— 拟合模型参数个数。

6.3.6 新建立高程异常模型的拟合点残差应符合本规范表 6.1.4 的规定。

6.3.7 新建立的高程异常模型应进行正常高转换检测。检测点宜均匀分布于测区范围,点数应不少于拟合点总数的 10% 且不少于 3 个,检测点高程较差应符合本规范表 6.1.4 中水准检测较差的要求。

6.3.8 正常高程通过 GNSS 测量的大地高减去相应位置的高程异常获得,也可通过拟合模型函数计算获得。

6.3.9 新建立高程异常模型成果宜包括:

- 1 技术设计书;

- 2 GNSS 测量成果资料；
- 3 水准测量成果资料；
- 4 拟合数学模型与拟合点残差；
- 5 高程异常模型；
- 6 技术总结。

附录 A 地球椭球和参考椭球的基本几何参数

A.0.1 地球椭球和参考椭球的基本几何参数应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 地球椭球和参考椭球的基本几何参数

类 型	地 球 椭 球		参 考 椭 球	
坐标系 参数 名称	CGCS2000	WGS84	1980 西安坐标系	1954 北京坐标系
长半轴 a (m)	6378137	6378137	6378140	6378245
短半轴 b (m)	6356752.3141	6356752.3142	6356755.2882	6356863.0188
扁率 α	1/298.257222101	1/298.257223563	1/298.257	1/298.3
第一偏心率平方 e^2	0.00669438002290	0.0066943799901413	0.00669438499959	0.006693421622966
第二偏心率平方 e'^2	0.00673949677548	0.0067394967422764	0.00673950181947	0.006738525414683

附录 B GNSS 控制点标志规格

B.0.1 GNSS 控制点的标志规格宜符合图 B.0.1-1、图 B.0.1-2 和图 B.0.1-3 的规定。

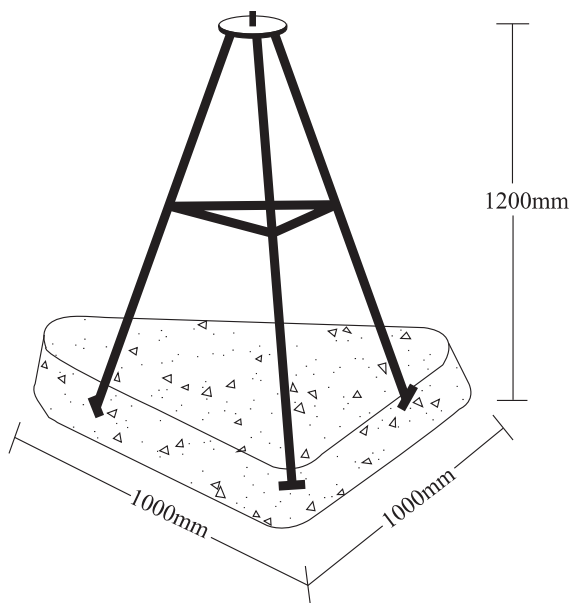
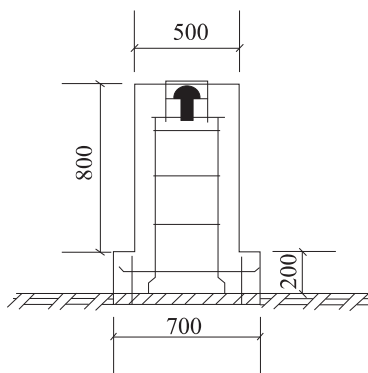
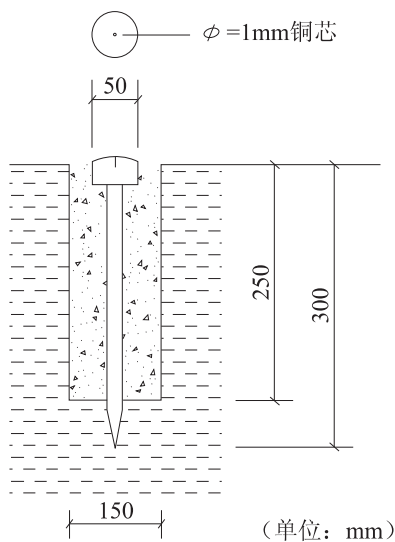


图 B.0.1-1 永久性三脚架强制归心标志



(单位: mm)

图 B. 0. 1—2 永久性砼圆柱强制归心标志



(单位: mm)

图 B. 0. 1—3 临时性标志

附录 C 城市 GNSS 控制网点之记

城市 GNSS 控制网点之记宜符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1 城市 GNSS 控制网点之记

平面等级_____ 高程等级_____ 共_____页 第_____页

标别	点 名	原点名	标志 类型	标志 质料	保护 设施	概略位置	区/县 (市)	
平面						B	埋设者	
高程						L	埋设 日期	
所在地								
详细位置图						备注		
						绘图者		
						绘图日期		

附录 D 城市 GNSS 测量观测手簿

城市 GNSS 测量记录用纸宜符合表 D.0.1 的规定。

表 D.0.1 城市 GNSS 测量观测手簿

共____页 第____页

项 目			
点 号			点 名
时段序号			观测起止 北京时间
天线高 直 <input type="checkbox"/> 斜 <input type="checkbox"/>	测前	m ·	对中方式 光 学: <input type="checkbox"/> 垂 球: <input type="checkbox"/> 强制归心: <input type="checkbox"/>
	测中	m ·	
	测后	m ·	
同步观测 点 号			仪器编号
			天线编号
异常情况记录:			

观测员: _____

日期: _____年 _____月 _____日

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况均应这样做的用词:

正面词采用“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做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

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……的规定”。

引用标准名录

- 1 《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356
- 2 《工程测量规范》GB 50026
- 3 《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314
- 4 《城市测量规范》CJJ/T 8
- 5 《建筑物变形测量规范》JGJ 8
- 6 《卫星定位城市测量技术规范》CJJ/T 73

上海市工程建设规范

卫星定位测量技术规范

DG/TJ08-2121-2013

条文说明

2013 上海

目 次

1	总 则	(45)
2	术语、符号	(47)
3	基本规定	(48)
3.1	坐标系统	(48)
3.2	坐标转换	(50)
3.4	仪器设备	(51)
4	GNSS 静态测量	(52)
4.1	一般规定	(52)
4.2	选点及造标	(55)
4.3	控制网联测	(56)
4.4	数据处理	(57)
4.5	技术总结与质量检查	(59)
4.6	成果提交	(59)
5	GNSS 动态测量	(60)
5.1	一般规定	(60)
5.2	测前准备	(61)
5.3	RTD 测量	(62)
5.4	RTK 平面测量	(62)
5.5	RTK 大地高测量	(64)
5.6	数据处理与质量检验	(65)
5.7	成果提交	(66)

6 GNSS 成果转换模型.....	(67)
6.1 一般规定	(67)
6.2 坐标成果转换	(68)
6.3 正常高转换	(69)

Contents

1	General provisions	(45)
2	Terms and symbols	(47)
3	Basic requirements	(48)
3.1	Coordinates system	(48)
3.2	Coordinate transformation	(50)
3.4	Survey equipment	(51)
4	GNSS static survey	(52)
4.1	General requirement	(52)
4.2	Reconnaissance and monumentation	(55)
4.3	Control network survey	(56)
4.4	Data processing	(57)
4.5	Technical conclusion and quantity control	(59)
4.6	Results submission	(59)
5	GNSS dynamic survey	(60)
5.1	General requirement	(60)
5.2	Preparation	(61)
5.3	RTD survey	(62)
5.4	RTK plane survey	(62)
5.5	RTK Ellipsoidal height survey	(64)
5.6	Data processing and verification	(65)
5.7	Results submission	(66)

6	GNSS achievements transformation model	(67)
6.1	General requirement	(67)
6.2	Coordinate transformation	(68)
6.3	Nomal height transformation	(69)

1 总 则

1.0.1 本条阐明了制定本规范的目的。进入 21 世纪,随着全球导航卫星定位系统的发展成熟,目前面临的形势是美国 GPS 系统和俄罗斯 GLONASS 系统的现代化、欧洲 GALILEO 系统的逐步建立,以及我国北斗系统的逐步完善。由此可见,未来导航卫星系统将进入一个新的阶段。

首先,用户将面临四大系统(GPS/GLONASS/GALILEO/北斗)近百颗导航卫星同时并存、互相兼容的局面,而它们的民用部分也将呈现彼此补充、共享的势态。其次,用户将面临多系统导航卫星信号的组合、选用和最优化问题。因此,国家和行业关于卫星测量的一些相关技术规范或标准相继制定发布或进行了重新修订。由于这些规范的制定是以全国和整个行业的通用、适宜为原则,在有些方面很难完全满足上海这样特大城市的更高要求,而上海在此方面尚无地方性规范,鉴于上述原因,有必要结合上海的实际情况制订《卫星定位测量技术规范》,以使其更好地适用并服务于上海的城市发展与经济建设需要,统一上海地区的卫星测量应用标准,提升卫星定位应用水平,推动上海地理信息产业的信息化进程。

就测量领域而言,由 GNSS 动态测量到网络差分更是扩大了其应用面。所谓网络差分技术,其实就是利用基准站的数据尽可能地准确地模拟或消除用户站处的定位误差,从而提高用户的实时定位精度,因而该技术迅速在我国得到广泛的推广。我国已建立或正在建立全国性的和覆盖各个省市的网络差分服务系统。上海于 2005 年建立了提供差分服务的上海市 GNSS 连续运行参考

站系统(SHCORS),卫星实时定位差分技术也已在上海城市建设的各行各业得到广泛应用。

上海作为国内经济、科技的领军城市,随着信息化建设速度的加快,上海的各个行业必须为应对城市规划、建设方面提出的更高要求积极做好筹谋。近年来实践表明,制定卫星定位技术的规范标准变得尤为重要,特别是在统一本市卫星定位技术在城市测量中的应用,加快推进我市信息化建设与应用,及时为城市规划、设计、施工建设和管理提供规范、标准统一、准确、适时、可靠的空间信息,保障城市规划和建设工作的正确实施等方面发挥积极的作用。

1.0.2 本条规定了本规范的适用范围。随着卫星定位技术的发展,该技术必将应用于人们生活的方方面面。然而面向大众的卫星定位位置服务因其精度要求较低,有别于测绘专业领域的高精度定位测量,本规范不予规定。对本条中未提及的其他专业领域,根据其定位精度要求,需采用静态或动态进行厘米级、毫米级或亚毫米级卫星定位测量的,可参照本规范执行。

1.0.3 本条规定了本规范的精度衡量原则。测量里通常采用最小二乘法求得的观测值改正数来计算中误差。中误差是衡量观测精度的一种数字标准,中误差的大小反映了该组观测值精度的高低。

1.0.4 本条规定了本规范对卫星定位测量采用新技术、新方法、新仪器的适用原则。本规范是上海市地方标准,直接为上海各专业提供服务与技术支撑。本规范与现行国家与行业标准紧密相关,所以本条规定,在本市开展卫星定位测量除应符合本规范外,还应符合国家与行业现行有关标准、规范的规定。

2 术语、符号

本章主要对本规范中使用的术语和符号进行了说明,以便于理解和使用。本章节各条术语和定义描述仅限于本规范涉及内容。

术语和符号主要按照卫星定位测量的特点、技术发展以及上海的实际应用进行相关的定义,如“SHCORS 系统”、“上海平面坐标系统”、“吴淞高程系”和“初始化”等。

3 基本规定

3.1 坐标系统

3.1.1 本条阐述了本市开展 GNSS 测量所采用的坐标系。坐标系是描述和测定空间或地面点位置及其运动状态的基准,同一点的位置及其运动状态在不同的坐标系中,它所表示的结果是不同的。GNSS 测量所面临的四大导航定位系统,其坐标系均有一定差异。卫星定位系统的坐标为三维空间坐标系,当需要对 GNSS 测量成果开展应用时需要将其转换成高斯平面坐标或正常高。依据《上海市测绘管理条例》的规定,上海地区采用上海平面坐标系统和吴淞高程系。

上海在上世纪六十年代,用传统光学手段按城市二等网的精度要求建立了相对独立又和 1954 北京坐标系相联系的上海平面坐标系统首级控制网,并在此基础上布设了三、四等平面控制网(加密网)。八十年代,又在部分区域采用 GPS 技术进行了加密控制网的改造。基于该平面坐标系统完成了全市各种比例尺数字地形图的生产。2004 年上海市测绘管理办公室组织了对上海首级控制网的改造,改造后的上海平面坐标系统首级控制网由 61 点组成,其中 9 点为已建成的上海 GNSS 连续运行基准站、1 点为 IGS 佘山站(SHAO),其它为原有控制网点和新布设的控制点(加密网)。覆盖范围近 7000 平方公里,网点间距为 12 公里左右。

高程系统方面,上海经过 1871 年至 1900 年的长期水文观测及水准观测,在 1900 年前后设置了吴淞零点,1921 年在张华浜建立了张华浜基点。1922 年确定采用此点为长江流域所使用的吴

淞高程基准的起始点。由于张华浜基点的稳定性问题,1922年6月在松江佘山半山坡天主堂(现中山纪念堂)右侧天然岩石坚壁上建立了佘山水准基点。后该点遭到多次破坏,经过1956年~1963年8次引测,上海市城建局测量总队(现上海市测绘院)重新推算了佘山水准基点新的平均高程。此后上海和苏南地区部分水准测量高程皆以此为准。1965年国家测绘总局在施测宁沪一等水准时,又在佘山北坡植物园内另行埋设佘山新基点,联测得佘山原基点与新基点高差,后经修正确定佘山新基点高程,并以此作为上海吴淞高程系统原点,并与长江流域其他吴淞高程系在起算基准上存在差异。

3.1.2 本条规定了不同坐标系的采用原则。我国在20世纪50~70年代的20余年中,完成了全国天文大地网施测和局部平差,建立了北京1954坐标系,同时完成全国一期一等水准网,建立了1956国家高程基准。从20世纪70年代后期至90年代末,完成了天文大地网的整体平差,建立了西安1980坐标系(或北京新1954坐标系)。在高程基准方面,完成了全国二期一等和二等水准网的施测和计算,建成了1985国家高程基准。当前,我国大部分地区还沿用参心坐标系,为了便于不同的实际应用,在附录A中列出了各个坐标系的地球椭球和参考椭球的基本几何参数供使用。2000国家大地坐标系(CGCS2000)已发布启用,并与目前国际上通用的国际地球参考框架(ITRF)保持一致,是我国现代测绘基准体系的基础框架。

3.1.3 本条规定了因特殊需要采用工程坐标系的要求。控制网要求根据控制点坐标反算的边长与实际测量的边长尽可能相符,也就是要求控制网边长归算到投影面的高程归化和高斯正形投影的距离改化总和(即长度变形)限制在2.5cm/km的数值内,才

能满足城市 1 : 500 比例尺测图和市政工程施工放样的需要。上海平面坐标系统能满足上海绝大部分区域的变形要求,然而对于某些精度要求较高的特殊工程,如磁悬浮、轨道交通等,需要建立相对独立的工程坐标系统,本条规定了建立此类工程坐标系统时采用的投影方法和投影面确定的原则。

3.2 坐标转换

3.2.1 本条规定了 GNSS 测量大地坐标与上海平面坐标的转换方法。

本条允许小面积区域采用平面四参数转换模型,一般来说,小于 $10\text{km} \times 10\text{km}$ 的区域可界定为小面积区域。

1 Bursa 七参数坐标转换模型

$$\begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -Z_s & Y_s \\ Z_s & 0 & -X_s \\ -Y_s & X_s & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \end{bmatrix} + m \begin{bmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中,3 个平移参数 $[\Delta X \quad \Delta Y \quad \Delta Z]^T$,3 个旋转参数 $[\epsilon_x \quad \epsilon_y \quad \epsilon_z]^T$ 和 1 个尺度参数 m 。

2 平面四参数转换模型

$$\begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{bmatrix} + (1+m) \begin{bmatrix} \cos\alpha - \sin\alpha \\ \sin\alpha - \cos\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_s \\ Y_s \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中,两个平移参数 $[\Delta X \quad \Delta Y]^T$,1 个旋转参数 α 和 1 个尺度参数 m 。

3.2.2 本条规定了 GNSS 测量高程转换的要求。GNSS 测量的大地高是相对于椭球面的高程,而实际应用的正常高或海拔高是相对于似大地水准面的,即需要把大地高转换为正常高。本规范

条文说明第 6 章详细阐述其相互关系。对于小于 $10\text{km} \times 10\text{km}$ 的区域可采用数学拟合方法建立高程异常模型进行改正。

3.2.3 本条规定 GNSS 成果与国家坐标框架之间的转换应采用空间七参数转换模型进行转换。GNSS 成果在上海地方的体现形式应是上海平面坐标系统和吴淞高程系。上海市测绘管理办公室负责建立上海平面坐标系与 2000 国家大地坐标系、1954 北京坐标系或 1980 西安坐标系的联系,这个坐标转换关系是基于整个上海区域,并采用空间七参数转换模型进行实现。

3.2.4 因需建立的相对独立的工程坐标系统必须与上海平面坐标系统建立转换关系。采用的模型可以是空间七参数模型或平面四参数模型,本规范条文说明第 6 章详细介绍了转换关系建立的技术要求。

3.4 仪器设备

3.4.1 GNSS 测量的仪器设备应按规定定期进行检定或校准,周期宜为一年。

3.4.2 本条所指的维修是指 GNSS 主机的维修,在检验合格有效期的 GNSS 测量仪器设备,若进行不影响观测精度的设备附件维修,如电源维修、基座维修、网络通讯维修等可不再进行计量检验。

4 GNSS 静态测量

4.1 一般规定

4.1.1 本条规定了 GNSS 静态测量的应用范围。静态测量是对两台以上 GNSS 接收机设站同步观测(不同等级控制网时段长度满足规范 4.3.4 的要求)采集的观测信息,采用后处理软件进行基线解算实现相对定位。相对于 RTK 实时动态测量,静态测量对观测时段长度和基线精度指标进行了控制,明确规定了观测基线构成闭合图形或附合于已知点的边的数量,在复测基线长度较差、附合或闭合线路闭合差、无约束平差和约束平差中基线向量改正数方面进行了规定,因此 GNSS 静态测量控制网的精度、可靠性得到了保证。目前 GNSS 静态测量技术应用于建立高程异常模型、基准站建设、工程变形测量、布设 GNSS 控制网等诸多测量领域,成为现代测量技术中不可或缺的一环。就大部分的测量工程项目而言,控制网布设是其首要面临的任务,因此,本章主要讨论 GNSS 静态测量用于 GNSS 平面控制网和高程控制网的布设。

4.1.3 本条规定了 GNSS 控制网的布设原则。相对于传统的三角网、边角网,GNSS 技术的发展,大大减少了城市控制网测量的时间和人力、物力投入,精度均匀性较传统网有明显提高,加密 GNSS 网可逐级布网、越级布网或布设同级网。为了使城市控制网有一个精度统一、均匀及使用方便的控制网,城市首级控制网应一次布设完成,点位密度应能满足一般建设发展的需要,不宜再进行全面的控制网加密。因城市规模扩大,可将首级控制网进

行局部扩展;在首级控制网的基础上根据需要进行次级网加密。布设 GNSS 网点时应充分利用满足布网要求的已有的控制点标石,利用这些标石可降低造价、稳定性能得到保证,还可以与原有的测量成果进行比较。

4.1.4 本条规定了相邻基线长度中误差计算公式。相邻点的基线长度中误差公式中的固定误差和比例误差虽与 GNSS 仪器厂家给出的精度公式中的含义相似,但这两个公式是两种类型的精度计算公式,应用上各有其特点。本条中的公式主要以相邻点的平均距离为参数计算,应用于控制网的设计和野外观测数据的检核。

4.1.5 本条规定了 GNSS 静态测量进行控制网布设的分级标准。该分级标准考虑了平面控制网向三维控制网的转变,是一个 GNSS 三维控制网的分级标准。若采用 GNSS 静态测量进行大地高的 GNSS 高程控制网布设时亦采用相同的分级标准。若想进一步得到正常高,则还需要满足高程转换中的其他相关要求。考虑到上海城市建设的特点,表 4.1.5 中各等级平均边长虽与《城市测量规范》的相应等级控制网平均边长一致,但在注中增加了“特殊工程控制网边长可不受边长限制,但必须满足相应等级的精度要求”的说明,体现了 GNSS 控制网布设的灵活性。各等级均未对边长绝对中误差提出要求,只对于小于 200m 的边长提出了小于 2cm 的要求。各等级的观测方法基本相同,技术要求有差异,所以允许越级布网,在进行数据处理时,可以先处理首级网,然后把首级网作为固定点,对次级网进行处理,也可将两级网联合进行处理,但最终处理结果等级只能达到次级网的精度。条文说明 3.1.1 中较为详细阐述了上海平面控制和高程控制网的建设过程,目前上海市 GNSS 连续运行参考站系统(SHCORS)是

上海城市坐标框架的基础,其等级优于二等,GNSS 加密控制网精度主要为三等和四等。

4.1.6 随着科技的进步,网络差分、网络 RTK 技术在国内外生产实践中已得到了广泛的应用。上海在原来 GPS 综合应用网的基础上分批改建成基于专线通讯、多基站工作方式的 SHCORS。SHCORS 在上海多个区域建设了 GNSS 连续运行参考站,覆盖上海整个陆域以及近海海域。SHCORS 具备提供 RTCM3.0、RTCM2.3、CMR 格式的差分数据服务能力,平面 RTK 精度可达 3cm,高程 RTK 精度可达 5cm。SHCORS 目前各基准站实现 24 小时无间断观测,可提供观测历元间隔最小 1 秒的静态观测数据服务。经过多年观测数据的比较分析,各基准站平面稳定性均小于 1cm/年。各等级 GNSS 网测量宜充分考虑 SHCORS 网点和观测数据的利用,利用 SHCORS 网点能为 GNSS 控制测量提供精确的起算基准,有效避免其他控制点因形变造成的精度损失,并能节省控制网联测的外业工作量。

4.1.7 基于 GNSS 控制网的特点,若采用一个已知点无法确定 GNSS 控制网与其对应的平面控制网之间的尺度关系和旋转角关系,要确定其尺度关系和旋转角关系至少需要两个已知点,这两个已知点可以只有平面坐标,也可同时具备三维坐标,只需在数据处理时分别固定平面或高程即可达到不同的处理结果。为保证首级控制网的精度,这两个联测点的精度等级应是同等级或高等级的已知点。有时为确定联测点的可靠性,常常需要联测三个或以上的此类点,但这不是必须的,可根据测区情况酌情选择,不做强制规定。

4.1.8 GNSS 观测可能受到外界因素影响而产生粗差或各种随机误差,此类误差在同步环中尤为明显。因此,本条要求由独立

基线向量构成闭合环或附和线路,并对各等级异步环或附和线路的边数进行了规定。结合公式 4.1.9 与表 4.1.5 可对 GNSS 观测成果进行评价,以保证 GNSS 测量成果的可靠性。

4.1.9 本条规定了 GNSS 控制网测量中误差的计算公式,GNSS 控制网外业观测精度的评定,应按照异步环或附和线路的实际闭合差进行统计计算。这里采用全中误差的计算方法,来衡量控制网的实际观测精度,网的全中误差不应超过基线长度中误差的理论值。结合 4.1.5 条,可实现对 GNSS 控制网是否满足相应等级控制网基线精度要求的评定。

4.2 选点及造标

4.2.1 本条所列资料不是必须的,是为图上选点和后续控制网优化收集的基础资料。GNSS 控制网的选点不受通视等要求的限制,但考虑到后续の利用,应注意相邻点之间的通视问题,同时,点位的可靠性、交通的便利性也需考虑。

4.2.2 GNSS 控制网的设计是一个综合设计的过程,首先应明确工程项目对控制网的精度要求,然后才能确定控制网或首级控制网的精度等级。最终精度等级的确定还要考虑测区现有测绘资料的精度情况、计划投入的接收机类型、标称精度和数量、定位卫星的健康状况和所能接收的卫星数量,同时还应兼顾测区的道路交通状况和避开强烈的卫星信号干扰源等。当需要评估控制网设计精度指标或项目实际需要时应当进行控制网优化和精度估算。

4.2.3 GNSS 控制点点位选择时应考虑强磁场对卫星信号的干扰和多路径效应的影响。工程控制网还应考虑常规全站仪对 GNSS 测量成果的应用,保证至少有一个通视方向。卫星高度角的限制主要是为了减弱对流层对定位精度的影响,由于随着卫星

高度的降低,对流层影响愈显著,测量误差随着增大。因此,卫星高度角一般都规定大于 15° 。

4.2.4 为利于数据成果的共享,成果代号直观、突出,GNSS 控制点点名一般应体现观测方法(如第一字母为“G”)、观测等级(如前两个字母为等级“G4”)、控制点序号(如完整控制点点名为“G4001”)等。

4.2.5 四等以上 GNSS 控制点应埋设永久测量标志,考虑到常规全站仪的使用,宜采用强制对中装置。同时考虑 GNSS 控制测量的灵活性与经济性,一级以下控制点可设置临时控制点,但应点位稳定,测量对中标识清楚、唯一。随着应用的发展,GNSS 控制点应逐步具备平面和高程的三维控制点特征,在埋设测量标志时应重点给予考虑。

4.3 控制网联测

4.3.3 利用双频或多频技术可以建立较为严密的电离层修正模型,通过改正计算,可以消除或减弱电离层折射对观测量的影响,从而获得很好的精度。对一般的 GNSS 控制网,单频接收机即能满足精度要求。实验证明,当基线边超过 8km 时,双频或多频接收机精度尤为显著。故规定二等 GNSS 控制网应采用双频及以上接收机。

4.3.4 根据 GNSS 控制网的应用特点,规定了建立四等及以上工程控制网时,需采用静态定位。为了快速求解整周模糊度,要求每次至少观测 5 颗同类卫星。观测时段的长度和数据采样间隔的限制,是为了获得足够的数量。足够的数量有利于整周模糊度的解算、周跳的探测与修复和观测精度的提高。GNSS 定位的精度因子通常包括:平面位置精度因子 HDOP,高程位置精

度因子 VDOP,空间位置精度因子 PDOP,接收机钟差精度因子 TDOP,几何精度因子 GDOP 等。普遍采用空间位置精度因子(又称图形强度因子)PDOP 值,来直观地计算并显示所观测卫星的几何分布状况。其值的大小与观测卫星在空间的几何分布变化有关。所测卫星高度角越小,分布范围越大,PDOP 值越小。实际观测中,为了减弱大气折射的影响,卫星高度角不能过低。在满足高度角的前提下,PDOP 值越小越好。为了保证观测精度,本条限定 PDOP 小于 6。

4.3.5 关于天线安置对中误差和天线高量取的规定,主要是为了减少人为误差对测量精度的影响。本条只提供了量取天线高的限差要求,由于当前 GNSS 接收机天线类型多样化,天线高量取部位各不相同,因此,观测前应明确了解接收机天线的相位中心位置和量取部位的关系,正确量取天线高并在观测手簿、基线解算软件中设置。GNSS 接收机的通电检验的目的,是为了让接收机自动搜索并锁定卫星,并对机内的广播星历进行更替,同时也是为了使机内的电子元件运转稳定。

4.3.6 GNSS 观测高度自动化,但观测员仍应在观测前掌握设备各信号灯的信息显示,注意查看观测过程中的卫星状况、存储情况、电源工作情况等,严格执行各项操作或人工记录,及时发现异常情况并采取相应措施,避免返工,观测过程中应注意仪器安全、数据安全。

4.4 数据处理

4.4.2 RINEX(Receiver Independent Exchange Format 与接收机无关的交换格式)是 GNSS 测量应用中普遍采用的标准数据格式。一般基线解算软件均支持 RINEX 格式原始观测数据的读

入,多种不同厂家的设备同步观测时应转换成 RINEX 格式。

4.4.3 本条规定了不同等级 GNSS 控制网所采用的处理软件。为提高二等网的整体精度,确保二等长基线的相对定位精度和尺度标准的准确性,尽可能地剔除各种误差源的影响,二等 GNSS 控制网应采用高精度解算软件和精密星历进行解算。其他等级 GNSS 网可采用随机软件、广播星历进行处理。多基线解算模式和单基线解算模式的主要区别是,前者顾及了同步图形中独立基线之间的误差相关性,后者没有顾及。大多数商业化软件基线解算只提供单基线解算模式,在精度上也能满足 GNSS 工程控制网的要求。因此,规定两种解算模型都是可以采用的。由于基线长度的不同,观测时间长短和获得的数据量将不同,所以解算整周模糊度的能力不同。能获得全部模糊度参数整数解的结果,称为双差固定解;只能获得双差模糊度参数实数解的结果,称为双差浮点解。基于对 GNSS 控制网质量和可靠性的要求,规定基线解算结果宜采用双差固定解。

4.4.4 重复测量的基线称为复测基线。其长度较差按照误差传播率确定,并取 2 倍中误差作为复测基线的限差。由同步观测基线组成的闭合环称为同步环。理论同步环的坐标分量闭合差应为零,但同步环中各基线不能做到完全严格同步,与基线解算软件的数据处理模型也有一定关系。因此,应对同步环进行检验。由不同时间段的观测基线向量构成的闭合环,简称异步环。异步环闭合差是衡量 GNSS 网精度的主要指标,异步环中各基线看成彼此独立,因此以误差传播律导出此公式,并取 2 倍中误差作为异步环闭合差的限差。

4.4.7 无约束平差可以评价 GNSS 网的内符合精度,评价 GNSS 网中是否有含粗差的基线,无约束平差后应输出地心三维坐标、基

线向量及改正数、精度信息。无约束平差起算点坐标可选用控制点单点定位结果或已知控制点的三维坐标。基线分量改正数绝对值限差的提出,是为了对基线观测量进行粗差检验。即基线向量各坐标分量改正数的绝对值,不应超过相应等级的基线长度中误差的3倍。超限时,认为该基线或邻近基线含有粗差。

4.4.8 约束平差是以国家或地方坐标系的某些控制点的坐标、边长和方位角作为约束条件进行平差计算。必要时,还应顾及GNSS网与地面网之间的转换参数。对已知条件的约束,可采用强制约束,也可采用加权约束。强制约束,是指所有已知条件均作为固定值参与平差计算,不需顾及起算数据的误差。加权约束,是指顾及所有或部分已知约束数据的起始误差,按其不同的精度加权约束,并在平差时进行适当的修正。因此,约束平差改正数受起算点的内部符合程度影响,计算前应保证起算数据的可靠性。约束平差可以以三维方式进行,也可进行二维约束平差。

4.5 技术总结与质量检查

4.5.1 GNSS测量从数据接收、数据处理至成果输出,自动化程度较高,技术总结对作业过程描述应全面、详细,按工艺流程为质量检查提供数据、资料。

4.5.2~4.5.3 执行《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356的要求。

4.6 成果提交

4.6.1 GNSS测量成果是需要长期保存的测绘数据,是成果使用者追溯的唯一依据,测量完成后应对所有相关资料进行整理、上交,及时归档。

5 GNSS 动态测量

5.1 一般规定

5.1.1 GNSS 动态测量涵盖 RTK 测量、RTD 测量、精密单点定位测量等,根据精密单点定位的处理方式不同划分为静态测量或动态测量均可,本规范将精密单点定位划分为动态测量。与网络 RTD、RTK 测量作业方式比较,单基站 RTD、RTK 的作业受距离制约,存在定位精度不均匀、可靠性差等缺点。

5.1.2 精密单点定位指的是利用全球若干地面跟踪站的 GPS 观测数据计算出的精密卫星轨道和卫星钟差,对单台 GNSS 接收机所采集的相位和伪距观测值进行定位解算,是 GNSS 定位方面的前沿研究方向。精密单点定位测量参照相关规范、规程,本规范不做具体规定。

5.1.3 坐标转换模型及高程异常模型与采用的控制点的自身精度及分布位置相关,且外推精度较差(相比内插精度),故使用坐标转换模型及高程异常模型适用于控制点覆盖的范围(离外围控制点连线的最大距离 $\leq 10\text{km}$),故规定测量区域不应外扩。本规范第 6 章对坐标转换模型或高程异常模型的建立和应用进行了详细的介绍。

5.1.4 上海市 GNSS 连续运行参考站系统(SHCORS)作为上海地区唯一合法的行业服务 CORS 系统,已稳定、有效运行多年,其可靠性得到实际检验,基于网络 RTK 的优点,故应首选 SH-CORS 提供的网络服务进行网络 RTD、RTK 测量。对于手机通讯信号不稳定、信号较弱和手机信号受干扰较大的区域为避免初

始化困难、易失锁的现象可采用单基站 RTD、RTK 测量或后处理动态测量的模式进行测量。

5.1.5 本条规定了 GNSS 动态测量时的 GNSS 卫星状况要求,考虑目前双星系统或多星系统所采用的数学解算模型仍然是以 GPS 卫星作为解算基础,其余星座卫星作为检核的特点,本条限定同系统(尤其是 GPS)卫星个数不少于 4 颗。

5.1.6 GNSS 动态测量的独立性决定了测点绝对精度较高,相对精度可能较差的特点,故规定进行坐标或几何关系检核。检核可采用常规仪器或者 GNSS 静态联测,或者布设一定数量的检核点进行坐标检核。

5.1.8 RTD、RTK 解算时是通过无线通信链路获取差分数据,通信条件较差或者存在未知干扰源,将导致测量初始化困难。有时这种影响是短时间的,经过重新启动 GNSS 接收机,可能会恢复正常,当重新启动 3 次仍不能获得固定解时,应选择其他位置进行测量以提高工作效率。

5.2 测前准备

5.2.2 GNSS 测量精度受卫星分布状况的影响,测前准备工作中单基站测量基准站架设应满足基准站选址的要求。本条规定可以作为单基站测量基准站的选址依据,同时避免测量过程中流动站在假锁定状态下的测量。

5.2.4 目前 SHCORS 系统覆盖整个上海陆地和近海 20km 的海域,服务区域外测量的精度和可靠性无法得到保证,因此网络差分动态测量必须在 SHCORS 的有效服务区域内进行。

5.2.5 流动站参数设置宜在室内进行。在测前准备工作中应检查流动站与 SHCORS 系统(网络差分动态测量)或基站(单基站

动态测量)的数据链通讯是否畅通。坐标转换模型设置、高程异常模型设置满足本规范第 6 章的规定。

5.3 RTD 测量

5.3.1 根据 RTD 的测量精度和应用领域特点,本条规定了 RTD 测量流动站与基准站的距离。

5.3.3 在进行大量常规 RTD 观测并统计分析后获得本条所采用的各项限差值。

5.3.5 本条所指数据稳定是指接收差分改正数数据稳定,观测结果收敛或者波动范围较小的状态,此状态下进行观测可靠性较高。

5.4 RTK 平面测量

5.4.1 根据 GNSS 测量的精度要求和 RTK 的测量特点,本规范对 RTK 平面测量的等级划分为二级、三级、图根和碎部。为确保各等级控制点的相对精度,规范制定了最小边长限制,根据城市测绘的特点,规范对于通视困难地区,对相邻点间距离可缩短至表中 2/3,但应使用常规方法检测边长,使两者之间的边长较差不大于 2cm,以满足常规测量对控制点几何条件的要求。针对单基站 RTK 的特点,单基站 RTK 测量误差的空间相关性随参考站和移动站距离的增加而逐渐失去线性,因此在较长距离下(单频 > 10km,双频 > 30km),经过差分处理后的用户数据仍然含有很大的观测误差。为保证各等级精度,本条对可进行单基站 RTK 测量的等级所采用的起算点等级和作业半径进行了限制。表中“一次初始化测量次数”指 RTK 测量中初始化完成锁定后点位数据测量的次数。“初始化次数”指完成“一次初始化测量”的数量。

随着 GNSS 设备的发展,上述规定比较容易实现,且对实际生产干扰较小。同时鉴于碎部测量的特性,故上述两项指标均取 ≥ 1 ,以保证生产效率。

5.4.2 静态 GNSS 控制网测量可以通过基线精度、重复基线差及环闭合差等对成果进行检验;单基站 RTK 测量每个测设点都是相互独立的,点与点之间没有直接关系,只与架设基准站的已知点密切相关,对于因意外产生的粗差无法发现。因此,为提高单基站 RTK 测量的可靠性,保证仪器各种设置正确,测量过程中应选择一定数量的已知坐标点进行测量校核,以检查设备的可靠性以及已知点的准确性。本条规定作业前应在测区内或周边至少校核一个已知点,并记录和计算校核结果。控制点校核误差,依据新布设的控制点相对于上一级控制点的点位误差不应超过 5cm;碎部点校核较差,依据不同比例尺地形图的要求来制定。

5.4.3 RTK 测量中,对中误差、流动站稳定性直接影响测量精度,二、三、图根级平面控制测量需考虑下一级使用的需求,规定 RTK 测量用于二、三、图根级平面控制测量时应采用三脚架固定。碎部测量可采用带对中气泡的对中杆进行测量。

5.4.4 平面点位较差指平面坐标重合差。基于 RTK 测量的独立性,且统计试验 RTK 测量的平面点位中误差优于 $\pm 3\text{cm}$,坐标分量优于 $\pm 2.1\text{cm}$ (卫星定位城市测量技术规范 6.3.8),故本条规定当坐标较差小于 $\pm 2\text{cm}$ 时,可取其中任一组数据或平均值作为最终成果。

5.4.5 本条重复抽样检查指实施平面测量的作业人员采用相同的方法对已完成的测量点位进行检查。大量研究表明,RTK 测量作业成果的可靠性只有 95%~99%,所以在 RTK 测量作业过程中不可避免地存在着粗差,只有通过事后剔除的方法来提高

RTK 测量作业的可靠性。小型项目应在所有平面测量完成后进行,大型项目的重复抽样应在抽样前进行专项设计。抽样点应均匀分布测区,涵盖测区边缘点。本条规定依据《城市测量规范》CJJ 8 中检测限差可在原精度要求上放宽 $\sqrt{2}$ 倍规定,按照统计试验 RTK 测量的平面点位中误差优于 $\pm 3\text{cm}$,所以点位检核较差放大 $\sqrt{2}$ 倍后即 $\pm 4.3\text{cm}$,即平面点位较差不得大于 $\pm 3\text{cm}$ 。

5.4.6 重复抽样不能替代常规方法或 GNSS 静态(快速静态)联测等手段进行的几何关系、相邻关系的检测。本条规定了采用常规方法进行边长或角度检核的技术要求。鉴于常规方法的多样性和目前仪器设备精度几乎均高于 5 秒,只对检测方法的测距中误差进行限定,角度检核采用 5 秒以上仪器。采用常规方法进行边长或角度检核一般在完成 RTK 测量后或在控制点使用前进行。

5.4.8 由于 RTK 浮点解定位精度无法满足常规测量的要求,故规定测量应在流动站持续显示固定解后开始。本条所指坐标重合差是指北方向和东方向坐标分量平方和的平方根之差。考虑水上测量的效率和精度要求,采用 RTK 进行水上平面碎部测量时可不受本条限制。

5.4.9 放样检核限差需根据工程项目的具体要求或依据《城市测量规范》CJJ 8 中相关规定。

5.5 RTK 大地高测量

5.5.1 本条对 RTK 用于大地高测量的等级划分为图根和碎部两级。顾及 RTK 测量点间具有独立性、大地高精度、高程异常模型的一般精度,结合实际经验,故本规范规定 RTK 大地高控制测量最高等级为图根级。若要进行大地高和正常高的转换还需要

满足本规范第 6 章中关于高程异常模型建立和应用的相关要求。同样,针对单基站 RTK 的特点,本条限定了采用单基站 RTK 进行大地高测量所采用的起算点等级和作业半径。

5.5.6 为确保大地高测量精度,对每个测量成果采用相对成熟的几何水准或三角高程等方法进行高差检核可以为选取合适的拟合模型提供支持,故本规范做出上述规定。图根高程控制必须考虑下一级高程测量的需要,为稳妥起见,表 5.5.6 几何水准检测限差按照图根水准闭合差或符合差制定。三角高程检测限差参照《城市测量规范》CJJ 8。

5.5.8 考虑水上测量的效率和精度要求,采用 RTK 进行水上高程碎部测量时可不受本条限制。

5.5.9 本条所指用于建设工程的高程测量,主要包括:±0 检测、结构到顶检测以及建设工程竣工规划验收测量项目中的建设基地高程测量、建(构)筑物层高或高度测量规划建设工程相对周边地形、地物有特指的高程或高度控制要求时不能采用 RTK 技术进行上述作业。也可适当增加观测时间、增加独立初始化次数等提高大地高的精度。

5.5.10 放样检核限差需根据工程项目的具体要求或依据《城市测量规范》CJJ 8 中相关规定。

5.6 数据处理与质量检验

5.6.2 GNSS 动态测量仪器一般内存有限,原始观测数据要求归档保存,作为电子介质,受损的因素较多,故要求观测数据及时下载和备份。原始观测数据备份不得进行修改和删除操作,是为了保持观测数据的真实状况。

5.6.3 本条规定是对观测结果进行质量检验做出的规定,通过

输出规定的内容,可以全面了解 GNSS 动态测量时的各种信息,便于测量成果的取舍。

5.6.4 GNSS 动态测量时,点位观测坐标和高程通常出现厘米级或分米级的波动,GNSS 动态成果的 95%~99%置信区间,不排除存在粗差的可能性,故作出该规定。

5.6.6 外业检核点应均匀分布测区,覆盖边缘区域,当测区较大,分区转换和拟合时,应在重叠区域布设一定数量的检核点。单基站 RTD、RTK 检核宜更换基站检核。已知点比较法:用 RTD、RTK 测出已知控制点的坐标进行比较检核,发现问题即采取相应措施予以改正。重测比较法:每次初始化成功后,先重测部分已测过的 RTD、RTK 测量点,确认无误后可进行 RTD、RTK 测量。常规测量方法:用常规仪器对 RTD、RTK 测量的点进行边长、角度检核,使其满足相应几何条件,并对检核点的平面坐标进行精度统计。

5.7 成果提交

5.7.1 提交的各项成果资料根据项目特性确定,本条只规定基本的内容,可根据实际情况增减。

6 GNSS 成果转换

6.1 一般规定

6.1.1 本条界定了本规范所指的 GNSS 成果转换包含的内容,无论采用何种导航卫星定位系统,GNSS 测量所获得的测量成果都是基于地心的,可表示为大地经纬度与大地高,同时,由于所采用 GNSS 接收机设备的差异性,不同 GNSS 接收机输出的 GNSS 成果在数据格式等方面还存在一定差异。为此,为促进 GNSS 成果的共享,同时将 GNSS 测量的大地经纬度和大地高转换成一般工程项目中使用的高斯平面坐标和正常高,本章将就 GNSS 成果数据格式转换、坐标成果转换(大地经纬度到高斯平面)、正常高转换(大地高到正常高)的内容进行规定。其余的 GNSS 成果转换,本章不涉及。

6.1.2 附录 E 设计了用于 GNSS 成果共享的统一数据格式。

6.1.3 本条规定了 GNSS 坐标成果转换所采用的转换模型和技术要求。一个是适用于较小区域的平面四参数模型,这个模型在转换过程中将丢弃大地高成果,不利于大地高与正常高的转换。另一个适用于较大区域的空间七参数转换模型,空间七参数转换模型是一个三维的转换模型,可保持 GNSS 测量的大地高成果,然而由于目前大多控制网点的已知成果大地高的精度都较低,所以空间七参数模型也主要应用于平面坐标的转换。理论证明转换点大地高的准确性对空间七参数转换模型的平面坐标的转换精度的影响很小,可不需要考虑。一般来说,我们求取转换参数主要分为三步,第一步根据等级要求和观测条件限制,通过观测

或收集资料获取转换点的源坐标和目标坐标,第二步选取坐标转换模型并求取参数,第三步计算转换参数和转换点各坐标分量残差,同时对转换参数进行验证。

6.1.4 本条规定了正常高转换的技术要求。本条所指的高程异常模型主要是未顾及重力模型的数学拟合的高程异常模型。似大地水准面精化模型与一般高程异常模型最大的区别就是顾及了重力场的影响。鉴于目前的技术水平,GNSS正常高转换(大地高转换正常高)只可用于四等及以下的正常高转换,并且对转换前的大地高精度、模型精度、正常高精度以及最终的水准检测精度都作了详细规定。

6.2 坐标成果转换

6.2.1 空间七参数转换模型和平面四参数转换模型参见本规范条文说明第3章。对于小面积区域的界定一般指不大于 $10\text{km} \times 10\text{km}$ 的区域。对于线形工程(南北或东西)的转换模型一般采用空间七参数转换模型。

6.2.2 本条说明了转换参数的计算过程和技术要求。其中转换参数的计算平面四参数模型控制点不少于3点,空间七参数模型控制点不少于4点,采用最小二乘法求取转换参数。

6.2.3 高斯投影请参照本规范条文说明第3章。在进行高斯投影时需要特别注意大地坐标成果与椭球的对应关系。在满足控制网边长归算到投影面的高程归化和高斯正形投影的距离改化总和(即长度变形)限制在 $2.5\text{cm}/\text{km}$ 的要求下,可选择任意带中央子午线进行高斯投影,一般建议采用通过测区中央的经线作为中央子午线。

6.3 正常高转换

6.3.1 高程系统中最常用的有正高系统(以大地水准面作为参考基准面)和正常高系统(以似大地水准面为参考基准面),我国使用的高程系统是正常高系统。采用 GNSS 测量测定地面点的高程是以地心坐标的地球椭球面为基准的大地高 H ,大地水准面和似大地水准面相对于地球椭球面有一个高度差,分别称为大地水准面差距 N 和高程异常 ζ 。大地高 H 、正高 H_g 和正常高 H_r 之间存在以下高程关系:

$$H = H_g + N \quad (3)$$

$$H = H_r + \zeta \quad (4)$$

如果能够比较精确地确定地面点的高程异常,则可利用上述公式由大地高精确计算地面点的正常高。确定地面点高程异常的方法主要有:大地水准面模型法、重力测量法、区域几何内插法、转换参数法等。上海地区正常高的转换可采用上海市似大地水准面精化成果,也可建立高程异常模型进行转换。

上海市似大地水准面精化成果(2.5'×2.5'格网数据),为国家测绘局基础测绘项目《华东、华中区域大地水准面精化》成果的一部分,成果范围:北纬 32°00'~30°30',东经 120°30'~122°30',精度达 0.024m。

6.3.3 本条规定了可通过数学拟合方法建立高程异常模型。GNSS 高程异常数学拟合方法主要包括曲线拟合和曲面拟合。GNSS 高程控制网布设成线状或带状时,可采用曲线拟合,曲线拟合法可包括多项式曲线拟合、三次样条曲线拟合和 Akima 拟合;测区面积小、地形较为平坦、重力梯度分布平缓时,高程异常模型可采用曲面拟合,曲面拟合法可分平面拟合法、多项式曲面拟合

法、多面函数拟合法等。

6.3.4 本条规定了建立高程异常模型的技术要求。参与计算的拟合点均要求四等或以上等级的 GNSS 测量和水准成果。区域高程异常模型均有一定的覆盖范围。拟合高程异常模型时应确保拟合点分布均匀并覆盖整个测区,在进行正常高转换时只需进行内插计算,不能外推,以确保 GNSS 高程点精度。

6.3.5 GNSS 高程拟合的各种模型都各有其优势与缺陷,有一定的适用范围,且不同拟合模型可能对高程异常模型的影响差异较大,关键在于模型函数能否最佳地表达出整个区域的高程异常变化。因此新建立的 GNSS 高程异常模型应进行模型的精度评定。一般来说,只有检测点大于 20 个时才具有统计意义,才能较好地检验高程异常模型的实际精度。