

UDC

中华人民共和国行业标准

CJJ

CJJ/T 73-2019

备案号 J 990-2019

P

卫星定位城市测量技术标准

卫星定位城市测量技术标准

Technical standard for urban surveying using
satellite positioning system

2019-04-19 发布

2019-11-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中国
建
筑
工
业
出
版
社



统一书号: 15112 · 34335
定 价: 38.00 元



1 5 1 1 2 3 4 3 3 5

中华人民共和国行业标准

卫星定位城市测量技术标准

Technical standard for urban surveying using
satellite positioning system

CJJ/T 73 - 2019

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2 0 1 9 年 1 1 月 0 1 日

中国建筑工业出版社

2019 北 京

中华人民共和国行业标准
卫星定位城市测量技术标准
Technical standard for urban surveying using
satellite positioning system
CJJ/T 73 - 2019

中国建筑工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路9号）
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
天津安泰印刷有限公司印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：5½ 字数：134千字
2019年11月第一版 2019年11月第一次印刷

定价：38.00元
统一书号：15112·34335
版权所有 翻印必究
如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）
本社网址：http://www.cabp.com.cn
网上书店：http://www.china-building.com.cn

中华人民共和国住房和城乡建设部 公告

2019年 第92号

住房和城乡建设部关于发布行业标准 《卫星定位城市测量技术标准》的公告

现批准《卫星定位城市测量技术标准》为行业标准，编号为CJJ/T 73-2019，自2019年11月1日起实施。原行业标准《卫星定位城市测量技术规范》CJJ/T 73-2010同时废止。

本标准在住房和城乡建设部门户网站（www.mohurd.gov.cn）公开，并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
2019年4月19日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2016年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标函[2015]274号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制了本标准。

本标准的主要技术内容是:1.总则;2.术语、符号和代号;3.基本规定;4.城市连续运行基准站系统建设;5.城市全球导航卫星系统网建设;6.城市全球导航卫星系统实时动态测量;7.城市全球导航卫星系统高程测量。

本标准修订的主要技术内容是:1.将原坐标系统和时间合并为第3.1节空间基准和时间系统;将原各章中的精度要求统一整合为第3.2节精度要求;2.增加了第3.3节技术设计及实施和第3.4节质量检验及成果管理;3.第4章增加了第4.11节系统产品和技术服务;4.第5章增加了第5.3节仪器设备和第5.5节虚拟测量;5.将原规范第7章第7.2节技术要求调整为第7.2节高程异常模型建立和第7.3节高程测量。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,由北京市测绘设计研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送至北京市测绘设计研究院(地址:北京市海淀区羊坊店路15号,邮政编码:100038)。

本标准主编单位:北京市测绘设计研究院

本标准参编单位:武汉大学

重庆市勘测院

广州市城市规划勘测设计研究院

天津市测绘院

上海市测绘院

武汉市测绘研究院

浙江省测绘大队

宁波市测绘设计研究院

沈阳市勘察测绘研究院

四川省第一测绘工程院

福州市勘测院

昆明市测绘研究院

青岛市勘察测绘研究院

深圳市地籍测绘大队

北京市信息资源管理中心

城市空间信息工程北京市重点实验室

本标准主要起草人员:陈品祥 张凤录 刘 晖 朱照荣
谢征海 祁 芳 张志全 余美义
严小平 项谦和 张旭东 邵 贺
陈现春 陈瑞霖 张君华 张九宴
刘韶军 邱 蕾 聂志锋 林 鸿
张 晰

本标准主要审查人员:党亚民 张全德 王双龙 白征东
翁克勤 黄恩兴 张 鹏 张 坤
胡亚明 郭忠志

目 次

1 总则	1
2 术语、符号和代号	2
2.1 术语	2
2.2 符号和代号	4
3 基本规定	8
3.1 空间基准和时间系统	8
3.2 精度要求	9
3.3 技术设计及实施	11
3.4 质量检验及成果管理	12
4 城市连续运行基准站系统建设	14
4.1 一般规定	14
4.2 连续运行基准站网设计	15
4.3 连续运行基准站建设	16
4.4 通信网络建设	19
4.5 管理中心建设	20
4.6 服务中心建设	21
4.7 坐标联测及数据处理	22
4.8 连续运行基准站系统测试	23
4.9 成果提交	26
4.10 系统维护	28
4.11 系统产品和服务	29
5 城市全球导航卫星系统网建设	32
5.1 一般规定	32
5.2 选点及埋石	33
5.3 仪器设备	35
5.4 静态测量	37

5.5 虚拟测量	39
5.6 数据处理	40
5.7 质量检查与成果提交	43
6 城市全球导航卫星系统实时动态测量	45
6.1 一般规定	45
6.2 仪器设备	46
6.3 网络实时动态测量	46
6.4 单基准站实时动态测量	49
6.5 数据处理与检验	50
6.6 成果提交	51
7 城市全球导航卫星系统高程测量	52
7.1 一般规定	52
7.2 高程异常模型建立	52
7.3 高程测量	54
7.4 数据处理与检验	55
7.5 成果提交	56
附录 A 地球椭球和参考椭球的基本几何参数	57
附录 B 连续运行基准站点之记	58
附录 C 连续运行基准站观测墩埋设及规格	59
附录 D 设备登记表	63
附录 E 系统维护记录	64
附录 F 全球导航卫星系统控制点的标志、标石和 造埋规格	65
附录 G 全球导航卫星系统控制点之记	71
附录 H 全球导航卫星系统外业观测手簿	72
附录 J 全球导航卫星系统实时动态测量基准站 外业观测手簿	73
本标准用词说明	74
引用标准名录	75
附：条文说明	77

Contents

1	General Provisions	1
2	Term, Symbols and Codes	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols and Codes	4
3	Basic Requirements	8
3.1	Spatial Datum and Time System	8
3.2	Precision Requirement	9
3.3	Technical Design and Implementation	11
3.4	Quality Inspection and Results Management	12
4	Urban CORS System Design	14
4.1	General Requirements	14
4.2	CORS Network Construction	15
4.3	CORS Station Construction	16
4.4	Communication Network Construction	19
4.5	Control System Construction	20
4.6	Service Center Construction	21
4.7	Coordinates Survey and Data Processing	22
4.8	CORS System Testing	23
4.9	Results Submission	26
4.10	System Sustention	28
4.11	System Product and Technical Service	29
5	Urban GNSS Control Network Construction	32
5.1	General Requirements	32
5.2	Reconnaissance and Monumentation	33
5.3	Survey Equipment	35
5.4	Static Survey	37

5.5	Virtual Survey	39
5.6	Data Processing	40
5.7	Quantity Check and Results Submission	43
6	Urban GNSS RTK Survey	45
6.1	General Requirements	45
6.2	Survey Equipment	46
6.3	Network RTK Survey	46
6.4	Single Station RTK Survey	49
6.5	Data Processing and Verification	50
6.6	Results Submission	51
7	Urban GNSS Height Survey	52
7.1	General Requirements	52
7.2	Height Anomaly Model Establishment	52
7.3	Height Survey	54
7.4	Data Processing and Verification	55
7.5	Results Submission	56
Appendix A	Earth's Ellipsoid and Reference Ellipsoid Parameters	57
Appendix B	CORS Station Notes	58
Appendix C	CORS Monumentation and Specification	59
Appendix D	Equipment Registration Form	63
Appendix E	System Sustention Log Sheet	64
Appendix F	GNSS Monumentation Specification	65
Appendix G	GNSS Control Station Notes	71
Appendix H	GNSS Field Book	72
Appendix J	Field Book of GNSS RTK Reference Station	73
Explanation of Wording in This standard		74
List of quoted Standards		75
Addition: Explanation for Provision		77

1 总 则

1.0.1 为了统一卫星定位技术在城市测量中的应用,为城镇规划、建设、监管与服务以及科学研究等提供准确、适时、可靠的空间位置信息,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于城市各等级控制测量、工程测量、摄影测量、不动产测绘、地形测量和地理信息采集等测量工作。

1.0.3 卫星定位城市测量技术除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号和代号

2.1 术 语

2.1.1 2000 国家大地坐标系 China geodetic coordinate system 2000

由国家建立的高精度、地心、动态、实用、统一的大地坐标系,其原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心。简称 CGCS2000。

2.1.2 正常高 normal height

地面点沿正常重力线到似大地水准面的距离。

2.1.3 高程异常 height anomaly

似大地水准面至地球椭球面的高度。

2.1.4 全球导航卫星系统控制网 global navigation satellite system control network

使用全球导航卫星定位技术建设的测量控制网,简称 GNSS 控制网或 GNSS 网。

2.1.5 全球导航卫星系统高程测量 GNSS height survey

利用 GNSS 技术测得的大地高,结合测量点的高程异常值,获得的该点的正常高的方法,简称 GNSS 高程测量。

2.1.6 连续运行基准站系统 continuously operating reference station system

由多个连续运行的 GNSS 基准站及计算机网络、通信网络等组成,用于提供不同精度、多种方式定位服务的信息系统,简称 CORS 系统。

2.1.7 实时动态测量 real-time kinematic survey

通过基准站和流动站的同步观测,利用载波相位观测值实现快速高精度定位功能的差分测量技术,简称 RTK 测量。

2.1.8 实时伪距差分 real-time kinematic pseudorange difference

通过基准站和流动站的同步观测,利用基准站所测得的伪距误差数据改正流动站上定位结果的卫星定位,简称 RTD。

2.1.9 大地高 geodetic height

一点沿椭球法线到椭球面的距离。

2.1.10 北斗卫星导航系统 BeiDou navigation satellite system

由中国自主建设、独立运行的卫星导航系统,是为全球用户提供全天候、全天时、高精度的定位、导航和授时服务,并具有短报文通信能力的国家重要空间基础设施,简称 BDS。

2.1.11 星历 ephemeris

不同时刻卫星轨道位置的一组轨道参数。

2.1.12 精密星历 precise ephemeris

利用全球或区域卫星跟踪站网的观测数据,经后处理确定卫星轨道位置的一组精密轨道参数。

2.1.13 广播星历 broadcast ephemeris

实时发播预报的卫星轨道位置的一组轨道参数。

2.1.14 源节点 mountpoint

充当信源发送原始数据包的网络节点,即通过 NTRIP 协议提供系统服务时,利用该节点对服务数据来源、计算方法或格式进行标识,以使用户能够准确地选择服务。

2.1.15 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。

2.1.16 同步观测 simultaneous observation

两台或两台以上接收机同时对同一组卫星进行观测的工作方法。

2.1.17 同步观测环 simultaneous observation loop

三台或三台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。

2.1.18 异步观测环 unsimultaneous observation loop

由非同步观测所获得的基线向量构成的闭合环,简称异步环。

2.1.19 独立基线 independent baseline

线性无关的一组观测基线。

2.1.20 单基线 single baseline

由两台接收机同步观测数据解算得到的基线向量。

2.1.21 多基线 multiple baseline

由两台以上接收机同步观测数据解算得到的所有独立基线向量。

2.1.22 数据剔除率 percentage of data rejection

同一观测时段中未采用的观测值个数与获取的同类观测值总数的比值。

2.1.23 GNSS 水准点 GNSS leveling point

大地高由 GNSS 测定,正常高由水准测量测定的控制点。

2.1.24 虚拟观测数据 virtual observation data

CORS 系统有效覆盖范围内,利用基准站数据建立空间相关误差的时空分布模型,在任意测点上,依据其空间坐标通过特定插值方法,按给定的观测时间、采样间隔等辅助信息生成的 GNSS 观测值,通常以 RINEX 格式记录,简称 VOD。

2.1.25 GNSS 虚拟测量 GNSS virtual survey

基于虚拟观测数据的 GNSS 测量方法。

2.2 符号和代号

2.2.1 符号

a ——固定误差;

b ——比例误差系数;

d ——相邻点间的距离;

D ——测量得到的两点间距离;

dh ——拟合点水准高程与模型计算高程的差值;
检测点水准高程与 GNSS 测量的高程的

差值;检测点两次测量的高程的差值;

dH ——测试点的已知大地高与观测的大地高高程平均值的差值;

dP ——测试点的已知平面点位与观测的平面点位平均值的差值;检核点两次测量平面点位的差值;测试点空间点位平均值和每次观测点位的差值;

ds ——复测基线的长度较差;

$dV_{\Delta X}$ 、 $dV_{\Delta Y}$ 、 $dV_{\Delta Z}$ ——同一基线约束平差基线分量的改正数与无约束平差基线分量的改正数的较差;

dx 、 dy ——测试点的已知平面坐标分量与观测值分量的差值;

dX 、 dY 、 dZ ——测试点坐标分量平均值和观测值分量的差值;

K ——测试点的观测次数;

L ——水准检测线路长度;

m_h ——高程异常模型内符合中误差;

M_h ——外符合高程中误差;检测高程中误差;

M_H ——测试点的大地高外符合中误差;

M_P ——测试点的平面点位外符合中误差;检验点的平面点位中误差;

m_p ——点位内符合中误差;

M_X 、 M_Y 、 M_Z ——坐标分量内符合中误差;

n ——闭合环边数;参与拟合的点数;

N ——检测点个数;测试点个数;

S ——三角高程边长;

s ——秒;

$V_{\Delta X}$ 、 $V_{\Delta Y}$ 、 $V_{\Delta Z}$ ——基线分量的改正数绝对值;

W_S ——环闭合差;

W_X 、 W_Y 、 W_Z ——环坐标分量闭合差;

σ ——基线长度中误差。

2.2.2 代号

BDS——beidou navigation satellite system 北斗卫星导航系统；

BDT——beidou time 北斗时；

BST——beijing standard time 北京标准时；

CGCS 2000——china geodetic coordinate system 2000 2000 国家大地坐标系；

CORS——continuously operating reference Station 连续运行基准站；

FTP——file transfer protocol 文件传输协议；

GNSS——global navigation satellite system 全球导航卫星系统；

GPRS——general packet radio service 通用无线分组业务；

IGS——international GNSS service 国际 GNSS 服务组织；

ITRF——international terrestrial reference frame 国际地球参考框架；

PDOP——position dilution of precision 空间位置精度因子；

RINEX——the receiver independent exchange format 与接收机无关的数据交换格式；

RTCM——radio technical commission for maritime services 国际海运事业无线电技术委员会；

RTD——real-time kinematic pseudorange difference 实时伪距差分；

RTK——real-time kinematic survey 实时动态测量；

TCP/IP——transmission control protocol / internet protocol 传输控制协议/互联网协议；

UPS——uninterruptible power supply 不间断电源；

UTC——Coordinated Universal Time 协调世界时；

UTM——universal transverse mercator projection 通用横轴墨卡托投影；

VOD——virtual observation data 虚拟观测数据；

VTEC——vertical total electron content 天顶方向总电子含量。

3 基本规定

3.1 空间基准和时间系统

3.1.1 GNSS测量宜采用2000国家大地坐标系；当采用城市坐标系或其他平面坐标系时，应与2000国家大地坐标系建立联系。各坐标系的地球椭球和参考椭球基本几何参数应符合本标准附录A的规定。

3.1.2 当GNSS测量采用城市坐标系时，应进行投影变换，并应明确下列技术参数：

- 1 椭球体基本几何参数；
- 2 中央子午线经度，底点纬度；
- 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 当城市GNSS网的大地坐标系统变换为城市坐标系统时，应满足投影长度变形值不大于25mm/km的要求。城市坐标系统可根据城市地理位置和平均高程按下列次序选定：

- 1 采用高斯正形投影统一3°带的平面直角坐标系；
- 2 当无法采用高斯正形投影统一3°带的平面直角坐标系时，可依次采用下列方法选定城市平面坐标系：

- 1) 投影于抵偿高程面上的高斯正形投影统一3°带的平面直角坐标系；
- 2) 高斯正形投影任意带的平面直角坐标系，投影面可采用黄海平均海面或城市平均高程面。

3.1.4 当城市坐标系设置一个投影带不满足长度变形值要求时，宜设置两个及以上投影带。相邻投影带之间应设置投影变形重叠

区域，重叠区域宽度不宜小于9km，重叠区域内的控制点应提供两个投影带的平面坐标成果。

3.1.5 GNSS测量的高程基准宜采用1985国家高程基准；当沿用原城市高程系统时，应与1985国家高程基准建立联系。

3.1.6 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，数据处理时应采用统一的时间系统。

3.1.7 GNSS测量的外业记录应采用公元纪年，时间应采用协调世界时(UTC)或北京时间时(BST)。

3.2 精度要求

3.2.1 城市CORS网和GNSS网应构成三角网或多边形网，并应以网中最弱边相对中误差作为平面成果精度衡量指标。城市GNSS RTK测量宜以平面点位中误差或点间边长相对中误差作为平面成果精度衡量指标。城市GNSS高程测量应以点位高程中误差作为高程成果精度衡量指标。

3.2.2 城市CORS网和GNSS网相邻点间基线长度精度应按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (3.2.2)$$

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 ——相邻点间的距离(km)。

3.2.3 城市CORS网的主要技术要求应符合表3.2.3的规定。电离层活跃地区平均边长宜适当缩短。

表 3.2.3 CORS网的主要技术要求

平均边长 (km)	固定误差 a (mm)	比例误差系数 b (mm/km)	最弱边相对中误差
40	≤ 5	≤ 1	1/800, 000

3.2.4 城市GNSS网按相邻站点的平均距离和精度应划分为二

等、三等、四等网和一级、二级网，主要技术要求应符合表 3.2.4 的规定。二等、三等、四等网相邻点最大边长不宜超过平均边长的 2 倍，最小边长不宜小于平均边长的 1/2；一级、二级网最大边长不宜超过平均边长的 2 倍。当边长小于 200m 时，边长较差应小于 $\pm 20\text{mm}$ 。

表 3.2.4 GNSS 网的主要技术要求

等级	平均边长 (km)	固定误差 a (mm)	比例误差系数 b (mm/km)	最弱边相对中误差
二等	9	≤ 5	≤ 2	1/120,000
三等	5	≤ 5	≤ 2	1/80,000
四等	2	≤ 10	≤ 5	1/45,000
一级	1	≤ 10	≤ 5	1/20,000
二级	<1	≤ 10	≤ 5	1/10,000

注：表中 a 表示固定误差； b 表示比例误差系数。

3.2.5 工程 GNSS 网的技术要求宜根据需求单独设计最大、最小边长和平均边长，但 GNSS 网的基线长度中误差和最弱边相对中误差应符合本标准第 3.2.4 条的规定。

3.2.6 城市 GNSS RTK 平面测量按精度应划分为一级、二级、三级、图根和碎部。平面测量技术要求应符合表 3.2.6 的规定。一级控制点布设应采用网络 RTK 测量技术；困难地区相邻点间距离可缩短至表中的 2/3，边长较差应小于 $\pm 20\text{mm}$ 。

表 3.2.6 GNSS RTK 平面测量技术要求

等级	相邻点间 距离 (m)	点位中误 差 (mm)	边长相对 中误差	基准站等级	流动站到 单基准站间 距离 (km)	测回数
一级	≥ 500	≤ 50	$\leq 1/20,000$	—	—	≥ 4
二级	≥ 300	≤ 50	$\leq 1/10,000$	四等及以上	≤ 6	≥ 3
三级	≥ 200	≤ 50	$\leq 1/6,000$	四等及以上 二级及以上	≤ 6 ≤ 3	≥ 3

续表 3.2.6

等级	相邻点间 距离 (m)	点位中误 差 (mm)	边长相对 中误差	基准站等级	流动站到 单基准站间 距离 (km)	测回数
图根	≥ 100	≤ 50	$\leq 1/4,000$	四等及以上 三级及以上	≤ 6 ≤ 3	≥ 2
碎部	—	$\leq$ 图上 0.5mm	—	四等及以上 三级及以上	≤ 15 ≤ 10	≥ 1

注：网络 RTK 测量可不受基准站等级、流动站到单基准站间距离的限制，但应在城市 CORS 系统的有效服务范围内。

3.2.7 城市 GNSS 高程测量按精度应划分为图根和碎部。高程异常模型内符合中误差（简称模型内符合中误差）、检测高程中误差、检测较差应符合表 3.2.7 的规定。四等及四等以上 GNSS 高程测量应进行专项设计。

表 3.2.7 GNSS 高程测量主要技术要求 (mm)

地形 等级	平地、丘陵			山地		
	模型内符合 中误差	检测高程 中误差	检测 较差	模型内符合 中误差	检测高程 中误差	检测 较差
图根	≤ 30	≤ 50	≤ 100	≤ 45	≤ 75	≤ 150
碎部	≤ 100	≤ 150	≤ 300	≤ 150	≤ 225	≤ 450

3.3 技术设计及实施

3.3.1 GNSS 测量应采取合理有效的技术方法进行过程控制，测量成果应满足城市规划建设一定时期内对 GNSS 测量的需求。

3.3.2 编写技术设计前，应根据项目的规模、测量难易程度和经济社会发展的要求，收集测区及周边的测绘和地理信息、交通、气候、规划和经济社会发展等有关资料，进行适用性分析和必要的现场踏勘。

3.3.3 技术路线应根据资料分析、踏勘结果和技术水平及生产

能力制定；技术设计书的编写应符合现行行业标准《测绘技术设计规定》CH/T 1004 的规定。

3.3.4 GNSS 测量仪器设备应经法定计量检校合格，并应在有效期内使用。作业期间，应及时检查校正仪器设备，仪器设备应处于正常状态。

3.3.5 GNSS 网测量应利用测区及周边的 GNSS 连续运行基准站和已埋设的各等级点位成果。当构网观测时，应与使用的已知点统一施测。

3.3.6 GNSS 网测量应制定作业计划，同一时段各测站应同步观测，同步观测时间应满足各等级 GNSS 测量同步观测时段的要求，观测数据应及时下载备份。

3.3.7 当采用 GNSS 测量时，应根据测区位置，合理选择使用单星座系统或多星座系统 GNSS 观测量。

3.3.8 GNSS 测量数据处理应使用通过测试、稳定可靠的软件，宜进行不同种类软件数据处理比对。

3.3.9 GNSS 测量完成后，应根据要求整理成果资料，编写项目技术总结。

3.3.10 测绘外业人员安全生产应符合现行行业标准《测绘作业人员安全规范》CH 1016 的规定。

3.4 质量检验及成果管理

3.4.1 GNSS 测量过程应实行有效的质量控制，过程成果达到规定的质量要求后方可转入下一工序。必要时宜在关键工序、难点工序设置检查点或开展首件成果检验。

3.4.2 GNSS 测量成果质量应满足技术设计或相关技术标准的要求。GNSS 测量成果应进行二级检查、一级验收。二级检查应独立进行，在检查合格后，方可进行成果验收。成果质量的检查与验收应符合现行国家标准《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356 和《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316 的规定。

3.4.3 检查验收应进行质量评定，成果质量宜采用优、良、合

格、不合格四级评定制。不合格的测量成果经整改后，应重新检查验收。

3.4.4 检查验收完成后，应按要求编写检查验收报告。

3.4.5 测量成果应按档案管理的要求进行整理、存储和归档。

3.4.6 GNSS 测量涉密成果的管理和提供应符合国家保密规定。

4 城市连续运行基准站系统建设

4.1 一般规定

4.1.1 城市 CORS 系统应进行统一规划、设计、建设。一个城市只应建设一个城市 CORS 系统。CORS 系统可一次建设完成,也可分期、分批建设,并应利用区域内现有且符合要求的 CORS 站。

4.1.2 城市 CORS 系统建设内容宜包括 CORS 网、通信网络、管理中心和服务中心建设等。服务中心和管理中心可单独建设,也可共同建设。

4.1.3 城市 CORS 系统应具备采集和处理北斗卫星导航系统数据的功能。系统功能应符合下列规定:

1 CORS 站应实时采集并记录卫星数据, CORS 系统应进行 CORS 站设备完好性监测。

2 通信网络应将 CORS 站观测数据实时传输至管理中心,将管理中心的 RTK 或 RTD 差分数据实时发送给用户,应将定制的数据发送给特许用户。

3 系统管理中心应进行系统运行管理、维护、数据计算和分发等。应实现对 CORS 站的远程监控,对观测数据进行分析、处理、计算、存储,对系统完好性进行检测,完成系统建模、差分数据生成、传输、记录、数据维护和分发等。

4 系统服务中心应对用户的注册、登记、查询和注销进行管理,还应设置用户管理权限。

4.1.4 城市 CORS 网宜建设 1 个~2 个基岩或深埋于原状土层的 CORS 站点。

4.1.5 城市 CORS 网应定期进行坐标解算,解算周期不应超过 1 年。CORS 站坐标的变化量应符合下列规定:

1 平面位置变化不应超过 15mm;

2 高程变化不应超过 30mm;

3 当 CORS 站坐标的变化量不符合规定时,应分析原因,及时更新 CORS 站坐标或另选新站。对于地面沉降严重的区域,可另行制定高程变化的变化量限值。

4.1.6 城市 CORS 系统应建设一个管理中心,根据需要可建多个服务中心。

4.1.7 城市 CORS 系统的防雷及防静电设施应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《电子设备雷击试验方法》GB/T 3482 等的规定。

4.1.8 城市 CORS 系统建设完成后应进行系统测试,测试点的精度应符合下列规定:

1 坐标分量内符合中误差不应超过 20mm;

2 平面位置外符合中误差不应超过 50mm;

3 大地高外符合中误差不应超过 50mm。

4.1.9 城市 CORS 基准站仪器设备安装前应经法定计量检校合格。正常运行后,基准站主机和天线应定期检查,时间间隔不应超过 1 年。

4.1.10 城市 CORS 系统应建立信息安全、保密管理制度。

4.1.11 城市 CORS 系统的信息发布应符合国家信息安全的有关要求。

4.2 连续运行基准站网设计

4.2.1 城市 CORS 网设计前应收集下列资料:

1 已有的城市 CORS 站建设的资料、控制网成果资料、1:10000 及 1:50000 现势性好的地形图或影像等资料;

2 区域内及周边地区的地质、水文、气象、交通、重要地址资源与需求等资料;

3 区域内的无线电发射源、微波站及传输通道分布等资料;

4 城市总体规划和近期建设开发资料。

4.2.2 技术设计前应进行现场踏勘,结合踏勘情况对收集到的资料应进行分析:

- 1 已有 CORS 站运行情况和地面控制点的可用性;
- 2 区域内可利用的供电、通信和交通等情况;
- 3 共建共享单位资源和需求状况。

4.2.3 城市 CORS 网应根据城市需求、综合分析结果和现场踏勘情况进行综合设计。

4.3 连续运行基准站建设

4.3.1 城市 CORS 站建设应包括选址、观测墩建设、设备室建设和 GNSS 观测设备选用安装。

4.3.2 城市 CORS 站选址应符合下列规定:

- 1 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 应避开断层破碎带、易于发生滑坡或沉陷等地质构造不稳定区域和地下水位变化较大的地点,避开铁路、公路等易产生振动的地带;
- 3 与周围微波站、无线电发射塔、变电站等大功率无线电发射源的距离应大于 200m,与高压输电线、微波通道的距离应大于 100m;
- 4 周围应便于安置接收设备并方便作业,视野应开阔;附近不应有大型建筑物、玻璃幕墙及大面积水域等强烈干扰接收机接收卫星信号的物体;
- 5 视场内障碍物高度角不宜大于 10° ,困难地区视场内高度角大于 10° 的障碍物遮挡角累计不应超过 30° ;
- 6 屋顶 CORS 站应选在坚固稳定的建筑物承重墙上,建筑物高度不宜超过 30m;
- 7 应有利于方便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 宜用场强仪对站址进行实地场强测试,在卫星信号中心

频点上的噪声场强宜低于 -100dBm ;还应连续进行 24h 的条件测试,并对测试数据进行分析,其中数据有效率应大于 85%,多路径影响宜小于 0.50m;

9 应测设 CORS 站环视图,实地拍摄基准站近景和远景以及东、南、西、北四个方向的照片,并应在实地绘制 CORS 站点之记, CORS 站点之记应符合本标准附录 B 的规定;

10 建站所使用的土地,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 CORS 站观测墩标可分为基岩(岩层)观测墩、土层观测墩和屋顶观测墩。墩标的建造应符合下列规定:

1 基岩观测墩基础应与基岩紧密浇注,埋置在基岩内的深度不应少于 0.5m,四角钢筋锚入基岩内的长度不应少于 0.3m;土层观测墩应建在坚实的土层上,墩底埋置深度不应少于冻土线以下 2m;埋点应根据实际地质情况另行设计;屋顶观测墩应建在建筑物主承重柱上,观测墩的内部钢筋应与建筑物主承重结构连接。观测墩埋设及规格应符合本标准附录 C 的要求。

2 观测墩顶面应水平,应垂直安装强制对中装置,并应加装或预埋保护线缆进出的硬质管道。

3 观测墩与地层接合周围应有不少于 0.1m 宽的隔振槽,隔振槽内应填粗砂;屋顶观测墩与屋顶面接合处应进行防水处理。

4 基岩观测墩和屋顶观测墩应至少经过 1 个月的稳定期方可使用;对于土层观测墩,非冻土地区应经过 1 个雨季方可使用,冻土地区应经过 1 个雨季和 1 个冻解期方可使用。

5 观测墩应埋设水准标志并应采用三等以上水准联测,水准标志与观测墩顶面的高差测定中误差不应超过 3mm。

6 观测墩建造过程中,应实地拍摄建造过程中各阶段的照片。建造完成后,应重新拍摄基准站近景和远景以及东、南、西、北四个方向的照片,绘制 CORS 站点之记。点之记绘制应符合本标准附录 B 的规定。

7 观测墩附近应设置避雷装置。

8 无人值守的基准站,应办理委托保管书。

4.3.4 设备室建设应符合下列规定:

1 应在观测墩周围建造或租用,也可在观测墩下半部预留空间作为设备室;

2 仪器设备应整合安装在集成柜中,各设备应具有适宜的工作条件;

3 至观测墩的电缆长度不宜超过天线电缆标称距离;当超过标称距离时,应加装信号放大器;

4 应配置通风、通电、安全、防雷、防潮、温控等设施;

5 地基应牢固,并应敷设防水层,周围应有排水设施;

6 结构中应分别预埋电力和通信管线通道;

7 应具有防止动物损坏设备的防护装置。

4.3.5 GNSS 天线应符合下列规定:

1 应经法定计量检校合格;

2 应具有天线相位中心模型;

3 在温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 的环境中应能长期正常工作,并应安装天线保护罩;

4 应配备扼流圈或抑径板;

5 天线相位中心应长期稳定,变化量不应超过 3mm ;

6 天线线缆应加装有源或无源射频线防雷装置;

7 对于有定向标志的天线,天线的定向误差不应超过 5° 。

4.3.6 GNSS 接收机应符合下列规定:

1 在温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 的环境中应能长期正常工作;

2 静态测量标称平面固定误差不应超过 5mm 、比例误差系数不应超过 $1\text{mm}/\text{km}$;高程固定误差不应超过 10mm 、比例误差系数不应超过 $1\text{mm}/\text{km}$;

3 在交流电、直流电间应能自动切换;

4 当采用多频多模 GNSS 接收机时,应能同时接收至少 12 颗 GNSS 卫星信号;

5 GNSS 原始观测数据的采样间隔可在 $1\text{s} \sim 60\text{s}$ 内设置;

6 应实时输出原始观测数据;

7 内存存储器应能存储 1s 采样间隔、 24h 连续观测的数据;

8 应具有 1 个及以上的 RS-232 协议标准接口;

9 应具备以太网接口,支持 TCP/IP 协议。

4.3.7 当由观测墩顶面量取天线高时,应从不同方向量测 3 次,互差不应超过 2mm ,并应取平均值加上观测墩顶面高程作为天线高程。

4.3.8 CORS 站应配置在线式 UPS 装置,并应保证至少 24h 连续稳定独立供电。电力线接入 UPS 前,应配置电涌防护设备。

4.3.9 应实地拍摄 CORS 站建设各个阶段的进度照片。

4.4 通信网络建设

4.4.1 通信网络建设内容应包括 CORS 站与管理中心、管理中心与服务中心以及服务中心与用户间信息交换和发布网络。

4.4.2 通信网络建设应符合下列规定:

1 应能长期、连续、稳定、可靠、安全工作。

2 CORS 站、管理中心、服务中心和用户端间的通信延时应小于 0.5s ,网络技术指标还应符合下列规定:

1) CORS 站与管理中心间的通信速率应大于 64Kbps 、误码率应小于 10^{-8} 、可用性应优于 95% ;

2) 管理中心与服务中心间通信速率应大于 100Mbps 、误码率应小于 10^{-9} 、可用性应优于 98% ;

3) 服务中心与用户间的通信速率应大于 2Mbps 、误码率应小于 10^{-9} 、可用性应优于 98% ,并行用户较多时,通信速率应适当提高要求。

4.4.3 CORS 站和管理中心数据通信应采用专网或商用密码手段加密保护,有条件时,可采用 2 条相互独立的通信链路。

4.4.4 城市 CORS 系统实时信息的发布可采用移动通信方式,其他信息发布可采用 FTP、Web 等方式。

4.4.5 通信网络宜采用 TCP/IP 协议。

4.4.6 通信线路上应加装信号线或射频线避雷设备。通信线接入通信终端前,应加装通信线电涌防护设备。

4.4.7 服务中心应选用安全认证的路由器、网络交换机接入公共网络,并应安装硬件防火墙。

4.4.8 通信网络建设完成后,应进行网络连通测试和时延测试。建设或更新完成后应填写设备登记表,记录应符合本标准附录 D 的规定。

4.5 管理中心建设

4.5.1 管理中心建设内容应包括环境建设和硬件、软件配置等。

4.5.2 环境建设应符合下列规定:

1 机房建设应符合现行国家标准《数据中心设计规范》GB 50174、《数据中心基础设施施工及验收规范》GB 50462、《计算机场地通用规范》GB/T 2887 和《计算机场地安全要求》GB/T 9361 的规定;

2 后备电源应具有不少于 2h 的连续稳定独立供电能力。

4.5.3 硬件配置应符合下列规定:

1 应根据数据采集、数据管理、数据处理分析及应用服务等功能,配置 1 台及以上服务器,并应配置磁盘阵列、移动存储或刻录机等数据备份设备;

2 服务器内存存储器不应低于 4GB,外存储器容量应满足存储 1 年以上、1s 采样间隔的连续观测数据的能力;

3 用于提供实时差分数据服务的服务器可采用双机热冗余备份。

4.5.4 软件选用应符合下列规定:

1 应运行稳定、安全性能强;

2 应自动监控系统内各 CORS 站的工作状态,发生故障时,能及时报警;

3 应自动进行数据下载、处理,并形成服务需要的 1 种

及以上标准格式的数据文件;

4 应按预先设定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;

5 应具有容错能力,在无法提供有效数据服务时,有示警功能;

6 应兼容包括 BDS 在内的多 GNSS 系统定位数据的接收及处理;支持不同型号的 CORS 站和流动站接收机。

4.5.5 管理中心应具备下列功能:

1 应能监控 CORS 站 GNSS 接收机及其他配套设备工作状态,并能进行远程管理、故障分析、固件升级;

2 应能自动分析并记录系统数据的完整性、CORS 站点的稳定性和多路径影响;

3 应能自动分析电离层和对流层的影响,并生成报告;

4 应能实时分析、处理 CORS 站原始观测数据及星历数据,并形成 Rinex 格式数据文件;

5 应能实时生成服务数据,并发送给服务中心;在无法提供有效数据服务时,及时通知服务中心;

6 宜每隔 3 个月处理、分析 CORS 站 GNSS 数据,监测 CORS 站稳定情况;

7 应统一管理 GNSS 数据、运维数据和日志,宜每隔 6 个月进行一次备份,GNSS 数据宜能实时、每日自动存储,保存期限不应少于 5 年。

4.5.6 管理中心建设完成后,应按设计要求进行供电、环境、服务器及软件运行、内部网络和通信网络等调试。

4.5.7 管理中心应建立完善的管理制度,规范数据存储、使用等工作。

4.6 服务中心建设

4.6.1 服务中心建设应包括环境建设和硬件配置、软件选用等。

4.6.2 环境建设、硬件配置应符合本标准第 4.5 节的规定。

4.6.3 软件选用应符合下列规定:

- 1 应接收并处理管理中心发送的不同类型的服务数据;
- 2 应及时响应用户的服务请求;
- 3 应提供网络 RTK、RTD 和单基准站 RTK、RTD 等方式实时定位服务;
- 4 应提供用户定制的不同采样间隔的 CORS 站原始观测值的后处理数据服务;

5 应监控用户的授权、认证、登录和使用过程,并应对使用时间、流量等进行统计管理;

- 6 应采用 RTCM 协议发布实时差分数据。

4.6.4 服务中心应具备下列功能:

- 1 应提供厘米级、亚米级精度的实时差分数据,不同采样间隔的 CORS 站原始观测数据及后处理数据;
- 2 应对用户进行管理;
- 3 应提供技术服务和技术支持。

4.6.5 建设完成后,应按设计要求进行供电、环境、服务器及软件运行、内部网络和通信网络等的调试和验收。

4.6.6 服务中心应建立完善的管理制度,规范用户审批、数据服务等工作。

4.7 坐标联测及数据处理

4.7.1 城市 CORS 网应与国家级 CORS 站、省级 CORS 站、高等级国家大地控制点和城市控制点等进行坐标联测。

4.7.2 当城市 CORS 站的 CGCS2000 坐标确定时,应联测 3 个及以上国家级或省级 CORS 站。

4.7.3 当城市 CORS 站的参心坐标系坐标确定时,应联测 4 个及以上已有的高等级国家大地控制点或城市控制点。联测的控制网点应符合本标准第 5.2.2 条的规定。

4.7.4 坐标联测应符合下列规定:

- 1 当城市 CORS 网进行 CGCS2000 坐标联测时,使用的国

家或省级 CORS 站观测数据不应少于 5d,每天不应少于 23h,采样间隔应为 30s,截止高度角应为 10° ;

2 当城市 CORS 网进行参心坐标系坐标联测时,控制点观测设备应符合本标准第 5.3.1 条的规定,接收机天线宜选用大地型扼流圈天线;每个点应与 CORS 站同步观测 23h,采样间隔应为 10s~30s。联测布设的 GNSS 网及 GNSS 测量应符合本标准第 5.1 节和第 5.4 节的规定。

4.7.5 数据处理应符合下列规定:

1 基线处理应采用具有长基线处理能力的高精度数据处理软件,并应采用精密星历;

2 城市 CORS 网的框架、历元应与所联测的国家或省级 CORS 站的框架、历元保持一致;

3 CORS 网的基线解算可采用国家 CORS 站作为起算依据;

4 数据质量、重复基线、同步环闭合差和异步环闭合差的检验,应符合本标准第 5.6.3 条的规定;

5 CORS 网坐标联测的平差计算应符合本标准第 5.6.5 条的规定;

6 应确定 CGCS2000 与参心坐标系间的坐标转换参数。

4.7.6 坐标联测的质量检查和技术总结的编写应符合本标准第 5.7 节的规定。

4.8 连续运行基准站系统测试

4.8.1 CORS 系统测试应包括功能测试和性能指标测试。

4.8.2 功能测试和测试结果应符合下列规定:

1 当进行自动运行能力测试时,应设置好服务内容,系统应 24h 自动不间断地向用户提供数据服务;

2 当进行通信网络测试时,通信网络的通信时延、速率、误码率和可用性技术指标应符合本标准第 4.4.2 条的规定;

3 当进行流动站用户并发数测试时,可通过软件模拟方式对流动站用户并发数进行测试,最大用户数应达到系统设计

要求;

4 当进行远程控制测试时,应通过远程调整 CORS 站接收机和 UPS 电源等设备的运行状态进行监控测试,同时对相关参数进行调整,并确认调整有效;

5 当进行系统容错性测试时,模拟 CORS 基准站或通信网络发生故障时,系统应自动报警,并重新构网计算,继续提供数据服务;

6 当进行导航卫星系统兼容性测试时,应同时接收、存储、处理包括 BDS 在内的多系统 GNSS 数据,提供融合的数据服务;

7 当进行用户设备兼容性测试时,应选用 3 个及以上不同厂商的 GNSS RTK 设备,在不同时间段测试,记录首次获得固定解的时间,并应统计测试点的点位精度,分析设备的兼容性。

4.8.3 性能指标测试应包括静态定位精度、动态定位精度及覆盖范围测试和 RTK 可用性测试,并应符合下列规定:

1 静态定位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,点的选择应符合本标准第 5.2.2 条的规定,参与统计的测试点数不宜少于 20 个;
- 2) 应采用单点观测方式,与周边 CORS 站组网测试,测试点的观测、数据处理等应符合本标准第 5 章关于四等以上 GNSS 网的规定;
- 3) 测试点位的数据处理结果应按点位平面坐标和高程分别进行精度统计、分析,并应符合本标准第 4.1.8 条的规定。

2 动态定位精度及覆盖范围的测试应符合下列规定:

- 1) 测试点应均匀分布在网内及网外 10km~30km 范围内,测试点的选择应符合本标准第 5.2.2 条规定,参与统计的测试点数不应少于 20 个;
- 2) 测试点的观测、数据处理等宜符合本标准第 6.3 节和第 6.5 节中三级以上控制点的规定,每个测试点宜独

立记录 10 个以上的观测结果;

3) 精度统计应按网内、网外分别进行,并应进行测试点的内符合、外符合精度统计,应分析测试点的平面和高程精度、收敛时间、覆盖范围及测量重复性情况;精度统计应符合本标准第 4.1.8 条的规定。

3 RTK 可用性测试应符合下列规定:

- 1) 应在系统服务区域内,选择 1 个具备 CGCS2000 成果的点作为测试点;
- 2) 服务中心与测试点间应采用有线连接的通信方式,进行连续 24h 以上的 RTK 测量,并应每秒记录一个定位结果;
- 3) 满足精度要求的定位结果个数占理论定位结果总数的比率应大于 95%。

4.8.4 系统性能指标测试的精度计算应符合下列规定:

1 测试点的坐标分量内符合中误差 (M_X 、 M_Y 、 M_Z) 和点位内符合中误差 (m_P) 应按下列公式计算:

$$M_X = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{dX dX}{K-1} \right]} \quad (4.8.4-1)$$

$$M_Y = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{dY dY}{K-1} \right]} \quad (4.8.4-2)$$

$$M_Z = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{dZ dZ}{K-1} \right]} \quad (4.8.4-3)$$

$$m_P = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{dP dP}{K-1} \right]} \quad (4.8.4-4)$$

$$dP = \sqrt{dX^2 + dY^2 + dZ^2} \quad (4.8.4-5)$$

式中: M_X 、 M_Y 、 M_Z ——各坐标分量内符合中误差 (mm);

m_P ——测试点的空间点位内符合中误差 (mm);

dX 、 dY 、 dZ ——测试点坐标分量平均值与观测值分量的差值 (mm);

dP ——测试点空间点位平均值和每次观测点

位的差值 (mm);

N ——测试点个数;

K ——测试点的观测次数。

2 测试点的平面点位外符合中误差 (M_P) 应按下列公式计算:

$$M_P = \sqrt{\frac{[dPdP]}{N}} \quad (4.8.4-6)$$

$$dP = \sqrt{dx^2 + dy^2} \quad (4.8.4-7)$$

式中: M_P ——测试点的平面点位外符合中误差 (mm);

dP ——测试点的已知平面点位与观测的平面点位平均值的差值 (mm);

dx 、 dy ——测试点的已知平面坐标分量与观测值分量的差值 (mm);

N ——测试点个数。

3 测试点的大地高外符合中误差 (M_H) 应按下列公式计算:

$$M_H = \sqrt{\frac{[dHdH]}{N}} \quad (4.8.4-8)$$

式中: M_H ——测试点的大地高外符合中误差 (mm);

dH ——测试点的已知大地高高程与观测的大地高高程平均值的差值 (mm);

N ——测试点个数。

4.9 成果提交

4.9.1 CORS 站建设完成后应提交下列成果:

- 1 CORS 站建设的技术设计书;
- 2 CORS 站坐标联测网图;
- 3 CORS 站建设的工作报告;
- 4 CORS 站点之记;
- 5 选点、建设过程中的照片;

6 委托保管报告。

4.9.2 通信网络建设完成后应提交下列成果:

- 1 建设技术设计书;
- 2 网络测试报告;
- 3 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 建设技术设计书;
- 2 测试报告。

4.9.4 坐标联测完成后应提交下列成果:

- 1 坐标联测技术设计书;
- 2 原始观测数据、记录手簿;
- 3 重复基线较差、同步环闭合差、异步环闭合差等数据检验的处理报告;

4 三维无约束、三维约束和二维约束平差等数据处理报告;

5 CORS 站的 CGCS2000 坐标成果;

6 CORS 站的城市坐标系成果;

7 CGCS2000 与城市坐标系的转换参数;

8 坐标转换精度分析报告;

9 技术总结。

4.9.5 系统测试完成后应提交下列成果:

- 1 测试设计书;
- 2 测试报告。

4.9.6 系统建设完成后应提交下列成果:

- 1 技术设计书;
- 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 系统日常维护应符合下列规定:

1 当系统运行中出现故障或需要进行维护时,应填写系统维护记录,并应符合本标准附录 E 的规定;

2 系统配置不得随意修改;

3 每天应检查网络 RTK、RTD 信息及服务器软件的运行状态,当出现故障时,应查找原因,及时排除并记录;

4 每天应对 CORS 站远程监控进行检查,并记录;

5 当 CORS 站有人值守时,宜每天巡视并记录;当无人值守时,宜定期巡视并记录;

6 管理中心、服务中心、CORS 站的环境应保持清洁,设备运行应良好。

4.10.2 系统应定期进行维护检验,并应进行综合分析,检验应包括下列内容:

1 通过对基准站的远程监控,检验 CORS 站的设备完好性;

2 通过对原始观测数据的处理分析,检验 CORS 站的接收机及天线的稳定性;

3 通过对 CORS 站数据的长期监测,检验站址的稳定性;

4 通过对日常维护记录的统计分析,检验通信网络设备的完好性、系统软件安全运行、系统防雷有效性和用户管理有效性。

4.10.3 系统维护应包括下列记录:

1 系统维护记录表;

2 接收机原始数据分析报告;

3 系统发生故障的记录报告;

4 系统硬件、软件升级记录报告;

5 CORS 站坐标重新计算数据处理报告。

4.10.4 城市 CORS 站点新增、迁移、拆除或者发生自然灾害

时, CORS 系统应重新评估,进行必要的坐标联测和数据更新。

4.11 系统产品和技术服务

4.11.1 城市 CORS 系统正式运行应提供产品和技术服务。

4.11.2 城市 CORS 系统的产品服务应包括信息、数据和成果;技术服务应包括数据处理和技术支持服务。

4.11.3 产品服务的主要内容应符合表 4.11.3 的规定。

表 4.11.3 产品服务的主要内容

类型	类别	内容
信息	基准站	基本信息 名称、代码、备案号、所在地、建设时间、运行时间、墩标类型、概略坐标、所属 CORS 系统等
		设备信息 GNSS 接收机品牌、GNSS 接收机型号、GNSS 天线品牌、GNSS 天线型号、运行过程中的变更信息等
		网络信息 网络类型、网络技术及运行过程中的变更等
		其他信息 水准标志、基准站照片、重力观测墩等
	CORS 系统	基本情况 系统名称、备案号、建设完成时间、投入运行时间、站点数量、站点分布示意图以及相应的变更信息等
		接入信息 IP 地址或域名、端口、源节点、服务接入规则等
		服务信息 卫星系统、数据格式、应用服务内容等
		其他信息 联系方式、填表时间等
数据	基准站 观测数据	GNSS 观测数据 伪距、载波相位、多普勒、信噪比等观测值
		辅助信息 站名、代码、接收机类型、天线类型、天线高、概略坐标、采样间隔、起始观测时间、结束观测时间、卫星信息、观测值类型、其他信息如文件版本号、观测者、跳秒等

续表 4.11.3

类型	类别		内容
数据	基准站 观测数据	气象数据	观测时间、温度、湿度、气压等观测值
		其他数据	基准站观测过程中可采集的原子频标、倾斜仪等其他传感器观测数据
	虚拟观测 数据 (VOD)	观测数据	伪距、载波相位、多普勒、信噪比等观测值
		辅助信息	点名、坐标、采样间隔、起始观测时间、结束观测时间、卫星信息、观测值类型、其他信息如文件版本号、观测者、跳秒等
	观测数据流	观测数据	伪距、载波相位、信噪比等观测值
		辅助信息	编号、站点、代码、数据格式、接入协议和参数、测站数据龄期、平滑间隔等
成果	基准站坐标	坐标数据	站点名称、代码、坐标值及它们的变更信息
		辅助信息	坐标系统、框架和历元、观测时间、精度等信息
	实时差分数据		伪距、载波相位、多普勒等观测值以及电离层、钟差等模型修正信息等
	基准站坐标时间序列		站名、代码、观测时间、坐标变化值等
	电离层产品	格网数据	每个格网处对应的 VTEC 值数据
		辅助信息	坐标范围、时间、电离层模型参数、分辨率、精度等信息

4.11.4 技术服务的主要内容应符合表 4.11.4 的规定。

表 4.11.4 技术服务的主要内容

类型	内容
数据处理	坐标解算、成果转换
技术支持	方案策划、技术咨询与培训等

4.11.5 城市 CORS 系统服务单位应建立 CORS 系统服务管理

系统、服务制度和应急预案，应保证产品的完整性、准确性、兼容性和现势性，技术服务的及时性和有效性。

4.11.6 申请服务的单位应按用户申请、审核、签订协议、服务授权等流程办理。

4.11.7 提供及使用服务的单位应按相关法律法规、标准和有关协议使用服务产品。

5 城市全球导航卫星系统网建设

5.1 一般规定

5.1.1 城市 GNSS 网的布设应按整体到局部、分级布网的原则进行。城市首级 GNSS 网应一次全面布设,加密 GNSS 网可逐级布网、越级布网或布设同级全面网。

5.1.2 城市 CORS 站应作为城市首级 GNSS 网的起算点,并应与新布设 GNSS 网共同组成城市首级 GNSS 网。

5.1.3 当 GNSS 网设计时,应利用 CORS 站的连续观测数据。对符合 GNSS 网布点要求的已有控制点,应优先利用其标石。对需使用边角测量方法进行扩展的 GNSS 网,控制点应有至少一个通视方向。

5.1.4 GNSS 网宜由一个或若干个异步观测环构成,也可采用附合线路的形式构成。各等级 GNSS 网中每个异步环或附合线路中的边数应符合表 5.1.4 规定。非同步观测的 GNSS 基线向量,宜按设计的网图选定。

表 5.1.4 异步环或附合线路边数的规定

等级	二等	三等	四等	一级	二级
异步环或附合线路的边数(条)	≤6	≤8	≤10	≤10	≤10

5.1.5 对未建立城市 CORS 系统的城市,在布设城市 GNSS 网时,应与国家或省级 CORS 站或国家控制网点进行联测,联测点数不应少于 3 个,联测点应均匀分布。

5.1.6 在布设工程 GNSS 网时,可根据需要联测 CORS 站、国家控制网点或城市控制网点,联测点数不应少于 3 个,联测点应均匀分布。

5.1.7 虚拟观测数据的生成应在 CORS 系统覆盖区域内。

5.1.8 GNSS 网测量时宜同时接收包括 BDS 在内的多种全球导航卫星系统数据。

5.2 选点及埋石

5.2.1 GNSS 选点准备工作应符合下列规定:

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 1:5000~1:100000 比例尺地形图或影像图;
- 2) 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、通信、供电、气象、地质、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形及点位设计,并应进行控制网优化和精度估算。

5.2.2 GNSS 选点除应满足本标准第 4.3.2 条第 1 款~第 4 款的规定外,还应符合下列规定:

- 1 点位应选择在交通便利,并应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 对符合要求的已有控制点,经检查点位稳定可靠的,宜利用;
- 4 点位选定后应现场作标记、拍摄照片、绘制略图。

5.2.3 GNSS 点命名应符合下列规定:

- 1 点名可利用村名、山名、地名或单位名等表示;
- 2 当利用原有旧点位时,宜沿用老点名,当确需改名时,应在新点名后备注旧点名称和旧点等级。

5.2.4 GNSS 点标石的埋设应符合下列规定:

1 城市各等级 GNSS 控制点应埋设永久性测量标志,标石的标志应满足平面、高程测量共用的要求。不同等级 GNSS 点

的标石及标志规格应符合本标准附录 F 的规定。

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,并应安放于中心位置,且平整垂直、镶嵌牢固;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,并应高出标石面。

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,可现场凿孔灌注混凝土埋设标志;高层建筑顶部标石应牢固结合在楼板混凝土面上;利用硬质地面时,可在地面上刻正方形框,其中心灌入直径不大于 2mm、长度不小于 30mm 的铜、不锈钢或其他耐腐蚀、耐磨损的条状材料作为标志。

4 标石的底部应埋设在冻土层以下,并应浇筑混凝土基础。

5 地质坚硬处埋设的标石,可在混凝土浇筑 1 周后用于观测;除地质坚硬处外,四等及以上 GNSS 控制点标石埋设后,应经过 1 个雨季和 1 个冻解期后方可用于观测。

6 标石埋设过程中,应实地拍摄建造过程中各阶段的照片。完成后,应拍摄控制点近景和远景照片。

7 标石埋设后应在实地绘制控制点点之记,并应记录其概略坐标,对具备控距条件的,控距不应少于 3 个方向,控距方向交角宜为 $60^{\circ} \sim 150^{\circ}$,控距误差应小于 10cm;对二等、三等控制点不具备控距条件的,应埋设指示标志。控制点点之记的绘制应符合本标准附录 G 的规定。

8 埋设 GNSS 观测墩应符合本标准第 4.3.3 条中第 1 款~第 6 款的规定。

9 城市首级 GNSS 控制点标石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、埋石各阶段的照片、测量标志委托保管书和工作总结报告等成果。

5.3 仪器设备

5.3.1 GNSS 接收机的选用应符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 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
静态测量 标称精度	$H_1 \leq (5\text{mm} + 2 \times 10^{-6} D)$ $V_1 \leq (10\text{mm} + 2 \times 10^{-6} D)$	$H_1 \leq (5\text{mm} + 2 \times 10^{-6} D)$ $V_1 \leq (10\text{mm} + 2 \times 10^{-6} D)$	$H_1 \leq (10\text{mm} + 5 \times 10^{-6} D)$ $V_1 \leq (20\text{mm} + 5 \times 10^{-6} D)$	$H_1 \leq (10\text{mm} + 5 \times 10^{-6} D)$ $V_1 \leq (20\text{mm} + 5 \times 10^{-6} D)$	$H_1 \leq (10\text{mm} + 5 \times 10^{-6} D)$ $V_1 \leq (20\text{mm} + 5 \times 10^{-6} D)$
同步观测 接收机数	≥ 4	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3

注: D 为测量得到的两点间距离,单位为 km。

5.3.2 GNSS 接收设备的检验应符合下列规定:

1 GNSS 接收设备应按现行行业标准《全球定位系统(GPS)接收机(测地型和导航型)校准规范》JJF 1118 的要求定期进行检校,检校周期应为 1 年;

2 新购置的或经过维修的 GNSS 接收设备应进行检验,内容应包括一般检验、常规检验、通电检验和实测检验。

5.3.3 检视应符合下列规定:

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,紧固的部件不应松动或脱落;

3 设备使用手册和后处理软件操作手册应齐全。

5.3.4 常规检验应符合下列规定:

1 天线或基座圆水准器和光学对点器应符合现行行业标准《全站型电子速测仪检定规程》JJG 100 的规定,光学对点器的测试方法应符合现行行业标准《光学经纬仪》JJG 414 的规定;

2 天线高的量尺应完好, 尺长精度应符合现行行业标准《钢卷尺检定规程》JJG 4 的规定;

3 数据转录设备及软件应齐全, 数据传输性能应完好;

4 数据后处理软件应经认证。

5.3.5 当确认 GNSS 接收机的各种电缆正确连接后, 可进行通电检验。通电检验应符合下列规定:

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 测试应利用自测试命令进行;

4 应检验接收机锁定卫星时间, 接收信号强弱及信号失锁情况。

5.3.6 实测检验应包括下列内容:

1 接收机内部噪声水平测试;

2 接收机天线相位中心稳定性测试;

3 接收机野外作业性能及不同测程精度指标测试;

4 接收机高、低温性能测试;

5 接收机综合评价等。

5.3.7 用于 GNSS 测量的接收机, 在使用前应按本标准第 5.3.6 条第 1 款、第 2 款的规定进行实测检验, 且每年应按本标准第 5.3.6 条第 3 款~第 5 款的内容进行实测检验。

5.3.8 当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, 当超过相应等级限差时, 不得投入生产使用。

5.3.9 GNSS 接收机设备的日常使用应符合下列规定:

1 接收机设备应有专人保管, 运输期间应有专人押送, 并采取防震、防潮、防晒、防尘、防腐和防辐射等防护措施。

2 接收机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、碾砸。连接电源前, 电池正负极连接应正确, 观测前电压应正常。

3 不应随意更改仪器设置参数及程序。

4 当接收机设备置于楼顶、高标或其他设施顶端作业时,

应采取加固措施, 在大风天气作业时, 应采取防风措施, 雷雨天气时应有避雷设施或停止观测。

5 当搬站时, 仪器应卸下, 装箱搬运。

5.3.10 GNSS 接收机设备的维护应符合下列规定:

1 作业结束后, 应及时擦拭接收机设备, 并应放入有软垫的仪器箱内搬运; 仪器箱宜放置于通风、干燥阴凉处存放, 箱内应放置干燥剂并及时更换;

2 当接收机设备在室内存放时, 电池应在充满状态下存放, 并应每隔 1 个月~2 个月充放电一次;

3 当接收机发生故障后, 应及时送交专业人员进行维修。

5.4 静态测量

5.4.1 城市 CORS 网点可作为各等级控制网的组成部分, 并根据需要提供基准传递。

5.4.2 GNSS 测量各等级作业的基本技术要求应符合表 5.4.2 的规定。

表 5.4.2 GNSS 测量各等级作业的基本技术要求

等级	二等	三等	四等	一级	二级
项目					
卫星高度角 (°)	≥15	≥15	≥15	≥15	≥15
有效观测同系统卫星数	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4
平均重复设站数	≥2.0	≥2.0	≥1.6	≥1.6	≥1.6
时段长度 (min)	≥90	≥60	≥45	≥30	≥30
数据采集间隔 (s)	10~30	10~30	10~30	10~30	10~30
PDOP 值	<6	<6	<6	<6	<6

注: 采用基于卫星定位连续运行基准站点观测模式时, 可连续观测, 但观测时间不应低于表中规定的各时段观测时间的和。

5.4.3 观测实施计划应符合下列规定:

1 观测实施计划可根据测区范围分区编制;

2 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。

5.4.4 观测准备工作应符合下列规定:

1 当安置 GNSS 接收机天线时,天线应整平,定向标志宜指向磁北。对于定向标志不明显的接收机天线,可预先设置定向标志。

2 当采用三脚架安置 GNSS 接收机天线时,对中误差应小于 3mm;当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,并应取平均值作为最终成果;当较差超限,应查明原因,并应记录在 GNSS 外业观测手簿备注栏内;观测过程中应逐项填写 GNSS 外业观测手簿中的记录项目,记录应符合本标准附录 H 的规定。

5.4.5 GNSS 的外业观测应符合下列规定:

1 接收机工作状态正常后,应进行自测试,并应记录测站名、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,异常情况应记录在 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,记录应符合本标准附录 H 的规定。

4 当 GNSS 测量时,各接收机数据采样间隔应一致,当利用 CORS 系统观测数据时,CORS 基准站存储的观测数据和接收机采样间隔应一致。

5 当作业期间使用手机和对讲机时,应远离接收机;雷雨天气时,应关机停测,并应卸下天线以防雷击。

6 作业期间不得进行下列操作:

- 1) 关机又重新启动;
- 2) 自测试;

3) 改变仪器高度值与测站名;

4) 改变 GNSS 天线位置;

5) 关闭文件或删除文件等。

7 作业人员在作业期间不得离开仪器。

8 观测结束后,应检查 GNSS 外业观测手簿的内容,将点位保护好后方可迁站。

9 每日观测完成后,全部数据应双备份,清空接收机存储器,并及时对数据进行处理。

5.4.6 观测记录整理应符合下列规定:

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。

5.5 虚拟测量

5.5.1 当 GNSS 虚拟测量时,申请服务单位应向 CORS 系统服务单位提出申请,并提供虚拟点的坐标、观测时间段和观测历元间隔。申请通过后,方可实地观测。

5.5.2 GNSS 虚拟测量的精度等级不应高于四等,控制点的布设应符合本标准表 3.2.4 的要求。

5.5.3 GNSS 虚拟点应均匀分布于测区,与邻近控制点之间的边长最长不应超过相应等级平均边长的 1.5 倍,最短不应小于相应等级平均边长的 2/3。

5.5.4 控制点观测的技术要求应符合本标准第 5.4 节的要求,虚拟点应与其他控制点统一制定观测实施计划。

5.5.5 当 GNSS 虚拟测量时,应进行虚拟观测数据可靠性检核,并应符合下列规定:

1 申请服务单位进行检核时,控制网布设应至少联测一个已知控制点进行检核,控制点检核较差应小于 50mm;

2 CORS 系统服务单位进行检核时,应至少生成一个 CORS 基准站的虚拟观测数据,并应与该站的实测数据进行基线解算,基线长度应小于 15mm。

5.6 数据处理

5.6.1 城市二等 GNSS 网基线解算和平差应采用高精度数据处理软件,其他等级控制网可采用随机的商用软件。

5.6.2 数据预处理应符合下列规定:

1 城市二等 GNSS 网应采用精密星历解算基线,其他等级控制网可采用广播星历解算基线;

2 当使用不同型号的接收机共同作业时,应将观测数据转换成标准格式后,再进行统一的基线解算;

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 CORS 站、已知点坐标和单点定位结果的先后顺序选择;

4 基线解算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 基线解算应采用双差固定解;

6 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-协方差矩阵等平差所需的元素。

5.6.3 数据检验应符合下列规定:

1 同一时段所采用同一卫星系统的观测值数据剔除率不宜大于 20%。

2 GNSS 网的基线测量长度中误差 σ 应采用本标准表

3.2.4 相应等级的固定误差、比例误差系数计算,边长按实际边长计算。

3 复测基线的长度较差应满足下式要求:

$$ds \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (5.6.3-1)$$

式中: ds ——复测基线的长度较差。

4 同步环检验应符合下列规定:

1) 当单基线解算时,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坐标分量相对闭合差和全长相对闭合差应符合表 5.6.3 的规定;

表 5.6.3 同步环坐标分量和全长相对闭合差的要求 (1×10^{-6})

等级 限差类型	二等	三等	四等	一级	二级
坐标分量相对闭合差	≤ 2	≤ 3	≤ 6	≤ 9	≤ 9
全长相对闭合差	≤ 3	≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 15

2) 当单基线解算时,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相对闭合差和全长相对闭合差按异步环闭合差要求检验。同时段中的多边形同步环,可不重复检验。

5 异步环或附合线路坐标闭合差应满足下列公式要求:

$$W_X \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (5.6.3-2)$$

$$W_Y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (5.6.3-3)$$

$$W_Z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (5.6.3-4)$$

$$W_S \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (5.6.3-5)$$

$$W_S = \sqrt{W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2} \quad (5.6.3-6)$$

式中: W_X 、 W_Y 、 W_Z ——环坐标分量闭合差;

W_S ——环闭合差;

n ——环闭合环数。

5.6.4 数据检验中,当重复基线、同步环、异步环或附合路线中的基线超限时,应进行分析,舍弃可靠性较小的基线,重新构成异步环所含基线数应符合本标准表 5.1.4 的规定,检验应符合本标准第 5.6.3 条的规定,否则应进行重测。舍弃和重测的基线应记录在数据检验报告中。

5.6.5 数据处理应符合下列规定:

1 无约束平差应符合下列规定:

- 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——协方差矩阵作为观测信息,以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、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应满足下列公式要求:

$$V_{\Delta X} \leq 3\sigma \quad (5.6.5-1)$$

$$V_{\Delta Y} \leq 3\sigma \quad (5.6.5-2)$$

$$V_{\Delta Z} \leq 3\sigma \quad (5.6.5-3)$$

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

2 约束平差应符合下列规定:

- 1) 可选择国家坐标系、城市坐标系或工程独立坐标系,对通过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应满足下列公式要求:

$$dV_{\Delta X} \leq 2\sigma \quad (5.6.5-4)$$

$$dV_{\Delta Y} \leq 2\sigma \quad (5.6.5-5)$$

$$dV_{\Delta Z} \leq 2\sigma \quad (5.6.5-6)$$

式中: $dV_{\Delta X}$ 、 $dV_{\Delta Y}$ 、 $dV_{\Delta Z}$ ——同一基线约束平差基线分量的改正数与无约束平差基线分量的改正数的较差;

- 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,通过平差获得未参加约束的已知点平差坐标,其点位变化相对于约束点的边长相对中误差不应低于本标准表 3.2.4 规定的上一等级控制网中最弱边相对中误差。

3 方位角应取位至 $0.1''$,坐标和边长应取位至 mm。

4 经检测符合精度要求的已知点,宜全部作为起算点进行三维或二维约束平差。

5.6.6 在已建立 CGCS2000、城市坐标系或其他坐标系之间转换关系的城市或区域,宜在 CGCS2000 下进行三维约束平差,通过转换参数,取得城市坐标系或其他坐标系的二维成果。

5.6.7 数据处理成果宜包括相应坐标系中的三维或二维坐标、基线向量改正数、基线长度、方位角、转换参数及其精度等信息。

5.6.8 当需要 GNSS 网点的正常高成果时,应利用测区已有的高程异常模型进行计算;也可根据已知 GNSS 水准点建立测区高程异常模型,高程异常模型的建立应符合本标准第 7.2 节的规定。高程精度的检测应符合本标准第 7.4 节的规定。

5.7 质量检查与成果提交

5.7.1 质量检查应包括下列内容:

- 1 使用仪器的精度指标、检校状态和检校记录、检校证书(或其复印件);
- 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、技术指标及其执行情况;
- 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 记录完整性、准确性,记录项目齐全性;
- 6 观测数据的各项改正的正确性;
- 7 计算过程的正确性、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 技术总结内容的完整性、统计数据的准确性、结论的可靠性。

5.7.2 项目技术总结的编写应符合现行行业标准《测绘技术总结编写规定》CH/T 1001 的规定,并应包括下列内容:

- 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,测区已有测量情况;
- 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 方案实施与标准执行情况;
- 7 提交成果中尚存或需要说明的问题;
- 8 各种附表与附图。

5.7.3 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 and 自检原始记录;
- 4 选点、建设过程的照片,点之记;
- 5 外业原始观测数据、外业观测手簿、虚拟原始观测数据、基线解算数据、平差计算数据及平差报告(含电子文档);
- 6 质量检查资料;
- 7 技术总结;
- 8 设计网图、观测网图、数据处理用图、成果图;
- 9 坐标、高程成果及注释资料。

6 城市全球导航卫星系统实时动态测量

6.1 一般规定

6.1.1 RTK 测量可采用网络 RTK 测量和单基准站 RTK 测量方法。已建立 CORS 系统的城市,应采用网络 RTK 测量。

6.1.2 当利用 RTK 测量方法布设控制点时,点位选择应符合本标准第 5.2.2 条的规定。RTK 控制点可根据需要选择埋设普通 GNSS 控制点标石或现场进行标记,普通 GNSS 控制点标石的埋设应符合本标准第 5.2.4 条的要求。

6.1.3 当接收到多个导航卫星系统的数据进行 RTK 测量时,应至少有一个单导航卫星系统的 GNSS 卫星的状况符合表 6.1.3 的规定。

表 6.1.3 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	>5	<4
可用	5	≤6
不可用	<5	>6

6.1.4 RTK 测量开始作业或重新设置基准站后,应至少在一个已知点上检核,并应符合下列规定:

1 在同等级或者高等级控制点上检核,平面位置较差不应大于 50mm,高程较差不应大于 70mm;

2 在碎部点上检核,平面位置较差不应大于图上 $0.5\sqrt{2}$ mm,高程较差不应大于图上等高距的 $\sqrt{2}/3$ 倍。

6.1.5 当利用已有 RTK 测设的控制点时,应进行平面坐标、高程或几何检核,并应符合本标准表 6.3.11 和表 7.4.5 的要求。

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、数据链设备、数据采集器等;
- 2 基准站设备应能实时发送差分数据;
- 3 流动站设备应能接收、识别并处理差分数据;
- 4 接收设备的动态标称精度应符合下列规定:
 - 1) 平面固定误差不超过 10mm、比例误差系数不超过 1mm/km;
 - 2) 高程固定误差不超过 20mm、比例误差系数不超过 1mm/km。

6.2.2 接收设备的检验应符合现行行业标准《全球导航卫星系统 (GNSS) 测量型接收机 RTK 检定规程》JJG (测绘) 2301 的规定。

6.2.3 RTK 测量前宜进行下列检验:

- 1 基准站与流动站的数据通信连通检验;
- 2 数据采集器与接收机的数据连通检验。

6.2.4 接收设备的维护应符合本标准第 5.3.10 条的规定。

6.3 网络实时动态测量

6.3.1 网络 RTK 用户应在城市 CORS 系统服务单位进行登记、注册, 审核通过后, 获得系统服务的授权。

6.3.2 网络 RTK 测量应在 CORS 系统的有效服务区域内进行。

6.3.3 网络 RTK 观测准备应符合下列规定:

- 1 GNSS 天线、通信接口、主机接口等设备连接应牢固可靠; 连接电缆接口应无氧化脱落或松动;
- 2 数据采集器、流动站接收机等设备的工作电源应充足;
- 3 数据采集器内存或储存卡应有充足的存储空间;
- 4 接收机的内置参数应正确;

5 水准气泡、投点器和基座应符合作业要求;

6 天线高量取的方式和位置设置与天线高量测时情况应一致。

6.3.4 坐标系统转换应符合下列规定:

- 1 所用高等级已知点的地心坐标框架和参考历元应与计算转换参数时所用地心坐标一致;
- 2 已有转换参数时, 可直接输入;
- 3 已有 3 个以上同时具有地心和参心坐标系的控制点成果时, 可直接将坐标输入数据采集器, 计算转换参数;
- 4 已有 3 个以上参心坐标系的控制点成果时, 可采用直接输入参心坐标, 并应在控制点上采集地心坐标, 计算转换参数;
- 5 计算转换参数的控制点应均匀分布在测区内及周边, 当需实时测时, 应进行检验;

6 平面坐标转换的残差绝对值不应超过 20mm。

6.3.5 RTK 观测前接收机设置的平面收敛阈值不应超过 20mm, 垂直收敛阈值不应超过 30mm。

6.3.6 RTK 测量的技术要求应符合本标准表 3.2.6 的规定。

6.3.7 RTK 一测回观测应符合下列规定:

- 1 观测前应对仪器进行初始化;
- 2 观测值应在得到 RTK 固定解且收敛稳定后开始记录;
- 3 每测回的观测时间不应少于 10s, 应取平均值作为本测回的观测结果;

4 经度、纬度应记录到 0.00001", 平面坐标和高程应记录到 0.001m。

6.3.8 测回间应对接收机重新进行初始化, 测回间的时间间隔应超过 60s。

6.3.9 测回间的平面坐标分量较差不应超过 20mm, 垂直坐标分量较差不应超过 30mm, 应取各测回结果的平均值作为最终观测成果。

6.3.10 当初始化时间超过 5min 仍不能获得固定解时, 宜断开

通信链路,重新启动 GNSS 接收机,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。

6.3.11 RTK 控制测量应符合下列规定:

1 控制点应布设不少于 3 个两两通视或不少于 2 对相互通视的点;点位周边环境应符合本标准第 5.2.2 条的规定;

2 控制点测量应采用三脚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 控制点应采用常规方法进行边长、角度或导线联测检核,导线联测应按低一个等级的常规导线测量的技术要求执行。RTK 平面控制点检核测量技术要求应符合表 6.3.11 的规定。高程控制点检核测量技术要求应符合本标准表 7.4.5 的规定。

表 6.3.11 RTK 平面控制点检核测量技术要求

等级	边长检核		角度检核		导线联测检核		坐标检核 (mm)
	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	
一级	≤15	≤1/14000	≤5	≤14	≤16√n	≤1/10000	≤50
二级	≤15	≤1/7000	≤8	≤20	≤24√n	≤1/6000	≤50
三级	≤15	≤1/4000	≤12	≤30	≤40√n	≤1/4000	≤50
图根	≤20	≤1/2500	≤20	≤60	≤60√n	≤1/2000	≤50

注:表中 n 为测站数。

6.3.12 RTK 碎部测量应符合下列规定:

1 应采用带圆气泡的对中杆架设天线进行测量;

2 技术要求应符合本标准表 3.2.6 的规定;

3 作业前后应进行已知点检核,检核较差应符合本标准第 6.1.4 条的规定。

6.3.13 RTK 放样测量应符合下列规定:

1 采用三脚支架方式架设天线,测量过程中仪器的圆气泡应稳定居中;

2 技术要求应符合本标准表 3.2.6 的规定;

3 作业前后应进行已知点检核,检核较差应符合本标准第 6.1.4 条的规定;

4 放样点应按几何或重复测量等方法进行外业检核,检核限差应符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的规定。

6.4 单基准站实时动态测量

6.4.1 基准站应设置在已知控制点上,并应符合下列规定:

1 点位应符合本标准第 5.2.2 条的规定;

2 基准站如需长期和经常使用,宜设立永久标石;

3 测前准备应符合本标准第 5.4.4 条的规定;

4 接收机手簿中的天线类型、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本标准附录 J 的规定;

5 基准站的卫星截止高度角设置不应低于 10°;

6 当采用无线电台通信方法时,应提高电台天线的架设高度,电台应远离基准站天线;数据传输工作频率应按约定的频率进行设置;

7 随机手簿中应正确设置仪器类型、测量类型、电台类型、电台频率、天线类型、数据端口、蓝牙端口等设备参数;

8 随机手簿中应正确输入基准站坐标、数据单位、尺度因子、投影参数和坐标转换参数等计算参数;

9 RTK 作业期间,不得进行更改基准站设置、改变仪器高度、改变 GNSS 天线位置等操作;

10 可设置双基准站或多基准站测量方式。

6.4.2 困难地区基准站可设置在未知点上,并应符合下列规定:

1 测区应至少有 3 个分布均匀的已知控制点;

2 基准站的精度等级应低于已知控制点的精度等级;

3 RTK 测量成果等级不应超过图根级。

6.4.3 单基准站 RTK 观测准备除了符合本标准第 6.3.3 条的

规定外,还应符合下列规定:

1 基准站电台的电源应充足,发射频率应符合国家无线电使用管理的规定;

2 基准站电台和流动站接收机电台的频率应保持一致。

6.4.4 单基准站 RTK 测量应符合本标准第 6.3.4 条~第 6.3.13 条的规定。

6.4.5 当单基准站 RTK 测量用于定线测量、拨地测量、规划监督测量、地下空间设施现状测量和竣工测量等工程测量时,基准站等级不应低于二级。

6.5 数据处理与检验

6.5.1 RTK 测量应及时将外业采集的数据从数据采集器中导出到计算机,并进行数据备份、数据处理,同时应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。

6.5.3 外业观测记录及原始观测数据应及时保存,不得进行任何形式的剔除、修改。

6.5.4 地心三维坐标成果可通过验证后的软件进行数据处理,输出参心坐标或正常高成果。

6.5.5 当 RTK 测量成果的点位相对关系不满足需求时,可利用实测的边长、角度和高差对 RTK 成果进行修正。

6.5.6 RTK 测量成果应进行 100% 的内业检查和 10% 的外业检测。

6.5.7 内业数据检查应符合下列规定:

1 外业观测数据记录和输出成果内容应齐全、完整;

2 接收机设置的精度指标、测回间观测值及检核点的较差应符合本标准第 6.3.5 条、第 6.3.9 条和第 6.1.4 条的规定;

3 几何检核应符合本标准第 6.3.11 条的规定。

6.5.8 外业检测点应均匀分布于作业区的中部和边缘。外业检测可采用已知点比较法、重测比较法、常规测量方法等进行,重测比较法应按下式计算检测点的平面点位中误差:

$$M_P = \sqrt{\frac{[dPdP]}{2N}} \quad (6.5.8)$$

式中: M_P ——检测点的平面点位中误差 (cm);

dP ——检测点两次测量平面点位的差值 (cm);

N ——检测点个数。

6.5.9 检测点的平面点位中误差 M_P 不应超过本标准表 3.2.6 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 外业记录表;

2 外业观测数据记录文件;

3 单基准站 RTK 测量起算点成果资料;

4 区域坐标转换参数及精度分析;

5 测量成果表;

6 测量检核、检测资料;

7 技术总结。

6.6.2 RTK 测量完成后,宜提交下列成果:

1 技术设计书;

2 控制点测量示意图。

7 城市全球导航卫星系统高程测量

7.1 一般规定

7.1.1 GNSS 高程测量应包括 GNSS 静态高程测量和 RTK 高程测量,按作业过程应分为高程异常模型的建立、GNSS 高程测量和数据处理。

7.1.2 高程异常模型可利用已有城市似大地水准面模型或区域高程异常模型。新建高程异常模型应与检验同时进行,精度分别评定。

7.1.3 当利用 GNSS 高程测量代替四等及以上水准测量时,应使用已有城市似大地水准面模型。似大地水准面模型精度应符合现行国家标准《区域似大地水准面精化基本技术规定》GB/T 23709 的规定。

7.1.4 GNSS 高程测量宜与平面测量同时进行,也可单独进行。

7.1.5 GNSS 高程测量时,应至少联测一个已知高程控制点进行检核,较差应符合本标准第 6.1.4 条的规定。

7.2 高程异常模型建立

7.2.1 高程异常模型应利用 GNSS 测量、水准测量、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获得,技术要求应符合现行国家标准《区域似大地水准面精化基本技术规定》GB/T 23709 的规定。

7.2.2 在区域面积小、重力异常变化平缓地区,可利用测区及周边满足精度和密度要求,且同时具有水准测量、GNSS 测量成果的控制点资料和测区地形资料,通过数学拟合方法,获取该区域的高程异常模型。

7.2.3 建立高程异常模型的 GNSS 水准点的布设应符合下列

规定:

- 1 点位应均匀分布于测区范围内;
- 2 平原地区点间距不宜超过 5km;
- 3 当地形起伏大时,应按测区地形特征增加点位;
- 4 点位选取应符合本标准第 5.2.2 条和现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 中有关高程控制点的规定;
- 5 计算选取的拟合点数不应少于 5 个。

7.2.4 GNSS 水准点观测技术要求应符合表 7.2.4 的规定。

表 7.2.4 GNSS 水准点观测技术要求

等级	水准联测	GNSS 联测
图根	四等	四等
碎部	图根	一级

7.2.5 GNSS 水准点的数据处理应符合本标准第 5.4 节和现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 有关高程测量数据处理的规定。

7.2.6 当采用数学拟合法建立高程异常模型时,应根据拟合区域的面积、地形、区域和地质情况等选择数学模型。对地形起伏较大的区域,宜利用数字高程模型进行地形改正。

7.2.7 新建立的高程异常模型应进行模型内符合中误差计算,并应符合本标准表 3.2.7 的规定。模型内符合中误差 m_h 应按下列式计算:

$$m_h = \sqrt{\frac{[dh dh]}{n}} \quad (7.2.7)$$

式中: m_h ——高程异常模型内符合中误差 (mm);

dh ——参与拟合的 GNSS 水准点高程值与拟合高程之差 (mm);

n ——参与拟合的点数。

7.2.8 新建立的高程异常模型应进行模型外符合检验。检验应符合下列规定:

1 检验点应均匀分布于拟合区域,且应位于拟合点间的中部并能反映地形特征。检验点数不应少于拟合点总数的15%,且不应少于5个点。

2 点位选取应符合本标准第5.2.2条和现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8中高程控制点的选点规定。

3 检验点的测量精度不应低于高程异常模型建立时GNSS水准点的测量精度。

4 检验点的数据处理应符合本标准第7.2.4条和第7.2.5条中GNSS水准联测的规定。

7.2.9 新建的高程异常模型应进行模型外符合高程中误差计算,并应符合本标准表3.2.7中高程中误差的规定。外符合高程中误差 M_h 应按下式计算:

$$M_h = \sqrt{\frac{[dh dh]}{N}} \quad (7.2.9)$$

式中: M_h ——外符合高程中误差(mm);

dh ——检验点水准测量高程与GNSS测量高程的差值(mm);

N ——检验点个数。

7.3 高程测量

7.3.1 GNSS高程测量选点应符合本标准第5.2.2条的规定,测量点设置可采取埋设永久测量标志、实地标注点位等方法。

7.3.2 GNSS高程测量的技术要求应符合表7.3.2的规定。

表 7.3.2 GNSS 高程测量的技术要求

高程等级	观测方法	观测技术要求
图根	静态/RTK	三级及以上
碎部	RTK	碎部及以上

7.3.3 GNSS高程测量使用的接收机应符合本标准表5.3.1和第6.2.1条的规定。

7.3.4 GNSS高程测量应在高程异常模型覆盖区域内进行,不应外扩。

7.3.5 当采用静态观测方法时,布网、观测和已知点联测应符合本标准第5章的规定。

7.3.6 当采用RTK观测方法时,选点和观测应符合本标准第6章的规定。

7.4 数据处理与检验

7.4.1 当采用GNSS静态观测方法时,数据处理应符合本标准第5.6节的规定。当采用RTK观测方法时,数据处理应符合本标准第6.5节的规定。

7.4.2 水准测量的数据处理应符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8中高程测量的规定。

7.4.3 GNSS高程测量成果应按已确定的区域高程异常模型进行正常高程计算。

7.4.4 GNSS高程测量工作完成后,应进行100%的内业检查和10%的外业检测,检测点应均匀分布,且不应少于5个检测点,其中应至少检测一个已知高程点。内业检查应符合本标准第5.7.1条和第6.5.7条的规定。外业检测可采取水准测量、光电测距三角高程测量或GNSS测量方法进行。

7.4.5 当采用GNSS方法进行高程检测时,检测较差不应超过本标准表3.2.7的规定;当采用水准或电磁波测距三角高程检测时,检测较差应符合表7.4.5的规定。

表 7.4.5 GNSS 高程测量检测较差 (mm)

等级	图根		碎部	
方法	图根水准	三角高程	三角高程	水准
检测较差	$\leq 60\sqrt{L}$	$\leq 0.4S$	≤ 300	

注:1 L 为水准检测线路长度,以km为单位;小于0.5km的,按0.5km计;

2 S 为三角高程边长,以m为单位;

3 在山区,上述限差可放宽1.5倍。

7.4.6 当 GNSS 高程测量检测时, 检测高程中误差 M_H 应符合本标准表 3.2.7 的规定, 并按下式计算:

$$M_H = \sqrt{\frac{[dh dh]}{2N}} \quad (7.4.6)$$

式中: M_H ——检测高程中误差 (mm);

dh ——检测点两次测量的高程的差值 (mm);

N ——检测点个数。

7.5 成果提交

7.5.1 高程异常模型建立完成后, 应提交下列成果:

- 1 技术设计书;
- 2 GNSS 观测数据及平差计算文件;
- 3 水准观测数据及平差计算文件;
- 4 GNSS 水准点成果表;
- 5 高程异常模型成果及精度评定文件;
- 6 技术总结。

7.5.2 GNSS 高程测量完成后, 宜提交下列成果:

- 1 技术设计书;
- 2 仪器检校资料;
- 3 高程控制网图;
- 4 高程控制点之记;
- 5 起算点成果资料;
- 6 外业观测原始记录文件;
- 7 平差计算文件;
- 8 测量成果表;
- 9 技术总结;
- 10 质量检查验收报告。

附录 A 地球椭球和参考椭球的基本几何参数

表 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	2000 国家大地坐标系	1984 世界大地坐标系	1954 年北京坐标系
参数名称			
长半轴 a (m)	6378137	6378137	6378245
短半轴 b (m)	6356752.3141	6356752.3142	6356863.0188
扁率 α	1/298.257222101	1/298.257223563	1/298.3
第一偏心率平方 e^2	0.00669438002290	0.00669437999013	0.006694421622966
第二偏心率平方 e'^2	0.00673949677548	0.00673949674223	0.006738525414683

附录 B 连续运行基准站点之记

表 B CORS 站点之记

站名	编号		等级	
所在图幅	点位略图			
概略位置	B=	L=	H=	
所在地				
最近住所				
供电情况				
选点者				选点日期
单位				
点位环视图说明		点位环视图		
埋石者	埋石日期			
单位				
标石类型				
标石断面图		交通路线图		
托管单位				
托管人	电话			

附录 C 连续运行基准站观测墩埋设及规格

C.0.1 基岩（岩层）观测墩（图 C.0.1）的建造宜符合下列规定：

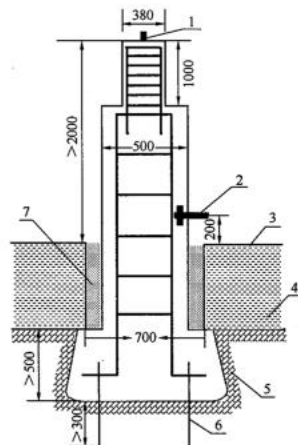


图 C.0.1 基岩（岩层）观测墩 (mm)

1—强制对中标志；2—水准标志；3—地面；4—土层；

5—基岩层；6— $\phi 20$ 的钢筋；7—隔振槽

1 基岩（岩层）观测墩应由盘石和柱石两部分组成，基础应与清理了破碎层后的完整基岩紧密浇注，盘石埋置在基岩内的深度不应少于 500mm，四角钢筋锚入基岩内的长度不应少于 300mm；

2 基岩（岩层）观测墩柱石高出地面不应少于 2000mm，水准标志高出地面宜为 200mm；

3 基岩（岩层）观测墩的柱石直径宜为 500mm，上部安置 GNSS 天线附近的柱石直径宜为 380mm，观测墩与地层接合的隔振槽不应少于 100mm，隔振槽内应填粗砂。

C.0.2 土层观测墩（图 C.0.2）的建造应符合下列规定：

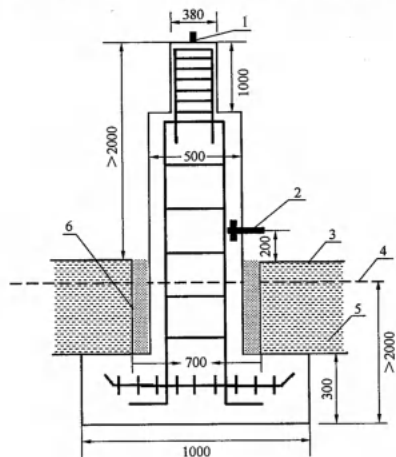


图 C.0.2 土层观测墩 (mm)

1—强制对中标志；2—水准标志；3—地面；
4—冻土线；5—土层；6—隔振槽

1 土层观测墩应建在坚实的土层上，观测墩由盘石和柱石两部分组成，观测墩埋置深度应在冻土线以下，不应小于 2000mm；

2 盘石边长宜为 1000mm，高度宜为 300mm；

3 土层观测墩柱石高出地面不应小于 2000mm，水准标志

高出地面宜为 200mm；

4 土层观测墩柱石的直径宜为 500mm，上部安置 GNSS 天线附近的柱石直径宜为 380mm，观测墩与地层接合的隔振槽不应少于 100mm，隔振槽内应填粗砂。

C.0.3 屋顶观测墩（图 C.0.3）的建造应符合下列规定：

1 屋顶观测墩应建在建筑物主承重柱上，观测墩的内部钢筋应与建筑物主承重结构连接；

2 屋顶观测墩的直径宜为 380mm，观测墩顶面距屋顶的距离不应小于 500mm。

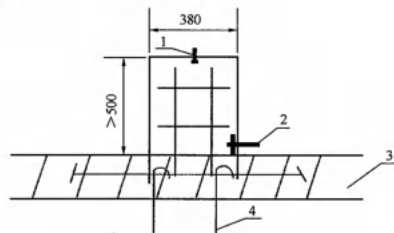


图 C.0.3 屋顶观测墩 (mm)

1—强制对中标志；2—水准标志；
3—建筑物；4—建筑物主承重柱

C.0.4 观测墩配筋（图 C.0.4）应符合下列规定：

1 观测墩中的柱石纵向钢筋的长度不应小于 500mm，箍筋与箍筋之间的距离宜为 300mm；盘石钢筋的长度宜为 900mm，间隔宜为 300mm；

2 观测墩中的纵向钢筋应采用直径不小于 10mm 的螺纹钢筋，箍筋应采用直径不小于 6mm 的普通钢筋。混凝土保护层的厚度不应小于 7mm。观测墩应采用钢筋混凝土现场浇注的方法施工。

C.0.5 配制混凝土应符合下列规定：

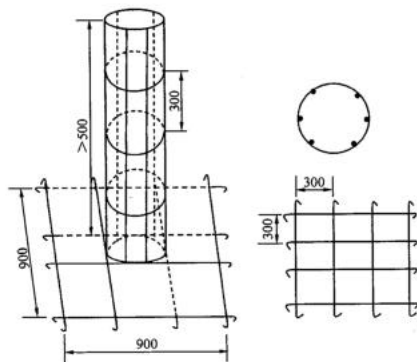


图 C.0.4 观测墩配筋 (mm)

1 配制混凝土所用材料应符合下列规定:

- 1) 水泥的强度等级不应低于 42.5;
- 2) 石子应采用级配合格的 5mm~40mm 的天然卵石或碎石; 砂宜采用中砂; 砂、石质量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定;
- 3) 混凝土拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定;
- 4) 外加剂可根据施工环境选用, 其质量应符合国家现行有关标准的规定; 不应使用含氯盐的外加剂。

2 混凝土的配合比宜为水:水泥:砂:石子=0.6:1:2.3:4.2。

C.0.6 混凝土施工应符合下列规定:

- 1 浇灌标石时, 应逐层充分振捣密实;
- 2 当气温等于或低于 0℃ 时, 应加入防冻剂, 且拆模时间不应小于 24h; 当气温高于 0℃ 时, 拆模时间不应小于 12h。

附录 D 设备登记表

表 D 设备登记表

安装人:	日期: 年 月 日 时
安装地点:	
设备编号:	
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:	

注: 表中设备编号是资产管理部门为方便设备管理按一定规则为该设备所做的序号; 设备 ID 号是设备出厂时的唯一识别号。

附录 E 系统维护记录

表 E 系统维护记录

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	☐ 正常 ☐ 异常			
CORS 系统	☐ 正常 ☐ 异常			
基准站卫星解算	☐ 正常 ☐ 异常			
数据存储	☐ 正常 ☐ 异常			
基准站坐标监测	☐ 正常 ☐ 异常			
数据分发服务系统	☐ 正常 ☐ 异常			
相关硬件设备	☐ 正常 ☐ 异常			
其他				

- 注：1 检查系统软件工作及自动更新历史数据；
2 CORS 系统各基准站通信连接情况，通信延时大于 10s 以上，即为异常；
3 解算卫星数多于 5 颗（正常），检查电离层等可能影响卫星接收状况的因素；
4 数据存储包括各基准站自身数据存储和控制中心数据存储，检查历史丢失情况；
5 若坐标变化量超过规定要求，应视为异常情况；
6 数据分发系统包括实时原始数据流分发和差分数据分发，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 等硬件设备的报警出错信息。

附录 F 全球导航卫星系统控制点的标志、标石和造埋规格

F.0.1 GNSS 控制点标志（图 F.0.1）应符合下列规定：

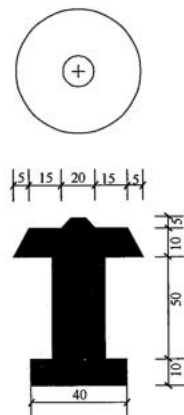


图 F.0.1 GNSS 控制点标志 (mm)

1 GNSS 控制点标志宜为不锈钢材质，应同时符合平面、高程测量的要求；

2 标志顶部应为圆球状，直径宜为 20mm，并应高出标石面 5mm；标志上部宜为圆台状，上圆直径宜为 50mm，下圆直径宜为 60mm，高度为 10mm；

3 标志下部宜为圆柱状，圆直径宜为 40mm，高度宜为 10mm；圆台与圆柱之间的长度宜为 50mm。

F.0.2 普通地面标石造埋 (图 F.0.2) 规格宜符合下列规定:

1 普通地面标石由盘石和柱石两部分组成, 柱石顶部边长宜为 250mm, 底部边长宜为 400mm, 高度宜为 400mm; 盘石边长宜为 700mm, 高度宜为 200mm;

2 标石应采用直径宜为 6mm 的钢筋, 混凝土保护层的厚度宜为 7mm, 浇筑钢筋混凝土应符合本标准附录 C 第 C.0.5 条、第 C.0.6 条的规定;

3 柱石底盘的钢筋应与盘石钢筋相连;

4 普通地面标石埋设, 顶部距地面宜为 300mm。

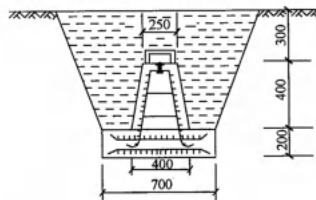


图 F.0.2 普通地面标石埋设 (mm)

F.0.3 岩层墩标造埋 (图 F.0.3) 规格宜符合下列规定:

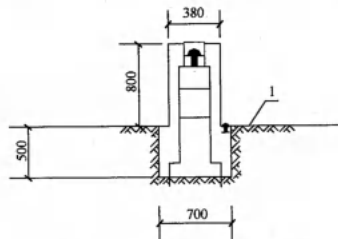


图 F.0.3 岩层墩标埋设 (mm)

1—基岩面

1 岩层墩标由盘石和柱石两部分组成, 盘石的边长宜为 700mm, 高度宜为 500mm; 柱石的直径宜为 380mm, 高度宜为 800mm;

2 浇筑钢筋混凝土观测墩应符合本标准附录 C 第 C.0.4 条~第 C.0.6 条的规定。

F.0.4 土层墩标造埋 (图 F.0.4) 规格宜符合下列规定:

1 土层墩标由盘石和柱石两部分组成, 盘石的边长宜为 1200mm, 高度宜为 300mm; 柱石直径宜为 380mm; 土层墩标埋深不应小于 1400mm, 冻土线以下不小于 600mm; 土层墩标高出地面宜为 800mm, 水准标志宜在地面下 200mm;

2 浇筑钢筋混凝土观测墩应符合本标准附录 C 第 C.0.4 条~第 C.0.6 条的规定。

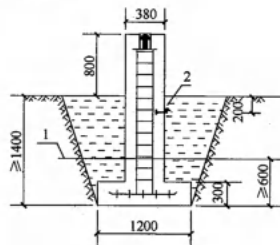


图 F.0.4 土层墩标埋设

1—冻土线; 2—水准标志

F.0.5 楼顶墩标造埋 (图 F.0.5) 规格宜符合下列规定:

1 楼顶墩标由盘石和柱石两部分组成, 盘石的边长宜为 700mm, 高度宜为 200mm; 柱石的直径宜为 380mm, 高度宜为 800mm;

2 浇筑钢筋混凝土观测墩应符合本标准附录 C 第 C.0.4 条~第 C.0.6 条的规定;

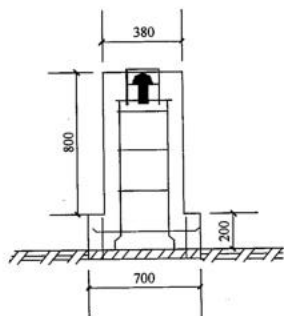


图 F.0.5 楼顶墩标埋设 (mm)

3 标石应牢固结合在混凝土楼板上。

F.0.6 一二级控制点预制混凝土标石造埋 (图 F.0.6) 规格宜符合下列规定:

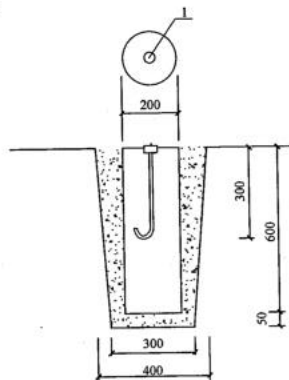


图 F.0.6 一二级控制点预制混凝土标石造埋规格 (mm)

1— $\phi 1$ 的铜芯

1 一二级控制点预制混凝土标石中心标志宜采用直径为 1mm 的铜芯, 标志顶部应为圆球状, 并应高出标石面, 标志的长度宜为 300mm;

2 标石的直径宜为 200mm, 标石的长度宜为 600mm; 标石采用的钢筋直径不应小于 6mm, 混凝土保护层的厚度不应小于 7mm, 浇筑钢筋混凝土应符合本标准附录 C 第 C.0.5 条、第 C.0.6 条的规定;

3 标石埋设的底部边长宜为 300mm, 顶部边长宜为 400mm, 标石底部宜填充 50mm 厚的混凝土。

F.0.7 一二级控制点现场浇注标石造埋 (图 F.0.7) 规格宜符合下列规定:

1 一二级控制点现场浇注标石中心标志宜采用直径为 1mm

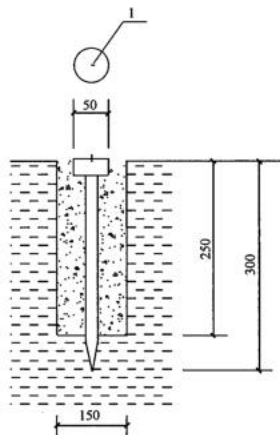


图 F.0.7 一二级控制点现场浇注标石造埋规格 (mm)

1— $\phi 1$ 的铜芯

的铜芯，标志顶部应为圆球状，圆球直径宜为 50mm，并应高出标石面，标志的长度宜为 300mm；

2 现场浇筑钢筋混凝土应符合本标准附录 C 第 C.0.5 条、第 C.0.6 条的规定；

3 标石埋设的直径宜为 150mm，深度不应小于 250mm。

附录 G 全球导航卫星系统控制点点之记

表 G GNSS 控制点点之记

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			
托管单位						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							

附录 H 全球导航卫星系统外业观测手簿

表 H 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 ☐ 待定点 ☐			
记录时间: 北京时间 ☐		UTC ☐ 区时 ☐	
开机时间:		结束时间:	
接收机号:		天线号:	
天线高 (m): 斜高 ☐ 直高 ☐ 1. 2. 3. 平均值			
备注:			

附录 J 全球导航卫星系统实时动态测量基准站外业观测手簿

表 J GNSS RTK 基准站外业观测手簿

观测者:		日期: 年 月 日	
测站名:		测站号:	
基准站为: _____ 等控制点 _____ 级控制点			
记录时间: 北京时间 ☐		UTC ☐ 区时 ☐	
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:			

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,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:

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做的:

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:

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,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑物防雷设计规范》GB 50057
- 2 《数据中心设计规范》GB 50174
- 3 《数据中心基础设施施工及验收规范》GB 50462
- 4 《计算机场地通用规范》GB/T 2887
- 5 《电子设备雷击试验方法》GB/T 3482
- 6 《计算机场地安全要求》GB/T 9361
- 7 《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316
- 8 《区域似大地水准面精化基本技术规定》GB/T 23709
- 9 《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356
- 10 《城市测量规范》CJJ/T 8
- 11 《测绘技术总结编写规定》CH/T 1001
- 12 《测绘技术设计规定》CH/T 1004
- 13 《测绘作业人员安全规范》CH 1016
- 14 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 15 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 16 《全球定位系统(GPS)接收机(测地型和导航型)校准规范》JJF 1118
- 17 《钢卷尺检定规程》JJG 4
- 18 《全站型电子速测仪检定规程》JJG 100
- 19 《光学经纬仪》JJG 414
- 20 《全球导航卫星系统(GNSS)测量型接收机RTK检定规程》JJG(测绘) 2301

中华人民共和国行业标准

卫星定位城市测量技术标准

CJJ/T 73 - 2019

条文说明

编制说明

《卫星定位城市测量技术标准》CJJ/T 73-2019, 经住房和城乡建设部于2019年4月19日以第92号公告批准、发布。

本标准是在《卫星定位城市测量技术规范》CJJ/T 73-2010的基础上修订而成的。上一版的主编单位是北京市测绘设计研究院, 参编单位是清华大学、武汉大学、天津市测绘院、重庆市勘测院、上海市测绘院、广州市城市规划勘测设计研究院、杭州市勘测设计研究院、福州市勘测院、深圳市地籍测绘大队、武汉市勘测设计研究院、昆明市勘察测绘研究院、北京市信息资源管理中心。主要起草人是陈品祥、洪立波、过静琨、刘晖、张凤录、朱照荣、张志全、谢征海、余美义、林鸿、吕松华、陈瑞霖、罗和平、严小平、侯至群、戴连君。

本标准修订过程中, 编制组进行了广泛的调查研究, 总结了我国城市GNSS测量领域中有关科研和技术发展的成果, 同时参考了有关国家和行业标准。

为便于广大测绘、设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定, 《卫星定位城市测量技术标准》编制组按照章、节、条顺序编制了本标准的条文说明, 对条文规定的目的、依据及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是, 本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力, 仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目次

1 总则	81
2 术语、符号和代号	83
3 基本规定	84
3.1 空间基准和时间系统	84
3.2 精度要求	88
3.3 技术设计及实施	92
3.4 质量检验及成果管理	93
4 城市连续运行基准站系统建设	95
4.1 一般规定	95
4.2 连续运行基准站网设计	97
4.3 连续运行基准站建设	98
4.4 通信网络建设	99
4.5 管理中心建设	100
4.6 服务中心建设	101
4.7 坐标联测及数据处理	102
4.8 连续运行基准站系统测试	103
4.9 成果提交	106
4.10 系统维护	106
4.11 系统产品和技术服务	107
5 城市全球导航卫星系统网建设	109
5.1 一般规定	109
5.2 选点及埋石	113
5.3 仪器设备	115
5.4 静态测量	119
5.5 虚拟测量	122

5.6	数据处理	125
5.7	质量检查与成果提交	133
6	城市全球导航卫星系统实时动态测量	134
6.1	一般规定	134
6.2	仪器设备	135
6.3	网络实时动态测量	135
6.4	单基准站实时动态测量	138
6.5	数据处理与检验	139
6.6	成果提交	141
7	城市全球导航卫星系统高程测量	142
7.1	一般规定	142
7.2	高程异常模型建立	143
7.3	高程测量	150
7.4	数据处理与检验	151
7.5	成果提交	151

1 总 则

1.0.1 本条规定了本标准制定的目的。城市控制网的建立是城市测量的基础工作和重要内容,过去一直采用传统的大地测量技术方法和手段建立城市控制网,并在此基础上,采用常规的测量技术方法确定地理信息的空间位置。随着空间技术的发展,以卫星为基础的全球导航卫星系统,即 GNSS 技术成为最新的空间定位技术。该系统具有全球性、全天候、高效率、多功能、高精度等特点,在用于大地定位时,测站间不要求互相通视,无须造标,受天气条件影响较小,同时可获得三维坐标。该技术的应用导致传统测量的布网方法、作业手段和内外作业程序发生了根本性的变革,为城市测量提供了一种全新的技术手段和方法。它将以高效率、高精度、低成本的特性为城市建设服务,快速、及时、准确地为城市规划、建设和管理提供测绘保障。GNSS 技术发展迅速,早在 20 世纪 80 年代只有美国 GPS 导航卫星系统,20 世纪 90 年代又有俄罗斯 GLONASS 导航卫星系统。我国的北斗卫星导航系统发展很快,2012 年北斗卫星空间组网成功,正式对亚太地区提供定位、导航、授时服务,2018 年率先覆盖“一带一路”国家,2020 年覆盖全球。目前有多个卫星系统并重发展,因此接收机逐渐向多星座、多频接收机方向发展。2005 年就出现了 GPS/GLONASS/GALILEO 三系统兼容三频共 72 个通道的卫星接收 OEM 板, GPS/北斗双模接收机。目前很多厂家推出了 GPS/GLONASS/ BDS 三系统兼容和 GPS/GLO-NASS/GALILEO/BDS 四系统兼容的多模多频接收机。随着卫星定位理论方法和定位技术的发展,原来的《卫星定位城市测量技术规范》已不能满足技术发展的要求,因此,重新对其进行了一次全面的修订,增加和补充了已发展成熟的新技术和新经

验,调整和删除了一些已不适应的内容,并与有关标准进行了协调。

1.0.2 本条规定了本标准的适用的范围。随着 GNSS 技术的快速发展以及国家和区域 GNSS 连续运行基准站和系统服务等基础设施建设的不断完善,GNSS 技术得到了更广泛的应用,使得卫星定位技术不仅可以用静态定位的方法进行高精度城市控制网建设,还可以用动态定位的方法进行快速的、低精度的控制网测量、工程测量、摄影测量、地形测量和地理信息采集等测量工作。也可以根据需要用静态、动态结合的方法用于形变测量和不动产测绘,使 GNSS 定位技术发挥更大的作用,以多、快、好、省的原则为城市建设和城市管理提供服务保障。

1.0.3 本条规定了本标准与相关标准的关系。本标准是城市测量范围内的专业技术标准,直接为城市测量各专业提供基础服务或技术支撑。本标准与现行其他城市测量技术标准紧密相关,同时与目前的 GNSS 测量也相互联系。所以,本条明确规定,城市 GNSS 定位测量除应符合本标准外,还应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号和代号

本章主要对本标准中使用的术语和符号进行了说明,以便于理解和使用。

术语和符号主要是按卫星定位测量的特点、技术的发展及实际习惯应用来定义的,修订了不准确的定义,如:星历、广播星历、单基线、多基线等;增加了新内容需要的定义,如大地高、正常高、虚拟观测数据、源节点、GNSS 虚拟测量、北斗卫星导航系统(简称 BDS)、2000 国家大地坐标系(简称 CGCS 2000)等。

3 基本规定

3.1 空间基准和时间系统

3.1.1 本条阐明了城市 GNSS 测量采用的坐标系。它是描述和测定空间或地面一点位置及其运动状况的基础,同一个点的位置及其运动状况在不同的坐标系中,它所表示的结果是不同的,理想的坐标系是坐标原点能在空间保持不动或做匀速直线运动,而坐标轴的相互关系又能在空间保持不变。2000 国家大地坐标系(China Geodetic Coordinate System 2000,缩写为 CGCS2000)是我国当前最新的国家大地坐标系,自 2008 年 7 月 1 日起全面启用。当前,由于历史的原因,我国部分地方还沿用参心坐标系,为了便于坐标系转换,满足全球空间定位的需要,在本标准附录 A 中列出了各坐标的地球椭球和参考椭球的基本几何参数以供使用。但应尽快把原各参心坐标系转到国家 2000 坐标系,以适应 GNSS 测量的需要。

3.1.2 本条规定了城市 GNSS 测量进行投影变换应有的技术要求。国家 CGCS2000 坐标系属地心坐标系,我国各城市多采用统一的高斯 3°带或高斯任意带投影的平面直角坐标系,以及其他独立坐标系,当 GNSS 测量采用城市独立坐标系,需提供必要的地球椭球参数,方能保证坐标转换的精度。

3.1.3 本条规定了城市 GNSS 网平面坐标转换的技术要求。城市 GNSS 网布设的目的大多为扩大控制网的面积,提高地面网的精度。城市网要求根据平面控制网控制点坐标反算的边长与实际测量边长尽可能相符,也就是要求控制网边长归算到参考椭球体面上(或平均海水面)的高程归化和高斯正形投影的距离变化为总和(即长度变形)限制在 $\leq 1/4$ 万(即 2.5cm/km)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。所以本标准作统一城市坐标系的规定,在进行 GNSS 测量时,应获取高精度的测量成果。

直角坐标系间相互转换的常用方法包括相似变换法、多项式拟合和多元回归模型法、相似变换与多项式综合法和建立在过渡坐标系基础上改进的相似变换模型等。

1 相似变换

1) Bursa 7 参数空间模型

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{bmatrix} + (1+m) \cdot \begin{bmatrix} 1 & \varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & 1 & \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y & -\varepsilon_X & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: $[\Delta X_0 \ \Delta Y_0 \ \Delta Z_0]^T$ ——3 个平移参数;

$[\varepsilon_X \ \varepsilon_Y \ \varepsilon_Z]^T$ ——3 个旋转参数;

m ——1 个尺度参数。

2) 3 参数空间模型

3 参数模型是 7 参数模型的特殊形式,只有平移参数。

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

3) 平面 4 参数

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} + (1+m) \cdot \begin{bmatrix} \cos \vartheta & -\sin \vartheta \\ \sin \vartheta & \cos \vartheta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

2 多项式拟合

$$dX(dY \text{ 或 } dZ) = L_0 + L_1U + L_2V + L_3W + L_4U^2$$

$$+ L_5V^2 + L_6W^2 + L_7UV + L_8UW \\ + L_9WV + \dots \quad (4)$$

$$U = (X_i - X_k) \quad (5)$$

$$V = (Y_i - Y_k) \quad (6)$$

$$W = (Z_i - Z_k) \quad (7)$$

式中: X_k, Y_k, Z_k ——参考点坐标或为大地原点坐标;

$L_1, L_2, \dots$ ——待求多项式系数。

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, 变化平缓, 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的转换。

3 多元回归模型法

$$dx(\text{或 } dy) = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2 + \dots \quad (8)$$

$$x = k(B - B_0) \quad (9)$$

$$y = k(L - L_0) \quad (10)$$

式中: x, y ——原坐标系下已知点坐标, 以度为单位;

B_0, L_0 ——参考点纬度、经度;

k ——尺度系数, 通常取 2 倍~3 倍度化弧度常数;

$b_0, b_1, b_2, \dots$ ——待求系数;

使用该模型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, 变化平缓, 适合于大区域、低精度到高精度控制网之间的转换。

4 相似变换与多项式综合法

该方法模型就是使用前述相似变换模型进行坐标系间的相似变换, 相似变换后公共点残差采用多项式模型进行拟合计算。

5 建立在过渡坐标系基础上改进的相似变换模型

该方法顾及了平面与高程方向精度不匹配造成的坐标变换影响, 利用过渡坐标系(站心系)将平面与高程方向的变量进行分离, 改进相似变换的数学模型。将原有空间坐标系按下式进行变换, 得到该点的站心系下坐标, 旋转矩阵为:

$$R_i = R_y(-90 - B_i)R_z(L_i) \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -\sin B_i \cos L_i & -\sin B_i \sin L_i & \cos B_i \\ -\sin L_i & \cos L_i & 0 \\ \cos B_i \cos L_i & \cos B_i \sin L_i & \sin B_i \end{bmatrix} \quad (11)$$

使用上述旋转矩阵, 把各公共点变换到站心系下, 按 7 参数空间模型组成方程组求解, 可以根据公共点只有平面坐标或部分点有高程, 对方程组进行取舍, 比较灵活。

3.1.4 随着国家经济建设的发展, 城市辖区的面积在不断扩大, 东西向距离超过一百公里, 原有城市坐标系的一个投影带已远远不能满足长度投影变形值不大于 25mm/km 的要求。为了满足城市建设发展的需要和符合国家及行业现行标准, 本条规定了建立城市坐标系时, 在一个坐标系统下, 可同时设计两个及以上的中央子午线, 进行多投影带投影, 保证长度投影变形值满足不大于 25mm/km 的要求。同时, 为了便于相邻两带之间的衔接和使用, 规定了两带之间后设置重叠区域, 由于城市首级控制网平均边长为 9km, 因此规定了重叠区域宽度不宜小于 9km, 重叠区域内的控制点提供两套坐标, 方便两带控制点坐标的衔接。如: 天津市辖区东西长度为 117km, 原来设置了一个中央子午线以满足天津市重点区域的建设需求。随着经济社会的不断发展, 天津向东拓展建设滨海新区, 该区距离原中央子午线已经大于 45km, 导致该区域的坐标系统的投影长度变形大于 2.5cm/km, 不能满足现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的要求。因此为了满足城市大比例测图和工程测量的精度要求, 天津在滨海新区新建了滨海坐标系, 并建立了相应的坐标转换关系。

3.1.5 本条规定了城市 GNSS 测量采用的高程基准要求。GNSS 测量直接得到的是相对于椭球体的大地高, 而实际应用的正常高或海拔高是相对于似大地水准面, 即要把大地高转换为正常高。因此要进行水准联测, 同时获得控制点的大地高和正常高, 以便转换。在联测时, 联测点分布要均匀。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。

3.1.6 本条规定了 GNSS 测量原始观测值的时间记录要求。GNSS 测量是根据 GNSS 卫星在任一时刻的空间坐标来确定地面位置的一种方法。GPS、GLONASS、BDS 和 GALILEO 系统时间存在差异,但可相互转换。因此在 GNSS 测量时原始观测值记录应采用相应系统的系统时间,保证在数据处理时,进行统一的时间、空间位置归算,得到正确的定位结果。

3.1.7 时间在 GNSS 测量中是一个非常重要的基本量,因此,所使用的时间是否合适和精确,将直接影响 GNSS 测量成果的精度。时间需要有一定的起算点和单位。计时系统有多种,由于协调世界时(UTC)精度高且稳定,故 GNSS 测量时通常统一采用协调世界时(UTC)作为计时方法。北京标准时(BST)是我国采用的时间系统,符合我国的时间概念,使用方便。若统一采用北京标准时(BST)时间记录时,两者可用 $BST = UTC + 8h$ 式换算,此时应注意日期变化,如某日 UTC 时间为 20 时,换算后则为第二天北京时间 04 时。

3.2 精度要求

3.2.1 本条规定了城市 GNSS 测量的分类和衡量精度的指标。卫星定位测量时,应以中误差作为衡量测量精度的标准,以两倍中误差作为测量极限误差。城市 GNSS 控制网可分为连续运行观测的城市 CORS 网和定期按时间段观测的城市 GNSS 网,都是静态观测,需要构成网型,网的形状影响到控制网的精度。城市 GNSS RTK 测量和基准站、城市 CORS 网有关,测量点都是单点,相互间没有直接关联,不构成网。

3.2.2 城市 CORS 网相邻点间弦长精度公式中的固定误差 a 和比例误差系数 b ,与 GNSS 接收机厂家给出的精度公式中的含义相似。所不同的是厂家给出的精度公式通常是在某种标准条件下的精度,而本标准式(3.2.2)则考虑了外界因素的影响。

3.2.3 城市 CORS 网的布设不同于城市常规 GNSS 网的布设,常规 GNSS 网的边长一般较短,而 CORS 网站间距离可根据系

统功能设计而适当调整。表 1 列举了部分城市及地区已建成的 CORS 网平均距离。

表 1 部分城市及地区已建成的 CORS 网平均距离

城市	北京	天津	上海	重庆	广州	深圳	武汉	江苏	福州	平均
平均距离 (km)	37.2	45.2	42.0	51.9	44.3	25.0	41.8	48.9	44.4	42.3

本条规定了城市 CORS 网的平均边长为 40km。为满足 CORS 系统厘米级的实时定位服务精度,在具体布设中可以根据城市地理位置、城市规模和建设应用等情况,有针对性地确定 CORS 站密度,但相邻 CORS 站最长间距不宜超过 80 km,理论和经验表明,在低纬度或我国高原地区,电离层变化比较快,CORS 网的模糊度解算受到影响,这些电离层活跃地区的 CORS 网的平均边长宜适当缩短。按本标准表 3.2.3 中规定的 CORS 的边长计算边长精度,其边长中误差为 40.3mm,相对中误差为 1/992556,考虑到其他综合因素的影响,本标准在表 3.2.3 中规定了 CORS 站间最弱边相对中误差取 1/800000。

3.2.4 GNSS 城市控制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。GNSS 城市控制网分级布设,既有利于考虑当前城市建设的实际需要,又可考虑到城市的远期规划和发展的需要,分级布网还有利于减少测量误差的积累,从而使 GNSS 点的点位精度均匀。GNSS 测量具有精度高,灵活性强等特点,各等级的观测方法基本相同,观测时间和技术要求有差异,所以允许越级布网,即允许在布设二等 GNSS 网后,直接布设四等网,同时也允许将两级网合并布设成全面网,在全面网中选择部分点构成长边进行观测,并将这些点作为高一级控制网点,在进行 GNSS 网平差计算时,可以先平差首级网,然后把首级网点作为固定点,对次级网平差;也可以将两级网赋予不同的权联合进行统一平差。

各等级 GNSS 网相邻点的距离也与城市测量规范中的规定

一致,但本标准又具有灵活性,规定了最小距离是平均距离的1/2;最大距离是平均距离的2倍。表3.2.4所规定的最弱边相对中误差,不是指直接观测的GNSS基线的精度,而是指平差后最弱间接边的精度要求,是按照常规三角网的边长相对中误差确定的。由于GNSS测量的观测精度较高,直接边在GNSS网中平差后的精度也是很高的。又因为边长相对中误差与其边长有关,当较短时相对中误差变大,城市低等级控制测量受环境影响,可能存在边长过短的现象,所以还规定当边长小于200m时,以边长较差应小于20mm来衡量。

3.2.5 本条规定了城市工程GNSS网的基本要求。工程GNSS网因需求不同,且受工程周边环境的影响较大,往往需要逐级布设或成组布设,强调工程内部控制网的相对高精度,绝对精度不要求很高。因此,在控制网的设计时,很难满足本标准第3.2.4条要求,特别是联测已知点时,边长往往超出同等级要求规定。因此,本条规定了在工程GNSS网布设时,边长可不受第3.2.4条的限制,但GNSS网平差后的精度指标应符合第3.2.4条的要求。

3.2.6 城市GNSS RTK平面测量具有高精度、测点间相互独立等技术特点,根据GNSS测量的精度要求和GNSS RTK的测量特点,本标准对GNSS RTK测量的等级划分为一、二、三级和图根、碎部五级,对应于GNSS控制网的一、二、三级及地形测图的图根和碎部等级,并根据各等级的精度要求制定了最小边长,而不是平均边长。为了保证高等级控制测量的精度均匀性,本条对一级GNSS控制点布设强调了应采用网络RTK进行测量。根据城市测绘的特点,标准对于在对天视困难地区,相邻点间距离可以缩短至表中的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。

对于本标准表3.2.6中的相邻点间距离和边长相对中误差的规定是总结了城市测量中布设等级导线的经验,结合满足常规测

量对边长相对关系的要求后制定的。《城市测量规范》CJJ/T 8中对布设一、二、三级导线的测距精度优于15mm,导线边长可放宽至平均边长的2倍。由于GNSS RTK测量绝对定位精度可靠,但点间几何关系难以满足规范要求,为保证GNSS RTK一、二、三级点相对精度符合《城市测量规范》CJJ/T 8的相关要求对RTK点间的距离进行了适当的放宽,并规定了相应等级的相邻点间距离和边长相对中误差。

3.2.7 GNSS测量得到的是测量点的三维坐标,受基础测绘成果和理论方法的限制,从20世纪80年代末GPS技术引进后,GPS测量的平面二维成果得到了广泛的应用,但垂直方向的测量成果一直没有大量使用。随着全球高精度重力场模型的确定及基础理论上的突破,经过大量的实验,GNSS测量求取正常高成为现实。按照GNSS测量计算得到正常高的估算精度,对应于现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8中高程测量的精度等级,本条规定了城市GNSS高程测量分为图根、碎部两个等级。GNSS高程测量由于受到自然地理环境的影响以及当前技术手段的限制,各等级根据地形划分为两种情况,平原、丘陵为一类地形,山区为另一类地形,并分别规定了各等级的高程异常模型内符合中误差、高程测量中误差、检测较差等精度指标。

GNSS高程测量中误差可按下式计算:

$$m_k = \sqrt{m_H^2 + m_i^2 + m_g^2} \quad (12)$$

式中: m_k ——GNSS点正常高中误差;

m_H ——GNSS点大地高测量中误差;

m_i ——GNSS测量仪器高测定中误差;

m_g ——模型中误差。

现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8中规定地形图测绘图根控制点高程中误差应不大于测图等高距的1/10,碎部点的高程中误差应不大于测图等高距的1/3,1:500测图比例尺基本等高距为0.5m。平原地区图根控制点高程中误差不大于50mm、碎部点的高程中误差不大于150mm。使用RTK测量方法,距基

准站距离不应超过 6km, 依据本标准第 7.3.2 条对仪器设备的要求和式 (3.2.2) 计算, 大地高测量中误差为 23mm, 作业时对中杆量高误差 1mm, 按式 (12) 计算得到图根控制点模型中误差为 44mm、碎部点模型中误差为 148mm。考虑到模型内符合中误差和模型中误差的区别、模型选择的差异以及 RTK 测量条件的限制, 模型内符合中误差按模型中误差的 $2/3$ 计算。山区的各项技术指标在平原的基础上放宽 1.5 倍执行。

由于 GNSS 测量在垂直方向上的精度没有明显提高, 在实际应用过程中, 四等及以上精度等级的 GNSS 高程测量应用较少, 大部分都应用在图根和碎步高程测量中。在本次修编过程中, 将四等精度的 GNSS 高程测量精度指标删除, 指明在需要时可进行单独设计。

3.3 技术设计及实施

3.3.1 GNSS 测量的基本要求是准确获得符合项目要求的点位成果, 技术设计和实施全过程应保证这一目标的实现, 测量点位需要长期或一定时期保存。

3.3.2 GNSS 测量技术受测区自然地理和测站周边环境的影响极大, 应用受到很大的限制。要根据测区情况, 合理设计 GNSS 测量应用的深度和广度, 并以其他技术手段辅助来完成。所以, 本条规定测量前应收集测区的相关资料, 需要时进行现场踏勘。

3.3.3 技术设计书的编写应能突出项目的特点, 充分应用收集到的相关测绘成果, 根据测区的实际情况, 依据相关标准规范进行设计。技术路线选择应科学、实用, 根据项目情况争取有所创新, 还要顾及当前的技术发展水平和实施单位的技术装备和生产能力, 制定合理可行的作业方案。

3.3.4 测量仪器设备的可靠性是影响 GNSS 测量成果的重要因素, 用于 GNSS 测量作业的仪器设备, 应经法定计量检定机构检校合格, 并在检校证书标出的有效期内使用, 相关的主要测量

仪器设备包括 GNSS 接收机、全站仪、水准仪等, 检定机构应出具正式的检校合格证书。测量仪器设备即使在检校有效期内, 由于搬运等引起的振动因素也可能导致仪器设备的部分技术指标发生变化, 影响观测结果。因此, 应根据作业条件的变化情况对所使用的主要仪器设备进行及时检查校正。

3.3.5 城市 CORS 网和 GNSS 网是城市的重要基础设施, 进行 GNSS 测量时, 要充分利用这些基础测绘成果, 特别是 CORS 网站连续观测的测量数据, 可以减少很多工作量。同时, 由于使用了城市统一高精度的控制点, 也可提高 GNSS 测量的精度, 减少由于已知点不兼容带来的误差。

3.3.6 多台 GNSS 接收机同时作业时, 为保证作业时迁站顺利进行, 应根据作业能力、运输车辆和交通状况, 制定合理可行的作业计划。作业时, 各作业班组应严格按照计划进行, 按时到达、准备、开机和关机。

3.3.7 本条规定了 GNSS 测量对接收卫星系统的选择。北斗卫星导航系统 (BDS) 是我国自主研发的卫星定位系统, 从系统对国土覆盖率和可靠性考虑, 都优于国外的 GPS、GLONASS 和 GALILEO 系统。目前的 GNSS 接收机都能接收多系统的卫星定位信息, 在进行测量时, 要根据作业区域和项目情况, 选择单系统或多系统 GNSS 观测量。

3.3.8 本条规定了 GNSS 测量对数据处理软件的要求。GNSS 测量数据处理软件大部分使用仪器厂商提供的随机处理软件, 其软件研发主要针对其生产的仪器设备。实际作业时可能使用多种品牌的仪器设备共同作业, 数据处理要选择经过测试、稳定可靠的软件, 有条件时, 要使用两套软件相互验证。

3.3.9 本条规定了 GNSS 测量成果整理和归档要求。

3.4 质量检验及成果管理

3.4.1 本条规定了 GNSS 测量过程要进行质量控制。在关键工序要设置检查点, 发现问题及时进行处理, 不让有问题的成果进

入下一工序。

3.4.2 本条规定了 GNSS 测量质量检验过程的要求。GNSS 测量成果作为重要的基础性测绘成果,质量检验要严格执行“二级检查、一级验收”制度,保证成果的质量,提供下一工序使用。

3.4.6 属于涉密测绘成果的 GNSS 测量成果,其成果的管理、提供和使用应按国家相关法律、法规的要求执行。

4 城市连续运行基准站系统建设

4.1 一般规定

4.1.1 城市 CORS 系统作为城市空间定位基准体系的重要组成部分,应根据城市的长期规划进行统一设计和建设,满足城市建设在当前及今后一定时期内的需求。GNSS 技术已在国内导航、定位、科学研究领域得到广泛应用,一个城市只应建设一个统一的城市 CORS 系统,系统建设不但要满足城市测绘部门对定位的需求,还要综合考虑地震、气象、土地和其他行业对系统的需求。具体实施时,可根据城市 and 经济发展情况一次建设完成,也可分期建设,城市 CORS 系统可以在共建、共享的原则下建设,达到一网多用、一网共用。根据《中华人民共和国测绘法(2017 新版)》的要求,建设单位还应当按照国家有关规定报国务院测绘地理信息主管部门或者省、自治区、直辖市人民政府测绘地理信息主管部门备案。

4.1.2 城市 CORS 系统作为城市重要的空间数据基础设施之一,首先要满足城市对空间定位的不同服务需求。依据功能设置和建设内容将城市 CORS 系统建设主要分为 CORS 网、通信网络、管理中心和服务中心建设等四部分。城市 CORS 系统一般覆盖范围较小,管理中心和服务中心经常合并建设,因此标准修订时,将“应”变为“宜”,不作为强制性要求。由于用途和职责的不同而分为管理中心和服务中心,但在环境、硬件设备、软件的配置上二者有很大的共性。因此,两个中心可以单独建设,也可共同建设,对于规模较小的 CORS 网,共同建设时可以在一台综合服务器上完成。

4.1.3 我国自主研发的北斗卫星导航系统已经正式提供服务,当前正式运行的导航卫星系统有 BDS、GPS 和 GLONASS。从

卫星覆盖率和可靠性来说, BDS 系统优于 GPS 系统。城市 CORS 系统建设时, 要首先考虑使用 BDS 系统, 兼顾 GPS 和 GLONASS, 以及 GALILEO 系统。本条还规定了城市 CORS 系统各部分的基本功能, 这是城市 CORS 系统正常稳定提供服务的基本要求, 各地可以根据自身的需要增添一些相应的功能。其中完备性检测内容包括: 对卫星信号正确性的判别, 对基准站位移量的监测, 以及在卫星信号或基准站位移偏大时向用户示警的能力。

4.1.4 由于地壳形变、自然灾害、地下水的过量开采等原因, 可能导致城市 CORS 站站址的不稳定, 需要对 CORS 系统的坐标进行定期解算, 解算时至少需要一个稳定的基岩站点或深埋的土层站点的坐标作为起算数据。本条规定了一个 CORS 网建设时, 宜建设 1 个~2 个基岩或深埋的土层 CORS 站点。由于各城市地质条件的差异性, 本条以建议性条款提出。

4.1.5 城市 CORS 站作为 CORS 系统的基准点, 其点位的稳定至关重要, 本条规定了 CORS 网中重新解算周期最长不应超过一年, 对 CORS 站点稳定性差的 CORS 网应适当加密解算周期。在同一坐标框架下, 系统基准点的误差应小于测量点误差的 1/3。所以, 本条规定了 CORS 站两次解算的平面位置绝对变化量不应超过 1.5cm, 高程变化量不应超过 3cm。否则, 应进行 CORS 站坐标更新或迁建新站。同时, CORS 网也应保持相对的稳定, 不宜频繁更新 CORS 站坐标, 对地面沉降严重的区域, 可对 CORS 网提供的高程数据服务加以限制, 以减少 CORS 站坐标更新的频次。

4.1.6 为了最大化的共享城市的 CORS 站资源, 城市 CORS 系统应建设一个唯一的管理中心, 对城市 CORS 站的数据进行统一管理、按需分发, 各个行业和系统可根据各自的需求, 建立自己的服务中心, 向管理中心申请数据, 经过数据处理, 提供特色服务。

4.1.7 城市 CORS 网建设的雷电防护按设备位置分为露天设备

防护和室内设备防护。应在 GNSS 天线附近架设建筑物雷电防护装置进行直击雷防护。室内设备所在建筑物也应有直击雷防护装置, 同时对设备电力线、通信线、射频线等进行感应雷电防护。

4.1.8 城市 CORS 系统建设完成后应进行系统测试, 以检验系统提供数据服务的定位精度及系统运行的稳定性。目前主要城市都完成了似大地水准面精化工作, GNSS 测量大地高的应用也比较广泛, 考虑到 GNSS 测量高程成果的使用, 本次修订新增了 GNSS 测量大地高外符合精度的指标, 对系统测试的三维坐标精度作了统一的规定, 尚没有考虑高程异常模型的影响。

4.1.9 CORS 基准站仪器设备安装前应获得经法定机构计量校合格证书, 安装后设备要保证每天 24h 不间断记录 GNSS 观测数据, 如果将 GNSS 接收机和天线取下来送检, 会导致 GNSS 观测数据中断, CORS 系统不能正常运行, 影响用户的使用, 因此规定 CORS 基准站仪器设备安装后无须每年送检, 但要求 CORS 管理中心负责定期对基准站主机和天线进行自检。

4.1.10 CORS 网资源属于国家战略性的基础设施, 城市 CORS 系统管理要建立完善各种规章制度, 对于测绘地理信息的采集、存储、传输、处理和使用应符合现行国家和行业的相关规定。

4.2 连续运行基准站网设计

4.2.1 随着技术的发展, CORS 站建设可利用的资料越来越丰富、现势性越来越好, 本次修订增加了收集相关的影像资料。

4.2.2 城市 CORS 网建设作为城市重要的基础设施建设之一, 布设时比控制网布设涉及的内容多。同时, 城市 CORS 网已广泛应用于地震监测、气象预报和地理信息采集等多个行业。因此, 设计前应对区域内的 CORS 站、供电保证和通信连接等已有资源情况进行调研分析, 对已有资源要充分加以利用。

4.2.3 CORS 网设计时, 要根据服务区域、使用软件的情况, 进行全区域覆盖设计、网精度优化和经济效益评估等综合设计。

基本达到 CORS 网设计针对性强、可靠性高、完整性好、有创新性和经济合理等目标。

4.3 连续运行基准站建设

4.3.2 CORS 站选址应综合考虑多种因素的影响, CORS 站获得的观测数据的质量和数量会直接影响到系统的服务质量, 站址周边环境要基本符合要求, 还要考虑到站址的长期稳定性。通信条件、电力供应也是站址选择要考虑的问题, 系统需要的是不间断的连续观测、传输, 要求通信网络时时畅通、传输延迟符合系统要求。电力供应稳定, 停电持续时间应在系统设计的后备电源有效供电时间范围内。

4.3.3 观测墩标可分为基岩(岩层)观测墩、土层观测墩和屋顶观测墩三类观测墩, 样式可以依照本标准附录 C 进行建造, 也可依据当地的实际情况自行设计, 但必须保证观测墩的稳定可靠, 减少因日照、风力等天气因素对观测墩稳定性的影响。观测墩顶面要水平便于各方向量测天线高。观测墩附近应加装避雷设备, 避免直击雷对室外设备的损害, 避雷设施安装完工后应请具有避雷设备检测资质的有关部门进行检测验收。

为保证混凝土强度, 一般在北方地区宜使用普通硅酸盐水泥; 在南方地区宜使用矿渣水泥或火山灰水泥, 不宜使用粉煤灰水泥; 在受盐碱、海水或工业污水侵蚀地区, 宜使用抗硫酸盐水泥; 在沙漠、戈壁等干燥地区, 不宜使用火山灰水泥。

4.3.4 城市 CORS 站与国家级连续运行基准站有一定的区别, 城市 CORS 站一般要求建设在电力、通信条件较好和具有一定安全性的地点, 通常会有建筑物可以利用。当利用已有建筑物作为设备室时, 观测墩距设备室的距离可能超出仪器供应商提供的电缆线最大长度, 需要加长电缆线, 为保证观测数据的质量, 必须加装信号放大器。在 CORS 站点设置室外设备室时, 应加设防止人为破坏或其他损坏的保护装置, 并进行经常性的巡视, 保证 CORS 站安全、稳定运行。

4.3.5 对于高精度 GNSS 数据处理软件, 需要提供 GNSS 天线的天线相位中心模型, 目前, 国内有些基准站型的 GNSS 天线还不能提供该模型, 这些天线还不能应用在城市 CORS 站建设中。接收设备的天线因长年置于室外条件下, 经受风吹雨打和四季的气候变化的影响, 所以一定要加装不影响接收卫星信号的天线保护罩。城市 CORS 站的天线电缆一般铺设在人类活动频繁的地区, 要对电缆加装硬质的保护套管加以保护。稳定的天线相位中心是保证获得可靠、高精度观测数据的重要条件, 考虑到测定天线相位中心方法的差异性, 本次修订规定的是采用旋转法或微波暗室法测得的天线相位中心变化量不应超过 3mm。

4.3.6 CORS 站数据应是连续记录并实时传输的, 为了应对电力、通信的突然的中断, 保证记录数据的连续性, 本条规定了接收设备应具有自主存储能力。同时, 考虑到 CORS 系统高程服务的需要, 完善了对接收机的精度指标要求, 增加了高程方向精度指标要求。

4.3.8 城市 CORS 站点间的平均距离为 40km, 如果发生意外断电事故时, 维修人员无法在第一时间内赶到现场进行维修。因此, 本标准规定了 CORS 站应配置至少保证 24h 连续稳定独立供电在线式 UPS 装置。

4.3.9 随着摄影装备的低成本和普及化, 以及地理信息成果资料数字化管理的需求, 本条增加了需要 CORS 站建设各个阶段的进度照片, 使成果资料的直观性和完整性更好。

4.4 通信网络建设

4.4.2 通信网络是 CORS 系统建设中数据传输的重要渠道, 无论采用有线还是无线的方式传输, 都要确保数据误码率、安全性以及延时符合标准要求。考虑到不同的连接方式和不同的数据传输需求, 将通信网络分为 CORS 站与管理中心、管理中心与服务中心、服务中心与用户三类, 分别提出具体要求。

4.4.3 为确保原始观测数据的传输可靠性、稳定性, 同时考虑

原始观测数据的敏感性, CORS 站与管理中心的数据传输应采用专用网络进行, 在条件不具备时, 应增加商用密码手段保护。其中, 商用密码是指对不涉及国家秘密内容的信息进行加密保护或者安全认证所使用的密码技术和密码产品。

4.4.4 实时信息发布是 CORS 系统提供服务的主要内容之一, 实时数据发布的方式应适应不同需求, 可采用 FM 调频 (单向)、2G、3G、4G 等现有通信技术以及将来的 5G 等先进通信技术, 此处不作妨碍技术进步的规定。

4.4.5 网络通信协议采用 TCP/IP 协议, 主要基于数据安全性及该协议普遍适用性原则。

4.4.7 服务中心接入公共网络时, 应确保 CORS 系统网络的安全性, 不应成为黑客攻击的中继, 可通过自行组网、配置硬件防火墙等措施来提高网络安全性。

4.4.8 通信网络建设完成后, 为了保证系统通信网络的安全、可靠、有效、稳定地运行, 应进行网络连通测试和时延测试; 设备登记表应完整记录通信设备的基本情况, 保证设备的完好性、可用性 & 可追溯性。

4.5 管理中心建设

4.5.2 管理中心的工作环境, 是保障城市 CORS 网稳定运行的重要条件, 因此在环境建设时, 应充分考虑到温度、湿度、独立稳定供电, 管网的铺设、防尘、防雷等。考虑管理中心通常不会单独建立, 而是处于一个较大机房之中, 同时设立后备电源的主要目的是确保正常供电临时中断时能安全关闭系统, 将原标准中 8h 的后备电源能力修改为 2h, 不会影响 CORS 系统正常运行。

4.5.3 管理中心硬件是城市 CORS 系统各种软件安装、运行的操作平台, 因此对服务器的存储量等主要指标及外围的设备配置进行了规定, 考虑到目前主流服务器的配置标准, 将原标准中服务器内存存储不低于 2GB 调整为不低于 4GB, 增加服务器的运

行保障能力。特别提出了在有条件的情况下, 对关键服务器采用双机热冗余备份。

4.5.4 管理中心软件是整个 CORS 系统的技术主体, 担负着系统日常运行监控、数据传输、处理、分析、管理的任务; 因此管理中心应选用运行稳定、安全性好、自动化程度高、兼容性强并有管理功能的商用软件。本次修订增加了兼容包括 BDS 在内的多 GNSS 系统卫星的数据、多种类基准站接收机和天线接收的数据的接收和融合处理的内容。

4.5.5 管理中心主要负责 CORS 系统设备的运行状态实时监测、远程管理、故障分析与故障警示; 数据质量分析和评价; 数据综合、数据分流和数据存储; 分析处理各站每天生成的日志文件, 评价各 CORS 站运行质量状况并定期进行数据备份等工作; 对数据备份的质量应进行检查, 确保数据备份有效、可读; 宜双备份。本条增加 GNSS 数据实时备份的要求, 以提升数据存储的完整性和可靠性。

4.5.6 本条规定了管理中心建设完成后应通过调试使各项技术指标达到或超过设计指标, 以保证日后管理中心能够正常工作。

4.5.7 本条是新增内容。按照国家测绘局《关于规范卫星导航定位基准站数据密级划分和管理的通知》的要求, 普通 CORS 站的观测数据和服务数据不属于国家秘密事项, 但属于受控管理的内容; 普通基准站的基准站坐标、基准站网观测数据为秘密级国家秘密事项; 基准站站点信息不属于国家秘密事项, 但属于受控管理的内容; 起算点坐标、区域坐标转换模型、区域似大地水准面高程异常值等参与基准站成果计算的数据密级按照《测绘管理工作国家秘密范围的规定》执行。

4.6 服务中心建设

4.6.3 服务中心软件主要是处理由管理中心传过来实时的原始观测数据, 向用户提供实时差分定位服务和后处理数据服务, 同时对用户进行管理。本条新增了差分数据发布的格式要求。

4.6.4 服务中心是 CORS 系统向广大用户提供服务的部分,能直接反映系统建设的成功与否。数据服务主要是通过 3G、4G 等移动通信方式向用户提供实时动态差分定位服务,通过数据交换或 INTERNET 网提供静态定位服务及其他测绘信息服务,同时,对用户进行管理并提供技术服务和技术支持。

4.6.6 为确保数据服务工作符合国家信息安全的相关规定,应建立完善的制度,并严格遵照执行。

4.7 坐标联测及数据处理

4.7.1 大地坐标系是进行空间定位的基础和基准,所有的信息采集工作都在一定的大地坐标系中进行。现行的大地坐标系统分为参心坐标系和地心坐标系。若以参考椭球和局部地区大地水准面最为密合为原则建立大地坐标系,由于这些大地坐标系的原点与地球质心不重合,一般称之为参心坐标系;若依据空间大地测量为主要手段建立大地坐标系,要求坐标系原点与地球质心重合,则称之为地心大地坐标系。为了确定城市 CORS 网与现存的各种控制基准的关系,应与国家级 CORS 站、省级 CORS 站、高等级国家大地控制点和城市控制点等进行坐标联测。

4.7.2 为了确定城市 CORS 网与 CGCS2000 坐标系之间的关系,将国家 CORS 站点的数据及其精确的 CGCS2000 坐标,与城市 CORS 网一定时间内的同步观测数据进行统一数据处理,获得城市 CORS 网的 CGCS2000 坐标。同时,为了保证城市 CORS 网较好地符合到国家 CORS 站上,并有一定的多余起算数据,本条规定了至少联测 3 个国家 CORS 站。

4.7.3 确定城市 CORS 网的参心坐标时,可以利用具有参心坐标的 CORS 站的数据,也可通过在与现有控制点联测,进行数据处理,获得城市 CORS 网的参心坐标。考虑到地面控制点的精度不均匀、点位的变动等情况,规定了与地面现有控制网进行联测时,联测点不能少于 4 个。

4.7.4 研究表明,GNSS 基线的精度并不随观测时间的增加而

一味地提高。为了确定一个合理的联测观测时间,根据已建城市 CORS 网的联测经验,城市 CORS 网站的地心坐标联测时,使用的各 CORS 站的观测数据应不少于 5d,采样间隔 30s,截止高度角 10° ;参心坐标联测时,连续观测 1d,采样间隔 10s~30s,可以满足要求。

4.7.5 GNSS 测量数据的处理是研究 GNSS 定位技术的一个重要内容,选用不同的数据处理方法和软件对 GNSS 测量结果影响很大。在 GNSS 静态定位领域里,20km 以下的定位应用已经较为成熟,接收机厂商提供的随机软件已能满足大部分的应用需要,但在定轨应用及长距离的定位应用中,一般接收机厂商提供的随机软件均不能满足需要,因为它们忽略了很多在定轨和长距离定位中不可忽略的因素,如:有关轨道的各种摄动计算,大气对流层改正,基线解算起算点误差的影响,测站位置受地壳运动的固体潮引起的漂移等。城市 CORS 网最大边长可达 80km,基线解算时应利用精密星历,并使用可收集到的最高精度的地心坐标作为基线解算的起算点,同时进行相应的数据检验。采用具有长基线处理能力的高精度数据处理软件,并采用精密星历进行数据处理。如果未确定 CGCS2000 与城市独立坐标系或其他使用到的参心坐标系间的坐标转换参数,可通过 CORS 网与各种控制点的联测,建立 CGCS2000 成果与其他坐标系之间的联系,确定转换参数,方便 GNSS 成果的应用。

4.7.6 坐标联测及数据处理结束后,要按要求单独编写技术总结。

4.8 连续运行基准站系统测试

4.8.1 系统功能的实现是城市 CORS 系统建设的基本要求,测试数据指标能够客观地评价系统性能的优劣。系统测试一方面是考证 CORS 网络系统功能的实现,另一方面是检定系统运行实际达到的性能指标,为系统服务提供指标依据。

4.8.2 本条规定了系统功能测试需要完成的内容以及应达到的

要求。

1 城市 CORS 系统应实现无人值守、全天自动化运行。系统调试正常运行后,系统管理软件可以自动处理 CORS 站数据以及接收用户请求,并向用户发送差分改正数据。

2 通信网络测试由专业机构采用专业网络数据传输测试软件来完成,测试内容包括各个 CORS 站到数据中心有线网络线路测试和数据中心到用户无线数据传输线路测试。测试线路数据的传输率、误码率、延时等指标应符合本标准的相关要求。

3 流动站用户并发性测试。有条件的可以通过模拟设计用户数进行测试,也可以采用多个用户同时请求数据中心服务的方式,并发服务用户的数量应能达到系统设计的允许数量。

4 远程控制功能是为了方便数据中心实时监控 CORS 站设备的工作情况,监控 CORS 站接收机、UPS 电源等设备热启动及更改设置参数等,该功能有助于 CORS 站实现无人值守、自动运行。

5 城市 CORS 系统发生个别 CORS 站数据掉线、设备故障、断电等异常情况,从系统可靠性考虑,系统不能因个别 CORS 站出现故障而使系统的应用受到影响。模拟测试分为两种情况:一种是模拟输入错误的 CORS 站数据,系统应给出提示,并保持正常工作状态;另一种是中断某个或几个 CORS 站数据,系统应在其算法模型许可的条件下重新构网进行计算,恢复正常工作。

6 本款是新增内容。在我国领土范围内,目前 BDS、GPS 和 GLONASS 都能提供正常的服务。为了满足城市复杂环境下 GNSS 的应用,城市 CORS 系统应该兼容 BDS、GPS 和 GLONASS,并能考虑到 GALILEO 的未来接入应用,提供多卫星系统综合服务,增加空中可视定位卫星的数量,提高地面定位的精度和可靠性。

7 CORS 系统建设完成后能兼容主要品牌的 GNSS RTK 设备在系统范围内正常工作。利用各种品牌的 GNSS RTK 接收机

通过无线数据传输方式获取中心发送的差分改正数据,在正常情况下流动站用户可以很快获得固定解,固定解的精度能达到系统整体设计、测试的精度指标。

4.8.3 系统性能指标测试针对系统设计的技术指标进行测试,主要进行静态精度测试、RTK 精度测试、可靠性测试。经数据处理后可以得到系统的覆盖范围、静态精度、RTK 定位精度、设备兼容性、空间和时间可用性性能指标。

1 静态定位精度测试主要是通过 CORS 系统覆盖范围内,用户选择具有已知坐标值的测试点,点位观测环境满足相应静态 GNSS 观测的要求,可根据 CORS 站间距离设计观测时间,观测时间一般宜超过 2h。数据处理时下载数据中心记录的 CORS 站数据,根据设站点与邻近 CORS 站的图形关系,选择分布均匀的 CORS 站作为起算数据,基线解算、网平差处理符合本标准第 5.6 节中四等以上精度的 GNSS 测量要求。将平差计算得到的测试点的坐标值与已知坐标值进行比对、统计,精度应符合本标准第 4.1.8 条要求。

2 动态精度及网络覆盖范围测试点宜选择城市四等以上的控制点,控制点应有城市地方坐标成果。测试点宜在 CORS 网络的内、外均匀分布,网外距离选择一般不应超过 30km。动态测试选用的接收机应符合本标准第 6.2.1 条的要求,为了进行内符合精度统计,测试点要记录 10 个以上的观测结果。

3 CORS 系统的可靠性和可用性是服务的一个重要指标,在不考虑流动站和服务中心间通信的前提下,要通过长时间、连续的测试才能获得。根据卫星运行周期,本条规定了测试时间不能少于 24h,按 1 历元/s 计算,在 24h 内理论上应获得 86400 个观测值,用实际得到的满足要求的观测值个数的百分比来作为系统的一个指标。

4.8.4 测试点的内符合精度是综合评价 CORS 系统和测试的 GNSS RTK 设备稳定性的一个最直接的指标,正常情况下, M_x 、 M_y 两个坐标分量指标要优于 M_z , M_z 较易受周边环境的

影响。测试点的外符合精度除受到 CORS 系统和 GNSS RTK 设备的影响外,还受到测试点已知坐标精度的影响。当需要将 CGCS2000 坐标转换成城市独立坐标系,统计外符合精度时,还要受到坐标转换参数及高程转换精度的影响。对应于本标准第 4.1.8 条新增加的规定,本条新增了 GNSS 测量大地高外符合精度的计算方法。

4.9 成果提交

4.9.1 为了丰富成果资料的内容,提供建设各阶段的进展情况。本条新增了提供 CORS 站建设各阶段的实况照片的规定。

4.9.6 本条规定了城市 CORS 系统建设完成后应提交的成果资料内容。系统的技术报告能全面叙述系统建设过程中对技术设计文件和项目实施方案、技术指标等的执行完成情况。主要包括 CORS 站、通信网络、管理中心和服务中心的建设及测试过程;坐标联测的方式、方法,数据处理采用的技术方法,CORS 网达到的精度;系统整体测试情况;客观分析存在的问题和解决的方法。系统的工作报告主要描述 CORS 系统建设按照项目设计方案的工作执行情况,主要包括项目工作实施的组织、进度情况、完成的工作量和重要问题的处理以及项目总体完成情况等。

4.10 系统维护

4.10.1 系统日常维护主要是保持管理中心、服务中心、CORS 站有良好的工作环境;所有设备运行良好;服务器软件稳定、正常运行;为用户提供可靠的数据服务。由于系统维护记录表涵盖了日常系统维护时需要查看的主要项目,如果有异常情况发生时,可通过记录进行追溯,查找问题,采取必要的措施以保证系统运行正常。

4.10.2 系统维护的检验分析主要是保证系统设备运行不产生影响服务质量的偏离,提供有效的服务。定期对 CORS 站的原始观测数据进行处理、分析、统计,可以对位置偏差、钟差、天线

的相位中心偏差等进行评价,保证设备运行的有效性。所以,长期运行的 CORS 站接收机可不进行年检,但新安装的接收机必须有鉴定证书。同时,系统的电子设备都有正常的工作寿命,应及时考虑对即将到期的设备进行更换。

4.11 系统和技术服务

4.11.1 城市 CORS 系统是一种城市测绘地理信息基础设施,提供服务是最基本的功能。根据服务过程中技术人员参与程度和《全球导航卫星系统连续运行基准站网技术规范》GB/T 28588-2012 的有关规定,服务分为产品和技术两大类。

4.11.2 根据城市 CORS 系统的特点,充分考虑到《关于规范卫星导航定位基准站数据密级划分和管理的通知》(国测成发[2016]1号)中卫卫星导航定位基准站数据密级划分表中的各类信息、数据和成果的分类和内容,将城市 CORS 网的产品主要分为了信息类、数据类和成果类三种类型。

4.11.3 信息类产品是指基准站和 CORS 网属性等相关信息的产品,用于 CORS 网运行维护、数据处理和服务,包括基准站点基本信息和 CORS 网基本信息等。数据类产品是指基准站观测数据和 CORS 系统形成数据产品,包括基准站观测数据文件、虚拟观测点的仿真观测数据、基准站以一定的时间间隔(1Hz 以上)输出的观测数据流和用于实时定位服务的差分数据等;成果类产品是 CORS 系统利用基准站的观测数据,经过数据处理形成的产品,包括基准站坐标值、基准站坐标时间序列和电离层模型等,电离层模型是反映基准站网区域内电离层电子密度含量的格网数值或模型参数。

4.11.4 技术服务就是提供与城市 CORS 系统相关的技术解决方案,包括静态数据平差计算、动态数据后差分计算、不同坐标系之间的成果转换、GNSS 技术方案的策划和编写、GNSS 应用咨询和培训等。

4.11.5 开展城市 CORS 系统服务的单位应具备一定的条件,

包括拥有可维护的基准站网,独立的数据处理和服务中心,还需要具备行业主管部门要求的相应能力,具有一定数量的专门技术服务人员和服务设施,建立与服务相适应的制度和方案。

4.11.6 CORS 系统提供的服务具有很强的专业性,本条规定了申请单位要具有一定的专业技术能力,能正确使用 CORS 系统的服务,并按规定程序申请服务。

5 城市全球导航卫星系统网建设

5.1 一般规定

5.1.1 GNSS 技术的发展,大大减少了布设城市控制网的时间、人力和物力的投入,为了使城市有一个精度统一、布设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。工程控制网应根据工程规模、控制网的用途和精度要求合理确定。

5.1.2 城市 CORS 站的建设从环境选择、建设规模和质量都远远高于传统控制点的建设,通过联测, CORS 站具有了不同坐标系下的坐标。因此, CORS 站的坐标应作为城市首级 GNSS 网的起算数据,并与新布设 GNSS 网点共同组成城市首级 GNSS 网。

5.1.3 在布设 GNSS 控制网时,应充分考虑 CORS 站连续观测的特点,并结合已有控制点的分布情况,在满足 GNSS 控制网布设原则的前提下,充分利用旧点的标石,这样可以节省埋设标石的费用,且利用这些标石还具有稳定安全的优点,此外,还可以利用这些点的观测成果进行分析和比较。

5.1.4 GNSS 观测受到各种外界因素的影响,有可能产生粗差和各种随机误差,因此要求由非同步观测基线向量构成闭合环或附和线路,是为了对 GNSS 观测成果进行质量检查,以保证成果的可靠并恰当地评定精度。在对 GNSS 网进行图形设计时,应将表 5.1.4 的规定与本标准表 5.4.2 中关于平均重复设站数的规定结合起来考虑。

1 应该注意,由 N 台 GNSS 接收机同步观测一个时段,可计算出 $N(N-1)/2$ 条同步观测边,但其中只有 $N-1$ 条独立

边。不应将非独立边作为独立观测边处理,更不能将同步闭合环当作非同步闭合环。

2 GNSS 网中的独立边数 n 与由它们构成的非同步闭合环数 r 有如下关系:

$$r = n - N_p + 1 \quad (13)$$

式中: N_p ——GNSS 网中的总点数;

n ——GNSS 网中的独立边数;

r ——多余观测边数。

当要求 GNSS 网的闭合环均为 m 边形时,若以 $\text{int}(\cdot)$ 表示取整, $\text{Mod}(\cdot)$ 表示取余数,并设:

$$K_0 = (N_p - 2) / (m - 2) \quad (14)$$

$$K_1 = \text{int}(K_0) \quad (15)$$

$$K_2 = \begin{cases} \text{Mod}(K_0) + 2, & K_0 - K_1 > 0 \\ 1, & K_0 - K_1 = 0 \end{cases} \quad (16)$$

$$n \geq K_1(m - 1) + K_2 \quad (17)$$

对于不同的 N_p 和 m ,可按式 (13) ~ 式 (17) 得到相应的 n 和 r 以及比值 r/n ,如表 2。从表 2 中可知,当 $N_p=60$, $m=5$ 时, $n>79$, $r<20$, $r/n=0.25$ 。

表 2 构成 m 边形的 r/n 值

r/n N_p	m	3	4	5	6	8	10
10		8/17= 0.47	4/13= 0.31	3/12= 0.25	2/11= 0.18	2/11= 0.18	1/10= 0.10
20		18/37= 0.49	9/28= 0.32	6/25= 0.24	5/24= 0.21	3/22= 0.14	3/22= 0.14
40		38/77= 0.49	10/58= 0.33	13/52= 0.25	10/49= 0.20	7/46= 0.15	5/44= 0.11
60		58/117= 0.50	29/88= 0.33	20/79= 0.25	15/74= 0.20	10/69= 0.15	8/67= 0.12
100		98/197= 0.50	49/148= 0.33	33/132= 0.25	25/124= 0.20	17/116= 0.15	13/112= 0.12

3 如果不对闭合环的边数作明确规定,而要求平均在每个点上设站 α 次,即要求在每个点上至少观测 α 个时段,则对于一个有 N_p 个点的 GNSS 网,应有 αN_p 个观测时段。若取 $\alpha=2$,即要求至少有 $2N_p$ 个观测时段,若取 $\alpha=1.6$,即表示要求至少有 $1.6N_p$ 个观测时段。

当采用 N 台 GNSS 接收机进行观测时,若设:

$$K_0 = \alpha N_p / N \quad (18)$$

$$K_1 = \text{int}(K_0) \quad (19)$$

则需要观测的时段数为:

$$K = \begin{cases} K_1, & K_0 - K_1 = 0 \\ K_1 + 1, & K_0 - K_1 > 0 \end{cases} \quad (20)$$

此时,独立的 GNSS 边数应为:

$$n \geq K(N - 1) \quad (21)$$

而闭合环数仍按式 (13) 计算,当取 $\alpha=2$ 时,对于不同的 N_p 和 N ,可按式 (13) 和式 (18) ~ 式 (21) 得到相应的 n , r 和比值 r/n ,列出如表 3。从表 3 中可知,当 $N_p=60$, $N=3$ 时, $r/n=0.26$,其结果与表 2 中要求构成闭合环的边数 $m=5$ 的情况相近。

表 3 设站 2 次时构成 m 边形的 r/n 值

r/n N_p	m	2	3	4	5
10		1/10=0.10	5/14=0.36	6/15=0.40	7/16=0.44
20		1/20=0.050	9/28=0.32	11/30=0.37	13/32=0.41
40		1/40=0.025	15/54=0.28	21/60=0.35	25/64=0.39
60		1/60=0.017	21/80=0.26	31/90=0.34	37/96=0.39
100		1/100=0.010	35/134=0.26	51/150=0.34	61/160=0.38

当 $N_p=60$,对于不同的 N ,若要求平均在每个点上设站数为 $\alpha=1.5$ 、 1.6 、 1.7 、 1.8 次时,也按式 (13) 和式 (18) ~ 式

(21) 得到相应的 r 、 n 和 r/n , 如表 4, 当 $N_p > 60$ 时, 对于不同的 N , 比值 r/n 与表 4 相差很少。

表 4 设站 α 次时 N 台接收机的 r/n 值

r/n α	N	3	4	5	6
1.5		1/60=0.02	10/69=0.14	13/72=0.18	16/75=0.21
1.6		5/64=0.08	13/72=0.18	21/80=0.26	21/80=0.26
1.7		9/69=0.13	19/78=0.24	25/84=0.30	31/90=0.34
1.8		13/72=0.18	22/81=0.27	29/88=0.33	31/90=0.34

由表 3 和表 4 还可以看到, r/n 与 GNSS 接收机的台数有关, 因此, 在本标准表 5.4.2 中要求二、三等 GNSS 点的平均重复设站不得小于 2.0, 而对于四等或四等以下的 GNSS 点, 要求其平均重复设站数不得小于 1.6。

4 从上面的分析可以看出, 为了能满足本标准表 5.4.2 中在每个点上平均重复设站 α 次要求, 对在 GNSS 网进行图形设计时, 应使闭合环的边数小于表 5.1.4 中的规定, 仅允许个别闭合环的边数等于该表中的边数, 为使外业观测有计划地进行, 避免 GNSS 独立边选择的随意性, 并便于及时检查观测结果, 宜按设计的网图选定 GNSS 独立边, 必要时, 在经过技术负责人审议后, 可根据具体情况作适当调整。

5.1.5 城市地方坐标一般采用地方独立坐标系, 为此, 应适当地选择起算点和起算方位, 按本标准第 3.1.3 条的规定根据实际需要选定, 并按本标准第 3.1.2 条的规定给出有关参数。如果仍采用原有城市坐标系, 而该坐标是不经投影在平面上直接进行计算得到, 应根据具体情况进行分析, 设法将有关参数查询清楚。一般来说, 这种坐标系是以过其起点的子午线为中央子午线的任意带坐标系。

当联测多个原有控制点时, 一般不将它们都作为固定点, 而

是用它们的原坐标对成果进行分析比较。

大、中城市的 GNSS 网在考虑与国家控制网的相互连接和转换时, 应联测 3 个以上的国家控制点, 并且要求查得这些点的正常高和高程异常, 以便求得两种坐标系之间的转换参数。

5.1.6 工程 GNSS 网是为特定的工程项目服务的, 工程项目采用的坐标系可能是 CGCS2000、1980 西安坐标系、1954 年北京坐标系、城市独立坐标系或工程独立的坐标系, 联测的控制点要根据工程需求来确定。

5.1.7 虚拟测量也是一种测量方式, 它不是使用接收机直接在控制点上真实采集数据, 而是根据项目的需要情况, 利用城市 CORS 系统的资源, 在给定的坐标点上, 模拟接收机采集数据的方式, 由城市 CORS 系统自动生成一组观测数据。城市 CORS 系统的服务受其覆盖范围的限制, 这些给定的坐标点必须在城市 CORS 系统覆盖范围之内。

5.1.8 2020 年将建成我国的北斗卫星导航系统 (BDS), BDS 空间部分由 5 颗静止轨道卫星、27 颗中地球轨道卫星、3 颗倾斜同步轨道卫星共 35 颗卫星组成。5 颗静止轨道卫星定点位置为东经 58.75°、80°、110.5°、140°、160°, 中地球轨道卫星运行在 3 个轨道面上, 轨道面之间为相隔 120° 均匀分布, 静止轨道卫星主要为我国及亚太地区提供服务。为增加天空可视卫星数目, 提高定位的精度和可靠性, 本标准规定 GNSS 测量时可同时接收多种全球导航卫星系统的卫星数据。

5.2 选点及埋石

5.2.1 由于 GNSS 测量观测站之间, 不要求相互通视, 而且网的图形结构也比较灵活, 所以 GNSS 选点工作远较经典控制测量的选点工作简便。但由于点位是测量最终成果, 点位的选择对于保证观测工作的顺利进行和测量结果的可靠具有重要意义。所以在选点工作开始之前, 应认识到选点埋石工作的重要性, 应充分收集和了解有关测区的地理情况, 城市总体规划、地质、气

象、交通、通信等资料,了解和分析测区原有国家或城市控制测量、坐标系、高程系统等情况,以便充分利用和坐标转换。城市 GNSS 测量是为城市规划、建设、管理服务的,因此,在设计时就应考虑城市总体规划和近期规划、工程建设等发展情况,以便更好地服务。根据资料分析情况和测量任务要求,进行图上技术设计和优化、精度估算,并按技术设计的要求进行现场踏勘,落实 GNSS 点位。

5.2.2 GNSS 点点位的设置,必须符合技术设计的要求,点位要选择视野开阔,地质坚实稳定,易于长期保存,同时有利于安全作业及网的扩展和联测的地方,若考虑到适用于常规测量方法的加密,GNSS 点可以有 1 个以上的通视方向(可以不是相邻的点)。

GNSS 点应远离大功率的无线电发射台、微波站和高压输电线,其目的就要避免其周围磁场对 GNSS 卫星信号的干扰,接收机天线与其距离应不小于 200m。在实际作业中电压较低的高压输电线有时影响不大,其远离的距离可因地制宜确定。

GNSS 点附近不应有大型建筑物、玻璃幕墙、大面积水域或对电磁波反射(或吸收)强烈的物体,以减弱多路径效应的影响。

GNSS 点应选在易于安置接收机设备的和交通便利的地方,且视野开阔。在视场内周围的障碍物的高度角,在实际作业中一般设置为 15° ,以减弱对流层折射的影响,个别点因地理条件限制可适当放宽。

对符合 GNSS 选点要求的旧有控制点应充分利用。

5.2.3 按照技术设计要求进行现场踏勘,在实地确定点位,点名可取村名、地名、单位名,应向当地政府部门或群众进行调查后确定,利用原有旧点时点名不宜更改,可在原点名前端加“G”字,以免造成混乱。点号编排应适应计算机计算。在选点作业中,还应了解交通路线、水准联测路线。

5.2.4 各等级 GNSS 控制点标石及标志规格要求和埋设方法是城市测量长期积累的实践总结,适用于大、中、小城市,各城市

也可以根据当地自己长期实践经验,进行规格设计和埋设。对城市高层建筑顶层埋设标志,建议在建楼时同时预先埋设在建筑物承重墙上,在已建成的高层建筑物时,标石应牢固结合在楼板混凝土面上,可在混凝土楼板上打 3 个~4 个膨胀螺丝扎钢筋现场灌制,并在标石四周密封以免漏水,也可将屋面打毛,用环氧树脂配乙二胺和丙酮的混合物将预制标石和屋面粘结,再用水泥混凝土敷附在标石四周。对于建立 GNSS 三维变形监测网的标石和标志,必须埋设强制对中归心墩标。总之,GNSS 点的标石和标志的埋设必须稳定、坚固以利长期保存和安全使用。随着 GNSS 接收机的普及和发展,以及管理方式的变化和城市建设的快速发展,将原标准的二、三等 GNSS 控制点标石埋设后应办理测量标志委托保管,经本次修订后不再要求办理,仅城市首级 GNSS 控制点标后埋设后应办理测量标志委托保管。对于布设低等级的工程控制网,埋设永久性的标志,可能不太经济。

5.2.5 GNSS 点埋石所占用地,应经土地使用者或管理部门同意,并依法办理征地手续,同时办理测量标志委托保管书。GNSS 点选埋完成后,应提交本条规定的相关资料和总结,本次修订新增加了选点、埋石的阶段照片。

5.3 仪器设备

5.3.1 本章涉及的 GNSS 测量是静态 GNSS 测量,采用 RTK 技术布设低等级控制网在本标准第 6 章进行了规定。静态 GNSS 测量接收机的选用应按 GNSS 网的不同等级选择相应精度的 GNSS 接收机。

GNSS 网的等级划分见本标准第 3.2.4 条,所选 GNSS 接收机仪器标称精度应不低于 GNSS 网规定的指标要求。表 3.2.2 中 d 表示 GNSS 网中相邻点基线的长度,表 5.3.1 中 D 表示的是 GNSS 测量得到的相邻点的边长。

5.3.2 参加作业的 GNSS 接收机都应经过专业检定部门的检验,合格后可在检校有效期内使用。对于作业周期较长的工程,

应采取必要的措施,保证接收机处于良好状态。

5.3.3 GNSS接收机、天线及配件组成一套完整的接收设备,出厂检验和仪器校检都是在按标称匹配的情况下进行的,若接收机与天线型号不是标称匹配,就不能保证仪器状态良好。

5.3.4 常规检验项目是在作业过程中仪器容易产生偏离的指标,这些指标专业的检验机构是无法在校校有效期内有效保证的,需要依靠作业员经常进行校准。

1 光学对点器的检验和校正可按下列方法操作:

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,每转动一次应重新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。

2) 校正方法

先找出三个位置所构成的误差三角形的中心,然后用校正拔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,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。

2 天线高量尺可用线纹米尺或更高精度的量具进行长度检验。

3 为了及时检验接收机采集数据的正确性,应每天将接收机内的数据传入计算机进行处理,因此要求数据转录设备及软件应齐全,数据传输性能应完好。

4 新购买的数据后处理软件需通过测试来评估其处理结果的正确性,可以用两种不同软件对同样的数据进行处理,比对结

果的差异,判定软件是否可用;用来比对软件的处理结果应经验证无误。

5.3.5 GNSS接收机接通电源,开机后仪器开始搜索卫星。如果是刚开箱的新仪器,或者仪器长期未使用,机内所存广播星历在三个月以前的,GNSS接收机从搜索到锁定卫星时间需要12.5min。若机器内存中是近期(3个月内)广播星历,一般搜索到锁定卫星时间只需3min。如果锁定卫星时间很长可能是仪器内电池失效,应送维护部门修理或退换。

载波相位信号失锁检测,应在视野开阔高度角 15° 以上无遮挡物下进行。采用静态观测1h。利用双差检索卫星失锁情况。

5.3.6 在大型工程作业前,应对GNSS接收机进行实测检验,检验设备的精度指标及稳定性情况,它是作业工程中的一重要参考指标。

1 GNSS接收机内部噪声水平的测试可采用零基线的方法。零基线是采用“GNSS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两台以上的接收机,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。可按下列步骤进行测试。

1) 选择周围高度角 10° 以上无障碍物的地方安放天线,连接天线、功分器和两台接收机。

2) 连接电源,两台接收机同步接收四颗以上卫星1.0h~1.5h。

3) 两台接收机和功分器的两个输出口交换,再观测一个时段。

4) 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。

2 接收机天线相位中心稳定性测试可在标准基线、比较基线场或 GNSS 检测场上进行。

检验时可以将 GNSS 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,定向指标线指向磁北,观测一个时段。然后交换接收机和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转动 90° 、 180° 、 270°)进行同样观测。

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。

3 GNSS 接收机短边精度测试可采用电磁波测距仪基线检测场。中长边精度测试应在专业 GNSS 测试场进行。

4 仪器高低温试验主要针对仪器需要在特殊环境下作业时的检验,如环境温度超过 40°C 或低于 0°C 。在高低温箱测试时其温度测试范围应根据仪器标称的工作环境温度确定。

5.3.7 等级控制测量的精度高,因此要求作业仪器的各项性能指标稳定。接收机的噪声水平和相位中心是反映接收设备稳定的重要指标,对观测结果影响较大。

5.3.8 不同类型的接收机从数据采集到数据处理都有差异,参加共同作业进行统一处理必须经过验证,符合精度要求后才能开始共同作业。可通过不同组合在已知基线上进行比对验证。

5.3.9 接收机属于精密的电子仪器设备,在日常使用过程中要按照仪器操作手册进行使用。仪器在搬运过程中应装箱搬运,并采取必要的防护措施。接收机在观测之前应设置观测采样间隔、截止高度角、记录数据类型、数据存储路径等,在观测时不能随意更改设置参数。

5.3.10 GNSS 接收机长期、定时维护可以延长仪器的使用寿命。维护保养工作包括仪器设备的日常清洁、防潮存放以及电池充放电处理等。仪器出现故障,不能自行打开仪器外壳进行修

理,应及时递交专业人员进行维修处理。

5.4 静态测量

5.4.1 城市 CORS 系统经过了一定时期的稳定运行, CORS 站的点位和观测数据经验证是稳定可靠的,提供的观测数据作为布设各等级控制网的起算依据能提高控制网的精度,同时又能节省控制网联测的工作量。

5.4.2 关于技术要求问题。

1 研究表明,随着卫星高度的降低, GNSS 信号接收机的信噪比将随之减小,有较多机会获得较小的三维位置的 PDOP,延长最佳观测时间。但是对流层影响愈显著,测量误差随之越大。因此,卫星高度角一般规定在大于 15° 。

2 为了增强对 GNSS 基线向量观测值的检查,表 5.4.2 规定二、三等 GNSS 点平均重复设站数不得小于 2,而对精度要求较低,点的密度较大的四等或四等以下的 GNSS 测量,要求每个点的重复站数应大于 1.6,当使用的 GNSS 接收机只有 3 台时,每点的重复站数更大一些,其数据质量还可通过同步闭环和异步闭环等条件进行评定,从而达到既提高生产效率,又保证数据质量的目的。

这里应当说明的是,重复设站数的规定,就整个 GNSS 网而言它是一个平均数。对某个测点来讲,则可能设站 1 次或 2 次不等。

3 根据目前数据处理软件的情况,为了达到相应等级的定位精度和整周未知数的求解,需要足够的数据量,即要求在测点上观测时间段具有一定的长度。规定中所列时段长度是留有一定余地的。

4 采集高质量的载波相位观测值是解决周跳问题的根本途径。而适当增加其采集密度,又是诊断和修复周跳的重要措施。因此规定中将采样间隔缩短至 10s。

当接收机有较高的内部采样率,且功能较强有助周跳处理

时,可将采样间隔放宽至 30s。

5 PDOP 为三维位置几何图形强度因子,简称图形强度因子,它的大小与观测卫星高度角的大小以及观测卫星在空间的几何分布变化有关。观测卫星高度角越小,分布范围越大,其 PDOP 越小。综合其他因素的影响,当卫星高度角规定在大于 15°时,选取 PDOP 小于 6 为宜,可提高定位精度。

6 导航卫星系统的不断完善、基线解算算法的不断改进,使在更短时间内得到固定解基线成为可能。同时,中国的北斗卫星导航系统(BDS)、美国 GPS、俄罗斯 GLONAS 和欧盟 GALILEO 等导航卫星系统同时提供服务,大大改善了天空的卫星分布,在任何地点、任何时间基本上都可同时观测到六颗以上卫星。通过大量的经验验证,本标准本次修订了一、二级控制点时间段的观测时间,从 45min 减少为 30min。

5.4.4 观测准备工作应注意几个问题。

1 GNSS 接收机天线的定向标志按要求指向磁北,可消除或减小接收机相位中心与天线几何中心不一致给定位成果造成的误差。

2 由于量取天线高的不同方法,则“相位中心到测站中心标志面的高度”将由各个不同的分段高度组成。另外,由于当前 GNSS 接收机天线类型的多样化,则天线高量取部位各不相同,因此作业前应熟悉所使用的 GNSS 接收机操作说明的有关内容,严格按照其要求量取。天线高测定时可按下列方法及要求作业。

- 1) 在觐标基板上安置天线时,采用经过检校的钢尺三次量取标志中心至觐标基板上沿的高度,两次差不大于 5mm,取平均值为 h_1 ,量取觐标基板厚度 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:

$$h = h_1 + h_2 + h_3 \quad (22)$$

- 2) 在观测墩上安置天线时用钢卷尺从天线基座下表面量至标石中心高度值 h_4 ,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_5 ,则天线高为:

$$h = h_4 + h_5 \quad (23)$$

- 3) 在三脚架上天线高的量取可按下列方法及要求:

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的天线高部位的高度。

当备有专用测杆时,可在三个互为 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:

$$h = \sqrt{L^2 - R^2} \quad (24)$$

采用无专用测高设备的仪器时,可用小钢卷尺从三脚架三个空档(互成 120°)量取从三脚架上沿至标志中心的距离,互差小于 3mm,取平均值为 L ,并量取三脚架上沿至厂方提供天线高部位为 h_6 ,已知三脚架上沿半径为 R ,则天线高按下式计算:

$$h = \sqrt{L^2 - R^2} + h_6 \quad (25)$$

5.4.5 GNSS 测量数据采集的高度自动化,记录载体不同于常规测量,往往会引起人们忽视数据采集过程的实际操作,如果不严格要求各项操作,一旦记录有误而导致人为的测量误差,如点名、点号的混淆将会给数据处理造成麻烦;天线高量取错误或记错都将影响成果质量,以致造成超限返工。因此,本标准对 GNSS 测量外业观测手簿记录和操作作出较为具体的规定,供作业时执行。

由于城市 GNSS 测量两观测站一般相距仅几公里,甚至几百米,被观测卫星至两站电磁波传播路径上的大气状况为相似,受大气状况的系统影响,在同步观测中,经电离层折射改正后的基线向量长度的残差小于 1×10^{-6} ,当采用双频接收机时,其残差会更小,何况在测站上测定的气象数据,有一定的局限性。因此没有规定观测气温、气压、温度等气象数据。

5.4.6 GNSS 测量过程中形成的文字记录和观测数据,能够反映观测过程的真实情况,是数据处理、质量评定的依据。本条对

原始记录作了规定。

5.5 虚拟测量

5.5.1 虚拟观测数据 (Virtual Observation Data, 简称 VOD) 是指通过 CORS 系统计算出的区域电离层残差模型、对流层残差模型等误差模型,并根据 RINEX 格式生成规则,在 CORS 系统有效服务范围内,由 CORS 系统软件在任意位置生成的虚拟观测数据。

VOD 是由物理观测数据发展而来的。在常规性的 GNSS 观测中,由接收机生成的物理观测数据(原始数据格式或 RINEX 格式),其生成也受到各种误差源(如接收机钟误差、电离层误差、对流层误差等)的影响。

VOD 采用了逆向思维的方式,借由 CORS 系统软件,通过长期的运行、积累、计算,将相关的误差源进行建模,并根据 CORS 系统站点的坐标及接收机的物理观测数据,根据用户指定的坐标位置,采用逆向计算,生成虚拟观测数据。

VOD 一定程度上解决了常规 GNSS 观测过程中必须要到已知点上设站观测所导致的人员、设备增多,工期增加等内容。考虑到部分工程(如精密竣工测量等)对于相对精度要求较高,常规网络 RTK 方式显得心有余而力不足,此时以虚拟观测值作为手段构建局部静态控制网,则可在不需要在已知点上设站的情况下,解决相对精度的问题。

5.5.2 传统的控制测量是逐级或越级布设的,控制点是在高等级控制点的基础上发展而来。虚拟观测数据是基于 CORS 系统中的基准站实时观测数据,经过 CORS 系统数据处理软件反向在指定点上生成统一格式的观测数据,无法定义生成的虚拟已知点的等级。考虑到该技术一般应用在中小型工程建设中,涉及的范围不大,所以本条规定使用该方法应局限于设站四等及以下控制点。使用该技术进行 GNSS 测量时,只是进行未知控制点的静态观测,已知点可设置在任何地方,GNSS 观测要求与静态观

测一致。

5.5.3 虚拟的已知点可设置任何地方,为保证控制网形的强度,虚拟已知点的点位应均匀布设,边长不宜过长或太短。因此,本条规定了虚拟已知点分布与待测设的控制点之间的边长要求。

5.5.4 为保证虚拟观测数据和实际的观测数据进行统一解算,虚拟观测数据的基本物理性质与实际 GNSS 观测生成的物理观测数据应是一致的,具体包括:

1) 数据的基本类型,如 L1、L2、C1 等是完整的,其基本类型的数量取决于 CORS 站点接收机的观测数据的类型数量;

2) 数据的基本格式以 RINEX 为标准数据格式,各类原始数据质量分析软件、解算软件皆可导入、计算;

3) 数据的文件头内容齐全,RINEX 标准文件头格式必要内容均包含;

4) 观测数据中隐含的各种参数,如相位整周模糊度、接收机钟差、差分码偏差等,虽已经失去物理参照意义,但仍然作为未知量,需要进行相应计算方可得出,不影响现有解算算法的基本结构。

与 GNSS 虚拟数据相适应的静态测量规定最高为四等,虚拟数据时间段不少于 30min。观测时间是保证在尽可能短的时间段内,能够解算出合格的基线。由于不考虑已知点的分布情况,各等级控制点的布设就方便了许多,满足需要即可,边长可能很短,观测时间可大大缩短,具体观测时间可根据需求制定。

5.5.5 虚拟观测数据的生成涉及逆向计算的思维,数据生成受到多方因素的影响,具体包括:

1) CORS 系统的基准站间距。根据 CORS 软件的基本算法(VRS、主辅站、FKP 等),站间距越近,误差建模的精度越高;站间距越远,误差建模的精度越低。误差建模的精度直接影响虚拟观测数据的生成精度,所以 CORS 系统的基准站间距是重要影响指标。

2) CORS 系统稳定运行的时间跨度。目前,关于电离层误

差、对流层误差、网络的完整性等指标,均是以时间序列的形式进行累加,形成经验模型,并实时进行更新。理论上,数据越多,跨度越长,模拟出的经验模型越精确,从而生成的虚拟观测数据越精确。

- 3) CORS 系统软件的算法规则。由于虚拟观测数据的生成平台仍然是 CORS 系统软件,软件的性能差别对于虚拟观测数据的生成是有影响的。软件的性能包括算法成熟度、强壮性、稳定度等。
- 4) CORS 系统的基准站坐标精度等级。各类误差模型的生成是以 CORS 站点的坐标为依据,根据双差、三差等模型计算出来的,所以 CORS 系统的基准站坐标精度对于误差模型的生成有影响,进而对虚拟观测数据的生成精度有影响。理论上, CORS 系统的基准站坐标精度越高,坐标的内符合精度越高,根据双差模型、三差模型计算出来的误差模型也越精确。

考虑到虚拟观测数据毕竟不是真实的观测数据,其生成又受到各种因素的影响,在某些情况下又需要以虚拟观测数据作为起算依据,所以在实际使用时,必须经过可靠性和精度评估。本规范提供了两种可靠性和精度评估的方法,一种是申请服务的用户通过加测真实的已知点进行评估;另一种是要求城市 CORS 系统提供基准站虚拟数据和真实数据的基线检核,并制定相应的限差。

1 为保证观测成果的可靠性,申请服务单位在条件允许的情况下,根据实际情况,在布设控制网时,联测一个或多个真实存在的已知点进行检核。检核指标要符合已知点的检核要求,即较差不能超过 5cm。

2 CORS 系统生成的虚拟观测数据的可靠性和精度,系统本身无法保证,需要其他的检测方式来进行校核。在已知点上生成的虚拟观测数据,通过数据处理和其已知条件进行校核是最直接的方法,选择最靠近测区的一个以上的基准站,在生成项目需要

的虚拟观测数据时,同时生成的基准站上的虚拟观测数据,使用基准站上的虚拟观测数据和基准站本身的真实观测数据进行零基线解算,理论上基线长度为零,实际上由于各种误差和解算模型的差异,计算得到的基线长度不为零。选取北京、沈阳 CORS 系统生成的虚拟观测数据与对应的真实观测数据进行基线解算测试,每个城市各选取 4 个 CORS 站,采样间隔为 1s,所采用的 GNSS 接收机、天线均为一个仪器供应商的产品。基线解算的时间长度为(0~5)min、(0~10)min,递增时间为 5min,一直到(0~60)min,其中北京、沈阳各有 240 组数据,经过统计分析,基线较比对均小于 10mm。因此本条规定基线长度应小于 15mm。

5.6 数据处理

5.6.1 GNSS 接收机一般都配有相应的基线解算软件,这些软件解算基线的自动化程度较高,其模型改正多为固定模型,软件间的数据处理方法和精度略有区别。城市二等控制网为城市首级控制,边长相对来说较长,控制整个城市管辖或总体规划区域,要求精度较高;而二等以下控制网多为小区域或较小城市控制网。因此,规定城市二等控制网用高精度软件解算基线;新启用软件的解算结果应与成熟软件的解算结果进行比对,满足精度要求后方可使用。

5.6.2 数据预处理中应注意以下问题:

1 基线解算时,作为已知起算数据类的卫星坐标获取方式。其一是直接采用广播星历计算的卫星坐标,其二是采用精密星历计算卫星坐标。卫星星历误差对 GNSS 相对定位误差的影响估算一般采取以下经验公式:

$$\frac{1}{10} \frac{\Delta r}{r} \leq \frac{\Delta b}{b} \leq \frac{1}{4} \frac{\Delta r}{r} \quad (26)$$

为保守计,估计时取:

$$\frac{\Delta b}{b} \approx \frac{1}{5} \frac{\Delta r}{r} \quad (27)$$

这里 $\Delta b/b$ 是基线相对误差, Δr 是卫星轨道的误差, r 是卫星至地球表面的平均距离, 约为20000km。对于广播星历, 在最不利情况下, Δr 一般可达 $\pm 100\text{m}$, 按式(27)估算, 其对GNSS基线相对定位的影响约为 1×10^{-6} , 这一影响可能是偶然的, 但由于广播星历的特点, 往往带有系统性, 即它可能影响GNSS网的尺度标准。无论怎样, 这一影响远小于本标准第3.2节中有关各等级GNSS城市或工程控制网对基线向量弦长精度的要求。因此采用广播星历完全满足一般城市和工程GNSS控制网的精度要求。

对于一些特大型城市, 其GNSS网的布设范围可能大于 10000km^2 , 为了提高整网精度和确保网有严格的尺度标准, 可能会采用距离接近或超过100km的基线, 通过多天连续观测作为全网的基准控制。长基线的相对定位精度应优于 0.1×10^{-6} , 因此采用广播星历就不能满足要求了, 应采用精密星历。据一些文献分析, 1992年以前某些单独机构的精密星历, 最不利情况下其 Δr 一般也小于 $\pm 10\text{m}$, 按式(27)估算, 其对基线相对误差影响也小于 0.1×10^{-6} , 1994年以后, 国际GNSS服务局[国际地球动力学服务(IGS)]发布综合精密星历, 精度为 $\pm 10\text{cm}$, 各IGS分析中心的单一精密星历, 精度为 $10\text{cm} \sim 40\text{cm}$, 采用这样的精密星历, GNSS基线的相对精度可优于 10^{-8} , 即 0.01×10^{-6} , 完全满足长基线精度要求。

2 多台GNSS接收机同步观测, 得到一个同步观测图形, 设有 m 台仪器同步观测, 在一个同步观测图形中, 总的基线数为 $m(m-1)/2$, 而独立的观测基线数为 $(m-1)$, 在总基线数中, 任一组 $(m-1)$ 条不构成封闭多边形的基线都构成一组独立的基线。所谓单基线模式解算, 是对一个同步观测图形的所有 $m(m-1)/2$ 条基线, 一条接着一组的逐一单个解算, 每次解得一条基线三个分量坐标差和其相应的方差—协方差矩阵。多基线处理模式是在一个同步观测图形中, 只选择一组 $(m-1)$ 条独立基线, 一并构成观测方程统一解算, 得到这 $(m-1)$ 条基

线的各自分量坐标差和 $(m-1)$ 条基线的整体方差—协方差矩阵。多基线处理模式顾及了同步观测图形中独立基线之间的误差相关性, 是严密解。同步图形中的其余基线及其方差—协方差矩阵完全可由这 $(m-1)$ 条独立基线的结果通过线性组合的方式确定。因而其同步环闭合差理论上满足为零这一要求。单基线解没有顾及同步图形中基线之间的误差相关性, 因而其同步环闭合差一般不能满足为零的要求。鉴于大多数商业化软件基线解算只提供单基线解算模式, 在精度上也能满足城市和工程GNSS网的要求。因此, 标准中规定两种解算模式都是可以的。

3 基线解算对地面已知点坐标的精度要求。地面已知点对基线相对定位误差的影响, 也可以用以下近似公式予以估算:

$$\frac{\Delta b}{b} \approx \frac{\Delta r}{r} \quad (28)$$

上式中, Δr 为已知点在基线方向上的误差, r 为卫星距地平均距离。显然, 当要求 $\Delta b/b$ 即基线的相对误差小于 1×10^{-6} 时, 起算点的误差应小于20m, 对于要求 0.1×10^{-6} 和 0.01×10^{-6} 精度的长基线, 起算点的精度应分别优于 $\pm 2\text{m}$ 和 $\pm 0.2\text{m}$ 。

根据国家测绘地理信息局有关文件和资料公布, 2003年完成的2000GPS国家大地控制网联合平差后全国GPS一、二级网和A、B级网的网点相对精度优于 10^{-7} , 平均点位坐标精度优于3cm, 外部检验的三维坐标分量的精度优于 $\pm 0.1\text{m}$ 。因此可分别满足本标准基线相对精度要求 0.01×10^{-6} 和 0.1×10^{-6} 的起算数据精度需要; 已建立的城市CORS站与国家CORS站进行了联合解算, 其坐标分量精度不低于A级网的精度, 因此也可用城市CORS站作为起算点。

4 接收机接收到的某颗卫星的载波相位与接收机钟产生的同频参考信号的相位之差称为该颗卫星的相位观测值, 这一观测值中包含了待定的初始整周模糊度参数、卫星轨道误差、卫星钟与GNSS标准时间的钟差、传播路径中的电离层延迟和对流层延迟、接收机钟与GNSS标准时间的钟差以及接收机的热噪声

误差等。为了克服这些误差的影响,常常通过基线两端测站的原始相位观测值的线性组合构成所谓差分观测值来削弱或抵消某些误差的影响。两测站对同一颗卫星在同一时刻的原始相位观测值之差称为站间单差相位观测值,它几乎完全抵消了卫星钟差的影响,当两站相距不太远时,会大大地削弱卫星轨道误差和电离层对流层延迟的影响。两个测站相对于两颗不同卫星的站间单差相位观测值之差就称为双差相位观测值,在削弱和抵消上述误差影响的基础上,它又进一步地几乎完全抵消了接收机钟差的影响和大大削弱了接收机热噪声误差的影响。因此,双差相位观测值是一种误差影响很小的观测值,但是双差相位观测值中仍然包含了由初始整周模糊度线性组合形成的双差整周模糊度这一待定参数。解算出这一模糊度参数需要有一定的几何条件和观测条件,一是基线不能太长;二是每颗卫星在空中被基线两端站同时观测的时间不能太短,对于常规静态 GNSS 相对定位,不应短于 15min;三是观测值中的周跳应消除干净。对于大多数用于城市控制网的基线解算商用化软件来说,由于其采用的处理多种误差的模型和消除周跳的方法都较为简单,长度超过 30km 的基线要解算出其模糊度参数的整数是十分困难的。由于整周模糊度参数在不发生失锁和周跳的情况下具有数值不变的特性,因此应将一条基线相对于两颗卫星在不同时刻的双差相位观测值再相减一次。组成所谓三差相位观测值,则整周模糊度参数就被消去了。由于没有整周模糊度参数,三差相位观测值对各种长度的基线解算十分简便可行。但是由于从 8 个原始相位观测值中才能形成一个三差相位观测值,观测大大减少,因此其解算基线的精度是不高的。

5.6.3 数据检验包括合格数据采用率、重复基线、GNSS 网的同步观测环闭合差、异步环闭合差的检验。

1 基线处理中的数据剔除率是指在所采用的双差相位解算模型中,平差剔除的实际不合格观测量与观测得到的总观测量之比。20%是一个经验值,同时,这一比值还受平差中预先选择的

控制参数 RMS 阈值大小的影响。因此,本款只作为一种参考执行的指标,不作为必须执行的硬性规定。

2 本款规定了重复测量的基线的长度较差的限差。两次独立观测基线的长度差的限差公式是按误差传播定律导出的,式中, σ 也是按本标准公式 (3.2.2) 和表 3.2.4 的规定计算的。

4 本款是针对不同的基线数据处理模型所形成同步环的检验。

本条对同一处理数学模型的单基线解产生的同步环闭合差的限差进行了规定。理论上,在有误差甚至粗差(如仪器高量错)存在的前提下,同步环闭合差也应为零,不存在规定其闭合差限差的依据。但在实际上,同步环中各条基线单独解算时,由于基线间不能做到完全严格的同步,一同步图形中各条基线处理时对应的起算点坐标不是从同一起算点导出的,而是各自端点 C/A 码伪距单点定位值,都可能产生较大的同步环闭合差。若一个等边三角形的三角形同步环,各基线处理时采用各自端点 C/A 码伪距定位值作起算点,若起算点坐标分量误差为 $\pm 20\text{m}$,则可能引起基线各分量 $\pm 1 \times 10^{-6}$ 的相对误差,三角形坐标分量闭合差则可达 $\pm \sqrt{3} \times 10^{-6}$,考虑到同步环闭合差在理论上应为零,故本条的表 5.6.3 规定城市二等坐标分量闭合差限差为 $\pm 2 \times 10^{-6}$ 。其余等级的基线平均边长变短,而由上述原因引起的同步基线相对误差的量总值在厘米级左右,因而对相应的同步环坐标分量闭合差的规定也作了相应的放宽。为了对同步环闭合差的整体做出检验,本条还规定了同步环线全长相对闭合差的限差,取简单的误差传播模型,设各分量闭合差精度相当,则全长相对闭合差应是各分量闭合差的 $\sqrt{3}$ 倍,为了凑成相应的整数,表 5.6.3 对不同等级的这一限差规定取在 1.5 倍~1.7 倍之间。

理论上,同一基线的不同数学模型解算是等价的。但在实际上,固定解,浮点解和三差分解之间的互差可达几厘米,因此,对于不同数学模型解算基线构成的同步三角形闭合差,实际上可按异步环要求进行。

同步环中超过三角形的多边形同步环,都可由三角形同步环组合得到,故可不重复检验。

5 由独立基线组成的闭合环称为独立环或异步环,在有误差的前提下,异步环闭合差不可能为零,因此它是 GNSS 网质量检验的主要指标。限差公式 (5.6.3-2)~式 (5.6.3-6) 把组成异步环的基线看成是彼此独立的,以 GNSS 基线的边长各等级规定的精度指标为依据,按误差传播定律导出。式中,限差标准取 2 倍中误差,比较严格,但却是容易实现的。

5.6.4 一个 GNSS 控制点最终不能与两条合格的独立基线相连接,表明该点是一个 GNSS 支线点,其位置可靠性没法检验,因此在城市和工程控制网中,无论哪一级都是不能允许的。必须进行重测或补测,使每个控制点至少能与两条合格基线相连接。

允许在复测基线比较检验和异步环检验中有超限的情况存在,在网平差前或平差中,允许舍去这些超限基线而不予重测或补测,但舍去超限基线后,异步环中所含独立基线边数不应超过本标准表 5.1.4 的规定。因为异步环中所含独立基线数太多,将导致这一局部观测基线可靠性降低,平差后间接基线边的边长相对精度降低。

点位不符合 GNSS 测量要求,将引起失锁、周跳、多路径误差,GNSS 观测中粗差和劣值观测值增多,即使重测因客观条件差也不能补救,因此只能放弃该点位而另设新点。

5.6.5 本条规定了 GNSS 网应完成平差工作。

1 以网中一个点的已知地心坐标作为无约束平差的起算点,实际上是对网的一个位置约束,又称最小约束平差,它与完全无约束的秩亏自由网平差是等价的,通过平移变换可互相转换,因此我们不加区分地都称为无约束平差。无约束平差的观测量是独立基线向量及其方差-协方差矩阵,待定未知数是 GNSS 网控制点的地心系三维坐标。三维无约束平差唯一起算点的地心系坐标应按本标准第 5.6.2 条第 3 款优先选择。作为观测量的基线应是经过本标准第 5.6.3 条检验后的合格基线。无约束平差的目的

一是提供全网平差后的地心系三维坐标,这些坐标是进一步用 GNSS 定位方式加密或补充城市控制网的起算依据;二是考察 GNSS 网有无残余的粗差基线向量和其内符合精度。因此进行无约束平差的软件应有剔除粗差基线的能力。为了检验精度和可靠性,无约束平差后应生成各基线向量的改正数,基线边长、方位、点位的精度等信息。

检验无约束平差的基线观测量是否包含粗差,这里提供了一个简单的实用的检验标准。即基线向量每一坐标分量的改正数不应超过本标准规定的该等级基线距离中误差的 3 倍值。而该基线距离中误差的计算仍按本标准公式 (3.2.2) 和表 3.2.4 进行。较为严密的粗差检验公式是按下式进行的:

$$T_i = \frac{V_i}{\sigma_{v_i}} \quad (29)$$

式中: T_i ——基线向量的精度指标;

V_i ——基线向量改正数;

σ_{v_i} ——基线向量中误差。

当取置信水平为 95% 时, $T_i > 2$, 即 V_i 大于其中误差的 2 倍时,即被认为与它相应的观测量是一个粗差。在平差中,改正数的精度一般相当于且略高于其对应观测量的精度。因此作为规范标准,本标准用基线距离分量的中误差取代上式的改正数中误差是可行的和合理的。再考虑到减少弃真概率,上式中取 $T_i > 3$, 相当于置信水平接近 99.7%, 由此便得到公式 (5.6.5-1)~式 (5.6.5-3)。

2 GNSS 网在国家或城市坐标系下的平差因为要引入这些坐标系的已知数据或观测数据而称为约束平差。约束平差可以三维方式进行,也可以二维方式进行。在三维方式中,观测量是经三维无约束平差检验过的原始基线向量,约束量是三维大地坐标或三维直角坐标、斜距、大地方位角或法截弧方位角。在二维方式中,观测量是已经转换投影到国家或城市坐标系的高斯或 UTM 投影 (Universal Transverse Mercator Projection—通用横

轴墨卡托投影)平面坐标系的二维基线向量及其转换后的方差—协方差矩阵,作为已知数据的约束值是平面坐标系中的点的坐标、平面距离和坐标方位角。约束平差可以是强制性约束,即所有起算数据的约束值均作为固定值参与平差,也即不顾及这些起算数据的误差;约束也可以是松弛的,即估计所有或部分约束值的误差,按其精度的高低定权参与平差并在平差中给予适当的修正。作为强制性约束的起算数据应有很好的内符合精度,即自身是兼容的,否则将引起 GNSS 网的扭曲和变形,损害 GNSS 网的精度。在松弛性约束中,约束值的权的确定需尽力做到符合约束值的实际精度,偏高可能会引起 GNSS 网的变形,偏低可能起不到提供基准的作用。

检验作为约束起算数据误差及其引起的 GNSS 网的变形。无约束平差的基线向量各分量的改正数反映了 GNSS 网基线本身的内部符合程度,是不受起算数据误差影响的。约束平差后,同名基线在约束平差和无约束平差中的两类改正数差太大,则说明起算数据误差引起了 GNSS 网的变形,变形超过一定程度,就会明显降低 GNSS 网的精度,这是不能接受的。对于各等级城市 GNSS 网,由起算数据误差和 GNSS 测量的误差共同引起的 GNSS 网最大变形,原则上说,边长的改正量应不超过本标准规定的极限误差,即 2 倍的 GNSS 测量边长中误差。所以本标准规定式(5.6.5-4)~式(5.6.5-6)的两类平差法的改正数较差变化的限差正是基于这一原则确定的。

控制网的主要技术指标是延续常规测量的技术方法、通过多年经验积累得到的,满足了城市规划建设各阶段的需求。随着仪器装备的发展,投入常规使用的 GNSS 设备的精度有了明显的提高,本标准制定的技术指标很容易就达到了。为了与现行标准相衔接,本标准控制网主要技术指标参数未做调整。

在已有的 GNSS 网平差软件中,部分软件不能提供基线增量的改正数,为此用上述方法就不能检验起算点之间的兼容性,则规定对 GNSS 网应进行不少于 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,其相对于约束点的相对中误差应不低于本标准表 3.2.4 规定的上一等级控制网中最弱边相对中误差。

5.6.6 在大范围内通过 GNSS 测量方法进行控制测量时,GNSS 测量得到的点位间的相对精度远远高于使用常规测量方法得到的点位间的相对精度。使高精度的 GNSS 网符合到低精度的平面二维网上,是对测量精度的人为降低。为了保证新建立 GNSS 网的高精度,本条规定可以使用已建立的坐标转换关系进行成果转换。

5.6.7 本条规定了 GNSS 网完成平差后应输出的成果信息,以便对网的整体质量进行评价。

5.6.8 GNSS 测量是三维测量,原标准中本章没有涉及高程测量的内容。本条规定 GNSS 网完成平差后的成果可以根据本标准第 7 章的规定获得点位的高程。

5.7 质量检查与成果提交

5.7.1 本条规定了城市 GNSS 控制网测量质量检查的主要内容。根据 GNSS 控制网测量的特点,按工序流程设计了质量检查点。质量检查不可能全部重复作业过程,也不可能进行破坏性检查,过程成果的质量主要依靠作业员在作业过程中严格按照标准、设计来作业,检查只是一种质量保证的手段。

5.7.2 本条规定了城市 GNSS 控制网测量技术总结应包含的主要内容。GNSS 测量从数据接收、数据处理到成果输出,自动化程度较高,可供检查的记录不多。所以,技术总结对作业过程的描述对检查至关重要,应全面、翔实。

5.7.3 城市 GNSS 控制网测量成果是基础性的测量成果,一般是长期保存的资料,是成果使用者追溯的唯一依据。所以,工作完成后,提交成果应齐全。GNSS 控制网原始观测数据、基线解算文件和网平差工程文件应刻录光盘存档,便于控制网后续的联测及增补工作。

6 城市全球导航卫星系统实时动态测量

6.1 一般规定

6.1.1 本条对于 RTK 测量的方法进行了说明。单基准站 RTK 测量方式是临时架设 1 个(或多个)基准站,在小区范围内采用电台或 GPRS、CDMA 等无线通信方式向流动站用户发播差分改正数的一种测量方式。与网络 RTK 测量作业方式比较,单基准站 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。

6.1.2 图根和碎部 RTK 测量是布设最低等级的控制点和测设地形、地物特征点,实测点位的选择受到很大限制,满足最低测量条件即可,以工作需要为主。一、二、三级 RTK 控制点测量要照顾到下一级控制布设的起算需要,精度要求较高。所以,本条控制点的点位选择要求应与 GNSS 网点相同。一些工程控制点和图根控制点是满足工程项目需求的,不需要长期保存,对点位的稳定性要求也低,对于这些控制点,在现场做临时的标记即可。

6.1.3 RTK 测量精度很大程度上受到卫星分布状况的影响。这里的卫星为 RTK 流动站和基准站的共视卫星,为保证流动站和基准站收到足够多数目的卫星信号,单基准站 RTK 测量时,基准站要选择在空旷平地或者地势高处。当接收到多个导航卫星系统的数据进行 RTK 测量时,需要进行多系统 GNSS 数据联合处理,多系统时空基准统一、多系统周跳探测、GNSS 系统间载波相位差分、模糊度解算等问题还没有彻底解决,主要的 GNSS 设备厂商提供的网络或单基准站多系统综合数据差分处理软件还不成熟,本标准规定要有一个主要进行定位的卫星系统的卫星状况要符合表 6.1.3 的规定。

6.1.4 静态 GNSS 控制网测量可以通过基线精度、重复基线差及闭环合差和平差等作业过程对成果进行检验;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,对于因意外产生的粗差无法发现。因此,为提高 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,以检查用户站设备的可靠性以及坐标转换参数的准确性。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。控制点校核较差,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,已有的高程控制点是高精度的高程点,大地高或高程的较差不应超过 GNSS 图根高程测量中误差的 $\sqrt{2}$ 倍;碎部点校核较差,平面位置较差不应大于图上 $0.5\sqrt{2}$ mm,大地高或高程较差不应大于图上等高距的 $\sqrt{2}/3$ 倍。

6.1.5 已有的 RTK 控制点,可以作为 RTK 测量的校核点,也可以作同级布设的控制点,当需要作为控制点使用时,为保证与新布设的控制点统一,应统一进行坐标、高程检验,或进行控制点间的边长、角度、高差的几何检验,并应符合本标准表 6.3.11 和表 7.4.5 的规定。

6.2 仪器设备

6.2.1 网络 RTK 和单基准站 RTK 使用的设备有些不同,但流动站设备都具备通信、接收卫星信号和差分数据处理的基本功能,只是进行数据通信的方式不同。流动站设备的选用是根据国内外主要仪器生产厂家的精度指标制定的,一般均可满足 RTK 定位测量相对于基准站的精度要求。

6.2.3 本条规定作业前应进行数据通信链路的检验,稳定的通信链路是 RTK 测量时保证精度和速度的关键因素。

6.3 网络实时动态测量

6.3.1 城市 CORS 系统是动态的、连续的空间数据参考框架,

是一种快速、高精度获取空间信息的重要基础设施,可以为用户提供事后静态定位和实时动态定位服务。安全、有序和合理使用是系统稳定运行的基础,因此,系统用户需要经过申请、登记、注册,并获得系统的授权后,方可登录系统,得到系统提供的服务。

6.3.2 城市 CORS 系统在建设时设计了网络的有效覆盖区域,用户应在该区域内进行作业。如果在城市 CORS 系统覆盖区域之外作业,有可能得不到固定解,即使得到固定解,结果的精度和可靠性也无法得到保证。

6.3.3 RTK 观测前的准备工作包括 RTK 接收机测前性能检查、仪器参数设置及对中杆、基座气泡的检查。

6.3.4 坐标系统转换参数的获取有多种方式,可视具体情况灵活采用。根据目前仪器设备使用的情况,主要提供三种转换参数的作业方式。一种是已有该区域的坐标转换参数;二是事先可以收集到足够数量的同时具有地心坐标和参心坐标成果的控制点;最后是事先只收集到足够数量的具有参心坐标成果的控制点,其地心坐标需要实地采集获取。从使用方便和精度考虑,应按上述三种方式顺序选择。由于收集到的控制点来源、精度不一定统一,其相互间的符合性很难一致,坐标系统转换参数是通过一定的数学模型利用重合点来拟合计算的,参与拟合控制点的分布对于参数计算、测量成果的精度都有很大影响,由于无法准确规定拟合的控制点分布,只能用均匀分布来限制拟合误差在作业过程中的扩大。同时,为了控制转换参数的精度,依据测设的 RTK 点的点位精度相对于基准站不超过 5cm 的要求,在拟合控制点能控制的作业区域,转换参数残差应小于点位误差的 1/3,综合考虑其他因素,本条规定了平面坐标转换的残差应不大于 2cm。

6.3.5 RTK 作业受到地形、地物和电磁波等诸多外界环境因素的影响,有些因素是作业员现场可以识别的,还有很多因素无法现场判定它们对观测结果的影响程度。为了保证成果数据的质量,通过观测前对仪器的精度指标进行设置来获得可靠的结果,

因为在周围观测情况不利于 RTK 作业的条件下,也可以获得 RTK 固定解,但获得的多次坐标成果相互间跳动大、不稳定,有存在粗差的可能性。如果在这种情况下进行 RTK 作业,那么 RTK 定位的精度、可靠性会很差。因此,根据 RTK 测量水平精度高、垂直精度低的特性,按照 1/3 点位误差的水平精度、水平精度 1.5 倍的垂直精度收敛阈值进行设置。

6.3.7 本条规定了 RTK 一测回观测的技术要求。RTK 一测回观测是指 GNSS 接收机从开机到获得固定解,并记录了观测数据的过程。RTK 测量是一种连续测量,流动站接收机一旦锁定卫星,获得初始化,确定了载波相位观测量的整周模糊度,在每个历元解算过程中将不再重新确定整周模糊度,因此如果初始化时的整周模糊度错误,连续观测多长时间结果都无法纠正。所以,一测回开始测量时,必须重新搜索、锁定卫星,进行初始化,以此来保证各测回间的相互独立、相互校核。

6.3.8 RTK 一测回观测需要搜索、锁定卫星,进行初始化,稳定收敛后才可进行观测,根据多种类型仪器的测试结果,完成测前的一系列准备工作平均在 40s 以上,为了保证测回间的初始化时间,制定了本条。同时,测回间隔一段时间后,可以消除因卫星分布不同、差分信号不同、电离层扰动等因素使整周模糊度的确定产生了不可靠的影响,从而保证各测回间的相互独立。

6.3.9 经过大量试验统计,RTK 测量的平面点位中误差优于 $\pm 3\text{cm}$,坐标分量应优于 $\frac{3}{\sqrt{2}} = 2.1\text{cm}$,因此,本标准规定测回间的平面坐标分量较差应小于 2cm (或小于 $0.0007''$),垂直分量较差应小于平面坐标分量的 1.5 倍,即 3cm。

6.3.10 RTK 解算时是通过无线通信链路获取差分数据的,有些地区通信条件较差或者存在未知干扰源,将导致 RTK 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,表明此处不适合进行 RTK 测量,应选择其他位置进行测量以提

高工作效率。

6.3.11 RTK 测量的精度会受到各种因素的影响,由于载波相位进行测量具有多值性,初始化过程中各种误差以及数据链传输过程中外界环境、电磁波干扰产生的误差的影响,可能导致整周未知数解算不可靠。同时,RTK 测设点间的相互独立,与传统测量强调的相邻点间相对关系有着根本上的区别。为了满足常规测量对控制点几何关系的要求,制定了本条规定。

RTK 测量时,仪器对中误差、测量天线高的误差,都将影响 RTK 测量的成果,因此应对三脚基座和仪器上的水准器进行检查校正,以尽量减少系统误差的影响。

RTK 平面控制点应采用常规方法进行边长、角度检验,表 6.3.11 中各项限差的规定是依据行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8-2011 中检测限差可在原精度要求上放宽 $\sqrt{2}$ 倍规定的,导线联测按相应的下一个等级要求执行。当采用导线联测的方法进行检验时,该导线同时可以应用于相应工程,不必另行布设导线。

6.3.12 RTK 碎部测量主要测设地形点和地物点,测量精度较低,同时,作业环境可能满足不了控制点的点位要求,对其作业设备的要求相应放松,只需要用带圆气泡的对中杆架设天线即可,保证在测点上能够进行初始化。为提高作业效率,RTK 碎部测量在不丢失初始化状态下,可连续进行点位坐标采集,作业前后都要进行校核。但在作业过程中应注意检查测设点的相对关系,以及地形点、地物点的几何形状。

6.3.13 RTK 放样需要定位、钉桩和校核,确定一点时间较长,建议使用三脚支架方式架设天线。其他要求执行现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的有关规定。

6.4 单基准站实时动态测量

6.4.1 单基准站 RTK 测量的基准站设置是关键性的第一步,基准站的选择直接影响到作业半径和效率。若基准站选择不当,

基准站观测数据质量和无线通信信号传播质量无法保证,该基准站支持的所有流动站都不能顺利作业,或者造成基准站频繁迁站,影响工作进程。基准站的设置要与当前作业方式相匹配,还要与流动站的模式相匹配。

6.4.2 在城市建成区,由于障碍物较多,很难选择符合架设单基准站条件的已知控制点。因此,本条规定在困难的地区,基准站架设可以在未知点上。在经过各项设置启动后与流动站建立了通信关系,流动站通过在已知点上采集地心坐标,然后求解坐标转换参数,再进行 RTK 作业。这种作业方式一般适用于小区域范围,由于在小区域内很难同时具有两个以上的高等级控制点,因此,求出来的坐标转换参数精度不高,本条规定了采用这种作业方式的 RTK 测量成果等级最高为图根级。

6.4.4 单基准站 RTK 测量和网络 RTK 测量,主要在定位方法、通信手段和仪器设置等方面不一样。但两者在 RTK 测量时,流动站的操作程序、作业方法和技术要求基本一致。

6.5 数据处理与检验

6.5.1 RTK 测量仪器是一种常用设备,其内存作为临时存储观测数据的介质不应作为长久保存资料的介质。RTK 测量的原始观测数据作为第一手观测资料应存档保存,从数据安全角度考虑,外业数据采集器中数据也应及时导出并保存在适当的介质(例如硬盘、光盘等)中。

6.5.2 RTK 测量数据输出时一般采用接收机随机配备的商用软件,需要根据本条要求的输出内容进行设置输出,便于检查人员对外业采集的信息进行相应的检查。

6.5.3 这条规定是要求 RTK 测量人员严格按照标准的要求进行作业,对原始观测记录不得进行任何删减或修改,防止伪造数据。

6.5.4 网络 RTK 测量时,流动站可能获得的是地心坐标系下的定位结果,而实际应用的是参心坐标系和正常高系统的成果,

因此需要进行坐标转换。

6.5.5 RTK 测量结果理论上也是一种独立的观测量, RTK 测量得到的控制点位相互之间没有直接的联系, 每个点位只和基准站相关, 每个 RTK 测量得到的控制点位都带有各自的误差, 其点间相对精度无法进行评估, 满足不了常规测量对控制点的精度要求。为了提高 RTK 测量的相对精度, 可以加测其他形式的观测量进行限制。本条规定了 RTK 测量控制点可使用常规测量实测的边长、角度和高差进行修正, 保证点位精度和控制点的几何关系满足现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的要求。

6.5.6 RTK 测量点成果相对独立, 缺少相互间的校核关系, 外业检查时要加大抽检比例。外业检测可以按照本标准第 6.5.8 条的检测方法进行。

6.5.7 RTK 测量过程基本是自动完成的, 人工干预的机会很少, 数据输出时考虑到了质量控制的要素, 对输出的数据项进行逐项检查。

6.5.8 RTK 测量应有一定数量的检测点以验证测量的精度, 检测点应均匀分布于作业区的中部和边缘, 以保证测量成果的可靠性。检测时常采用以下几种方法进行。

1 已知点比较法: 用 RTK 测出已知控制点的坐标进行比较检验, 发现问题即采取相应措施予以改正。已知点比较法主要用于检查 RTK 系统状态和仪器设置是否正确。

2 重测比较法: 每次初始化成功后, 先重测部分已测过的 RTK 测量点, 确认无误后才进行 RTK 测量。重测检验宜间隔 1h 以上, 可以检验不同卫星分布、不同 DOP 值下, RTK 的测量精度。

3 常规测量方法: 用常规仪器对 RTK 测量的点进行相互间的边长、高差、角度测量, 任意的 RTK 控制点作为常规导线和高程起算点, 按附和导线或高程闭合计算检验点的坐标或高程。

6.6 成果提交

6.6.2 可根据工程项目的实际情况, 结合本条的内容确定 RTK 测量应提交的成果。

7 城市全球导航卫星系统高程测量

7.1 一般规定

7.1.1 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(以似大地水准面作为参考基准面),我国使用的高程系统是正常高系统。GNSS测量的地面点高程是以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_y 之间按下列公式计算:

$$H = H_g + N \quad (30)$$

$$H = H_y + \zeta \quad (31)$$

如果能够比较精确地确定地面点的高程异常,则用GNSS测量方法可精确测定地面点的正常高。

确定地面点高程异常的方法主要有:似大地水准面模型法、重力测量法、绘等值线图法、区域几何内插法、转换参数法、整体平差法、区域似大地水准面精化法等。不管采用哪种方法,均是利用已知点的数据,建立高程异常的改正模型,从而计算待求点的高程异常。

本条规定了GNSS高程测量过程分为高程异常模型的建立、GNSS高程测量和数据处理三部分。

7.1.2 GNSS高程测量要优先选用测区已有的区域似大地水准面模型和高程异常模型,该模型因已经过应用检验,可以认为是可靠的。对于新建立的高程异常模型,需要对其进行精度评估。

7.1.3 城市似大地水准面模型的建立应综合利用重力资料、地形资料、重力场模型与GNSS水准成果,采用物理大地测量理论与方法,应用移去-恢复技术确定区域性精密似大地水准面。

本标准规定GNSS高程测量代替四等及以上水准测量时,其使用的高程异常模型也应是可靠的、精度最好的,因此规定了利用GNSS高程测量来代替四等及以水准测量时,应使用精度较好的已有城市似大地水准面模型。

7.1.4 对于小区域的GNSS高程测量,一般是与GNSS平面控制测量同时布设、施测,根据区域情况和工程特点,控制点中测设部分GNSS水准点,通过数学拟合的方法获得高程异常模型,再利用模型计算其他控制点的高程,该高程异常模型可以应用于后续的GNSS高程测量中。同时,在测设的GNSS水准点中,预留出部分检验点,进行模型的精度评定。

7.1.5 本条规定了作业员在进行GNSS高程测量时,应至少对一个以上的已知高程控制点进行检验,一方面可以检验该区域高程异常模型的正确性;另一方面可以检验RTK作业时各项设置的正确性和RTK作业的规范性。

7.2 高程异常模型建立

7.2.1 对于区域范围大或地形地质情况复杂的地区,只依靠GNSS测量、水准测量资料确定高程异常模型比较困难,需开展专项的区域似大地水准面精化工作,制定详细的技术设计,收集重力、水准、地形等大量资料,并结合GNSS测量、水准测量和重力测量,利用重力场模型和先进的计算方法获得区域高程异常模型成果。在该区域进行GNSS高程测量时,可根据精度要求直接使用该模型。

为了推广GNSS高程测量技术,国内大部分城市和省级区域都已完成区域似大地水准面精化工作,为这些区域的GNSS高程测量提供了基础。同时,区域似大地水准面精化工作是一个综合了多种测量手段、使用了大量已有的数据、进行了复杂的数据处理的成果,技术难度大,资料、测量成果的互补性很强,数据处理技术过程烦琐。因此,本标准没有对区域似大地水准面精化进行规定,只规定了使用模型的精度。对于似大地水准面精化

工作,建议应另行进行技术设计,由专业的技术人员来完成。

7.2.2 对于测区面积不超过 100km²、地形较为平坦的地区或对于一些线型工程项目,可以直接使用水准测量、GNSS 测量资料,通过相对简单的平面或二次曲面高程拟合等数学模型,获取该区域的高程异常模型。对于地形起伏较大的区域,还要考虑地形对高程异常模型的影响。区域高程异常模型的正确选取是进行 GNSS 高程测量的先决条件。

7.2.3 参与拟合计算的 GNSS 水准点应能反映区域重力异常的变化情况,高程异常模型的精度主要取决于这些拟合点的分布和测量精度。由于重力异常变化从地表人为无法确定,为了真实反映区域的重力异常变化情况,作业时只能覆盖作业区域、根据地形特征均匀布点。拟合计算范围的边沿应具有足够的已知点,以确保内插计算,避免外推。GNSS 水准点的拟合稳健性对拟合精度的影响较大,计算中应进行稳健性分析,筛选出模型兼容性较好的已知点进行。

7.2.4 本条规定了求取模型时 GNSS 测量和水准测量的精度等级。GNSS 测量和水准测量的等级按高于需要进行 GNSS 高程测量的等级来执行。

7.2.6 本条规定了采用数学拟合法建立高程异常模型的技术要求:

1 建立高程异常数学模型的方法可参考下列条件选用:

- 1) GNSS 高程控制网布设成线状或带状时,可采用曲线拟合法。
- 2) 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法。
- 3) 对地形起伏较大区域,应充分利用该区域已有的数字高程模型,对高程异常模型应进行地形改正。
- 4) 测区面积较大(超过 100km²)、没有完成似大地水准面精化工作的地区或呈大跨度带状分布时,为了控制高程拟合的误差传递,应根据地形地质情况、高程异

常变化梯度合理地划分区域,进行分区拟合计算。

2 高程异常模型建立的数学拟合法如下:

1) GNSS 高程异常曲线拟合法可分为多项式曲线拟合法、

三次样条曲线拟合法和阿克玛(Akima)曲线拟合法。

多项式曲线拟合法:

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:

$$\begin{cases} \xi(x_i) = a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + a_3x_i^3 + \dots + a_nx_i^n + \dots \\ \xi(x_i) = H_i - h_i \end{cases} \quad (32)$$

式中: $\xi(x_i)$ ——拟合点的高程异常值;

x_i ——拟合点在测线上的长度值;

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_n, \dots$ ——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。

按最小二乘原理使 $[\xi(x_i)^T \xi(x_i)]$ 最小,求出式(32)中 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n, \dots$ 等各系数后,可按式(32)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 。

三次样条曲线拟合法:

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,并按式(33)计算。

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

$$\begin{cases} \xi(x) = \xi(x_i) + (x - x_i)\xi'(x_i, x_{i+1}) + (x - x_i)(x - x_{i+1})\xi''(x_i, x_{i+1}) \\ \xi(x_i, x_{i+1}) = (\xi(i+1) - \xi(i))/(x_{i+1} - x_i) \\ \xi''(x_i, x_{i+1}) = 1/6[\xi''(x_i) + \xi''(x) + \xi''(x_{i+1})] \end{cases} \quad (33)$$

$\xi''(x_i)$ ($i = 1, 2, \dots, n-1$) 满足系数矩阵为对称三角阵的线性方程组如下式:

$$\begin{cases} (x_i - x_{i-1})\xi''(x_i - 1) + 2(x_{i+1} - x_{i-1})\xi''(x_i) + \\ (x_{i+1} - x_i)\xi''(x_{i+1}) = 6[\xi(x_i, x_{i+1}) - \xi(x_{i-1}, x_i)] \\ \xi''(x_0) = \xi''(x_n) = 0 \end{cases} \quad (34)$$

按下式可以求出 $\xi''(x_i)$ 和 $\xi''(x_{i+1})$:

$$\xi''(x) = \xi''(x_i) + (x_i - x_{i-1})\xi''(x_i, x_{i+1}) \quad (35)$$

式中: $\xi(x)$ ——拟合点的高程异常;

x ——待求点坐标;

x_i, x_{i+1} ——待求点两端已知点的坐标;

$\xi(x_i, x_{i+1})$ ——一阶差商;

$\xi(x, x_i, x_{i+1})$ ——二阶差商。

Akima 曲线拟合法:

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 水准点为 $x_0 < x_1 < \dots < x_{n-1}$, 相应的高程异常值为 ξ_i ($i=0, 1, 2, \dots, n-1$)。

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

$$\begin{cases} \xi_k = f(x_k) \\ \xi_{k+1} = f(x_{k+1}) \\ \xi'_k = g_k \\ \xi'_{k+1} = g_{k+1} \end{cases} \quad (36)$$

式中: x_k, x_{k+1} ——两端已知点的坐标;

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, 如下式:

$$\xi(x) = p_0 + p_1(x - x_k) + p_2(x - x_k)^2 + p_3(x - x_k)^3 \quad (37)$$

式中: $\xi(x)$ ——拟合点的高程异常;

p_0, p_1, p_2, p_3 ——拟合系数。

由式 (37) 即可计算该子区间插值点 t 处的高程异常值 $\xi(x)$ 。

2) GNSS 高程异常曲面拟合方法可分为平面拟合法、多项式曲面拟合法、多面函数拟合法等。

平面拟合法:

对于范围较小的平坦地区, 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) , 则平面模型可表示如下:

$$\xi_i = a_1 + a_2 x_i + a_3 y_i \quad (38)$$

式中: ξ_i ——拟合点的高程异常;

a_1, a_2, a_3 ——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 。

多项式曲面拟合法:

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) 之间存在下式函数关系:

$$\xi_i = f(x_i, y_i) + \varepsilon_i \quad (39)$$

式中: $f(x_i, y_i)$ ——空间曲面函数;

ε_i ——误差。

通常, $f(x, y)$ 可选用多项式空间曲面表达式, 如下式:

$$f(x, y) = b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 x^2 + b_4 y^2 + b_5 xy + b_6 x^3 + b_7 xy^2 + b_8 x^2 y + b_9 y^3 + \dots \quad (40)$$

写成矩阵形式: $\xi = XB + \varepsilon$

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

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 & x_1^2 & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_n & y_n & x_n^2 & \cdots \end{bmatrix} \quad (41)$$

对于每一个已知点,都可列出以上方程。在 $\sum \epsilon^2 = \min$ 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 。根据测区的不同情况,可在式(41)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。

多面函数拟合法:

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) 之间存在下式函数关系:

$$\xi = f(x, y) = \sum_{i=1}^n a_i Q(x, y, x_i, y_i) \quad (42)$$

式中: a_i ——待定系数;

x, y ——待求点的坐标;

x_i, y_i ——已知点的坐标;

$Q(x, y, x_i, y_i)$ ——二次核函数。

核函数一般可选用下式:

$$Q(x, y, x_i, y_i) = [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + \delta]^{1/2} \quad (43)$$

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:

$$\xi_p = Q_p Q^{-1} \xi = (Q_{1p}, Q_{2p}, \dots, Q_{np}) \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} & \cdots & Q_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Q_{n1} & Q_{n2} & \cdots & Q_{nn} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \vdots \\ \xi_n \end{bmatrix} \quad (44)$$

其中 $Q_{ij} = Q(x, y, x_i, y_i)$ 。

当待求点数多于已知点数时应用下式:

$$\xi_p = Q_p (Q^T Q)^{-1} Q^T \xi \quad (45)$$

3) 地形改正法

设点的高程异常 ξ 可表示成:

$$\xi = \xi_0 + \xi_r \quad (46)$$

式中, ξ_0 为高程异常长波部分, ξ_r 为短波部分。 ξ_0 可按上述方法求出, ξ_r 为地形改正。

按莫洛金斯基原理有:

$$\xi_r = T/r \quad (47)$$

式中: T ——地形起伏对地面点扰动位的影响;

r ——地面正常重力值。

$$T = G \times \rho \iint_{\pi} [(h - h_r)/r_0] d\pi - \frac{G \times \rho}{6} \iint_{\pi} [(h - h_r)^3 / r_0^3] d\pi \quad (48)$$

$$r_0 = [(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2]^{1/2} \quad (49)$$

式中: G ——引力常数;

ρ ——地球质量密度;

h_r ——参考面的高程(平均高程面);

x, y ——高程格网点的坐标;

x_p, y_p ——待求点的坐标。

实际计算时,可利用数字高程模型,用 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 格网化,再按上式计算。

7.2.7 GNSS 高程拟合的各种模型都各有其优势与缺陷,有其有一定的适用范围,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高程异常模型的内符合精度评定。

7.2.8 本条规定了高程异常模型确定后,还应应对一定数量的 GNSS 水准点进行检验。检验点也应分布均匀,测量精度应不低于高程异常模型建立时 GNSS 水准点的测量精度,检验点数不少于 5 个,并做到同时兼顾检验工作量和检验的效果质量。

7.2.9 新建立的 GNSS 高程异常模型是否合理,需要检验高程异常模型的外符合精度,检验点的数量较少没有统计意义,只有检验点大于 20 个时才有统计意义,才能够较好地检验高程异常模型的实际精度。

7.3 高程测量

7.3.1 本条规定 GNSS 高程测量可根据需要,选择埋石的规格。

7.3.2 GNSS 测量可同时获得点位的三维坐标,过去的 GNSS 测量主要使用平面测量成果,忽略高程测量成果的使用。随着 GNSS、重力场理论和技术方法的不断完善,GNSS 测量的高程成果逐渐开始使用。为了与原标准的 GNSS 测量方法和等级进行统一,本条规定了进行图根和碎部 GNSS 高程测量对应的 GNSS 测量等级。

7.3.4 区域高程异常模型建立时均设定有一定的覆盖范围。采用高程异常模型进行 GNSS 高程测量时,应确保 GNSS 点完全分布在高程异常模型区域范围以内,进行内插计算,不能外推,以确保 GNSS 高程点的精度。

7.3.5 GNSS 高程测量时应严格满足 GNSS 外业选点、埋石、观测时间、观测环境和仪器高丈量等各方面的要求。

7.3.6 外业观测中应注意选择良好的观测窗口,以选择较佳的 PDOP 值时段,同时避开电离层、对流层活跃的时段。

7.4 数据处理与检验

7.4.4 GNSS 高程测量工作完成后,需要对成果进行精度评定。进行一定量的外业抽检,抽检比例应大于常规测量的外检比例,本标准规定外业抽检比例不能低于 10%,对于工程量小的项目,检测点数不应少于 5 个。通过外部的实测结果来评定 GNSS 高程测量的精度,已参与模型拟合的 GNSS 水准点不得参与检测计算。本条还规定了可以采用的检测方法。

7.4.5 依据现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的规定,水准测量同精度检测已测测段高差之差按原等级水准测量限差的 $\sqrt{2}$ 执行,三角高程测量按对向观测高差或单向两次高差较差执行,碎部检测较差按高程中误差的两倍执行。

7.4.6 按同精度两次观测结果计算 GNSS 高程测量的高程中误差。

7.5 成果提交

7.5.2 可根据工程项目的实际情况,结合本条的有关成果内容,确定 GNSS 高程测量应提交的成果内容。