

ICS 07.040

A 76



中华人民共和国国家标准

GB/T 18314—202×

代替GB/T 18314—2009

卫星导航定位测量规范

Specifications for

global navigation satellite system surveys

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语	1
4 基本规定	3
5 级别划分和测量精度	3
5.1 级别划分	3
5.2 用途	3
5.3 测量精度	3
6 GNSS 网布设	4
6.1 基本原则	4
6.2 设计要求	4
6.3 GNSS 点命名	5
6.4 技术设计	5
7 选点	5
7.1 选点准备	5
7.2 点位基本要求	6
7.3 辅助点与方位点	6
7.4 选点作业	6
7.5 选点后上交的资料	6
8 埋石	7
8.1 标石	7
8.2 埋石作业	7
8.3 标石外部整饰	7
8.4 关键工序的控制	8
8.5 埋石后上交的资料	8
9 仪器	8
9.1 接收机选用	8
9.2 仪器检验	8
9.3 仪器维护	9
10 观测	9
10.1 基本技术规定	9
10.2 观测区的划分	10
10.3 观测计划	10
10.4 观测前的准备	10
10.5 观测作业的要求	10
11 外业成果记录	11
11.1 A 级 GNSS 网外业成果记录	11
11.2 B、C、D、E 级 GNSS 网外业成果记录	11
11.3 观测资料整理	12
12 数据处理	12
12.1 基本要求	12
12.2 外业数据质量检核	13
12.3 基线向量解算	14
12.4 A、B 级 GNSS 网基线处理结果质量检核	15
12.5 重测和补测	16

12.6	GNSS 网平差.....	16
12.7	数据处理成果整理和技术总结编写	18
13	成果验收与上交资料	18
13.1	成果验收	18
13.2	提交资料	18
附录 A(资料性)	2000 国家大地坐标系统的定义和地球椭球参数	20
附录 B(规范性)	选点与埋石资料及其说明.....	21
附录 C(规范性)	气象仪表的主要技术要求.....	29
附录 D(规范性)	测量手簿记录及有关要求.....	30
附录 E(资料性)	归心元素测定与计算.....	33
附录 F(规范性)	同步观测环检核.....	35

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准代替 GB/T 18314—2009《全球定位系统(GPS)测量规范》。本标准与 GB/T 18314—2009相比，除编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 标准名称变更为《全球导航卫星系统(GNSS)测量规范》；
- b) 增加2条术语“GNSS网”、“独立基线”(见3.8、3.10)；
- c) 增加了使用多卫星系统下的共性测量要求，重点增加了利用北斗卫星导航系统开展测量的规定与描述(见4.1、10.1.2)；
- d) 增加了对GNSS网相邻点间平均距离的规定(见5.2)；
- e) 增加了基线测量中误差计算公式(见11.2.5)；
- f) 修改了选点、埋石要求中的部分技术细节(见7、8)；
- g) 修改了技术总结编写中的部分技术细节(见12.7)；
- h) 修改了成果验收的部分内容(见13.1)；
- i) 修改了部分标石类型示例(见附录B)；
- j) 删除了1980西安坐标系及1954年北京坐标系的参考椭球基本参数等要求(见2009年版的4.4，附录A)；
- k) ……

本标准由自然资源部提出并归口。

本标准起草单位：。

本标准主要起草人：。

本标准及其所代替标准的历次版本发布情况为：

——2001年首次发布为GB/T 18314—2001，2009年第一次修订，本次为第二次修订。

卫星导航定位测量规范

1 范围

本标准规定了利用全球导航卫星系统（GNSS）测量技术，建立 GNSS 控制网的布设原则、测量方法、精度指标和技术要求。

本标准适用于国家和区域各类 GNSS 控制网的设计、布测和数据处理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 12897 国家一、二等水准测量规范
- GB/T 12898 国家三、四等水准测量规范
- GB/T 17942 国家三角测量规范
- GB/T 24356 测绘成果质量检查与验收
- GB/T 28588 全球导航卫星系统连续运行基准站网技术规范
- GB/T 35767 卫星导航定位基准站网基本产品规范
- CH/T 1001 测绘技术总结编写规定
- CH/T 1004 测绘技术设计规定
- CH/T 2009 全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范
- CH/T 8016 全球定位系统(GPS)测量型接收机检定规程

3 术语

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

观测时段 *observation session*

测站上开始接收卫星信号到停止接收的，连续观测的时间间隔，简称时段。

3.2

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的观测。

3.3

同步环 *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。

3.4

异步环 independent observation loop

由非同步观测获得的基线向量构成的闭合环。

3.5

数据有效率 percentage of data rejection

同一时段中，有效的观测值个数与获取的总观测数量的比值。

3.6

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

利用导航卫星在全球范围内进行导航定位的系统总称，包含 BDS，GPS，GLONASS，Galileo。

3.7

GNSS 静态定位 static GNSS positioning

通过在多个测站上进行同步观测，确定测站之间相对位置的 GNSS 定位测量。

3.8

GNSS 网 GNSS network

使用 GNSS 测量定位技术建设的测量控制网。

3.9

卫星导航定位基准站 continuously operating reference station (CORS)

连续接收和发送本站坐标及其变化、GNSS 星历、星钟差等信息的地面固定站。

[GB/T 17159-2009, 定义 6.119]

3.10 独立基线 independent baseline

由两台 GNSS 接收机同步观测得到的基线。

3.11

单基线解 single baseline solution

在多台 GNSS 接收机同步观测中，每次选取两台接收机的 GNSS 观测数据解算相应的基线向量。

3.12

多基线解 multi-baseline solution

从 $m(m \geq 3)$ 台 GNSS 接收机同步观测值中，统一解算出 $m-1$ 条独立基线的向量。

3.13 国际导航卫星系统服务 international GNSS service (IGS)

提供全球导航卫星系统，包括 BDS、GPS、GLONASS、Galileo 等卫星星历，卫星钟差以及相应卫星系统的地面基准站坐标等方面信息的国际组织。

4 基本规定

4.1 GNSS 测量成果采用 2000 国家大地坐标系，其定义和参考椭球参数见附录 A。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。手簿记录宜采用协调世界时(UTC)或北京标准时。

4.2 用于各级 GNSS 网测量的仪器应经法定计量检定合格，并在其检定有效期内使用。

4.3 各级 GNSS 网测量采用中误差作为精度的技术指标，以 2 倍中误差作为极限误差。

5 级别划分和测量精度

5.1 级别划分

GNSS 测量按照用途和精度分为 A、B、C、D、E 级。

5.2 用途

5.2.1 A 级 GNSS 测量用于建立国家一等大地控制网，进行全球性的地球动力学研究、地壳形变测量和精密定轨等。

5.2.2 B 级 GNSS 测量用于建立国家二等大地控制网，建立地方或城市坐标基准框架、区域性的地球动力学研究、地壳形变测量、局部形变监测和各种精密工程测量等。

5.2.3 C 级 GNSS 测量用于建立三等大地控制网，以及建立区域、城市及工程测量的基本控制网等。

5.2.4 D、E 级 GNSS 测量用于建立四等大地控制网、中（小）城市、城镇以及测图、地籍、土地信息、房产、物探、勘测、建筑施工等的控制测量等，该类测量工作可利用基于卫星导航定位基准站的网络 RTK 进行作业，并满足 CH/T 2009 中对应等级的 RTK 测量要求。

5.3 测量精度

5.3.1 A 级 GNSS 网由卫星导航定位基准站构成，其坐标年变化率中误差、相对精度和地心坐标各分量年平均中误差应不大于表 1 的要求。

表 1 A 级 GNSS 测量精度

级别	坐标年变化率中误差		相对精度	地心坐标各分量年平均中误差 mm
	水平分量 mm/a	垂直分量 mm/a		
A	2	3	1×10^{-8}	0.5

5.3.2 B、C、D 和 E 级 GNSS 网的点位中误差、相邻点基线分量中误差精度和相邻点间平均距离应不大于表 2 的要求。

表 2 B、C、D 和 E 级 GNSS 测量等级精度

级别	点位中误差		相邻点基线分量中误差		相邻点间平均距离 km
	水平分量 mm	垂直分量 mm	水平分量 mm	垂直分量 mm	
B	5	10	5	10	50 (最长 100、最短 30)
C	10	15	10	20	15 (最长 30、最短 10)
D	15	30	20	40	5 (最长 10、最短 3)
E	15	30	20	40	2 (最长 4、最短 1.5)

5.3.3 用于建立国家二等大地控制网和三、四等大地控制网的GNSS测量，在满足5.2.2规定的B、C和D级精度要求的基础上，其相对精度应分别不低于 1×10^{-7} 、 1×10^{-6} 和 1×10^{-5} 。

5.3.4 各级GNSS网点相邻点的GNSS测量大地高差的精度，应不大于表2规定的各级相邻点基线垂直分量的要求。

6 GNSS 网布设

6.1 基本原则

6.1.1 各级GNSS网一般逐级布设，在保证精度、密度等技术要求时可跨级布设。

6.1.2 各级GNSS网的布设应根据其建设目标和精度要求，综合考虑测区已有的资料、测区地形和交通状况等因素，按照优化设计原则进行。A级GNSS网布设按照GB/T 28588执行。

6.1.3 各级GNSS网最简异步观测环的边数应不大于表3的规定。

表3 各级GNSS网闭合环的边数

级 别	B	C	D	E
闭合环的边数（条）	6	6	8	10

6.2 设计要求

6.2.1 各级GNSS网点位应均匀分布，相邻点间距离最大不宜超过该网平均点间距的2倍，最小不宜小于该网平均点间距的2/3。

6.2.2 采用GNSS测量建立各等级大地控制网时，其布设应遵循以下原则：

a) 用于国家一等大地控制网时，其点位应均匀分布，覆盖我国国土。在满足条件的情况下，点位宜布设在国家一等水准路线附近或国家一等水准网的结点处；

b) 用于国家二等大地控制网时，应综合考虑应用服务和对国家一、二等水准网的大尺度稳定性监测等因素，统一设计，布设成连续网。点位应在均匀分布的基础上，尽可能与国家一、二等水准网的结点、已有国家高等级GNSS点、地壳形变监测网点、基本验潮站等重合；

c) 用于三等大地控制网布设时，应满足国家基本比例尺测图的基本需求，并结合水准测量、重力测量技术，精化区域似大地水准面。

6.2.3 新布设的GNSS网应与附近已有的国家高等级GNSS点进行联测，联测点数不应少于3点。

6.2.4 为求定GNSS点在某一参考坐标系中坐标，应与该参考坐标系中的原有控制点联测，联测的总点数不应少于3点。在需用常规测量方法加密控制网的地区，D、E级GNSS网点应有1~2个方向通视。

6.2.5 A、B级GNSS网应逐点联测高程，C级GNSS网应根据区域似大地水准面精化要求联测高程，D、E级GNSS网可依具体情况联测高程。

6.2.6 A、B级GNSS网点的高程联测精度应不低于二等水准测量精度，C级GNSS网点的高程联测精度应不低于三等水准测量精度，D、E级GNSS网点按四等水准测量或与其精度相当的方法进行高程联测。各级GNSS网高程联测的测量方法和技术要求应按GB/T 12897或GB/T 12898规定执行。

6.2.7 B、C、D、E级GNSS网布设时，测区内高于施测级别的GNSS网点均应作为本级别GNSS网的控制

点，并在观测时纳入相应级别的GNSS网中一并施测。

6.2.8 在局部补充、加密低等级的GNSS网点时，宜与周边卫星导航定位基准站站点联测，采用的高等级GNSS网点点数应不少于3个。

6.2.9 各级GNSS网按观测方法可采用多个同步观测环为基本组成的网观测模式，网观测模式中的同步环之间，应以边连接或点连接的方式进行网的构建。

6.2.10 布网需要补测少量点时，可采用基于卫星导航定位基准站的点观测模式。

6.3 GNSS 点命名

6.3.1 GNSS点名应以该点位所在地命名，无法区分时可在点名后加注(一)、(二)等予以区别。少数民族地区应使用规范的音译汉语名，在译音后可附上原文。

6.3.2 新旧点重合时，应采用旧点名，不得更改。如原点位所在地名称已变更，应在新点名后以括号注明旧点名。如与水准点重合时，应在新点名后以括号注明水准点等级和编号。

6.3.3 点名书写应准确、正规，一律以国务院公布的简化汉字为准。

6.3.4 当对GNSS点编制点号时，应整体考虑，统一编号，点号应唯一，且适于计算机管理。

6.3.5 采用卫星导航定位基准站的，已有的直接采用原有站点名称和代码，新建的站点名称和代码按照GB/T 35767要求执行。

6.4 技术设计

6.4.1 GNSS网布测前应进行技术设计，以得到最优的布测方案。技术设计书的格式、内容、要求与审批程序按照CH/T 1004执行。

6.4.2 技术设计前应搜集以下资料，并应对资料进行分析研究，必要时应进行实地勘查：

a) 测区范围既有的卫星导航定位基准站点、国家三角点、导线点、天文重力水准点、水准点、甚长基线干涉测量站、卫星激光测距站、天文台和已有的GNSS站点资料，包括点之记、网图、成果表、技术总结等；

b) 测区范围内有关的地形图、交通图、及测区总体建设规划和近期发展方面的资料。若任务需要，还应搜集有关的地震、地质资料、验潮站等相关资料。

6.4.3 技术设计后应上交以下资料：

a) 技术设计书与专业设计书(附GNSS点位设计图)；

b) 野外踏勘技术总结等。

7 选点

7.1 选点准备

7.1.1 选点人员在实地选点前，应认真了解技术设计书，研究有关布网任务与测区的资料，包括测区1:50 000或更大比例尺地形图，高分辨率影像，已有各类控制点、卫星导航定位基准站的资料等。

7.1.2 选点人员应充分了解和研究测区情况，特别是交通、通讯、供电、气象、地质及大地点等情

况。

7.2 点位基本要求

7.2.1 A级GNSS点点位应符合GB/T 28588的点位规定。

7.2.2 其他各级GNSS点点位的基本要求如下：

- a) 应便于安置接收设备和操作，视野开阔，视场内障碍物的高度角不宜超过 15° ；
- b) 远离大功率无线电发射源和微波无线电信号传送通道(如电视台、电台、微波站等)，其距离不小于200 m；远离高压输电线等大功率电力传输设备，其距离不应小于50 m；
- c) 应避开强烈反射卫星信号的物件(如大型建筑物、大面积水域、大面积裸露石块地、沙地等)；
- d) 交通方便，并有利于其他测量手段扩展和联测；
- e) 地面基础稳定，易于标石的长期保存；
- f) 充分利用符合要求的已有控制点；
- g) 选站时应尽可能使测站附近的局部环境(地形、地貌、植被等)与周围的大环境保持一致，以减少气象元素的代表性误差；

7.3 辅助点与方位点

7.3.1 有特殊需要时，宜在非基岩的A、B级GNSS点的附近埋设辅助点，并测定其与该点的距离和高差，精度应优于 ± 5 mm。

7.3.2 各级GNSS网点可视需要设立与其通视的方位点，方位点应目标明显，观测方便，方位点距网点的距离一般不小于300 m。

7.4 选点作业

7.4.1 选点人员应按照技术设计书经过踏勘，在实地按7.2的要求选定点位，并在实地加以标定。

7.4.2 当利用旧点时，应检查旧点的稳定性、可靠性和完好性，符合要求方可利用。

7.4.3 需要水准联测的GNSS点，应实地踏勘水准路线情况，选择联测水准点并绘出联测路线图。

7.4.4 不论新选定的点或利用旧点(包括辅助点与方位点)，均应实地按附录B的要求绘制点之记，其内容要求在现场详细记录，不得追记。

7.4.5 A、B级GNSS网点在其点之记中应填写地质概要、构造背景及地形地质构造略图。

7.4.6 A级GNSS网点的点位周围有高于 10° 的障碍物时，应绘制点的环视图，其形式见附录B。

7.4.7 一个网区选点完成后，应绘制选点图。

7.4.8 优先选择有水准、重力并置的卫星导航定位基准站作为A级GNSS网点。

7.5 选点后上交的资料

选点后应上交下列资料：

- a) GNSS网点点之记、环视图；
- b) GNSS网选点图(测区较小，选点、埋石与观测一期完成时，可以展点图代替)；

c) 选点工作总结。

8 埋石

8.1 标石

8.1.1 各级 GNSS 点均应埋设固定的标石或标志。

8.1.2 GNSS点标石类型的规格见附录B。A级GNSS点标石与相关设施的技术要求按GB/T 28588的有关
规定执行。B级GNSS点应埋设天线墩，C、D、E级GNSS点在满足标石稳定、易于长期保存的前提下，
可根据具体情况选用。

8.1.3 各种类型的标石应设有中心标志。基岩标石和基本标石的中心标志应用铜或不锈钢制作。普
通标石的中心标志可用铁或坚硬的复合材料制作。标志中心应刻有清晰、精细的十字线或嵌入不同
颜色金属(不锈钢或铜)制作的直径小于0.5 mm的中心点。

8.1.4 用于区域似大地水准面精化的GNSS点，其标志应包含水准标志，满足水准测量的要求。

8.1.5 各种天线墩应安置强制对中装置。强制对中装置的对中误差不应大于1 mm。

8.2 埋石作业

8.2.1 标石应采用混凝土浇筑制成。在有条件的地区，也可用整块花岗石、青石等坚硬石料凿制，
但其规格应不小于同类标石的规定。

8.2.2 埋设天线墩、基岩标石、基本标石时，应现场浇筑混凝土。普通标石可预先制作，然后运往
各点埋设。

8.2.3 埋设标石，须使各层标志中心严格在同一铅垂线上，其偏差不应大于2 mm。

8.2.4 当利用旧点时，应首先确认该点标石完好，并符合相应规格和埋石要求，且能长期保存。必
要时需要挖开标石侧面查看标石情况。如遇上标石被破坏，可以下标石为准，重埋上标石。

8.2.5 方位点宜埋设普通标石，并加适当标注，以便与控制点相区分。

8.2.6 埋石所占土地，应经土地使用者或管理部门同意，并办理相应手续，如用地手续、委托保管
书等。新埋标石由设置单位将委托保管书抄送县级以上测绘主管部门。

8.2.7 B、C级GNSS网点标石埋设后，至少需经过一个雨季，冻土地区至少需经过一个冻解期，基岩
或岩层标石至少需经一个月后，方可用于观测。

8.3 标石外部整饰

8.3.1 B、C、D、E级GNSS点混凝土标石浇筑时，均应在标石上表面压印控制点的类级、埋设年代，
B、C级GNSS点还应在标石侧面压印或喷涂“国家设施 请勿碰动”字样。

8.3.2 B级GNSS网点标石埋设后，宜在周围砌筑混凝土方井或圆井护框，其内径根据情况而定，但
至少不小于0.6 m，高为0.2 m。

8.3.3 荒漠或平原不易寻找的控制点还需在其近旁埋设指示碑，其规格参见GB/T 12898。

8.4 关键工序的控制

在标石建造的施工现场，应拍摄清晰影像资料，并有以下要求：

- a) 钢筋骨架照片，应能反映骨架捆扎的形状和尺寸；
- b) 标石坑照片，应能反映标石坑和基座坑的形状和尺寸；
- c) 基座建造后照片，应能反映基座的形状及钢筋骨架或预制涵管安置是否正确；
- d) 标志安置照片，应能反映标志安置是否平直、端正；
- e) 标石整饰后照片，应能反映标石整饰是否规范；
- f) 标石埋设位置远景照片，应能反映标石埋设位置的地物、地貌景观。

8.5 埋石后上交的资料

埋石结束后应上交以下资料：

- a) 点之记；
- b) 测量标志委托保管书；
- c) 标石建造拍摄的照片；
- d) 埋石工作总结。

9 仪器

9.1 接收机选用

A级GNSS网测量采用的GNSS接收机的选用要求按GB/T 28588的有关规定执行，B、C、D、E级GNSS网按表4规定执行。

表4 B、C、D、E级GNSS网接收机选用

级 别	B	C	D、E
频段	全波长	双频 / 全波长	双频
观测量（至少有）	载波相位、伪距	载波相位、伪距	载波相位、伪距
同步观测接收机数	≥4	≥3	≥2
天线要求	扼流圈、抗干扰	大地型	大地型

9.2 仪器检验

9.2.1 接收机检验

9.2.1.1 新购置的GNSS接收机，以及当接收机天线受到强烈撞击，或更新接收机部件后，或更新天线与接收机的匹配关系后的接收机，应按规定进行全面检验后使用。

9.2.1.2 GNSS接收机检验的内容、方法和技术要求，按CH/T 8016规定执行。

9.2.1.3 不同类型的接收机参加共同作业时，应在已知基线上进行比对测试，超过相应等级限差时不得使用。

9.2.1.4 天线或基座的圆水准器、光学对中器、天线高量尺，在作业期间至少1个月检校一次。

9.2.2 辅助设备检验

GNSS测量所用通风干湿表、空盒气压表和其他辅助设备应定期送计量检定部门检定，并在有效

期内使用。气象仪表的主要技术要求见附录C。

9.3 仪器维护

9.3.1 GNSS接收机等仪器应采取防震措施，不得碰撞、倒置或重压。

9.3.2 作业期间，应严格遵守技术规定和操作要求，未经允许非作业人员不得擅自操作仪器。

9.3.3 接收仪器应注意防震、防潮、防晒、防尘、防蚀、防辐射；电缆线不应扭折，不应在地面拖拉、碾压，其接头和连接器应保持清洁。

9.3.4 作业结束后，应及时擦净接收机上的水汽和尘埃，及时存放在仪器箱内。仪器箱应置于通风、干燥阴凉处，箱内干燥剂呈粉红色时，应及时更换。

9.3.5 仪器交接时应按规定的一般检视的项目进行检查，并填写交接情况记录。

9.3.6 接收机在使用外接电源前，应检查电源电压是否正常，电池正负极切勿接反。

9.3.7 当天线置于楼顶、高标及其他设施的顶端作业时，应采取加固措施，雷雨天气时应有避雷设施或停止观测。

9.3.8 接收机在室内存放期间，室内应定期通风，每隔1~2个月应通电检查一次，接收机内电池要保持充满电状态，外接电池应按其要求按时充放电。

9.3.9 严禁拆卸接收机各部件，天线电缆不得擅自切割改装、改换型号或接长。如发生故障，应认真记录并报告有关部门，请专业人员维修。

10 观测

10.1 基本技术规定

10.1.1 A级GNSS网观测的技术要求按GB/T 28588的有关规定执行。

10.1.2 B、C、D、E级GNSS网观测的基本技术规定应符合表5要求。

表5 B、C、D、E级GNSS网观测的基本技术规定

项 目	级 别			
	B	C	D	E
卫星截止高度角(°)	10	15	15	15
同时观测有效同系统卫星数	≥4	≥4	≥4	≥4
有效观测卫星总数	≥20	≥6	≥4	≥4
观测时段数	≥3	≥2	≥1.6	≥1.6
时段长度	≥23 h	≥4 h	≥60min	≥40min
采样间隔 (s)	30	10~30	5~15	5~15

1 计算有效观测卫星总数时，应将各时段的有效观测卫星数扣除其间的重复卫星数；

- 2 观测时段长度，应为开始记录数据到结束记录的时间段；
- 3 观测时段数 ≥ 1.6 ，指采用网观测模式时，每站至少观测一时段，其中二次设站点数应不少于GPS网总点数的60%；
- 4 采用基于卫星导航定位基准站的点观测模式时，可连续观测，但观测时间应不低于表中规定的各时段观测时间的和。
- 5 布网需要补测少量点时，可采用点观测模式，点观测模式等级选择需结合站点间距确定，平均站点间距大于15km的，需按照C级及以上等级观测。

10.1.3 B、C、D、E级GNSS网测量可不观测气象元素，而只记录天气状况。

10.1.4 GNSS测量时，观测数据文件名中应包含测站名或测站号、观测单元、测站类型、日期、时段号等信息。

10.1.5 雷电、风暴天气时，不宜进行B级GNSS网GNSS观测。

10.2 观测区的划分

10.2.1 B、C、D、E级GNSS网的布测视测区范围的大小，可实行分区观测。当实行分区观测时，相邻分区至少应有4个公共点。

10.2.2 任一个同步观测子区或观测单元子区参加观测的接收机台数应符合表4的规定。

10.3 观测计划

作业调度者根据测区地形和交通状况、采用的GNSS作业方法设计的基线的最短观测时间等因素综合考虑，编制观测计划表，按该表对作业组下达相应阶段的作业调度命令。同时依照实际作业的进展情况，及时做出必要的调整。

10.4 观测前的准备

10.4.1 GNSS接收机在开始观测前，应进行预热和静置，具体要求按接收机操作手册进行。

10.4.2 天线安置应符合下列要求：

- a) 用三脚架安置天线时，其中误差不应大于1 mm；
- b) B级GNSS测量，天线定向标志线应指向正北，顾及当地磁偏角修正后，其定向误差应不大于 $\pm 5^\circ$ ，对于定向标志不明显的接收机天线，可预先设置标记，每次按此标记安置仪器；
- c) 天线集成体上的圆水准气泡必须居中，若天线没有圆水准气泡，可调整天线基座脚螺旋，使在天线互为 120° 方向上量取的天线高互差小于3 mm。

10.5 观测作业的要求

10.5.1 观测组应严格按照规定的时间进行作业。

10.5.2 经检查接收机电源电缆和天线等各项连接无误，方可开机。

10.5.3 开机后经检验有关指示灯与仪表显示正常后，方可进行自测试并输入测站、观测单元和时段等控制信息。

10.5.4 接收机启动前与作业过程中，应随时逐项填写测量手簿中的记录项目，测量手簿格式、记

录内容及要求见附录D。

10.5.5 接收机开始记录数据后，观测员可使用专用功能键和选择菜单，查看测站信息、接收卫星数、卫星号、卫星健康状况、各通道信噪比、相位测量残差、实时定位的结果及其变化、存储介质记录和电源情况等，如发现异常情况或未预料到的情况，应记录在测量手簿的备注栏内，并及时报告作业调度者。

10.5.6 每时段观测开始及结束前各记录一次观测卫星号、天气状况、实时定位经纬度和大地高、PDOP值等。一次在时段开始时，一次在时段结束时。时段长度超过2小时，应每当UTC整点时增加观测记录上述内容一次，夜间放宽到4小时。

10.5.7 每时段观测前后应各量取天线高一次，其测量方法及要求见附录D。两次量高之差不应大于3 mm，取平均值作为最后天线高。若互差超限，应查明原因，提出处理意见记入测量手簿记事栏。

10.5.8 除特殊情况外，不宜进行偏心观测。若实施偏心观测时，应测定归心元素，其方法可参考附录E或GB/T 17942。

10.5.9 观测员要细心操作，观测期间防止接收设备震动，更不得移动，要防止人员和其他物体碰动天线或阻挡信号。

10.5.10 观测期间，不应在天线附近50 m以内使用电台，10 m以内使用对讲机。

10.5.11 天气太冷时，接收机应适当保暖；天气很热时，接收机应避免阳光直接照射，确保接收机正常工作。

10.5.12 一时段观测过程中不应进行以下操作：

- a) 接收机重新启动；
- b) 进行自测试；
- c) 改变卫星截止高度角；
- d) 改变数据采样间隔；
- e) 改变天线位置；
- f) 按动关闭文件和删除文件等功能键。

10.5.13 经检查，所有规定作业项目均已全面完成，并符合要求，记录与资料完整无误，方可迁站。

11 外业成果记录

11.1 A级GNSS网外业成果记录

A级GNSS网外业成果记录的内容和要求按GB/T 28588的有关规定执行。

11.2 B、C、D、E级GNSS网外业成果记录

11.2.1 记录类型

GNSS测量作业所获取的成果记录应包括以下三类：

- a) 观测数据；

- b) 测量手簿;
- c) 其他记录, 包括偏心观测资料等。

11.2.2 记录内容

11.2.2.1 观测记录项目应包括以下主要内容:

- a) 观测数据(原始观测数据和RINEX格式数据);
- b) 对应观测值的GNSS时间;
- c) 测站和接收机初始信息: 测站名、测站号、观测单元号、时段号、近似坐标及高程、天线及接收机型号和编号、天线高与天线高测量位置及方式、观测日期、采样间隔、卫星截止高度角。

11.2.2.2 测量手簿格式见附录D。

11.2.3 记录要求

11.2.3.1 观测前和观测过程中应按要求及时填写各项内容, 书写要认真细致, 字迹清晰、工整、美观。

11.2.3.2 测量手簿各项观测记录一律使用铅笔, 不应刮、涂改, 不应转抄或追记, 如有读、记错误, 可整齐划掉, 将正确数据写在上面并注明原因。其中天线高, 气象读数等原始记录不应连环涂改。

11.2.3.3 手簿整饰, 存储介质注记和各种计算一律使用蓝黑墨水书写。

11.2.3.4 外业观测中接收机内存储介质上的数据文件应及时拷贝成一式两份, 并在外存储介质外面适当处制贴标签, 注明网区名、点名、点号、观测单元号、时段号、文件名、采集日期、测量手簿编号等。两份存储介质应分别保存在专人保管的防水、防静电的资料箱内。

11.2.3.5 接收机内存数据文件卸载到外存介质上时, 不应进行剔除、删改或编辑。

11.2.3.6 测量手簿应事先连续编印页码并装订成册, 不应缺损。其他记录, 应分别装订成册。

11.3 观测资料整理

11.3.1 观测资料整理应包括观测数据、观测手簿、外业数据质量检查、技术文档等部分。

11.3.2 A、B、C、D、E级GNSS网观测数据应包括标准格式数据(如RINEX数据)、原始观测数据两种格式

11.3.3 观测数据应进行质量检核, 具体要求见12.2。

12 数据处理

12.1 基本要求

12.1.1 A、B级GNSS网基线数据处理应采用高精度数据处理专用的软件, C、D、E级GNSS网基线解算可采用随接收机配备的商用软件。

12.1.2 数据处理软件宜进行有关的试验和验证, 并在技术设计书中予以明确。

12.1.3 A、B级GNSS点采用瞬时历元下的坐标进行基线解算, 瞬时历元坐标必须通过联测国际IGS

站获取；A级GNSS网应以不少于5个，且分布均匀的IGS站的坐标为起算点；B级GNSS网应以不少于5个，且分布均匀的A级GNSS网点或IGS站为起算点。C、D、E级GNSS网应以不少于3个，且分布均匀的A、B级GNSS网点为起算点。

12.2 外业数据质量检核

12.2.1 各站观测数据的多路径效应MP1和MP2值应小于1米，数据有效率应大于80%。

12.2.2 布网需要补测少量点时，可采用基于卫星导航定位基准站的点观测模式。采用点观测模式时，不同点间不进行重复基线、同步环和异步环的数据检验，但同一点不同时间段的基线数据应按12.2.3至12.2.7条款进行各种数据检验。

12.2.3 A级GNSS网观测数据的检核按GB/T 28588的有关规定执行。

12.2.4 B级GNSS网基线外业预处理和C、D、E级GNSS网基线处理，复测基线的长度较差 d_s 应满足公式(1)的规定：

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

式中：

σ ——基线测量中误差，单位为毫米（mm），其计算按12.2.5规定执行。

12.2.5 B、C、D、E级GNSS网基线测量中误差 σ 按公式2计算，并按表6的分级规定执行。当测量大地高差的精度时，固定误差和比例误差系数可放宽1倍执行。

$$\sigma = \sqrt{\alpha^2 + (b \cdot d \cdot 10^{-6})^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- α ——固定误差，mm；
- b ——比例误差系数；
- d ——相邻点间距离，mm。

表6 精度分级

级别	固定误差 α mm	比例误差系数 b
B	≤ 8	≤ 1
C	≤ 10	≤ 5
D	≤ 10	≤ 10
E	≤ 10	≤ 20

12.2.6 B、C、D、E级GNSS网同步环闭合差，不宜超过附录F规定。

12.2.7 B、C、D、E级GNSS网外业基线处理结果，其异步环或附合路线坐标闭合差 W_s 和各坐标分量闭合差（ W_x 、 W_y 、 W_z ）应满足公式(3)的规定。

$$W_x \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$W_Y \leq 3\sqrt{n}\sigma \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$W_Z \leq 3\sqrt{n}\sigma$$

$$W_S \leq 3\sqrt{3n}\sigma$$

式中：

n ——闭合环边数；

σ ——基线测量中误差，单位为毫米（mm）；其计算按12.2.5规定执行；

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

12.3 基线向量解算

12.3.1 准备工作

基线向量解算前应进行以下准备：

- a) 基线解算前，应按规范、技术设计和GB/T 24356的要求及时对外业全部资料全面检查和验收，其重点包括成果是否符合规范要求，观测数据质量分析是否合理等；
- b) 当采用不同类型接收机时，应将原始观测数据转换成标准格式数据（如RINEX格式）；
- c) 高标点、偏心观测点，应根据天线高记录、投影手簿或归心用纸等计算归心改正数，计算公式见附录E或GB/T 17942的有关规定。

12.3.2 解算方案

解算方案要求如下：

- a) 根据外业施测的精度要求和实际情况、软件的功能和精度，可采用多基线解或单基线解；
- b) A级GNSS网解算，可分区进行解算，各区间需有公共点；
- c) 起算点的选取应根据测量已知点的情况确定坐标起算点。

12.3.3 基线向量解算

基线向量解算基本要求如下：

- a) A、B级GNSS网基线精处理应采用精密星历。C级及以下各级GNSS网基线处理时，可采用广播星历；
- b) B、C、D、E级GNSS网GNSS观测值均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；
- c) 基线解算，按同步观测时段为单位进行。按多基线解时，每个时段须提供一组独立基线向量及其完全的方差—协方差阵；按单基线解时，须提供每条基线分量及其方差—协方差阵；
- d) B、C级GNSS网，基线解算可采用双差解、单差解、非差解。D、E级GNSS网根据基线长度允许采用不同的数据处理模型。但是长度小于15 km的基线，应采用双差固定解。长度大于15 km的基线可在双差固定解和双差浮点解中选择最优结果。

12.4 A、B级GNSS网基线处理结果质量检核

12.4.1 A、B级GNSS网基线处理后应计算基线的分量 ΔX 、 ΔY 、 ΔZ 及边长的重复性，还应对各基线边长、南北分量、东西分量和垂直分量的重复性进行固定误差与比例误差的直线拟合，作为衡量基线精度的参考指标。重复性定义见公式(4)：

$$R = \left[\frac{\frac{n}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(C_i - C_m)^2}{\sigma_{C_i}^2}}{\sum_{i=1}^n 1/\sigma_{C_i}^2} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

n ——同一基线的总观测时段数；

C_i ——一个时段的基线某一分量或边长；

$\sigma_{C_i}^2$ ——该时段*i*相应于 C_i 分量的方差；

C_m ——各时段的加权平均值。

12.4.2 B级GNSS网同一基线和其各分量不同时段的较差（ d_s 、 $d_{\Delta X}$ 、 $d_{\Delta Y}$ 、 $d_{\Delta Z}$ ），应满足公式(5)的规定，式中同一基线和其各分量*R*值（ R_s 、 $R_{\Delta X}$ 、 $R_{\Delta Y}$ 、 $R_{\Delta Z}$ ）按公式(4)计算。

$$\begin{aligned} d_{\Delta X} &\leq 3\sqrt{2}R_{\Delta X} \\ d_{\Delta Y} &\leq 3\sqrt{2}R_{\Delta Y} \dots\dots\dots (5) \\ d_{\Delta Z} &\leq 3\sqrt{2}R_{\Delta Z} \\ d_s &\leq 3\sqrt{2}R_s \end{aligned}$$

12.4.3 B级GNSS网基线处理后，异步环或附合路线坐标分量闭合差（ W_x 、 W_y 、 W_z ）应满足公式(6)：

$$\begin{aligned} W_x &\leq 2\sigma_{Wx} \\ W_y &\leq 2\sigma_{Wy} \dots\dots\dots (6) \\ W_z &\leq 2\sigma_{Wz} \end{aligned}$$

式中：

$$\begin{aligned} \sigma_{Wx}^2 &= \sum_{i=1}^r \sigma_{\Delta X(i)}^2 \\ \sigma_{Wy}^2 &= \sum_{i=1}^r \sigma_{\Delta Y(i)}^2 \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

$$\sigma_{WZ}^2 = \sum_{i=1}^r \sigma_{\Delta Z(i)}^2$$

公式(7)中 r 为环线中的基线数， $\sigma_{C(i)}^2$ ($C=\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$)为环线中第 i 条基线 C 分量的方差。

环线全长闭合差应满足公式(8)、(9)、(10)、(11)：

$$W_s \leq 3\sigma_W \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\sigma_W^2 = \sum_{i=1}^r W D_{bi} W^T \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$W = \begin{bmatrix} W_{\Delta X} & W_{\Delta Y} & W_{\Delta Z} \\ W_s & W_s & W_s \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$W_s = \sqrt{W_{\Delta X}^2 + W_{\Delta Y}^2 + W_{\Delta Z}^2} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

W_s ——环线全长闭合差；

D_{bi} ——环线中第 i 条基线方差—协方差阵。

12.5 重测和补测

12.5.1 未按施测方案要求，外业缺测、漏测，或数据处理后，观测数据不满足表5的规定时，有关成果应及时补测。

12.5.2 在数据有效率满足12.2.1的前提下，允许舍弃在复测基线边长较差、同步环闭合差、独立环或附合路线闭合差检验中超限的基线，而不必进行该基线或与该基线有关的同步图形的重测，但应保证舍弃基线后的独立环所含基线数满足表3的规定，否则，应重测该基线有关的同步图形。

12.5.3 对需补测或重测的观测时段或基线，要具体分析原因，在满足表4要求的前提下，尽量安排一起进行同步观测。

12.6 GNSS网平差

12.6.1 A、B级GNSS网整体平差

12.6.1.1 A、B级GNSS网基线解算前，应按照连续性、稳定性、高精度、平衡性原则选取基线解算起算点，具体要求如下：

- a) 连续性原则：测站在近3年(或以上)进行连续观测，剔除观测年数不够以及处理过程中不连续和观测质量较差的站点。
- b) 稳定性原则：站点坐标时序稳定性好，具有稳定“可知”的点位变化速度。
- c) 高精度原则：速度场精度优于3mm/a。
- d) 平衡性原则：站点尽量均匀分布。

12.6.1.2 整体平差应在2000国家大地坐标系或国际地球参考框架（ITRF）中进行。各子网历元不同时，应利用板块运动模型和速度场进行统一归算。

12.6.1.3 整体平差中，应引入起算点的全方差—协方差阵，并乘以适当的松弛因子定权。

12.6.1.4 整体平差应进行验后单位权方差因子 σ^2 的检验和转换参数的显著性检验。检验后，应消去不显著的转换参数，并重新平差。

12.6.1.5 整体平差后，应输出2000国家大地坐标系中各点的大地坐标、各基线的地心坐标分量和大地坐标分量、各基线改正数、平差值及其精度等。

12.6.1.6 A、B级GNSS网平差后，其精度应分别符合表1和表2的规定，国家二等大地控制网还应符合5.2.3的规定。

12.6.2 C、D、E级GNSS网平差

12.6.2.1 无约束平差

12.6.2.1.1 在基线向量检核符合要求后，以三维基线向量及其相应方差—协方差阵作为观测信息，以一个点的三维坐标作为起算依据，进行无约束平差，输出各点的三维坐标、各基线向量及其改正数和其精度。

12.6.2.1.2 无约束平差中，基线分量的改正数绝对值($V_{\Delta X}$ 、 $V_{\Delta Y}$ 、 $V_{\Delta Z}$)应满足公式(12)的要求。

$$\begin{aligned} V_{\Delta X} &\leq 3\sigma \\ V_{\Delta Y} &\leq 3\sigma \dots\dots\dots (12) \\ V_{\Delta Z} &\leq 3\sigma \end{aligned}$$

式中：

σ ——基线测量中误差，单位为毫米（mm）；其计算按12.2.5规定执行。

12.6.2.2 整体平差

12.6.2.2.1 利用无约束平差后的观测量，应选择在2000国家大地坐标系或地方独立坐标系中进行三维约束平差或二维约束平差。

12.6.2.2.2 平差结果应包括相应坐标系中的三维或二维坐标、基线向量改正数、基线边长、方位、转换参数及其相应的精度。

12.6.2.2.3 约束平差中，基线分量改正数与经过12.6.2.1.2规定的粗差别除后的无约束平差结果的同一基线，相应改正数较差的绝对值($dV_{\Delta X}$ 、 $dV_{\Delta Y}$ 、 $dV_{\Delta Z}$)应满足公式(13)的要求。

$$\begin{aligned} dV_{\Delta X} &\leq 2\sigma \\ dV_{\Delta Y} &\leq 2\sigma \dots\dots\dots (13) \\ dV_{\Delta Z} &\leq 2\sigma \end{aligned}$$

式中：

σ ——基线测量中误差，单位为毫米（mm）；其计算按12.2.5规定执行。

12.6.2.2.4 C、D、E级GNSS网平差后，其精度应符合表2的规定，国家三、四等大地控制网还应符合5.2.3的规定。

12.7 数据处理成果整理和技术总结编写

12.7.1 外业技术总结按CH/T 1001的要求开展，应包括下列各项内容：

- a) 测区范围与位置，自然地理条件，气候特点，交通及电讯、供电等情况；
- b) 任务来源，测区已有测量成果，项目名称，施测目的和基本精度要求；
- c) 施测单位，施测起讫时间，作业人员数量，技术状况；
- d) 作业技术依据；
- e) 作业仪器类型、精度以及检验和使用情况；
- f) 点位观测条件的评价，埋石与重合点情况；
- g) 联测方法、完成各级点数与补测、重测情况，以及作业中存在问题的说明；
- h) 外业观测数据质量分析与数据检核情况。

12.7.2 内业技术总结按CH/T 1001的要求开展，应包含以下各项内容：

- a) 项目概况，包括项目名称、来源、主要工作内容及承担单位；
- b) 采用的技术依据、参考基准、技术指标等；
- c) 资料收集情况；
- d) 基线解算，包括采用的起算点及选取依据、所采用的软件、星历、坐标系统、历元、基线解算结果的检验；
- e) 网平差，包括起算点的分析、平差方案等；
- f) 误差检验及相关参数和平差结果的精度估计等；
- g) 上交成果中尚存问题和需要说明的其他问题、建议或改进意见；
- h) 各种附表与附图。

13 成果验收与上交资料

13.1 成果验收

13.1.1 成果验收按GB/T 24356的规定执行。GNSS测量完成后应对成果进行100%检查，对于点位选埋的实地检查量不得低于GB/T 24356关于抽样检验的要求。交送验收的成果，包括观测记录的存储介质及其备份，内容与数量必须齐全、完整无损，各项注记、整饰应符合要求。

13.1.2 检验工作完成后应编制检查报告，检查报告的编写按GB/T 24356执行。

13.2 提交资料

提交的资料包括下列各项：

- a) 测量任务书(或合同书)、技术设计书；
- b) 点之记、环视图、测量标志委托保管书（或土地使用协议书）、选点和埋石资料；

- c) 接收设备、气象及其他仪器的检验资料；
- d) A级GNSS网提交站点信息表，B、C、D、E级GNSS网提交外业观测记录、测量手簿及其他记录；
- e) 数据处理中生成的文件、资料和成果表；
- f) GNSS网展点图；
- g) 技术总结和成果验收报告。

附录 A

(资料性)

2000 国家大地坐标系统的定义和地球椭球参数

2000 国家大地坐标系的原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心；2000 国家大地坐标系的 Z 轴由原点指向历元 2000.0 的地球参考极的方向，该历元的指向由国际时间局给定的历元为 1984.0 的初始指向推算，定向的时间演化保证相对于地壳不产生残余的全球旋转，X 轴由原点指向格林尼治参考子午线与地球赤道面（历元 2000.0）的交点，Y 轴与 Z 轴、X 轴构成右手正交坐标系。采用广义相对论意义下的尺度。2000 国家大地坐标系采用的地球椭球参数的数值为：

长半轴： $a = 6\,378\,137\text{ m}$

扁率： $f = 1/298.257222101$

地心引力常数： $GM = 3.986004418 \times 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$

自转角速度： $\omega = 7.292115 \times 10^{-5} \text{ rads}^{-1}$

附录 B

(规范性)

选点与埋石资料及其说明

B.1 点之记

B.1.1 GNSS点的点之记范例见表B.1。

表B.1 点之记范例
(点之记正面)

点 名		点 号		类 别		等 级	B 级
所在图幅				点位略图			
概略纬度							
概略经度							
概略高程							
所 在 地							
最近住所							
供电情况							
电信情况							
地 类		土 质					
冻土深度		解冻深度		交通路线图			
最近水源							
石子来源							
沙子来源							
交通情况							
地质概要、构造背景				地形地质构造图			

表 B.1 (续)
(点之记背面)

点位环视图			标石类型		
点位环视图说明			便于连测的水准点点名、点号、等级及连测里程		
原有高等级大地、重力、形变点位利用情况			便于连测的重力点等级、点名、点号及连测里程		
选点情况	选点者		埋石情况	埋石者	
	单 位			单 位	
	地 质 员			埋石时间	
	单 位		委托保管情况	保 管 人	
	选点时间			单 位	
对埋石工作的建议			地 址		
			邮 编		
			电 话		
备注					

B.1.2 标石建造完成后，应在现场绘制大地控制点点之记，若选点时已经绘制点之记则需根据实际埋设的情况完善选点点之记所需内容。

B.1.3 点之记共两页，纸质文档须双面打印，点之记绘制说明如下：

- a) “概略位置”由手持 GNSS 接收机测定，经纬度按手持 GNSS 接收机的显示填写至 0.1″，概略高程采用大地高标注至整米；
- b) “类别”填写国家 GNSS 大地控制点；
- c) “等级”填写相应等级；
- d) “点位略图”须在现场绘制，应能明确表达点位所在位置与周边特征地物的相对关系，点位略图比例尺可根据实地情况确定；
- e) “电信情况”填写距点位最近的固定电话位置、点位所处位置的移动电话收发情况；
- f) “地类”按如下类别填写：荒地、耕地、园地、林地、草地、沙漠、戈壁，“土质”按如下类别填写：黑土、红土、黄土、沙土、沙砾土、盐碱土、粘土、基岩；
- g) “最近水源”填写最近水源位置及距点位的距离；
- h) “交通路线图”在公开出版的全国（省市）电子交通图上绘制，图上除明显表示点位，点位所在县城所在地到点位的交通路线外，尽量表达清楚点位所在县城与相邻城市的交通路线；
- i) “交通情况”填写自点位所在地县级城市至本点的汽车运行路线，交通路线图与说明文字保持一致，并注明交通工具到点情况；
- j) “地质概要、构造背景”和“地形地质构造图”由专业地质人员填写（绘制）；
- k) “点位环视图”点位四周遮挡高度角小于 10° 时环视图中不表示；当遮挡高度角大于 10° 时，需要在环视图中从 10° 开始用阴影线绘制遮挡物的范围，见 B.2 的样式；
- l) “点位环视图说明”填写点位周围遮挡地貌（地物）的方向、高度角及其对观测的影响，并填写点位附近有无强磁场和强振动源；
- m) “标石类型”按埋设的实际类型填写，选择裸露基岩标石、土层覆盖基岩标石、一般地区土层标石、沙漠地区土层标石四种类型之一填写；
- n) “标石剖面图”按埋设的实际尺寸填绘，填写至 0.01m；标石上下标志高差填写至 0.001m。

B.2 GNSS点环视图

GNSS 点环视图见图 B.1。

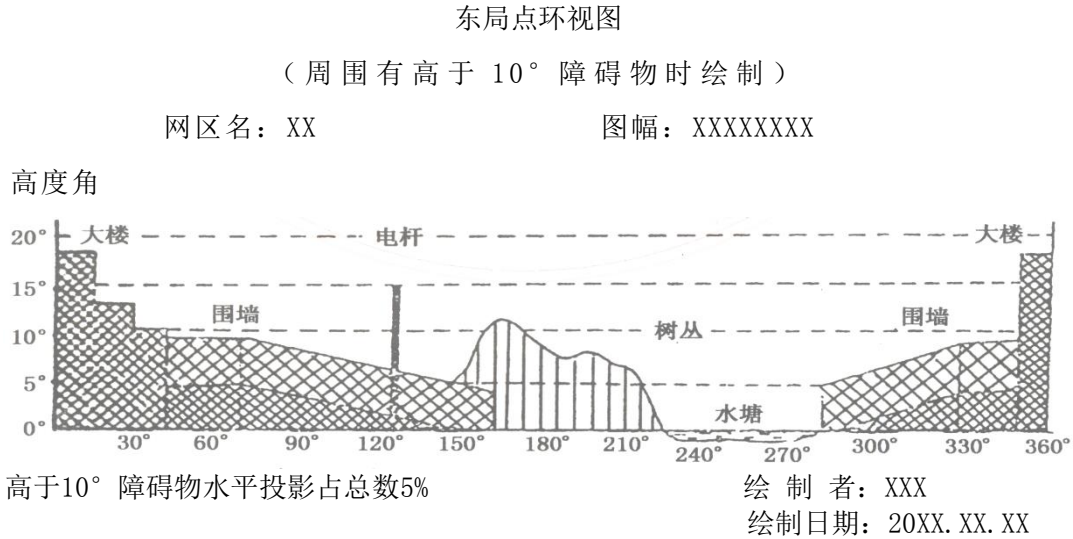


图 B.1 GNSS 点环视图

B.3 标石类型图

B.3.1 标石类型

点位类型根据其埋设地点、制作材料和埋石规格的不同，按下表所列共分为 4 种标石类型。具体类型见表 B.2 与表 B.3。

表 B.2 标石类型

序号	分类	标石类型
1	基岩 GNSS、水准共用标石	裸露基岩标石
		土层覆盖基岩标石
2	土层 GNSS、水准共用标石	一般地区土层标石
		沙漠地区土层标石

表 B.3 点位表示符号

序号	类型	符号	备注
1	基岩 GNSS、水准共用标石	⊙	外圆直径 4mm, 中间圆直径 2mm, 内圆直径 1mm
2	土层 GNSS、水准共用标石	⊕	外圆直径 4mm, 中间圆直径 2mm, 内圆直径 1mm

B.2.2 标石规格

裸露基岩标石见图 B.2，土层覆盖基岩标石见图 B.3，一般地区土层标石见图 B.4，沙漠地区土层标石见图 B.5，其他标石见图 B.6-图 B.10。

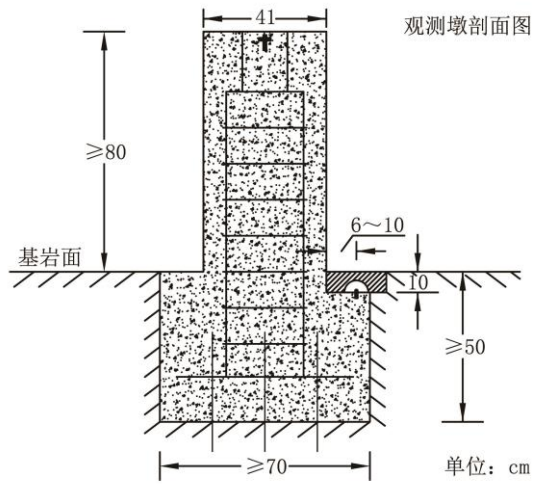


图 B.2 裸露基岩标石

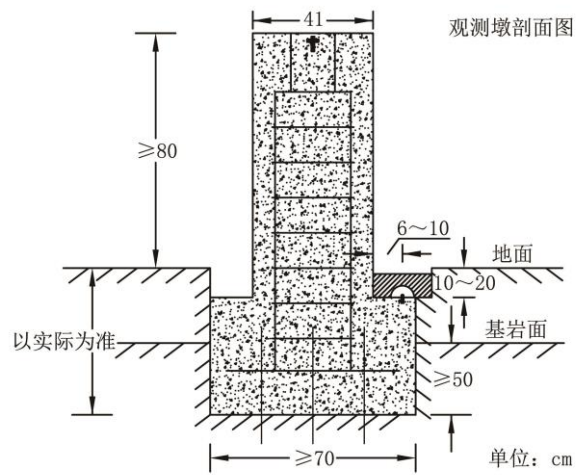


图 B.3 土层覆盖基岩标石

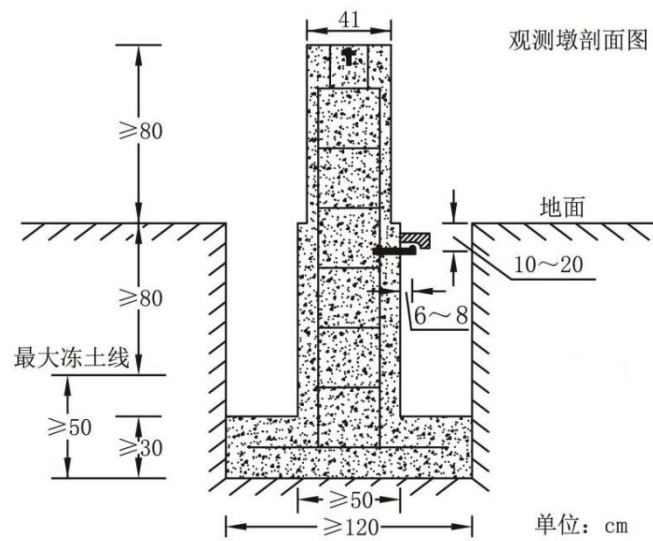


图 B.4 一般地区土层标石

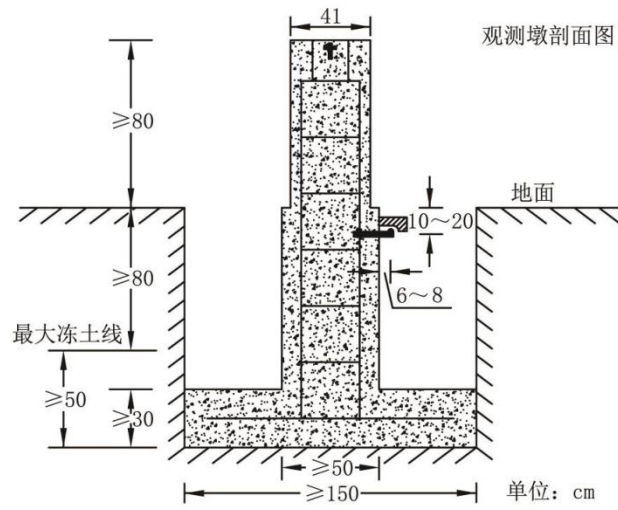


图 B.5 沙漠地区土层标石

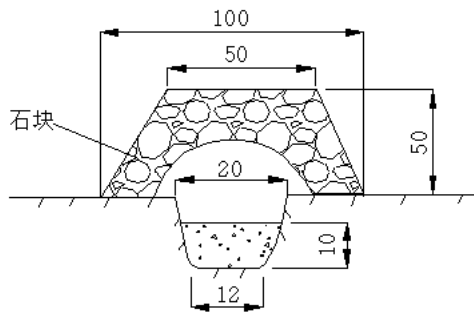
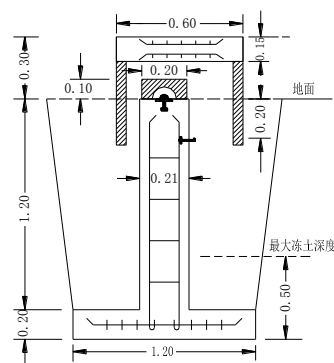


图 B.5 岩层普通标石



注: 沙漠地区标石基座边长扩大至 1.5m。

图 B.6 普通基本标石

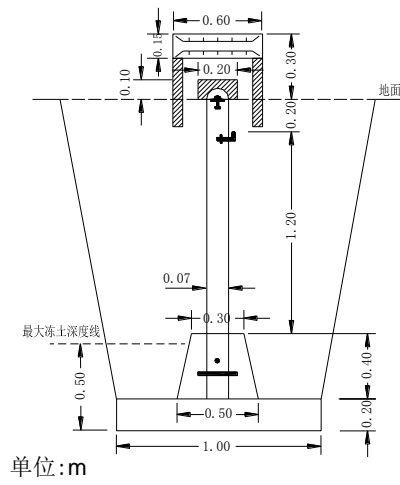


图 B.7 冻土基本标石

使用时根据柱体的实际长度再编辑

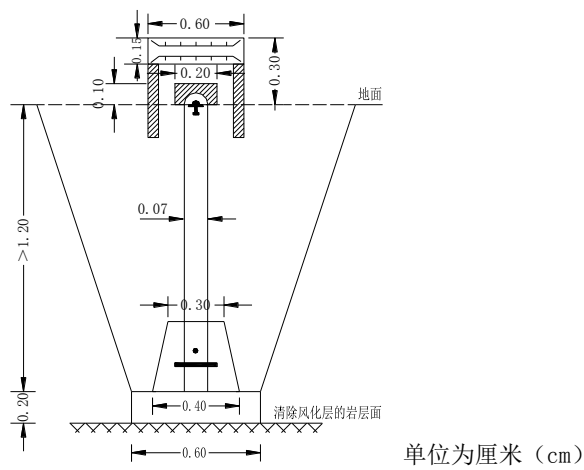


图 B.8 钢管普通标石

使用时根据实际坑深再编辑

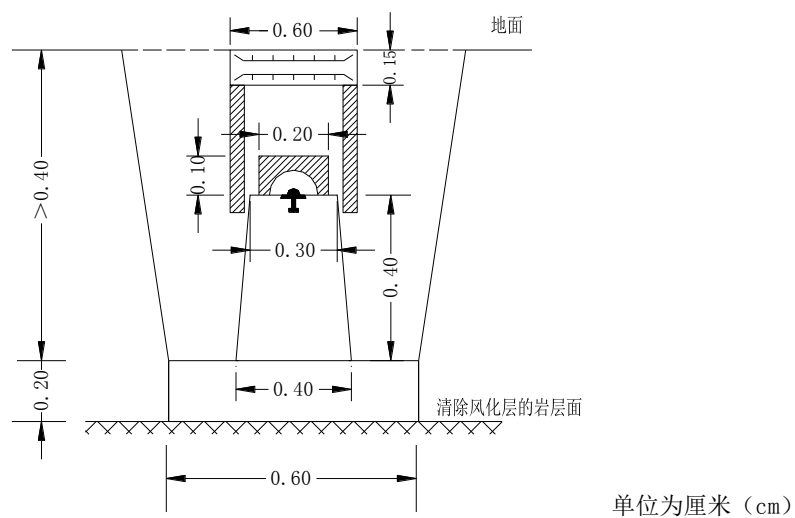


图 B.9 普通标石

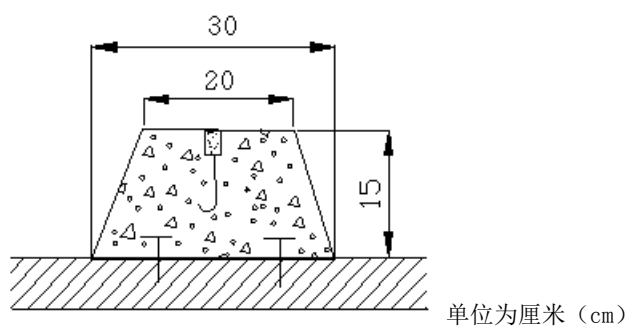


图 B.10 建筑物上标石

附录 C

(规范性)

气象仪表的主要技术要求

C.1 通风干湿表的主要技术要求和使用

C.1.1 主要技术要求如下:

- a) 在温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim+45^{\circ}\text{C}$ 的范围内, 可测 $10\%\sim 100\%$ 的相对湿度;
- b) 温度表的刻度应在 $-26^{\circ}\text{C}\sim+51^{\circ}\text{C}$ 或 $-26^{\circ}\text{C}\sim+41^{\circ}\text{C}$ 的范围内, 其最小分度值应为 0.2°C ;
- c) 通风器开动后, 在第4分钟末, 温度表球部周围的通风速度不应小于 2.5 m/s , 在第6分钟末, 不应小于 2.2 m/s ;
- d) 每分钟末通风速度的改变不应大于 0.2 m/s 。

C.1.2 通风干湿表遇有下列情况之一时, 应进行再检定:

- a) 在同一海拔高度上, 发条盒转动第二周的作用时间增长 6 s 以上;
- b) 检定或更换温度表;
- c) 修理及更换配件;
- d) 对检定结果有怀疑时。

C.2 空盒气压表的主要技术要求和使用

C.2.1 主要技术要求如下:

- a) 空盒气压表应能在大气压力 $53\ 329\text{ Pa}\sim 106\ 658\text{ Pa}$, 空气温度为 $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 的条件下正常工作;
- b) 温度系数的变化, 每度不应超过 $\pm 27\text{ Pa}$;
- c) 示值修正值的最大差值不应超过绝对值 400 Pa ;
- d) 空盒气压表的空盒组、传动系统和指示部分应连接牢固, 无松脱和摩擦现象;
- e) 当空盒气压表倾斜 45° 时, 转击表身, 指针位置的改变不应大于 $\pm 53\text{ Pa}$;
- f) 当正、反方向转动调节螺丝时, 指针的位移量不应小于 $4\ 000\text{ Pa}$;
- g) 空盒气压表的刻度盘表面应呈白色、刻线清晰, 无划痕缺陷;
- h) 指针应平直, 具有弹性, 末端应扭转 90° 角, 且与刻度盘表面垂直, 指针与度盘表面的间距为 $0.3\text{ mm}\sim 1.0\text{ mm}$ 。

C.2.2 空盒气压表遇有下列情况之一时, 应进行再检验:

- a) 气压表被剧烈震动过, 或对示值有怀疑时;
- b) 气压表的读数与本站水银气压表的气压相比较, 经过示值修正后, 其差值超过 $\pm 400\text{ Pa}$ 。

附 录 D

(规范性)

测量手簿记录及有关要求

D.1 测量手簿

D.1.1 测量手簿封面见图 D.1。

GNSS测量观测手簿

手簿编号 No. _____

测量级别 _____

起止日期 _____

项目名称 _____

点 名 _____

点 号 _____

测量单位 _____

图D.1 测量手簿封面

圈双波段天线”，主机及天线编号（S/N、P/N）从主机及天线上查取，填写完整；

- f) 存储介质及编号、备份存储介质及编号；
- g) 原始观测数据文件名、标准格式数据文件名；
- h) 近似纬度、近似经度、近似高程：近似经纬度填至1′，近似高程填至100 m；
- i) 采样间隔、开始记录时间、结束记录时间：采样间隔填写接收机实际设置的数据采样率；
- j) 站时段号、日时段号；
- k) 天线高及其测定方法及略图：测定方法见D.3，各项测定值取至0.001 m；
- l) 点位略图：按点附近地形地物绘制，应有3个标定点位的地物点，比例尺大小视点位具体情况确定。点位环境发生变化后，应注明新增障碍物的性质，如：树林、建筑物等；
- m) 测站作业记录：记载有效观测卫星数、PDOP 值等，B 每 4 小时记录一次，C 级每 2 小时记录一次，D、E 级观测开始与结束时各记录一次；
- n) 记事：记载天气状况，填写开机时的天气状况状况，按晴、多云、阴、小雨、中雨、大雨、小雪、中雪、大雪、风力、风向选一填写，同时记录云量及分布；记载是否进行偏心观测，其记录在何手簿，以及整个观测是过程中出现的重要问题，出现时间及其处理情况。

D.3 天线高测定方法及要求

D.3.1 天线墩上天线高测定

用天线高量测杆或小钢卷尺从厂家规定的天线高量测基准面彼此相隔 120° 的三个位置分别量取至天线墩中心标志面的垂直距离，互差应小于 2 mm，取平均值为天线高 h 。

D.3.2 三脚架上天线高测定

备有专用测高标尺的接收设备，将标尺插入天线的专用孔中，下端垂准中心标志，直接读出天线高(或需加一常数)。

其他接收设备，可采用倾斜测量方法。从脚架三个空档(互成 120°)，测量天线高量测基准面至中心标志面的距离，互差应小于 3 mm，取平均值为 L 天线底盘半径为 R ，按天线高公式(D.1)求出。

$$h = \sqrt{L^2 - R^2} \dots\dots\dots (D.1)$$

D.3.3 觇标仪器台上天线高测定

按 D.3.1 方法量取天线高量测基准面至仪器台上表面的高差 h' ，再量取仪器台的厚度 h'' ，再用钢卷尺不同部位，量取仪器台下表面至中心标志面的高差三次，其互差不应大于 5 mm，取平均值为最后结果 h''' ，则天线高按公式(D.2)求出。

$$h = h' + h'' + h''' \dots\dots\dots (D.2)$$

D.3.4 在 GNSS 测量手簿中应绘出天线高量测方法略图。

附 录 E
(资料性)
归心元素测定与计算

E.1 归心元素的测定

E.1.1 GNSS 方法

如图 E.1 所示, P 为标志中心, A 为已测 GNSS 点, B 为 GNSS 方位点。

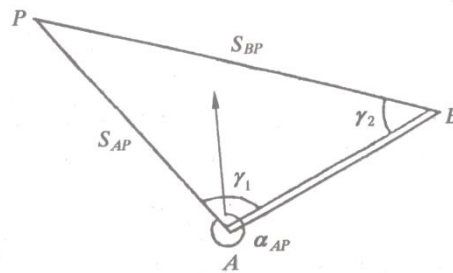


图 E.1

在 A 、 B 点上安置接收机, 观测一时段后, 交换天线, 再观测一时段, 共两时段, 获得 A 、 B 点 WGS-84 坐标。用经纬仪以三等三角测量的要求观测水平角 γ_1 、 γ_2 各 4 测回, 用红外测距仪, 观测 4 测回, 得到 AP 间的距离 S_{AP} , 与 BP 间的距离 S_{BP} , 用水准测量或经纬仪高程方法分别测出 PA 间的高差 h_{AP} , 与 PB 间的高差 h_{BP} , 即可计算出归心元素 ΔX_A 、 ΔY_A 、 Δh_{AP} 与 a_{AP} 。

E.1.2 纯 GNSS 方法

在 A 、 P 点上安置接收机, 观测一时段后, 交换天线再观测一时段, 共两时段, 获得 A 、 P 点间的 WGS-84 坐标系坐标差 ΔX_{AP} 、 ΔY_{AP} 、 ΔZ_{AP} 。时段长度: 双频接收机不得少于 30 min, 单频接收机不得少于 1 h。

E.1.3 三角联测方法

若已知 P 点至某一方向的大地方位角, 可通过 P 点上对该方向与 PA 方向间角度观测求出 α_{PA} , 进而得到 α_{AP} , 以代替 E.1.1 通过测角求 α_{AP} 的方法。按三等三角测量要求, 角度观测 4 测回。

E.2 归心元素计算

已知 A 、 B 两点的 2000 国家大地坐标系中空间直角坐标分别为 X_A 、 Y_A 、 Z_A 与 X_B 、 Y_B 、 Z_B , 以 A 点坐标为原点, 按公式 (E.1) 求得 B 点在 A 点站心坐标系中的站心地平坐标:

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B_A \cos L_A & -\sin B_A \sin L_A & \cos B_A \\ -\sin L_A & \cos L_A & 0 \\ \cos B_A \cos L_A & \cos B_A \sin L_A & \sin B_A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_B - X_A \\ Y_B - Y_A \\ Z_B - Z_A \end{bmatrix} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

$$B_A = \text{tg}^{-1}(Z_A / \sqrt{X_A^2 + Y_A^2})$$

$$L_A = \text{si } \bar{n}^{-1} \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$$

然后按公式 (E.2)、(E.3)、(E.4)、(E.5)、(E.6) 计算 α_{AP}

$$\alpha_{BA} = \text{tg}^{-1} y_B / x_B \dots\dots\dots (E.2)$$

$$\alpha_{AP} = \alpha_{BA} + (360^\circ - \gamma_1) \dots\dots\dots (E.3)$$

$$\alpha_{AP} = \alpha_{PA} - 180^\circ = \alpha_{BA} + (180^\circ - \gamma_1) \dots\dots\dots (E.4)$$

$$\Delta X_A = S_{AP} \cos \alpha_{PA} \dots\dots\dots (E.5)$$

$$\Delta Y_A = S_{AP} \sin \alpha_{PA} \dots\dots\dots (E.6)$$

$\Delta Z_A = \Delta h_{AP} = h_{AP}$ (A 点高于 P 点时取正, 反之取负)

用类似的公式和方法, 可求得归心元素 ΔX_B 、 ΔY_B 、 Δh_{BP} 。

为检核 ΔX_A 、 ΔY_A 、 Δh_{AP} 计算的正确性, 可依公式 (E.7)、(E.8) 分别求出 P 点球心直角坐标。

$$\begin{bmatrix} X_{PA} \\ Y_{PA} \\ Z_{PA} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B_A \cos L_A & -\sin L_A & \cos B_A \cos L_A \\ -\sin B_A \sin L_A & \cos L_A & \cos B_A \sin L_A \\ \cos B_A & 0 & \sin B_A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta X_A \\ \Delta Y_A \\ \Delta Z_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} \dots\dots\dots (E.7)$$

$$\begin{bmatrix} X_{PB} \\ Y_{PB} \\ Z_{PB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B_B \cos L_B & -\sin L_B & \cos B_B \cos L_B \\ -\sin B_B \sin L_B & \cos L_B & \cos B_B \sin L_B \\ \cos B_B & 0 & \sin B_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta X_B \\ \Delta Y_B \\ \Delta Z_B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} \dots\dots\dots (E.8)$$

$$\Delta X_P = X_{PA} - X_{PB}$$

$$\Delta Y_P = Y_{PA} - Y_{PB} \dots\dots\dots (E.9)$$

$$\Delta Z_P = Z_{PA} - Z_{PB}$$

则
$$\Delta R = \sqrt{\Delta X_P^2 + \Delta Y_P^2 + \Delta Z_P^2} \dots\dots\dots (E.10)$$

ΔR 应小于 $4\sqrt{3}$ mm。

附 录 F
(规范性)
同步观测环检核

三边同步环中只有两个同步边成果可以视为独立的成果，第三边成果应为其余两边的代数和。由于模型误差和处理软件的内在缺陷，第三边处理结果与前两边的代数和常不为零，其差值应符合公式 F.1:

$$\begin{aligned}
 W_x &\leq \frac{\sqrt{3}}{5} \sigma \\
 W_y &\leq \frac{\sqrt{3}}{5} \sigma \quad \dots\dots\dots (F.1) \\
 W_z &\leq \frac{\sqrt{3}}{5} \sigma
 \end{aligned}$$

式中： σ ——基线测量中误差，单位为毫米（mm）；其计算按 12.2.5 规定执行。

对于四站以上同步观测时段，在处理完各边观测值后，应检查一切可能的三边环闭合差。

