

ICS 国际标准分类号

CCS 中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/CERS XXX-XXXX

水电站北斗平面控制网建设和测量技术 要求

Technical Requirements for the BeiDou-based Horizontal Control Network
Construction and Surveying in Hydropower Plants

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国能源研究会 发布

目 次

目 次	I
前 言	III
引 言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体原则与要求	2
5 北斗平面控制网设计	3
5.1 级别划分	3
5.2 用途	3
5.3 测量精度	3
5.4 布设要求	5
5.5 技术设计	5
6 选点	6
6.1 点位基本要求	6
6.2 选点作业	7
6.3 提交资料	7
7 埋石土建	7
7.1 观测墩分类	7
7.2 基岩混凝土观测墩	8
7.3 土层混凝土观测墩	8
7.4 屋顶混凝土观测墩	9
7.5 屋顶钢标	9
7.6 防雷工程	9
7.7 土建工作其他要求	9
7.8 提交资料	10
8 仪器	10
8.1 北斗接收设备	10
8.2 接收机检验	11
8.3 接收机维护	11

9	观测	12
9.1	观测技术要求	12
9.2	观测作业	12
9.3	外业成果记录	12
10	数据处理	13
10.1	基本要求	13
10.2	外业数据质量检查	13
10.3	基线向量解算	14
10.4	重测与补测	14
10.5	网平差	14
10.6	数据处理软件要求	14
11	成果验收与上交资料	15
11.1	质量检查	15
11.2	技术总结	15
11.3	上交资料	15
12	连续运行跟踪站式北斗平面控制网	16
12.1	平面控制网组成	16
12.2	功能要求	16
附录 A	(规范性附录) 2000 国家大地坐标系的定义和地球椭球参数	18
附录 B	(资料性附录) 点之记填写格式表	19
附录 C	(资料性附录) 平面控制网点观测墩资料及其说明	23
附录 D	(规范性附录) 测量手簿记录样例	27
D.1	测量手簿	27
参 考 文 献		30

前 言

本文件按照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。

本文件由××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

测量控制网是水利水电枢纽工程总体坐标参考框架，在水电工程建设期和运行维护期为工程建设和工程监测提供坐标基准。随着北斗高精度定位技术的发展和广泛应用，采用北斗卫星导航系统开展水电枢纽工程的控制网建设和测量能显著减少建设和测量成本，提升工作效率，降低外业安全风险，因此在水电站工程建设和运维管理中正得到越来越广泛的推广应用。

本文件系统地规定了水电站北斗平面控制网建设内容和测量技术要求，为水电站北斗平面控制网的建设和测量提供依据。

T/CERS XXX—XXXX

水电站北斗平面控制网建设和测量技术要求

1 范围

本文件规定了利用北斗卫星导航系统建立水电站平面控制网的布设要求、测量方法、精度指标和技术要求。

本文件适用于大、中型水电工程及抽水蓄能电站北斗平面控制网的设计、选点、土建、观测、数据处理及成果验收。

2 规范性引用文件

下列文件对本文件的应用是必不可少的。其中，注日期的引用文件，仅注日期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 50026	工程测量标准
GB 50057	建筑物防雷设计规范
GB 50343	建筑物电子信息系统防雷技术规范
GB/T 15314	精密工程测量规范
GB/T 17942	国家三角测量规范
GB/T 22385	大坝安全监测系统验收规范
GB/T 18314	全球导航定位系统（GNSS）测量规范
GB/T 27606	北斗接收机数据自主交换格式
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 39267	北斗卫星导航术语
GB/T 39399	北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范
GB/T 39616	卫星导航定位基准站网络实时动态测量（RTK）规范
GB/T 39723	北斗地基增强系统通信网络系统技术规范
GB/T 39772	北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范
CH/T 8016	全球定位系统(GNSS)测量型接收机检定规程
DL/T 5178	混凝土坝安全监测技术规范
NB/T 35029	水电工程测量规范
NB/T 35116	水电工程全球导航卫星系统（GNSS）测量规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

观测时段 observation session

测站上开始接收卫星信号到停止接收，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

由非同步观测所获得的基线向量构成的闭合环。

3.5

同步环闭合差 simultaneous observation loop closure

GNSS测量中，同步环的坐标闭合差称为同步环闭合差。

3.6

异步环闭合差 asynchronous loop closure

GNSS测量中，异步环的坐标闭合差称为异步环闭合差。

3.7 GNSS 网 GNSS network

使用GNSS测量定位技术建立的测量控制网。

3.8

单基线解 single baseline solution

在 N 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，该方法可得到 $N \times (N-1)/2$ 条基线。

3.9

多基线解 multiple baseline solution

从 $N(N \geq 3)$ 台 GNSS 接收机同步观测数据中，由 $N-1$ 条独立基线构成观测方程，统一解算出 $N-1$ 条基线向量。

3.10

数据剔除率 percentage of data rejection

同一时段中，未利用的观测值个数与获取的总观测数量的比值。

3.11

连续运行基准站 continuously operating reference station; CORS

对卫星信号长期连续观测，接收观测数据，并可以将观测数据实时或定时传送的地面固定观测站。

[来源: GB/T 18314-2024, 3.9, 有修改]

3.12

2000国家大地坐标系 China geodetic coordinate system 2000; CGCS2000

中国建立的国家大地坐标系。其坐标系的原点位于地球质心，Z 轴指向国际地球自转服务组织(IERS)定义的参考极(IRP)方向，X 轴为IERS定义的参考子午面(IRM)与通过原点且同Z轴正交的赤道面的交线，Y轴满足右手法则。

3.13

北斗坐标系 BeiDou coordinate system; BDCS

北斗卫星导航系统(BDS)采用的大地坐标系。BDCS的定义符合国际地球自转服务(IERS)规范，采用2000国家大地坐标系(CGCS2000)的参考椭球参数，对准于最新的国际地球参考框架(ITRF)，每年更新一次。

4 总体原则与要求

4.1 水电站北斗平面控制网坐标系宜采用2000国家大地坐标系或与其相联系的工程独立坐标系，2000国家大地坐标系的定义和参考椭球参数见附录A。当采用工程独立坐标系时，需要提供与2000国家大地坐标系的转换关系。

4.2 水电站北斗平面控制网高程系统宜采用1985国家高程基准，当确有必要采用其他高程基准时，应与1985国家高程基准建立联系。平面控制点高程可采用水准测量、三角高程测量以及GNSS高程测量等方法测定。

4.3 用于各等级北斗平面控制网测量的仪器应经具有授权的检定校准机构进行检定或校准，并在其检定有效期内使用。使用的软件应通过鉴定或审查。

4.4 北斗平面控制网测量时间系统宜采用公历纪元和协调世界时(UTC)北京时间，同一工程的不同区段测量或不同期测量，应采用或转换为统一的空间基准和时间系统。

4.5 北斗平面控制网测量成果数字取位应符合表4.6.1的规定。

表4.6.1 水电站北斗平面控制测量成果数字取位要求

精度等级	大地坐标			平面坐标和正常高		
	经度 L ($''$)	纬度 B ($''$)	大地高 h (m)	纵坐标 X (m)	横坐标 Y (m)	高程 H (m)
CORS、一等、二等、 专一级、专二级、专 三级、专四级	0.000001	0.000001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
三等、四等、五等	0.00001	0.00001	0.001	0.001	0.001	0.001

5 北斗平面控制网设计

5.1 级别划分

5.1.1 参照国家标准 GB/T 18314-2024 《全球卫星导航定位系统（GNSS）测量规范》，水电站平面控制按照用途与精度要求划分为一等、二等、三等、四等、五等 5 个等级，各等级均可作为测区的首级控制。测区较小且无北斗平面控制网点时，可采用像控图根点作为首级控制。

5.1.2 水电站专用控制网按精度要求划分为四级，由高到低依次为专一级、专二级、专三级、专四级。

5.2 用途

5.2.1 一、二、三等北斗平面控制网用于大中型水利水电工程首级控制测量、局部形变监测等。其中，一等、二等北斗平面控制网用于水电站专用控制网首级控制测量。

5.2.2 四、五等及以上北斗平面控制网用于中小型水利水电工程首级控制测量、局部形变监测等。

5.2.3 专用控制网用于水电站工程建设与运行期间高精度的工程测量与形变监测，专用控制网用途、工程规模及测量等级宜根据表 5.2.1 进行选择。

表5.2.1 专用控制网适用范围

专一级	重力坝、拱坝、支墩坝变形监测，近坝区岩体变形监测，稳定期变形监测
专二级	堆石坝、土坝、石坝、土石坝变形监测，滑坡体、高边坡变形监测，蠕变期变形监测
专三级	大型工程枢纽和抽水蓄能工程施工控制网，活动期、加剧期地形变形监测
专四级	大、中型工程枢纽和抽水蓄能工程施工控制网

注：特大型或巨型工程的专用控制网应进行专项设计。

5.3 测量精度

5.3.1 一等北斗平面控制网由北斗卫星导航定位基准站构成，按照 GB/T 18314-2024 中 A 级 GNSS 网测量精度执行。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 5.3.1 的要求。相邻点间距及精度要求应满足表 5.3.2 的要求。

表 5.3.1 一等北斗平面控制网测量精度

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

[来源：GB/T 18314-2024，5.3.1]

表5.3.2 一等北斗平面控制网相邻点间距及精度指标

精度等级	相邻点平均边长 (km)	固定误差 a (mm)	比例误差 b (ppm)	最弱相邻点边长相对中 误差
一等	13~50	≤5	≤1	≤1/500000

5.3.2 二等、三等、四等、五等测量精度按照 GB/T 18314-2024 标准执行。平面控制布设层次和精度要求应不大于表 5.3.3 的要求。

表5.3.3 水电站各等级平面控制精度要求

平面控制		测量精度				相邻点平 均距离 (km)
		点位中误差		相邻点基线分量中误差		
		水平分量 mm	垂直分量 mm	水平分量 mm	垂直分量 mm	
基本 平面 控制	二等	5	10	5	10	50
	三等	10	15	10	20	15
	四等	15	30	20	40	5
	五等	15	30	20	40	2
图根平面控制		50	50	100	50	1

[来源：GB/T 18314-2024，5.3.2，有修改]

5.3.3 本规范以中误差作为衡量测绘精度的技术指标，并以 2 倍中误差作为极限误差。当较小测区采用图根点进行平面首级控制时，最末级图根点对于邻近基本平面控制点的点位中误差应不大于图上 0.1mm，测站点对于邻近图根点的点位中误差应不大于图上 0.2mm。

5.3.4 专一级、专二级、专三级控制网测量宜选择一等北斗平面控制网进行首级控制。专四级控制网宜选择二等及以上北斗平面控制网进行首级控制。各级专用控制网测量精度应满足表 5.3.4 中的技术指标和限差要求。

表5.3.4 专用控制网测量精度主要技术指标和限差

等级	平均边长 (m)	测角中误差 (")	测距中误差 (mm)	天顶距中误差 (")	最弱点平面中误差 (mm)	最弱点高程中误差 (mm)
专一级	400~800	0.5	1+1ppm×D	1.0	1.5	1.5
专二级	600~1200	0.7	1+1ppm×D	1.0	2.5	2.5
专三级	800~1600	0.7	1+1ppm×D	15	5.0	5.0
专四级	1000~2000	10	2+2ppm×D	15	10.0	10.0

注：1 ppm 表示 1×10^{-6} ；

2 D 为测距边长，单位为 km。

5.3.5 各等级平面控制网相邻点边长及精度要求应符合行业标准 NB/T 35029《水电工程测量规范》中 4.2.2 的规定。

5.3.6 同等工程规模水电站测量时，混凝土构建筑物设施宜采用比土石构建筑物设施高一等级的平面控制。

5.4 布设要求

5.4.1 水电站北斗平面控制网宜逐级布设，在满足测量精度、密度等技术要求前提下，可跨级布设。

5.4.2 平面控制网的等级应根据工程规模、用途和精度要求确定，并应符合项目技术设计要求。

5.4.3 北斗平面控制网宜分 1~2 级布设，末级控制网点相对于首级控制网点的点位中误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

5.4.4 一、二、三、四等及专一级、专二级、专三级、专四级控制网应采用网连式、边连式布网；五等控制网可采用点连式布网；各等级控制网中不应出现自由基线。

5.4.5 水电站北斗平面控制网点位应均匀分布。各等级控制网的相邻点间距离最短不宜小于平均距离的 1/3；最长不宜大于平均距离的 3 倍。

5.4.6 新建平面控制网应与 2000 国家大地坐标系 (CGCS2000) 或工程已有坐标系统联测，联测点数量不宜少于 3 个，分布宜均匀。若附近有北斗导航定位基准站点，应优先使用。

5.4.7 各等级北斗平面控制网最简异步环或附和路线的边数应符合表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1 北斗平面控制网最简异步环或附和线路边数要求

精度等级	一等、二等	三等、四等	五等
异步环或附和线路的边数	≤ 6	≤ 8	≤ 10

5.4.8 坐标系统

北斗平面控制网的坐标系统，应在满足测区内投影长度变形不大于 25mm/km 的要求下，选择：

- 可采用 2000 国家大地坐标系，统一的高斯正形投影 3° 带平面直角坐标系；
- 可采用高斯投影 3° 带，投影面为测区抵偿高程面或测区平均高程面的平面直角坐标系；或任意带，投影面为 1985 国家高程基准面或测区平均高程面的平面直角坐标系，但需建立与 2000 国家大地坐标系的联系；
- 小测区或有专项工程需求的平面控制网，可采用独立坐标系，但需建立与 2000 国家大地坐标系的联系；
- 在已有平面控制网的区域，可沿用原有的坐标系统，但需建立与 2000 国家大地坐标系的联系。

5.5 技术设计

5.5.1 水电站北斗平面控制网布测前应进行技术方案设计。技术设计书的格式、内容、要求与审批程序按照 CH/T 1004 执行。

5.5.2 技术设计前应搜集相关资料，并对资料进行分析研究，必要时进行实地踏勘。

搜集相关资料如下：

- 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；
- 测区范围内现有地形图、交通图、枢纽建筑物平面总布置图、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、验潮站等相关资料。

5.5.3 勘测设计阶段应充分考虑施工与运行阶段的需求，确定平面控制网精度并预留适当余量，宜建立北斗平面控制网数据库，实现勘测设计、施工、运行阶段数据互通。

5.5.4 水电工程施工阶段、工程运行阶段平面控制网的坐标、高程系统应与前期勘测设计阶段保持一致，施工阶段控制点高程可采用水准或三角高程测量法测定。

5.5.5 技术设计应结合水电站区域地形环境特点与工程阶段的差异进行设计。

可包括以下具体要求：

- 高山峡谷宜采用不等边三角网结构，适当增加峡谷两侧对向观测基线；

- b) 库区淹没带应将控制点布设在最终蓄水位以上20m;
- c) 对于直线型建筑物,应在其主轴线或其平行线的两端布点,宜纳入平面控制网内;
- d) 对于抽水蓄能电站上水库、下水库等相对高差大的环境,在坝址等枢纽区域布设较多平面控制网点。

5.5.6 技术设计时应根据工程施工精度与放样要求,对测区网形进行精度估算,确定最优方案。

5.5.7 施工与运行阶段需要按照工程规模与需求进行平面控制网复测。

平面控制网复测技术要求如下:

- a) 应执行平面控制网设计方案,宜采用相同仪器设备、观测网形、观测线路及观测方法;
- b) 相邻两期观测数据的起算基准应保持一致;
- c) 用作起算基准的成果应为经过验证可靠的成果。

5.5.8 水电站已有平面控制网改建技术要求

已建成水电站平面控制网的改建应满足下列技术要求:

- a) 明确改建、扩建或升级需求,确定改建的精度目标、覆盖范围、数据处理服务功能等;
- b) 对平面控制网进行改建、扩建或升级之前,应对原有平面控制网点稳定性、观测墩结构完整性等进行全面检测;
- c) 复测原有控制点坐标进行精度评估,确定发生位移或破坏的平面控制网点;
- d) 优先利用原有工程中稳定的基准点,新平面控制网点应避开形变区,位于影响区外;
- e) 新建平面控制网点应与原有区域CORS站、首级控制网点、基本控制网点进行联测,联测精度不低于工程首级控制的要求。
- f) 改建、扩建或升级的控制网点应与原有坐标基准保持一致,或建立新旧坐标转换模型并进行精度评估;
- g) 编制改建技术报告,更新平面控制网成果。

5.5.9 技术设计上交资料

技术设计后应上交以下资料:

- a) 技术设计书(附GNSS点位设计图);
- b) 野外踏勘技术总结等。

6 选点

6.1 点位基本要求

6.1.1 北斗平面控制网点应尽量选择不易变形、地基稳定且能长期保存的地方。

6.1.2 点位应便于北斗监测设备的安装、操作及长期维护。

6.1.3 点位应与易产生多路径误差的高大建筑物、水域等的距离应大于 100 m;应远离电视台、电台、微波站等大功率无线电发射源,其距离不宜小于 200 m,避开高压线和微波无线电信号传输通道的距离不宜小于 50 m。

6.1.4 应有 10°以上地平高度角的卫星通视条件;困难环境条件下,高度角可放宽至 25°,遮挡物水平投影范围应低于 60°。

6.1.5 避开采矿区、铁路、公路等易产生振动的地带。

6.1.6 应顾及未来的规划和建设,选择周围环境变化较小的区域进行建设。

6.1.7 应进行连续 24h 以上的实地环境测试,高度角在 10° 以上时段内数据可用率宜大于 85%,多路径误差宜小于 0.5m。

6.2 选点作业

6.2.1 实施步骤

选点作业实施步骤应包括:

- a) 落实土地使用以及供电、通信、供水、站址安全保护等基础设施支撑条件，制定勘选工作计划，准备好仪器设备和资料；
- b) 勘选人员根据设计进行踏勘时应包括专业测量人员和专业地质人员；
- c) 确认基岩、土壤类型、建筑物结构及其承重能力等，在实地按要求选定点位；
- d) 实地进行观测环境测试；
- e) 实地拍摄基准站远景（东、南、西、北方向）和近景照片；
- f) 实地绘制点之记，格式见附录B；
- g) 实地绘制概略地图，供基准站设计使用；
- h) 落实建站用地方式(租用、征用)；
- i) 撰写勘选报告。

6.3 提交资料

6.3.1 选点工作完成后，提交成果应包括：

- a) 勘选报告；
- b) 站点照片；
- c) 土地使用意向书或其他用地文件；
- d) 地质勘察证明或建筑物结构证明；
- e) 选址点之记；
- f) 收集的其他资料（所属行政区划、自然地理、地震地质概况、交通、通信、物质、水电、治安等情况）。
- g) 实地测试数据和结果分析，格式参见附录B。

7 埋石土建

7.1 观测墩分类

7.1.1 北斗平面控制网点观测墩(标)分为：

- a) 基岩混凝土观测墩；
- b) 土层混凝土观测墩；
- c) 屋顶混凝土观测墩；
- d) 屋顶钢标。

7.1.2 北斗平面控制网点观测墩依据建站地理、地质环境，选择合适的类型。一等控制网点观测墩应选用基岩混凝土观测墩。

7.1.3 三角网全站仪观测墩须与北斗平面控制网点采用物理同轴结构，确保平面与高程测量基准统一。

7.2 基岩混凝土观测墩

7.2.1 基岩混凝土观测墩建设应符合以下要求：

- a) 基岩混凝土观测墩参见图 C.2 建造；
- b) 清理基岩表面的风化层并从完整的基岩面向下开凿 0.5 m，基岩混凝土观测墩底部应打入 8 根钢筋深入基岩坑底不小于 0.2 m，钢筋笼与打入的 8 根钢筋紧密的绑定，并紧密浇筑；
- c) 基岩混凝土观测墩地下墩体应整体满灌浇筑，充分捣固；
- d) 基岩混凝土观测墩地上墩体应置模板浇筑，充分捣固；
- e) 观测墩地下墩体顶面(与地面平齐)应分别于四角埋设至少两个水准测量标志，以进行水准测量；
- f) 观测墩与土层接合四周应做宽度不小于 50 mm 的隔振槽，隔振槽与基岩混凝土观测墩的土层同深，内填沙石，避免振动影响；
- g) 混凝土柱体外部进行保温和防风处理，并保护装饰，如不锈钢等，并加装气象设备安装支架；
- h) 基岩混凝土观测墩到观测室的馈线应用内径不小于 50mm 管套防护，如不锈钢等；

- i) 基岩混凝土观测墩顶部应浇筑安装强制对中标志，需利用经纬仪调整顶部的强制对中器位置，杆应垂直，垂直倾斜角应小于6°；
- j) 基岩混凝土观测墩应采用GB 50010规定的不低于C30强度的混凝土浇筑，应搅拌均匀，现场浇灌，充分捣固，保证固结质量及外部光洁，同时保证墩体垂直和避免不均匀沉降，偏差不超过5%；
- k) 现场搅拌的混凝土应有监理方出具的监理报告，商品混凝土应出具开盘鉴定报告；水泥强度等级应不低于GB 175规定的42.5等级，并出具按GB/T 17671试验合格的正式证明；钢筋应提供正式的规格证明；
- l) 观测墩土建工程完成后，至少一个月，方可进行测量；
- m) 不在恶劣条件下施工；
- n) 基岩混凝土观测墩的设计施工应考虑防冻、防风、防雨雪的要求(有盐雾的地区需考虑防盐雾)。

7.3 土层混凝土观测墩

7.3.1 土层混凝土观测墩建设应符合以下要求：

- a) 土层混凝土观测墩参见图C.3建造；
- b) 建造时应保证墩质心位于当地冻土线以下0.5 m(进入良好受力土层的深度不小于0.5 m)；
- c) 土层混凝土观测墩地下墩体顶面(与地面平齐)应分别于四角埋设至少两个水准标志，便于水准观测；
- d) 土层混凝土观测墩地下墩体应整体满灌浇筑，充分捣固；
- e) 土层混凝土观测墩地上墩体应置模板浇筑，充分捣固；
- f) 观测墩与土层接合四周应做宽度不小于50 mm 的隔振槽，隔振槽与土层混凝土观测墩的地基至地面的深度同高，内填沙石，避免振动影响；
- g) 混凝土柱体外部进行保温和防风处理，并保护装饰(如不锈钢等)，并加装气象设备安装支架；
- h) 土层混凝土观测墩到观测室的馈线应用内径不小于50 mm 管套防护，如不锈钢等；
- i) 土层混凝土观测墩顶部应浇筑安装强制对中标志，需利用经纬仪调整顶部的强制对中器位置，杆应垂直，垂直倾斜角应小于6°；
- j) 土层混凝土观测墩应采用 GB 50010 规定的不低于C30强度的混凝土浇筑，应搅拌均匀，现场浇灌，并充分捣固，保证固结质量及外部光洁，同时保证墩体垂直和避免不均匀沉降，偏差不超过5%；
- k) 现场搅拌的混凝土有监理方出具的监理报告，商用混凝土需要出具开盘鉴定报告；水泥强度等级应不低于GB/T 17671规定的42.5等级，并出具规格证明；钢筋应提供正式的规格证明；
- l) 观测墩土建工程完成后，至少一个月，方可进行测量；
- m) 土层内建设的观测墩，一般地区至少需要经过一个雨季，冻土地区至少还需经过一个冻解期，方可进行观测；
- n) 不在恶劣条件下施工；
- o) 土层混凝土观测墩的设计施工应考虑防冻、防风、防雨雪、防雷的要求(有盐雾的地区需考虑防盐雾)。

7.4 屋顶混凝土观测墩

7.4.1 屋顶混凝土观测墩建造要求如下：

- a) 屋顶混凝土观测墩参见图 C.8 和图 C.9 建造；
- b) 屋顶混凝土观测墩所在建筑应为钢筋混凝土框架结构，建筑物高度应考虑安全性和观测墩稳定性；
- c) 屋顶混凝土观测墩外观应平整、美观，有规定级别的高度截止角以上的开阔天空；
- d) 屋顶混凝土观测墩顶部应浇筑安装强制对中标志，需利用经纬仪调整顶部的强制对中器位置，杆应垂直，垂直倾斜角应小于6°；
- e) 基座内部钢筋应与房屋主承重结构钢筋焊接，结合部分应不小于0.1 m；
- f) 对屋顶混凝土观测墩基座需进行防水处理并修复原建筑物的防水层，并根据设计对基座进行外装饰；
- g) 观测墩到观测室的馈线应用内径不小于50 mm 管套防护，如不锈钢等；

- h) 不在恶劣条件下施工;
- i) 屋顶混凝土观测墩的设计施工应考虑防冻、防风、防雨雪、防雷的要求(有盐雾的地区需考虑防盐雾)。

7.5 屋顶钢标

7.5.1 屋顶钢标(观测墩)建设应符合以下要求:

- a) 屋顶钢标参见图 C.10 建造;
- b) 屋顶钢标所在建筑应为钢筋混凝土框架结构, 建筑物高度应考虑安全性和观测墩稳定性;
- c) 屋顶钢标外观应平整、美观, 有规定级别的高度截止角以上的开阔天空;
- d) 屋顶钢标安装完成后, 需利用经纬仪调整顶部的强制对中器位置, 使杆垂直, 垂直倾斜角应小于 $6'$;
- e) 基座内部钢筋应与房屋主承重结构钢筋焊接, 结合部分应不小于 0.1 m ;
- f) 对屋顶钢标基座需进行防水处理并修复原建筑物的防水层, 并根据设计对基座进行外装饰;
- g) 观测墩到观测室的馈线应用内径不小于 50 mm 管套防护, 如不锈钢等;
- h) 屋顶钢标的设计施工应考虑防风、防雨雪、防雷的要求(有盐雾的地区需考虑防盐雾)。

7.6 防雷工程

防雷工程主要包括防雷地网、防雷带的铺设以及避雷针安装, 应由具备专业资格的工程技术人员按照GB 50057和GB 50343-2012标准设计和施工。作为平面控制网基准站观测的基岩、土层、屋顶混凝土观测墩雷电防护按照GB 50057标准中第二类防雷建筑物设计。

7.7 土建工作其他要求

7.7.1 土建工程其他要求如下:

- a) 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、委托保管协议等;
- b) 土建工程应按照当地基建要求进行招标或委托具有专业资质的土建和监理单位进行施工和现场监理;
- c) 观测墩和观测室地基建设, 应选择少雨的季节完成;
- d) 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;
- e) 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 0.5 mm ;
- f) 刻石标志应在稳固的岩石或混凝土表面凿刻, 标志中心十字和点名不宜小于 5 cm 、边框不宜小于 15 cm , 凿刻深度不应小于 3 mm ;
- g) 一、二、三、四等北斗控制点应绘制点之记, 五等北斗控制点可根据需要确定是否绘制点之记, 北斗点之记格式应符合现行行业标准《水电工程测量规范》NB/T 35029 的有关规定;
- h) 全部土建工程完成后, 应进行土建质量检查;
- i) 二、三等北斗平面控制网点标石埋设后, 应至少经过1个雨季, 冻土地区至少应经过1个冻解期, 基岩或岩层标石应至少经1个月后, 方可用于观测。

7.8 提交资料

7.8.1 土建工程完成后应提交施工(土建)文件。施工(土建)文件包括以下资料:

- a) 建筑工程招投标材料和建设合同;
- b) 用地证明及相关建设许可证;
- c) 土建资质证书;
- d) 地质勘查报告;
- e) 建站材料证明(钢筋、混凝土等);
- f) 混凝土配比证明;
- g) 土建过程照片;
- h) 防雷检测报告;

- i) 变更申请与批复文件；
- j) 竣工图；
- k) 施工报告；
- l) 建站后点之记；
- m) 建站工作技术总结。

8 仪器

8.1 北斗接收设备

8.1.1 用于水电站北斗平面控制网观测的北斗接收设备应包括接收机和接收天线，可采用分体式或一体集成式接收设备。

8.1.2 用于水电站北斗平面控制网观测的北斗接收机的技术指标应符合以下规定：

- a) 仪器标称精度不应低于表 8.1.1 中的要求；

表8.1.1 接收机标称精度要求

参数类型	技术指标	
标称精度	静态相对定位	水平：(2.5+0.5×10 ⁻⁶ ×D)mm
		垂直：(5+0.5×10 ⁻⁶ ×D)mm
	动态（RTK）相对定位	水平：(8+1×10 ⁻⁶ ×D)mm
		垂直：(15+1×10 ⁻⁶ ×D)mm
注：D为基线长度，单位：mm。		

- b) 应采用专用北斗接收机，接收 B1C、B2a、B2b、B1I 和 B3I 频点信号；
- c) 采样频率不应低于 1 Hz；
- d) 接收机应具有输出原始观测数据、导航定位数据能力，具有原始观测数据的断点续传能力；
- e) 数据储存应采用 RINEX 格式，数据传输应采用 RTCM32 格式，可支持自组网前端静态后处理及解算结果数据上传；
- f) 原始观测数据存储能力不应小于 30 天（15 s 采样间隔）；
- g) 接收机应具有断电数据自动保存功能，内置电池续航时间不小于 12 h；
- h) 通讯方式应支持以太网有线通信、移动互联网通信、虚拟专用网（VPN）方式，宜支持自组网通信和卫星通信；
- i) 通讯协议应支持 Ntrip 标准协议，宜支持 MQTT 物联网协议；在公网通信环境下，宜具备数据加密传输能力；
- j) 端口应具有天线接口 1 个（分体机）、电源接口 1 个、测调试接口 1 个，通信接口宜不少于 3 个，接口类型包括（LAN，RS232，USB），宜支持 TF 卡扩展，宜具有气象设备接口 1 个；
- k) 接收机平均无故障工作时间（MTBF）不应小于 35000 h，接收机 MTBF 计算方法见附录 D.2；
- l) 工作环境适应性应满足表 8.1.2 要求，整机防护等级应符合 GB 4208《外壳防护等级（IP 代码）》规定的 IP 67 等级。

表 8.1.2 设备工作环境条件要求

项目	室外	室内
腐蚀防护	沿海、海岛地区防腐蚀应满足 GB/T 2423.17 抗盐雾腐蚀的要求	
工作温度	—40℃~+70℃	—30℃~+55℃
贮存温度	—55℃~+85℃	—40℃~+65℃

相对湿度	≤95%
------	------

8.1.3 接收天线技术指标

用于水电站北斗平面控制网观测的接收天线的技术指标应符合以下规定：

- 天线相位中心偏差应小于±1 mm；
- 工作环境应满足表 8.1.2 要求，外壳防护等级应符合 GB 4208 《外壳防护等级（IP 代码）》规定的 IP 67 等级，并应安装配套保护罩；
- 宜配置 3D 扼流圈。

8.2 接收机检验

8.2.1 新购置的接收机，或当接收机天线受到强烈撞击后，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，应按照规定进行全面检验后使用。

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

8.2.3 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，超过限差时不得使用。

8.2.4 天线或基座的圆水准器、天线量高尺在作业前应进行检校。

8.3 接收机维护

8.3.1 用于北斗平面控制网测量的仪器应定期经具有授权的检定校准机构进行鉴定或校准，建立使用、维修和保养台账。

8.3.2 北斗接收机设备的其他维护措施按照 GB/T 18314 标准执行。

9 观测

9.1 观测技术要求

9.1.1 北斗平面控制网观测基本技术要求应符合表 9.1.1 的要求。

表9.1.1 水电站北斗平面控制网测量技术要求表

项目	等级	一等	二等	三等	四等	五等
	观测方法					
观测量	静态	载波相位	载波相位	载波相位	载波相位	载波相位
卫星高度角(°)	静态	≥15	≥15	≥15	≥15	≥15
同时观测有效卫星数	静态	≥5	≥5	≥4	≥4	≥4
观测时段数	静态	≥3	≥2	≥2	≥1.6	≥1.6
时段长度	静态	≥23h	≥6h	≥4h	≥60min	≥60min
采样间隔(s)	静态	10~30	10~30	10~30	10~30	10~30
位置精度因子(PDOP)	静态	≤6	≤6	≤6	≤6	≤8
注1：有效卫星数指参与解算的卫星数						
注2：观测时段长度，应为开始记录数据到结束记录的时间段						

9.1.2 观测前和观测过程中应按要求及时在观测手簿上填写各项内容，应做好测站记录，包括控制点点名、接收机序列号、仪器高、开关机时间等相关的测站信息，书写要认真细致，字迹清晰、工整、美观。

9.1.3 观测数据文件中应包含测站名、日期、时段号等信息。

9.1.4 雷电、风暴天气时，不宜进行观测。

9.2 观测作业

9.2.1 北斗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。

9.2.2 观测组应严格按照规定进行作业，开机前要检查确认接收机的电源电缆及天线连接正确，开机后应检查接收机的指示灯显示是否正常，并按照要求对接收机进行设置。

9.2.3 每时段观测前后应各量取 1 次天线高，量取应精确到 1mm，两次量高之差要小于 3mm，取平均值作为最终天线高。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。

9.2.4 一时段观测过程中，应防止人员或其他物体碰动天线或阻拦信号，不得重新开启接收机，不得对接收机进行重新设置。

9.2.5 经检查，所有观测作业项目均已全部完成并符合要求，记录与资料完整无误，方可迁站。

9.3 外业成果记录

9.3.1 记录类型

北斗控制测量所获取的外业成果记录应包括以下3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。

9.3.2 记录内容

北斗控制测量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、标准格式数据(如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。

9.3.3 测量手簿格式应符合附录 C 的相关要求。

10 数据处理

10.1 基本要求

10.1.1 一、二等北斗平面控制网基线数据处理应采用高精度数据处理专用的软件，三、四、五等北斗平面控制网基线解算可采用随接收机配备的商用软件。数据处理软件应经有关部门的试验鉴定并经业务部门批准方能使用。

10.1.2 应以 2 个及以上的已知高等级控制点为起算数据，各种起算数据应进行数据完整性、正确性和可靠性检核。建议采用周边 CORS 站点的坐标，无 CORS 覆盖的偏远水电站，需建立高精度 GNSS 网，至少 2 个 B/C 级控制点进行同步联测。

10.2 外业数据质量检查

10.2.1 同一时段观测值的数据剔除率不宜大于 10%。

10.2.2 复测基线的长度较差 ds 应满足公式(1)的规定：

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

式中：

σ ——基线测量中误差，单位为mm。采用外业测量时使用的北斗接收机的标称精度，计算时边长按实际平均边长计算。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

- a ——固定误差 (mm)；
- b ——比例误差系数 (mm/km)；
- d ——平均边长 (km)；

10.2.3 同步环闭合差及环线全长闭合差，应符合下列公式要求：

$$\begin{aligned}
 W_X &\leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \\
 W_Y &\leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \dots\dots\dots(3) \\
 W_Z &\leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \\
 W_s &= \sqrt{W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2} \\
 W_s &\leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma
 \end{aligned}$$

式中:

n ——同步环中基线边的个数;

W_s ——同步环全长闭合差 (mm)。

10.2.4 异步环闭合差及环线全长闭合差, 应符合下列公式要求:

$$\begin{aligned}
 W_X &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\
 W_Y &\leq 2\sqrt{n}\sigma \dots\dots\dots(4) \\
 W_Z &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\
 W_s &\leq 2\sqrt{3n}\sigma \\
 W_s &= \sqrt{W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2}
 \end{aligned}$$

式中:

n ——闭合环边数;

σ ——基线测量中误差, 单位为mm;

W_s ——环闭合差。

10.3 基线向量解算

10.3.1 准备工作

基线向量解算前应进行以下准备:

- 及时导出外业观测数据, 输入测站名、天线高, 并按照点名、观测时段命名观测文件;
- 基线解算前, 应对外业全部资料和起算坐标全面检查和验收;
- 当采用不同类型接收机时, 应将观测数据转换成RINEX格式。

10.3.2 解算方案

- 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;
- 一等平面控制网可分区进行结算, 各区或子网之间宜不少于4个公共点。
- 起算点应根据测区已知点测量情况进行确定。

10.3.3 基线向量解算基本要求

基线向量解算基本要求如下:

- 一等、二等平面控制网基线向量解算应采用精密星历; 三等及以下平面控制网可采用广播星历;
- 基线解算应按照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;
- 基线长度大于15km时, 允许在双差固定解和双差浮动解中选择最优结果; 当基线长度小于15km时, 须采用双差固定解。

10.4 重测与补测

10.4.1 未按施测方案要求, 外业缺测、漏测, 或数据处理后, 观测数据不满足精度要求时应及时补测。

10.4.2 需重测或补测的边, 应安排进行同步观测。

10.5 网平差

10.5.1 应在 WGS-84 坐标系中进行三维无约束平差, 并提供各观测点在 WGS-84 坐标系中的三维坐标、各基线向量三个坐标差观测值的改正数、基线长度、基线方位及相关的精度信息等。

10.5.2 无约束平差的基线向量改正数的绝对值不应超过相应等级的基线长度中误差的 3 倍。

$$\begin{aligned} V_{\Delta X} &\leq 3\sigma \\ V_{\Delta Y} &\leq 3\sigma \dots\dots\dots(5) \\ V_{\Delta Z} &\leq 3\sigma \end{aligned}$$

式中：

σ ——基线测量中误差，单位为mm；

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

10.5.3 测量控制网约束平差

测量控制网的约束平差，应符合下列规定：

- a) 应在国家坐标系或地方坐标系中进行二维或三维约束平差；
- b) 对于已知坐标、距离或方位，可强制约束，也可加权约束。约束点间的边长相对中误差，应满足相应等级的规定；
- c) 平差结果，应输出观测点在相应坐标系中的二维或三维坐标、基线向量的改正数、基线长度、基线方位角等，以及相关的精度信息。需要时，还应输出坐标转换参数及其精度信息；
- d) 平面控制网约束平差的最弱边边长相对中误差应满足相应等级的规定。

10.6 数据处理软件要求

用于数据处理的软件宜具备以下要求：

- a) 应有基线处理与平面控制网平差功能；
- b) 各等级北斗平面控制网观测值可加入大气延迟改正，基线向量解算宜具备大气延迟修正能力，电离层计算模型和对流层计算模型设置应不少3种类型选择；
- c) 允许频率选择，宜具备多路径误差提取与抑制功能；
- d) 宜具备同步环、异步环、重复基线检测功能；
- e) 宜具备合适的内置检验方式确定闭合差是否超限；
- f) 宜具备合适的内置检验方法对平面控制网平差点位精度、基线残差及基线相对误差进行评定；
- g) 宜具备北斗观测值与地面观测值混合平差等。

11 成果验收与上交资料

11.1 质量检查

11.1.1 质量检查内容

北斗平面控制网测量成果质量检查内容如下：

- a) 使用仪器的精度等级、检定状况和检定记录；
- b) 控制点布设情况，选埋资料的完整性；
- c) 外业观测资料中多余观测、各项限差、技术指标情况；
- d) 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；
- e) 记录完整性、准确性、记录项目齐全性；
- f) 观测数据的各项改正是否齐全；
- g) 计算过程正确性、资料整理的完整性、精度统计和质量评定的合理性；
- h) 提交成果的正确性和完整性；
- i) 技术报告内容的完整性、统计数据的准确性、结论的可靠性。

11.2 技术总结

11.2.1 各项工作完成后应编写技术总结，技术总结应重点突出、文理通顺、表达清楚、结论明确。

11.2.2 技术总结内容

技术总结的内容应该包括：

- a) 测区概况，自然地理条件等；

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

11.3 上交资料

11.3.1 上交资料内容

水电站北斗平面控制网测量工作完成后，提交的成果资料应包括下列内容：

- a) 任务或合同书、技术设计书；
- b) 利用的已有成果资料情况；
- c) 仪器检校资料和自检原始记录；
- d) 点之记、外业原始观测记录、平差计算手簿（含电子文档）；
- e) 质量检查资料；
- f) 技术总结；
- g) 设计网图、观测网图、数据处理用图、成果图；
- h) 坐标、高程成果及注释资料。

12 连续运行跟踪站式北斗平面控制网

12.1 平面控制网组成

12.1.1 跟踪站式北斗控制网

水电站连续运行跟踪站式北斗平面控制网是由若干连续运行的控制网站点、数据中心及数据通信网络组成的，进行控制网连续观测和解算的系统。

12.1.2 连续运行控制网站点

由北斗接收设备、气象设备、电源设备、通信设备等设备以及观测墩、观测室等基础设施构成，具备长期连续跟踪观测和记录卫星信号的能力，并通过数据通信网络定时或实时将观测数据传输到数据中心。

12.1.3 数据中心

由计算机、网络设备、专业软件系统以及机房设备等构成，具备北斗控制网数据管理、数据处理分析等功能，用于汇集、存储、处理、分析水电站控制网数据。

12.1.4 数据通信网络

由公用或专用的通信网络构成，用于实现控制网站点与数据中心数据传输。

12.2 功能要求

12.2.1 数据采集

数据采集应满足以下要求：

- a) 应能采集卫星的载波相位、载噪比、多普勒频移、伪距等原始观测数据和广播星历数据；
- b) 应实时跟踪接收机的卫星信号状况，并通过图、表等可视化形式展示包括星空图、信噪比等；可对整体数据质量进行评价，包括观测数据完整率、多路径误差、周跳比等；
- c) 应能及时获取接收机、供电和通信设备的工作状态及报警信息；
- d) 应具备接收机故障自诊断功能；

e) 应具备对接收机进行远程管理的功能。

12.2.2 数据传输

数据传输应满足下列要求:

- a) 应能对原始观测数据、解算成果数据、运行状态数据、告警及故障信息等按标准传输协议与数据格式传输;
- b) 应能对原始观测数据、解算成果数据、告警及故障信息按自定义的频度或触发指令实时传输。

12.2.3 数据存储

数据存储应满足下列要求:

- a) 应具备原始观测数据、解算成果数据的自动保存功能;
- b) 可实现原始观测数据文件按天、小时或自定义时间间隔存储。

12.2.4 数据解算

数据解算应满足下列要求:

- a) 应支持北斗独立解算, 具备多卫星系统联合解算能力;
- b) 应支持动态GNSS实时解算及静态数据后处理解算, 并应支持静态解算时长和高度截止角自定义;
- c) 应支持单基线、多基线或组网平差解算; 采用组网平差解算时, 可识别、剔除故障网点并重新组网解算;
- d) 应支持解算成果数据图表展示, 可输出包括监测点编号、解算时间、解算状态、解算时长、历元数量、三维坐标等信息。

12.2.5 解算成果分析

解算成果分析应符合下列要求:

- a) 应具备坐标系间的转换功能;
- b) 应具备数据检索查询功能, 可生成数据统计报表以及过程线图、分布图和相关图;
- c) 当GNSS变形监测系统独立运行时, 应具有成果分级报警的功能。

12.2.6 形变实时监测与预警

形变实时监测与预警应具备下列要求:

- a) 具备在线24h实时监测功能;
- b) 支持数据实时传输与解算, 支持监测数据实时分析与统计功能;
- c) 支持内置形变检测与预警算法模型, 支持形变检测与预警发布功能;
- d) 重点区域形变监测应与其他观测资料综合分析。

12.2.7 系统运行可靠性

系统运行可靠性要求应符合下列规定:

- a) 系统运行方式应能支持24h不间断运行, 系统平均无故障工作时间(MTBF)应大于6300h;
- b) 解算成果数据缺失率(FR)不应大于3%。

附录 A (规范性附录)

2000 国家大地坐标系的定义和地球椭球参数

A.1 2000 国家大地坐标系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： $f = 1/298.257\,222\,101$ ；
- 地心引力常数： $GM = 3.986\,004\,418 \times 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ ； —自转角速度： $\omega = 7.292\,115 \times 10^{-5} \text{ rads}^{-1}$ 。

A.2 WGS-84大地坐标系的地球椭球基本参数及主要几何和物理常数

地球椭球基本参数

- 长半径 $a = 6\,378\,137\text{ m}$
- 地球引力常数(含大气层) $GM = 3\,986\,005 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
- 正常化二阶带谐系数 $C_{2,0} = -484.166\,85 \times 10^{-6}$
- 地球自转角速度 $\omega = 7\,292\,115 \times 10^{-11} \text{ rads}^{-1}$

主要几何和物理常数

- 短半径 $b = 6\,356\,752.314\,2\text{ m}$ 扁率 $\alpha = 1/298.257\,223\,563$
- 第一偏心率平方 $e^2 = 0.006\,694\,379\,990\,13$
- 第二偏心率平方 $e'^2 = 0.006\,739\,496\,742\,227$
- 椭球正常重力位 $U_0 = 62\,636\,860.849\,7 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$
- 赤道正常重力 $\gamma_0 = 9.970\,326\,771\,4 \text{ ms}^{-2}$

A.3 1980西安坐标系的参考椭球基本参数及主要几何和物理常数

参考椭球基本参数

- 长半径 $a = 6\,378\,140\text{ m}$
- 地球引力常数(含大气层) $GM = 3\,986\,005 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
- 二阶带谐系数 $J_2 = 1\,082.63 \times 10^{-6}$
- 地球自转角速度 $\omega = 7\,292\,115 \times 10^{-11} \text{ rads}^{-1}$

主要几何和物理常数

- 短半径 $b = 6\,356\,755.288\,2\text{ m}$ 扁率 $\alpha = 1/298.257$
- 第一偏心率平方 $e^2 = 0.006\,694\,384\,999\,59$
- 第二偏心率平方 $e'^2 = 0.006\,739\,501\,819\,47$
- 椭球正常重力位 $U_0 = 6\,263\,6830 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$
- 赤道正常重力 $\gamma_0 = 9.780\,318 \text{ ms}^{-2}$

附 录 B
(资料性附录)
点之记填写格式表

B.1 点之记填写格式表参见表 B.1。

表B1 点之记表

点名		点号		类别		等级	
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							
地址概要、构造背景				地形地质构造图			

表 B.1 点之记表(续)

点位环视图		观测墩类型			
		观测墩剖面图			
点位环视图说明		原有高等级大地、形变、重力点位利用情况			
便于连测的水准点点名、点号、等级及联测里程		便于联测在重力点点名、点号、等级及联测里程			
勘选情况	选点者		建设情况	建站者	
	单 位			单 位	
	地质员			建设时间	
	单 位			保管人	
	选点时间			单 位	
对建设工作的建议			保管情况	地 址	
				邮 编	
				电 话	
备注					

B.2 点之记填写格式表按以下要求填写：

点之记填写内容字体汉字为宋体小五号字。字母与数字为“Times New Roman”小五号字，填写内容较多所留位置填写不下时可缩小字体填写，各项内容要求如下：

- a) 点之记应用计算机等工具制作，每个点之记共有两页，打印文本应双面打印；
- b) “概略经纬度”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 分，概略高程采用大地高标注至整米；
- c) “类别”填写基准站用途类别和功能类别；
- d) “等级”填写基准站环境数据质量级别，如 A 级；
- e) “点位略图”应在现场绘制，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；
- f) “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；
- g) “地类”按如下类别填写：荒地、耕地、园地、林地、草地、沙漠、戈壁等；“土质”按如下类别填写：黄土、沙土、沙砾土、盐碱土、黏土、基岩等；
- h) “最近水源”填写最近水源位置及距点位的距离；
- i) “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；
- j) “交通情况”填写自点位所在县城至本点位的汽车运行路线，交通路线图与说明文字保持一致，并注明交通工具到点位的情况；
- k) “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)；
- l) “点位环视图”中的点位四周遮挡物高度角小于规定级别的高度截止角时，在环视图中不表示；当遮挡物高度角大于规定级别的高度截止角时，需要在环视图中从 0°开始用阴影线绘制遮挡物的范围；
- m) “点位环视图说明”填写点位周围遮挡物地貌(地物)的方向、高度角及其对观测的影响，并填写点位附近有源强磁场和强振动源；
- n) “观测墩类型”填写遴选所选择的观测墩类型，如基岩混凝土观测墩；
- o) “观测墩剖面图”按埋设的实际墩体形状和尺寸填绘，填写至 0.0001 m；观测墩上下标志高差填写至 0.0001m。

B.3 站点实地测试结果填写格式参见表B.3。

表B.3 站点实地测试结果格式表

站名/代码	
测试人员	
基准站接收机	
基准站接收机天线	
观测文件名称	
起止观测日期和时间	
多路径影响 m	
周跳比	
观测数据完整率 %	

B.4 站点实地测试结果表按以下要求填写：

- a) “基准站接收机”填写基准站接收机型号和生产批号；
- b) “基准站接收机天线”填写基准站接收机天线型号和生产批号；
- c) “观测文件名称”填写站名/代码、日期和时间。

附录 C

(资料性附录)

平面控制网点观测墩资料及其说明

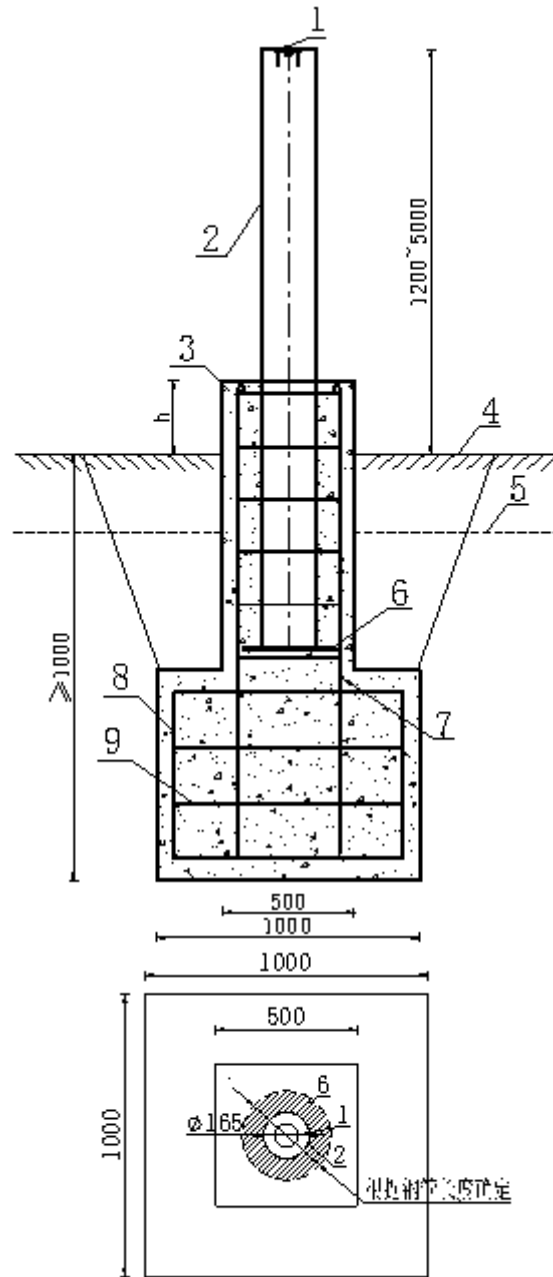
C.1 典型平面控制网点观测墩参见图C.1。



图C.1 典型平面控制网点观测墩示意图

C.3 土层钢筋混凝土观测墩参见图C.3。

单位为毫米



标引序号说明：

- 1——强制对中底盘
- 2——直径 $\geq 165\text{mm}$ ，壁厚 $\geq 3\text{mm}$ ，镀锌钢管，内灌 C20 混凝土
- 3——C25 混凝土
- 4——地面线
- 5——最低冻土线
- 6——焊接底盘，防拔结构
- 7—— $\Phi 16\text{mm}$ 锚筋
- 8—— $\Phi 16\text{mm}$ 锚筋
- 9—— $\Phi 8\text{mm}$ 锚筋

图 C.3 土层钢筋混凝土观测墩立面示意图

C.4 屋顶混凝土观测墩参见图C.4。

单位：mm

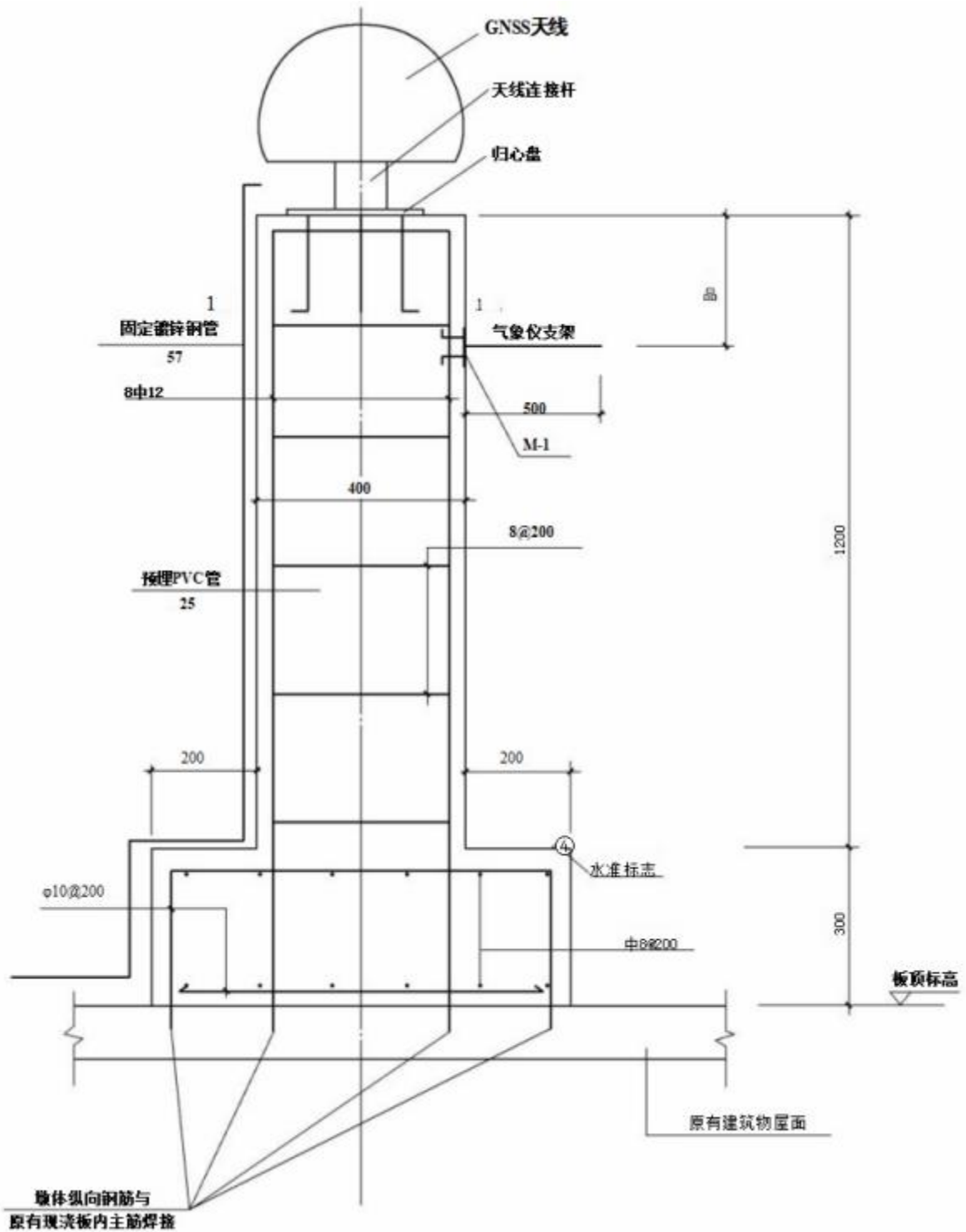


图 C.4 屋顶混凝土观测墩立面示意图

附 录 D
(规范性附录)
测量手簿记录样例

D.1 测量手簿

D.1.1 测量手簿封面见图 D.1。

北斗测量观测手簿

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

参 考 文 献

- [1] GB 50026 工程测量标准
 - [2] GB 50057 建筑物防雷设计规范
 - [3] GB/T 15314 精密工程测量规范
 - [4] GB/T 17942 国家三角测量规范
 - [5] GB/T 22385 大坝安全监测系统验收规范
 - [6] GB/T 18314 全球导航定位系统（GNSS）测量规范
 - [7] GB/T 28588 全球导航卫星系统连续运行基准站网技术规范
 - [8] GB/T 39267 北斗卫星导航术语
 - [9] GB/T 39399 北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范
 - [10] GB/T 39616 卫星导航定位基准站网络实时动态测量（RTK）规范
 - [11] GB/T 39723 北斗地基增强系统通信网络系统技术规范
 - [12] GB/T 39772 北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范
 - [13] CH/T 8016 全球定位系统(GNSS)测量型接收机检定规程
 - [14] DL/T 5178 混凝土坝安全监测技术规范
 - [15] NB/T 35029 水电工程测量规范
 - [16] NB/T 35116 水电工程全球导航卫星系统（GNSS）测量规程
-