

中国核工业勘察设计协会文件

核设协[2023]209号

关于中国核工业勘察设计协会立项的 团体标准《核电站施工控制网建造测量规范》 公开征求意见的通知

中国核工业勘察设计协会立项的团体标准《核电站施工控制网建造测量规范》已经完成草案编制工作。依照《中国核工业勘察设计协会团体标准管理办法》的相关规定，现面向会员单位和社会广泛征求意见。

烦请相关领域的专家查收《核电站施工控制网建造测量规范》团体标准编写说明（详见附件1）和《核电站施工控制网建造测量规范（征求意见稿）》（详见附件2），并于2023年11月17日前将《征求意见表》（详见附件3）发送至联系人邮箱。

联系人：吴任洪

联系电话：18910853669

邮箱：wurenhong@snpdri.com

感谢对中国核工业勘察设计协会团体标准工作的大力支持！

附件：

1. 《核电站施工控制网建造测量规范》团体标准编写说明
2. 《核电站施工控制网建造测量规范》（征求意见稿）
3. 征求意见表



抄 送：理事长、副理事长、秘书长、副秘书长

中国核工业勘察设计协会秘书处 2023年10月18日印发

附件 1

中国核工业勘察设计协会

《核电站施工控制网建造测量规范》团体标准编制说明

一、工作简况

根据核设协[2021]80号《关于征集中国核工业勘察设计协会2022年度团体标准申报立项的通知》文件，2021年9月26日，国核电力规划设计研究院有限公司向中国核工业勘察设计协会提出《核电站施工控制网建造测量规范》立项申请。核设协[2022]17号《关于转发〈中国核工业勘察设计协会2022年度第一次团体标准化管理委员会、技术委员会和专业委员会工作会议会议纪要〉的通知》同意本团体标准立项。2022年3月25日经公示后正式立项。

列入拟申请报批标准计划后，主编单位积极组织各参编单位开展准备活动，认真收集分析国内外相关标准、规范、规定、规程资料，研究国内外关于核电站施工控制网的建造和测量、等级与精度以及所应用关键技术和提供的服务内容等，起草规范编制大纲和项目实施工作计划，初步拟定了规范框架内容，并筹备成立标准编制组。

2022年5月10日第一次标准编制工作视频会议由国核电力规划设计研究院有限公司主持召开，会议成立了规范编制组，根据参编单位报送人员名单初步确定了编写组成员。会议讨论了当前核电站施工控制网建造测量技术、服务内容与形式，初步确定了本规范基本框架结构和各章节内容，明确了规范编制后续计划和单位分工。

2022年10月18日，中国核工业勘察设计协会核工程勘察团体标准专业委员会组织评委对《核电站施工控制网建造测量标准》大纲以视频会议形式进行了评审

2023年03月06日，各单位按照分工完成各自章节的编写，主编单位于9月底完成各章节的统稿和校核工作，并形成征求意见稿。

起草单位包括国核电力规划设计研究院有限公司、中核勘察设计研究院有限公司、河北中核岩土工程有限责任公司、中国能源建设集团广东电力设计院有限公司、核工业航测遥感中心、核工业湖州勘测规划设计研究院股份有限公司、上海华测导航技术股份有限公司。

编制组成员包括史仲、吴任洪、赵瑞、高春林、王以磊、李世烜、张宇、赵健、闫春茹、李行义、李卫军、杨海成、王伟、杨天森、罗文俊、王振军、吴宾，杨文浩、王方、李鹤峰、李卫。

二、 标准编制原则和主要内容

本标准编制原则如下：

1) 遵循标准化编制的“四性”要求：技术上的先进性和科学性、与国家法律法规和相关标准的协调性、标准发布实施上的可操作性。

2) 贯彻执行国家的有关法律、法规和方针、政策，研究现行相关标准，密切结合施工控制网建造及测量工作的技术要求，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量、保护环境、提高投资效益，保证核电项目安全和正常运行。

3) 充分考虑编制本规范的目的和必要性，总结近年来国内各核电站施工控制网工作的实践经验和研究成果，加强调研，深入

分析目前施工控制网各阶段的工作要求和技术难点，借鉴国内外成熟、先进的技术和方法，充分继承，合理改进，保持本规范的先进性，具有较强的可操作性和实用性。

4) 贯彻执行《中华人民共和国标准化法》、《中华人民共和国标准化法实施条例》、《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》GB/T 1.1-2020、《团体标准管理规定》（国标委联（2019）1号）和《团体标准化 第1部分：良好行为指南》（GB/T20004.1-2016）、《中国核工业勘察设计协会团体标准管理办法》等法律、规定，做到格式规范，逻辑严谨，结构清晰。

5) 充分发扬民主，与有关方面协商一致，共同确认；做好与现行相关标准之间的协调，避免重复或矛盾。

6) 标准的编写符合统一的规定，内容编排上符合先共性、后个性的原则，做到内容完整、具体，用词简明，规定明确，不模棱两可。

7) 工作分工协作、落实责任，既严格控制进度计划、又确保质量。

本标准按照施工控制网的不同等级对观测方法和观测精度做出来了相应的说明，详细规定施工阶段初级网、次级网、微网的点位布设、埋设、测设、复测和维护的要求，进一步规范和明确施工控制网的建立和测量技术流程，有助于建立施工控制网建造及维护的标准体系。

三、 主要试验（或验证）情况

本标准主要通过以往数据进行分析和验证。

四、 标准中涉及专利的情况

无

五、 预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

通过制定该规范，通过标准化技术推广应用，规范作业标准和技术指标、提高工作效率，降低作业成本，为核电工程建设和运营提供强有力的技术支撑。

六、 与国际、国外标准对比情况

目前国外尚未有专门的针对施工控制网建造、观测、复测的技术标准。

七、 与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本规范的编制，以《中华人民共和国测绘法》、《中华人民共和国核安全法》等法律法规为依据，充分参考了国家强制性标准 GB55018-2021《工程测量通用规范》、GB 50026-2020《工程测量标准》和 GB 50633-2010《核电厂工程测量技术规范》等技术标准，在此基础上进行了扩展，并与以上标准内容不冲突。

八、 重大分歧意见的处理经过和依据

无

九、 标准性质的建议说明

团体标准为自愿性标准。

十、 贯彻标准的要求和措施建议

无

十一、 废止现行相关标准的建议

无

十二、 必要专利信息披露情况说明

无

十三、 其他应予说明的事项

本标准编制阶段与原计划无差异。

《核电站施工控制网建造测量规范》编

写组

2023年09月28日

附件 2
ICS 27.70.20
F 65

团 体 标 准

T/CNIDA XXX-202X

核电站施工控制网建造测量规范

Technical standard for construction and survey of nuclear
power plant construction control network

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国核工业勘察设计协会发布

目 录

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、符号和缩略语	1
3.1 术语	1
3.2 符号	2
3.3 缩略语	4
4 总体原则和基本要求	4
4.1 总体原则	4
4.2 基本要求	5
5 初级网测量	6
5.1 一般规定	6
5.2 初级网设计、建造及保护	6
5.3 平面控制测量	8
5.4 高程控制测量	14
5.5 初级网复测维护	17
6 次级网测量	17
6.1 一般规定	17
6.2 次级网设计、建造及保护	18
6.3 平面控制测量	19
6.4 高程控制测量	23
6.5 次级网复测维护	24
7 微网测量	25
7.1 一般规定	25

7.2 微网的设计、埋设	25
7.3 平面控制测量	26
7.4 高程控制测量	29
7.5 传递测量	29
7.6 微网复测	30
8 数据处理及成果提交	31
附录 A 初级网控制点埋石基础标志及埋设规格	33
附录 B 次级网控制点埋石标志及埋设规格	35
附录 C 厂房内部微网控制点构造示意图	37
附录 D 微网点测量通视孔构造示意图	39

前 言

本规范按照 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。

本规范由中国核工业勘察设计协会提出。

本规范由××归口。

本规范主要编制单位：国核电力规划设计研究院有限公司

本规范参加编制单位：

本规范主要起草人：

本规范为首次发布。

1 范围

为统一核电站施工控制网设计、建造及测量、质量控制工作程序，在工程施工期间和使用期间，明确各等级施工控制网测量的工作内容、工作深度、工作方法、技术要求，特制订本标准。

本规范规定了核电站在施工测量阶段初级网、次级网、微网等施工控制网测量所采用建造要求、测量技术要求、资料整理及成果报告的编制要求。

本规范适用于核电站、核供热厂、实验堆、研究堆、乏燃料后处理厂等涉核工程的施工控制网测量工作。

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 50633 核电厂工程测量技术规范
- GB 50026 工程测量标准
- GB 55018 工程测量通用规范
- GB/T 18314 全球定位系统（GPS）测量规范
- GB 50267 核电厂抗震设计标准
- GB/T 51390 核电厂混凝土结构技术标准
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 6722 爆破安全规程

3 术语、符号和缩略语

下列术语和定义适用于本规程。

3.1 术语

3.1.1 核电站厂区 restricted area

具有确定的边界，在核电厂管理人员有效控制下的核电厂所在领域。

3.1.2 测区起算点 original point of surveying area

指将国家或地方平面、高程控制引测至测区，作为整个核电厂区内的控制起算数据。在国家或地方等级控制点距离测区较远或使用不便时建立。

3.1.3 初级网 primary control network

为满足核电站前期土建施工、附属工程的定位和放线、次级网的建立等，在整个核电厂区域内所布设的一组有特定精度要求的控制网，包括平面控制网和高程控制网。

3.1.4 次级网 secondary control network

在初级网基础上布设的，为满足平整后厂区内主要建（构）筑物的施工定位和放线、微网测设、变形监测及局部控制加密等，由覆盖于核岛、常规岛等主要厂房周围的、若干个观测墩组成的平面和高程控制网。

3.1.5 微网 micro-grid control network

由定位在核岛、常规岛等厂房内混凝土基础底板或平台上的多个测量标志组成，同时，为通视在板、墙上预留孔洞，满足各厂房内部的土建和安装的定位、检查、变形监测及局部控制加密等，由次级网发展的微型精密工程测量控制网。

3.2 符号

A ——GNSS 接收机标称的固定误差；

a ——电磁波测距仪器标称的固定误差；

B ——GNSS 接收机标称的比例误差系数；

b ——电磁波测距仪器标称的比例误差系数；

C ——照准差；

D ——电磁波测距边长度；

D_g ——测距边在高斯投影面上的长度（m）；

D_h ——归算到测区平均高程面上的测距边长度（m）；

D_p ——测线的水平距离；

D_0 ——归算到参考椭球面上的测距边长度（m）；

d ——GNSS 网相邻点间的距离、控制网平均边长、对向观测高差较差；

H_m ——测距边两端点平均高程；

H_p ——测区平均高程；

h ——高差；

h_m ——测区大地水准面高出参考椭球面的高差；

i ——水准仪视准轴与水准管轴的夹角、指标差、三角形编号、度盘最小间隔
分化值、主体倾斜率；

K ——大气折光系数、像片放大成图倍数、坐标系统长度比；

L ——路线长度、测段长度、垂直角盘左读数、视准线长度；

M_w ——高差全中误差；

M_{Δ} ——高差偶然中误差；

m ——测量中误差；

m_b ——测距中误差；

m_g ——固定角的角度中误差；

m_{a_1} 、 m_{a_2} ——起始方位角中误差；

m_{β} ——测角中误差；

$\frac{m_{S_1}}{S_1}$ 、 $\frac{m_{S_2}}{S_2}$ ——起始边边长相对中误差；

$\frac{m_D}{D}$ ——各边平均测距相对中误差；

N ——异步环、附和线路、导线或闭合环的个数；

n ——测站数、测段数、边数、点数、三角形个数、像片基线数；

P ——测量的权；

R ——地球平均曲率半径，盘右读数；

R_A ——参考椭球体在测距边方向法截弧的曲率半径；

R_m ——测距边中点处在参考椭球面上的平均曲率半径；

r ——地球曲率及折光差的改正数；

S ——边长、斜距；

W ——闭（符）合差；

W_j 、 W_b 、 W_L 、 W_g 、 W_z ——分别为角—极条件、边（基线）条件、方位角条件、固定角
条件、边—极条件自由项的限值；

W_f ——观测角与计算角的角值限差；

W_x 、 W_y 、 W_z ——同步环或异步环坐标分量闭合差；

- y_m ——测距边两端点横坐标的平均值；
- α ——垂直角、地面倾角、长度比例系数；
- β ——求距角；
- α_w ——与极点相对的外围边两端的两底的余切函数之和；
- α_f ——中点多边形中与极点相连的辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和；四边形中内辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和以及外侧的两辐射边的相邻底角的余切函数之差；
- $\delta_{1,2}$ ——测站点 1 向照准点 2 观测方向的方向变化值；
- $\delta_{2,1}$ ——测站点 2 向照准点 1 观测方向的方向变化值；
- Δ ——较差、不符值；
- $\Delta \alpha$ ——补偿式自动安平水准仪的补偿误差；
- μ ——单位权中误差；
- σ ——基线长度中误差。

3.3 缩略语

- DJ—全站仪系列（测角）分级代码；
- DS—水准仪系列分级代码；
- GNSS—Global Navigation Satellite System 全球导航卫星系统的英文缩写；
- PDOP—Position Dilution of Precision 空间位置精度因子的英文缩写。

4 总体原则和基本要求

4.1 总体原则

- 4.1.1 为了统一核电站测量控制网建造及测量的技术要求，做到技术先进、经济合理，使测量成果满足质量可靠、安全适用的原则，制定本标准。
- 4.1.2 核电站控制测量应以中误差作为衡量测绘精度的标准，以 2 倍中误差作为极限误差。
- 4.1.3 核电站控制网测量除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。
- 4.1.4 测量所使用的仪器和相关设备，使用前应进行检查、验证及校准。对

于计量器具，应经过计量检定，并应在有效期内使用。对所使用的软件，应进行测试或验证。

4.2 基本要求

4.2.1 核电厂施工控制网的等级划分，可依次为初级网、次级网、微网。

4.2.2 施工控制网的平面坐标应采用独立的施工坐标系，并应与选址、设计阶段采用的坐标系统有确定的换算关系。施工高程系统宜与选址、设计阶段的高程系统一致。

4.2.3 作业前，应搜集有关的测量资料，熟悉施工设计图纸，明确施工要求，制定施工测量方案，并应对工程设计文件提供的测量资料进行复核。

4.2.4 使用的测量仪器设备应定期检校，作业前应进行检测合格，确保作业时处于正常工作状态；使用的专业应用软件应经过鉴定或验证合格；检校和验证记录应归档。

4.2.5 测量原始记录应真实可靠，字迹应清晰、整齐，不得修改原始数据文件，成果和原始数据宜采用不同存储介质进行双备份。

4.2.6 各级施工控制网测设应根据网点的目标精度要求，并结合所采用的测量仪器设备，合理选取各观测项中误差先验值，应按最小二乘法进行精度估算，并应优化观测方案。

4.2.7 次级网、微网的观测数据不应进行高斯投影改化，宜将观测边长归算到核岛、常规岛等主厂房区域的场平标高面上。

4.2.8 厂房内部的微网观测、安装的定位和检查、局部控制网加密等项精密测量工作，宜在同等气象条件下进行。当环境因素变化显著时，应对温度、气压的影响进行改正。

4.2.9 各级施工控制网均可同级加密、扩展。其主要技术要求、施测方法应与同级控制网相同，观测数据宜与同级网点统一平差。

4.2.10 本规范适用于核岛、常规岛的施工测量。水工构筑物、BOP 建筑及其它建（构）筑物的施工测量可按现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的有关规定执行。

5 初级网测量

5.1 一般规定

5.1.1 初级平面控制网应根据所收集的测区平面起算点和地形图等资料，并结合现场踏勘情况进行综合分析，宜布设成 GNSS 网或三角形网等形式。

5.1.2 初级平面控制网最弱点的平面坐标中误差不应大于 2cm。

5.1.3 初级网点位应选在通视良好、土质坚实、便于施测、利于长期保存的地点。初级网点的埋石应符合本标准附录 A 的规定。

5.2 初级网设计、建造及保护

5.2.1 初级网设计

1 应根据任务需求全面规划、因地制宜、经济合理且兼顾网的拓展。

2 初级平面控制网精度要求为最弱点坐标中误差不大于 2cm。初级高程控制网精度要求为最弱点高程中误差不超过 1cm。

3 初级平面控制网应根据所收集的测区平面起算点和总平面资料，并结合现场踏勘情况综合分析，进行优化设计并均匀布设控制网点，宜布设成卫星定位测量控制网或三角形网等形式。

4 初级卫星定位测量平面控制网的布设应符合下列规定：

1) 宜联测 2 个以上国家高等级控制点、国家连续运行基准站点或地方坐标系的高等级控制点。

2) 对控制网内的长边，宜构成大地四边形或中点多边形。

3) 控制网应由独立观测边构成 1 个或若干个闭合环或附和路线，构成闭合环或附和路线的边数不宜多于 6 条。

4) 控制网中独立基线的观测总数，不宜少于必要观测基线数的 1.5 倍。

5 初级三角形网布设应符合下列规定

1) 控制网中的三角形，宜布设为近似等边三角形，其三角形的内角不应小于 30° 。受地形条件限制时，个别角可放宽，但不应小于 25° ；

2) 加密的控制网可采用插网或插点等形式；

3 三角点点位的选定，应符合下列的规定。

(1) 点位应选在质地坚硬、稳固可靠、便于保存的地方，视野应相对开阔，便于加密、扩展和寻找；

(2) 相邻点之间应通视良好，视线距障碍物的距离不宜小于 2m，以不受旁折

光的影响为原则；

(3) 当采用电磁波测距时，相邻点之间视线应避开烟囱、散热塔、散热池等发热体及强电磁场；

(4) 相邻两点之间的视线倾角不宜太大；

(5) 充分利用符合要求的旧有控制点。

6 初级高程控制网布设应符合下列规定：

1) 初级网高程控制点一般设置在平面控制点标石上。当由于其他原因水准路线难以到达时，在厂区相对稳定的区域可以单独布置初级网水准点。

2) 初级高程控制网应布设成闭合环线、附和路线或结点网形式。

3) 水准点间距宜小于 1km 且不少于 3 个水准点。

5.2.2 初级网选点及建造

1 平面控制网点点位的选定和埋设

1) 点位应选在土质坚实、稳固可靠、利于长期保存的地点，同时应便于观测、加密和扩展，点位应便于寻找。对于初级卫星定位测量控制网每个控制点宜至少有 1 个通视方向；对于三角形控制网，相邻点之间应通视。

2) 初级卫星定位测量控制网点位应对空开阔，高度角在 15° 以上的范围内，应无障碍物；点位周围不应有强烈干扰接收卫星信号的干扰源或强烈反射卫星信号的物体，距大功率无线电发射源宜大于 200m，距高压输电线路或微波信号传输通道宜大于 50m。

3) 三角形网点视线距障碍物的距离不宜小于 2m，应以不受旁折光的影响为原则；当采用电磁波测距时，相邻点之间视线应避开烟囱、散热塔、散热池等发热体及强电磁场；相邻两点之间的视线倾角不宜过大。

4) 点位宜布设为埋石基础。埋石基础规格见附录 A。如有特殊要求可埋设为测量墩。测量墩采用永久性强制对中观测墩，其规格及埋设方式参照次级网控制点，基础平台视实际情况确定大小。

5) 点位埋设前应收集厂区所在区域基岩埋深及沉降资料。当厂区所在地域为基岩埋深较深且沉降量较小时点位应埋设在冻土层以下。当厂区所在地域为基岩埋深较深且沉降量较大时点位基础应采取适当措施使桩基入岩不少于 0.5m。当厂区所在地域为基岩埋深较浅或地表为基岩时，点位应埋设在基岩上。埋设完成后，应绘制点之记，并设置指示桩。

6) 宜利用符合要求的原有控制点。

7) 初级网点埋石规格应符合本规范附录 A 的规定。

2 初级高程控制网点点位的选定和埋设

1) 初级高程控制点一般与初级平面控制点为同一点。

2) 单独设置的水准点其埋设方式同初级网平面控制点，应将点位选在稳固可靠的地点，便于寻找、保存和引测。距离建（构）筑物不宜小于 25m，距离回填土边缘不宜小于 15m。埋设完成后，应绘制点之记，并设置指示桩。

3) 水准点标志、埋石应符合本规范附录 A 的规定。

5.2.3 初级网保护

1) 初级网控制点标志由业主单位测量归口部门负责统一进行维护管理。

2) 测量墩或测量基础埋设完成后，点位坐落在厂区用地范围内时应在控制点四角埋设围栏，同时在围栏上悬挂该控制点号标志牌及注意保护警示标志。

3) 水准点基础埋设完成后，点位坐落在厂区用地范围内时应在水准点四角埋设围栏。同时在围栏上悬挂该水准点号标志牌及注意保护警示标志。

4) 初级网点标石建好之后应进行维护，防止混凝土出现裂缝或损坏，待控制点稳定之后再行观测。

5) 当初级网点标石遭遇碰撞或出现其他外表损坏，应检测其稳定性并进行复测。损坏严重确需重建的应立即组织重建。

5.3 平面控制测量

I 卫星定位测量

5.3.1 当采用 GNSS 网时，其主要技术要求应符合表 5.3.1 的规定；

表 5.3.1 初级 GNSS 网的主要技术要求

名称	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
初级网	1.0	≤ 5	≤ 2	$\leq 1/70000$

5.3.2 控制网的基线精度按公式 (5.3.2) 计算：

$$\sigma = \sqrt{A^2 + (B \cdot d)^2} \quad (5.3.2)$$

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 ——平均边长 (km)。

5.3.3 卫星定位测量控制网观测精度的评定，应满足下列规定：

1 GNSS 控制网的测量中误差，按 (5.3.3-1)、(5.3.3-2) 式计算；

$$m = \sqrt{\frac{1}{3N} \left[\frac{WW}{n} \right]} \quad (5.3.3-1)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (5.3.3-2)$$

式中： m ——GNSS网测量中误差（mm）；

N ——GNSS网中异步环的个数；

n ——异步环的边数；

W ——异步环的环闭合差（mm）；

W_x 、 W_y 、 W_z ——异步环的各坐标分量闭合差（mm）。

2 GNSS网的测量中误差应满足相应等级控制网的基线精度要求,并应符合下式的规定:

$$m \leq \sigma \quad (5.3.3-3)$$

5.3.4 初级GNSS控制网测量宜采用静态作业模式并按照表5.3.4中四等的规定。

表 5.3.4 GNSS 控制测量作业的基本技术要求

等 级		初 级
接收机类型		双频或多频
仪器标称精度		5mm+2ppm
观 测 量		载 波 相 位
卫星高度角（°）	静 态	≥15
有效观测卫星数		≥4
观测时段长度（min）		≥45
数据采样间隔（s）		10~30
点位几何图形强度因子（PDOP）		≤6

5.3.5 GNSS控制测量测站作业应符合以下规定：

1 观测前，应对接收机进行预热和静置，同时应检查电池的容量、接收机的内存和可储存空间是否充足。

2 天线安置的对中误差不应大于2mm，天线高量取应精确至1mm。

3 作业过程中应避免在接收机近旁使用无线电通讯工具。

4 遇雷雨等恶劣天气时，应停止作业。

5 作业过程中不得改变接收机相关参数等操作。

6 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。

5.3.6 GNSS 测量数据处理应满足下列规定：

- 1 不同设备联合作业时的观测数据，应转换为统一的标准格式；
- 2 剔除原始数据中的无效数据；
- 3 基线解算可选择单基线、多基线或整体解算模式；
- 4 基线解算应采用双差固定解。

5.3.7 GNSS 控制测量外业观测的全部数据应经同步环、异步环和重复基线检核，并应满足下列规定：

- 1 同步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差，应满足下列各式的要求：

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (5.3.7-1)$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (5.3.7-2)$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (5.3.7-3)$$

$$W \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma \quad (5.3.7-4)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (5.3.7-5)$$

- 2 异步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差，应满足下列各式的要求：

$$W_x \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (5.3.7-6)$$

$$W_y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (5.3.7-7)$$

$$W_z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (5.3.7-8)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (5.3.7-9)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (5.3.7-10)$$

- 3 重复基线的长度较差，应满足下式的要求：

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (5.3.7-11)$$

公式 (5.3.7-1) ~ (5.3.7-11) 中

σ —— 相应等级基线长度中误差 (mm);

n —— 异步环或同步环中基线边的个数;

W —— 异步环或同步环环线全长闭合差 (mm);

W_x 、 W_y 、 W_z —— 异步环或同步环的各坐标分量闭合差 (mm)。

5.3.8 当 GNSS 观测数据不能满足检核要求时, 应对成果进行全面分析, 并舍弃不合格基线, 但应保证舍弃基线后, 所构成异步环的边数不应超过 5.2.1 条第 4 条第 3 款的规定。否则, 应重测不合格基线或有关的同步图形。

5.3.9 GNSS 外业观测数据检验合格后, 应按 5.3.3 条对 GNSS 网的观测精度进行评定。

5.3.10 GNSS 测量控制网的无约束平差, 应符合下列规定:

1 应选用与导航定位卫星系统一致的坐标系进行三维无约束平差。并提供各观测点在该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;

2 无约束平差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。

5.3.11 GNSS 测量控制网的约束平差, 应符合下列规定:

1 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;

2 对于已知坐标、距离或方位, 可以强制约束、加约束。约束点间的边长相对中误差, 应满足表 5.3.1 的规定。当起算点精度不能满足要求时, 应选择一个点的坐标和一个方位作为起算数据;

3 约束平差的基线向量改正数与剔除粗差后无约束平差结果的统一基线相应改正数较差的绝对值, 不应超过相应等级基线中误差的 2 倍;

4 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;

5 控制网约束平差的最弱边边长相对中误差, 应满足表 5.3.1 的规定。

II 三角形网测量

5.3.12 当采用三角形网时, 其主要技术要求应符合表 5.3.12 的规定;

表 5.3.12 初级三角形网测量的主要技术要求

等级	平均边长(km)	测角中误差(″)	测边相对中误差	最弱边边长相对中误差	水平角观测测回数		三角形最大角度闭合差(″)
					DJ1	DJ2	
初级网	1.0	2.5	≤1/100000	≤1/40000	4	6	9

5.3.13 三角形网中的角度宜全部观测，边长可根据需要选择观测或全部观测；观测的角度和边长均应作为三角形网中的观测量参与平差计算。

5.3.14 控制网定向时，方位角传递宜联测 2 个已知方向。

5.3.15 作业前，应进行资料收集和现场踏勘，对收集到的相关控制资料和地形图进行综合分析，并在图上进行网形设计和精度估算，在满足精度要求的前提下，合理确定网的精度等级和观测方案。

5.3.16 三角形网的水平角观测，宜采用方向法观测。

5.3.17 三角形网的水平角观测，除满足 5.3.16 条外，其他要求按本规范 6.3.9~6.3.12 条执行。

5.3.18 三角形网的边长测量，除满足 5.3.16 条外，其他要求按本章 6.3.21~6.3.27 条执行。

5.3.19 三角形网的测角中误差应按 (5.3.19) 式计算：

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{(WW)}{3n}} \quad (5.3.19)$$

式中 m_{β} —— 测角中误差 (″)；

W —— 三角形闭合差 (″)；

n —— 三角形的个数。

5.3.20 三角形网的水平距离计算和测边精度评定按本章 6.3.13 条和 6.3.14 条执行。

5.3.21 当测区需要进行高斯投影时，四等及以上等级的方向观测值，应进行方向改化计算。方向改化计算公式：

$$\delta_{1,2} = \frac{\rho''}{6R_m^2} (x_1 - x_2)(2y_1 + y_2) \quad (5.3.21-1)$$

$$\delta_{2,1} = \frac{\rho''}{6R_m^2} (x_2 - x_1)(y_1 + 2y_2) \quad (5.3.21-2)$$

式中 $\delta_{1,2}$ —— 测站点 1 向照准点 2 观测方向的方向改化值 (″)；

$\delta_{2,1}$ —— 测站点 2 向照准点 1 观测方向的方向变化值 (″)；

x_1, y_1, x_2, y_2 —— 1、2 两点的坐标值；

R_m —— 测距边中点处在参考椭球面上的平均曲率半径 (m)；

y_m —— 1、2 两点的横坐标平均值 (m)。

5.3.22 三角形网测距边长度的归化投影计算，按本规范 6.3.31 条执行。

5.3.23 三角形网外业观测结束后，应计算网的各项条件闭合差。各项条件闭合差不应大于相应的限值：

1 角一极条件自由项的限值：

$$W_j = 2 \frac{m_\beta''}{\rho''} \sqrt{\sum \text{ctg}^2 \beta} \quad (5.3.23-1)$$

式中 W_j —— 角一极条件自由项的限值；

m_β'' —— 相应等级的测角中误差 (″)；

β —— 求距角。

2 边（基线）条件自由项的限值：

$$W_b = 2 \sqrt{\frac{m_\beta''^2}{\rho''^2} \sum \text{ctg}^2 \beta + \left(\frac{m_{S_1}}{S_1}\right)^2 + \left(\frac{m_{S_2}}{S_2}\right)^2} \quad (5.3.23-2)$$

式中 W_b —— 边（基线）条件自由项的限值；

$\frac{m_{S_1}}{S_1}$ 、 $\frac{m_{S_2}}{S_2}$ —— 起始边边长相对中误差。

3 方位角条件的自由项的限值：

$$W_f = 2 \sqrt{m_{\alpha_1}''^2 + m_{\alpha_2}''^2 + n m_\beta''^2} \quad (5.3.23-3)$$

式中 W_f —— 方位角条件的自由项的限值 (″)；

m_{α_1}'' 、 m_{α_2}'' —— 起始方位角中误差 (″)；

n —— 推算路线所经过的测站数。

4 固定角自由项的限值：

$$W_g = 2 \sqrt{m_g''^2 + m_\beta''^2} \quad (5.3.23-4)$$

式中 W_g —— 固定角自由项的限值 (″)；

m_g'' —— 固定角的角度中误差 (″)。

5 边一角条件的限值，三角形中观测的一个角度与由观测边长根据各边平均测距相对中误差计算所得的角度限差，应按（5.3.23-5）式进行检核：

$$W_r'' = 2\sqrt{2\left(\frac{m_D}{D}\rho''\right)^2(ctg^2\alpha + ctg^2\beta + ctg\alpha ctg\beta) + m_\beta''^2} \quad (5.3.23-5)$$

式中 W_r'' —— 观测角与计算角的角值限差（"）；

$\frac{m_D}{D}$ —— 各边平均测距相对中误差；

α 、 β —— 除观测角外的另两个角度；

m_β'' —— 相应等级的测角中误差（"）。

6 角一极条件自由项的限值：

$$W_z = 2\rho'' \frac{m_D}{D} \sqrt{\sum \alpha_w^2 + \sum \alpha_f^2} \quad (5.3.23-6)$$

$$\alpha_w = ctg\alpha_i + ctg\beta_i \quad (5.3.23-7)$$

$$\alpha_f = ctg\alpha_i \pm ctg\beta_{i-1} \quad (5.3.23-8)$$

式中 W_z —— 角一极条件自由项的限值（"）；

α_w —— 与极点相对的外围边两端的两底的余切函数之和；

α_f —— 中点多边形中与极点相连的辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和；
四边形中内辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和以及外侧的两辐射边的相邻底角的余切函数之差；

i —— 三角形编号。

5.3.24 三角形网平差时，观测边和观测角（或观测方向）均应视为观测值参与平差，其先验中误差 m_D 及 m_β ，应按本规范 6.3.30 条和 5.3.25 条中的方法计算，也可用数理统计等方法求得的经验公式估算先验中误差的值，并用以计算边长及角度（或方向）的权。平差计算按本章 6.3.34 条～6.3.36 条执行。

5.4 高程控制测量

5.4.1 初级网高程系统宜采用 1985 国家高程基准。采用地方高程系统或相对独立的高程系统时，宜与 1985 国家高程基准联测。

5.4.2 初级网高程控制测量应采用水准测量方法。高程测量的精度不应低于四等水准。

5.4.3 初级网高程控制网应布设成闭合环线、附和路线或结点网，最弱点的高程

中误差不应超过 1cm。

5.4.4 初级网高程控制测量的主要技术要求应符合表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1 初级网高程控制测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	路线长度 (km)	水准仪级别	水准尺	观测次数		往返较差、附和或环线 闭合差 (mm)	
					与已知点联测	附和或环线	平地	山地
二等	2	—	DSZ1	条码式因瓦、线条式因瓦	往返各一次	往返各一次	$\leq 4\sqrt{L}$	—
三等	6	≤ 50	DSZ1	条码式因瓦、线条式因瓦	往返各一次	往一次	$\leq 12\sqrt{L}$	$\leq 4\sqrt{n}$
			DSZ3	条码式玻璃钢、双面		往返各一次		
四等	10	≤ 20	DSZ3	条码式玻璃钢、双面	往返各一次	往一次	$\leq 20\sqrt{L}$	$\leq 6\sqrt{n}$

注：1 结点间或结点与高级点间水准路线的长度，不应大于表中规定的 0.7 倍；
 2 L 为水准点间的路线长度 (km)； n 为测站数；
 3 数字水准测量和同等级的光学水准测量精度要求相同，作业方法在没特指情况下均称水准测量；

4 DSZ1 数字水准测量仪若与条码式玻璃钢水准尺配套，精度降低为 DSZ3。

5.4.5 水准测量所使用的仪器及水准尺，应符合下列规定：

1 水准仪视准轴与水准管轴的夹角，DSZ1 型不应超过 $15''$ ，DSZ3 型不应超过 $20''$ 。

2 补偿式自动安平水准仪的补偿误差 $\Delta\alpha$ ，对于二等水准不应超过 $0.2''$ ，对于三等水准不应超过 $0.5''$ 。

3 水准尺上的米间隔平均长与名义长之差，对于线条钢瓦水准尺，不应超过 0.15mm ；对于条形码尺，不应超过 0.10mm ；对于玻璃钢双面水准尺，不应超过 0.5mm 。

5.4.6 水准观测，应在标石埋设稳定后进行。水准观测宜采用数字水准仪和条形码水准尺作业，也可采用光学水准仪和线条式因瓦尺或黑红面水准尺作业。

5.4.7 采用数字水准仪作业时，主要技术要求应符合表 5.4.2 的规定。

表 5.4.2 数字水准仪观测的主要技术要求

等级	水准仪级别	水准尺类型	视线长度 (m)	前后视的距离较差	前后视的距离较差累积 (m)	视线离地面最低高度 (m)	测站两次观测的高较差	数字水准仪重复测量次数	检测间歇点高较差

				(m)			(mm)		(mm)
二等	DSZI	条码式因瓦尺	≤50	≤1.5	≤3	≥0.55	≤0.7	2	≤1
三等	DSZI	条码式因瓦尺	≤100	≤2.0	≤5	≥0.45	≤1.5	2	≤3
四等	DSZI	条码式因瓦尺	≤100	≤3.0	≤10	≥0.35	≤3.0	2	≤3
	DSZI	条码式玻璃钢尺	≤100	≤3.0	≤10	≥0.35	≤5.0	2	≤5

注：1 二等数字水准测量观测顺序，奇数站应为后-前-前-后，偶数站应为前-后-后-前。

2 三等数字水准测量观测顺序应为后-前-前-后；四等数字水准测量观测顺序应为后-后-前-前。

5.4.8 采用光学水准仪作业时，主要技术要求应符合表 5.4.3 的规定。

表 5.4.3 光学水准仪观测的主要技术要求

等级	水准仪级别	视线长度 (m)	前后视的距离较差 (m)	前后视的距离较差累积 (m)	视线离地面最低高度 (m)	基、辅分划或黑、红面读数较差	基、辅分划或黑、红面所测高差较差	检测间歇点高差较差
二等	DSZI	≤50	≤1	≤3	≥0.5	≤0.5	≤0.7	≤1
三等	DSZI	≤100	≤3	≤6	≥0.3	≤1.0	≤1.5	≤3
	DSZ3	≤75				≤2.0	≤3.0	≤3
四等	DSZ3	≤100	≤5	≤10	≥0.2	≤3.0	≤5.0	≤5

注：1 二等光学水准测量观测顺序，往测时，奇数站应为后-前-前-后，偶数站应为前-后-后-前。返测时，奇数站应为前-后-后-前，偶数站应为后-前-前-后。

2 三等光学水准测量观测顺序应为后-前-前-后；四等光学水准测量观测顺序应为后-后-前-前。

3 二等水准视线长度小于 20m 时，视线高度不应低于 0.3m。

4 三、四等水准采用变动仪器高度观测单面水准尺时，所测两次高差较差，应与黑面、红面所测高差之差的要求相同。

5.4.9 水准测量的数据处理应符合下列规定：

1 应计算水准网中各测段往返测高差不符值，并应符合本规范表 5.4.1 的规定。

每千米水准测量偶然中误差，应按下列式计算：

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \quad (5.4.9-1)$$

式中： M_{Δ} —— 高差偶然中误差（mm）；
 Δ —— 测段往返高差不符值（mm）；
 L —— 测段长度（km）；
 n —— 测段数。

2 高差偶然中误差的绝对值不应超过表 5.2.1 规定的各等级每 km 高差全中误差的 1/2。

3 每千米水准测量高差全中误差应按下式计算，并应符合本规范表 5.4.1 的规定：

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (5.4.9-2)$$

式中： M_w —— 高差全中误差（mm）；
 W —— 附和或环线闭合差（mm）；
 L —— 计算各 W 时，相应的路线长度（km）；
 N —— 附和路线和闭合环的总个数。

- 4 各等级水准网，应按最小二乘法进行平差并计算每千米高差全中误差。
- 5 高程成果的取值，二等水准应精确至 0.1mm，三、四水准应精确至 1mm。

5.5 初级网复测维护

5.5.1 初级网建成后，需对其进行维护。通过复测，及时更新坐标成果，保证控制网和建筑物的系统性、一致性。

5.5.2 施工建设期间，初级网应定期复测和维护。建网初期宜每 3 个月复测一次，点位稳定后宜每半年复测一次。

5.5.3 当受到爆破、地震等外界影响时，应及时复测，并应对初级网点位的稳定性、可靠性进行评估。

5.5.4 初级网每期复测的结果应与当前使用的成果进行较差分析，当较差不超过较差中误差的 2 倍时，宜采用原测量成果。

6 次级网测量

6.1 一般规定

6.1.1 次级平面控制网宜布设成三角形网，网形设计应充分顾及精度、可靠性和灵敏度等指标。

6.1.2 次级网点位应根据核电厂总平面布置图和施工总布置图、结合施工场区内、外的地形条件布设，并应满足厂区内主要建筑施工测设和变形监测的需要。

6.1.3 次级网平面控制，在第一次测定时，宜合理选用初级网中通过检测的一个点的坐标及一条边的方位角作为平面起算数据。

6.1.4 次级网点宜分为基准点和工作基点，并应符合下列规定：

1 基准点作为次级网复测检查的基准，其数量不应少于 3 个，点位应选在主要厂区周边、变形影响区域之外、稳固可靠的位置。

2 工作基点数量宜为 6 个~8 个，宜选在核岛和常规岛等主要厂房周围、相对稳定且方便使用的位置。

3 基准点和工作基点的布设应整体设计，并应进行一次布网。

6.2 次级网设计、建造及保护

6.2.1 次级网设计

a) 次级网点宜按核电厂总平面布置和施工总布置图并结合施工场区内地形条件布设，满足主厂区内主要建筑物施工测设的需要。

b) 次级网应依初级网进行定位、定向。次级网点布置应充分考虑起算所利用的初级网点位置。

c) 次级网点宜布置在核岛、常规岛等主要厂房周围、相对稳定且方便使用的位置。同时在主厂区周边、变形区域之外稳固可靠的位置宜布置不少于 3 个次级网点以便作为次级网复测检查的基准。

d) 次级网点布置应基本确保在施工期间不受破坏且具有良好的通视条件。

e) 次级网平均边长宜为 200m，网型宜采用三角形网。

6.2.2 次级网选点及建造

a) 点位应布设为平截面棱锥体强制对中观测墩。次级平面控制点与高程控制点共用同一观测墩，宜在平面控制点的观测墩下部某一侧设置水准点标志。观测墩形式应符合本规范附录 B 的规定。

b) 次级网点视线距离障碍物应大于 2m。

c) 次级网点观测墩基础应建立在中等风化基岩上，观测墩基础钢筋必须锚固在基岩中。如基础不是基岩时，测量墩的基础需深挖浇筑(1 米~3 米)混凝土平台或采用灌注桩；

d) 测量墩的平面点标志由墩体、强制对中盘及护盖组成，对中盘为中心有螺孔的圆形不锈钢金属板，水平地固定在标墩上，不水平度应小于 0.01；

e) 在每个观测墩一侧通过水平托支架设一不锈钢圆球水准点组成次级网的高程网。不锈钢圆球水准点方钢露出测量墩 10cm，高出地面 20cm，墩内埋设深度大于 20cm；

f) 待测量墩埋设完成并稳定后，应在测量墩四周浇注水泥地面，并在四角埋设钢管作成围栏，围栏高度为 0.7m~1.2m 并预留 0.6m 入口，同时在钢管上粉刷红白相间的油漆。

g) 次级网点标志牌应标识点名、建设单位、建设日期等内容。

6.2.3 次级网保护

1) 强制对中观测墩埋设完成后，应在控制点四角埋设围栏。同时在围栏上悬挂该控制点号标志牌及注意保护警示标志。

2) 次级网点标石建好之后应进行维护，防止混凝土出现裂缝或损坏，待控制点稳定之后再行观测。

3) 施工期间需保证观测墩不被施工破坏。

4) 当次级网点标石遭遇碰撞或出现其他外表损坏，应检测其稳定性并立即组织复测。损坏严重确需重建的应立即组织重建。

6.3 平面控制测量

6.3.1 次级平面控制网应采用三角形网，其主要技术要求应符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 次级平面控制网的主要技术要求

等级	平面坐标中误差 (mm)	相邻点相对坐标中误差 (mm)	平均边长 (m)	测角中误差 (")	测边相对中误差	水平角观测测回数		三角形最大角度闭合差 (")
						DJ05	DJ1	
次级网	2.0	2.0	200	1.8	≤1/150000	4	6	7.0

注：1 次级网点的平面坐标中误差是相对于初级网中作为次级网平面起算的基准点；

2 实际平均边长对比表中规定数值相差较大时，宜重新进行验算。

6.3.2 三角形网作为次级网时，应符合下列规定：

1 水平角观测，宜采用全站仪全圆方向观测法。每半测回每方向宜 3 次照准读数，各方向值取多测回的平均值。其技术要求应符合表 6.3.2-1 的规定。

表 6.3.2-1 水平角方向观测法的技术要求

等级	仪器型号	两次照准目标读数差 (")	半测回归零差 (")	一测回内 2C 互差 (")	同一方向值各测回较差 (")

次级网	DJ05	1.5	4	8	4
	DJ1	4	6	9	6

注：当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时，该方向2C互差可按相邻测回同方向进行比较，其值应满足表中一测回内2C互差的限制。

2 边长观测，应采用全站仪测距时，应符合表 6.3.2-2 的规定。

表 6.3.2-2 全站仪测距的技术要求

等级	仪器精度等级	每边测回数		一测回读数较差限值 (mm)	单程测回间较差限值 (mm)	气象数据测定最小读数		往返或时段间较差限值 (mm)
		往	返			温度 ($^\circ\text{C}$)	气压 (Pa)	
次级网	I 级	3	3	1.5	2	0.2	50	$2(a+b \cdot D \cdot 10^{-6})$

注：1 测回指照准目标一次，读数 2 次~4 次的过程，时段指测边的时间段；

2 测量斜距，应经气象改正和仪器的加、乘常数改正后再进行水平距离计算；

3 计算测距往返较差的限差时， a 、 b 分别为所使用全站仪标称精度的固定误差和比例误差系数， D 为测距长度；

4 全站仪按 1km 测距中误差计分为四级，I 级为 $|m_p| \leq 1\text{mm}$ ；

II 级为 $1\text{mm} < |m_p| \leq 2\text{mm}$ ；III 级为 $3\text{mm} < |m_p| \leq 5\text{mm}$ ；IV 级（等级外） $> 5\text{mm}$ 。

3 垂直角观测宜每半测回 2 次照准读数，并取多测回的平均值。其主要技术要求，应符合表 6.3.7-3 的规定。

表 6.3.7-3 垂直角观测的技术要求

等级	仪器型号	测回数	指标差较差 (")	测回较差 (")
次级网	DJ05	2	4	4
	DJ1	4	6	6

4 电磁波测距的水平距离计算和测边精度评定按本规范 6.3.9 和 6.3.10 条执行。

6.3.8 次级网平面控制，采用三角形网的其它技术要求，可按本规范第 5.3 节的有关规定执行。

6.3.9 水平角观测的测站作业，应符合下列规定：

1 仪器或反光镜的对中误差不应大于 2mm；

2 水平角观测过程中，气泡中心位置偏离整置中心不宜超过 1 格。水平角观测，当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时，宜在测回间重新整置气泡位置。有垂直轴补偿器的仪器，可不受此款限制；

3 如受外界因素（如震动）的影响，仪器的补偿器无法正常工作或超出补偿器的补偿范围时，应停止观测；

4 当测站或照准目标偏心时，应在水平角观测前或观测后测定归心元素；测定时，投影示误三角形的最长边，对于标石、仪器中心的投影不应大于 5mm，对于照准标志中心的投影不应大于 10mm；投影完毕后，除标石中心外的其他各投影中心均应描绘 2 个观测方向。角度元素测量应精确至 15'，长度元素测量应精确至 1mm。

6.3.10 水平角观测误差超限时，应重测并应符合下列规定：

1 一测回内 2C 互差或同一方向值各测回较差超限时，应重测超限方向，并联测零方向；

2 下半测回归零差或零方向的 2C 互差超限时，应重测该测回；

3 若一测回中重测方向数超过总方向数的 1/3 时，应重测该测回。当重测的测回数超过总测回数的 1/3 时，应重测该站。

6.3.11 控制网所联测的已知方向的水平角观测，应按初级网相应等级的规定执行。

6.3.12 每日观测结束，应对外业记录进行检查。当使用电子记录时，应保存原始观测数据，根据需要打印输出相关数据和预先设置的各项限差。

6.3.13 水平距离计算，应符合下列规定：

1 测量斜距，须经气象改正和仪器的加、乘常数改正后才能进行水平距离计算；

2 两点间的高差测量，宜采用水准测量。当采用三角高程测量时，其高差应进行大气折光改正和地球曲率改正；

3 水平距离可分别按下列式计算：

当边长较短 $S < 3\text{km}$ 时，可采用近似公式计算：

$$D_p = \sqrt{S^2 - h^2} \quad (6.3.13-1)$$

当边长较长 ($3\text{km} \leq S \leq 15\text{km}$) 时，宜采用严密公式计算：

$$D_p^2 = \frac{(S+h)(S-h)}{\left(1 + \frac{h_1 - h_0}{R + h_0}\right) \left(1 + \frac{h_2 - h_0}{R + h_0}\right)} \quad (6.3.13-2)$$

式中 D_p —— 水平距离 (m)；

S —— 经气象及加、乘常数等改正后的斜距 (m)；

h —— 仪器与反光镜之间的高差 (m)；

h_0 —— 测区平均高程面的高程；

h_1 、 h_2 —— 分别为测距边两端点的高程值；

R —— 地球平均曲率半径。

6.3.14 测距边的精度评定，应按（6.3.14-1）、（6.3.14-2）式计算，当网中的边长相差不大时，可按（6.3.10-3）式计算网的平均测距中误差：

1 单位权中误差：

$$\mu = \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \quad (6.3.14-1)$$

式中 μ —— 单位权中误差；

d —— 各边往、返距离的较差（mm）；

n —— 测距边数；

p —— 各边距离的先验权，其值为 $1/\sigma_D^2$ ， σ_D 为测距的先验中误差，可按测距仪器的标称精度计算。

2 任一边的实际测距中误差：

$$m_{Di} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}} \quad (6.3.14-2)$$

式中 m_{Di} —— 第 i 边的实际测距中误差（mm）；

P_i —— 第 i 边距离测量的先验权。

3 网的平均测距中误差：

$$m_{Di} = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad (6.3.15-3)$$

式中 m_{Di} —— 平均测距中误差（mm）。

6.3.16 测距边长度的归化投影计算，应符合下列规定：

1 归算到测区平均高程面上的测距边长度，应按（6.3.16-1）式计算：

$$D = D'_0 \left(1 + \frac{H_p - H_m}{R_A} \right) \quad (6.3.16-1)$$

式中 D —— 归算到测区平均高程面上的测距边长度（m）；

D'_0 —— 测线的水平距离（m）；

H_p —— 测区的平均高程（m）；

H_m —— 测距边两端点的平均高程（m）；

R_A —— 参考椭球体在测距边方向法截弧的曲率半径（m）。

2 归算到参考椭球面上的测距边长度，应按（6.3.16-2）式计算：

$$D_1 = D'_0 \left(1 - \frac{H_m + h_m}{R_A + H_m + h_m} \right) \quad (6.3.16-2)$$

式中 D_1 —— 归算到参考椭球面上的测距边长度（m）；

h_m —— 测区大地水准面高出参考椭球面的高差（m）。

3 测距边在高斯投影面上的长度，应按（6.3.16-3）式计算：

$$D_2 = D_1 \left(1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} \right) \quad (6.3.16-3)$$

式中 D_2 ——测距边在高斯投影面上的长度 (m);
 y_m ——测距边两端点横坐标的平均值 (m);
 R_m ——测距边中点处在参考椭球面上的平均曲率半径 (m);
 Δy ——测距边两端点横坐标的增量 (m)。

6.3.17 三角网计算,应采用严密平差法。

6.3.18 三角网平差时,先验中误差 m_β 及 m_D ,应按 5.3.19 和 6.3.14 条中的方法计算,也可用数理统计等方法求得的经验公式估算先验中误差的值,并用以计算角度及边长的权。

6.3.19 平差计算时,对计算略图和计算机输入数据应进行仔细校对,对计算结果应进行检查。打印输出的平差成果应包含起算数据、观测数据以及必要的中间数据。

6.3.20 平差后的精度评定,应包含有单位权中误差、点位误差椭圆参数或相对点位误差椭圆参数、边长相对中误差或点位中误差等。采用简化平差,平差后的精度评定可简化。

6.3.21 内业计算中数字取值精度的要求,应符合表 6.3.21 的规定。

表 6.3.21 内业计算中数字取值精度的要求

等级	观测方向值及各项修正数 (")	边长观测值及各项修正数 (m)	边长与坐标 (m)	方位角 (")
次级网	0.1	0.001	0.001	0.1

6.4 高程控制测量

6.4.1 次级网高程控制测量应采用精密水准测量方法。

6.4.2 次级网高程控制网应布设成闭合环线、附和路线或结点网,最弱点的高程中误差不应超过 1mm。

6.4.3 次级网高程控制测量的主要技术要求应符合表 6.4.3 的规定。

表 6.4.3 次级网高程控制测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	水准点高程中误差 (mm)	相邻点高差中误差 (mm)	每站高差中误差 (mm)	与已知点联测、附和或环线观测次数	往返较差、附和或环线闭合差 (mm)	检测已测高差较差 (mm)
次级网	2	1.0	0.5	0.13	往返各一次	$0.30\sqrt{n}$	$0.5\sqrt{n}$

注: n 为测站数。

6.4.4 次级网水准观测的主要技术要求应符合表 6.4.4 的规定。

表 6.4.4 次级网水准观测的主要技术要求

等级	仪器精度等级	水准尺	视线长度 (m)	前后视的距离较差 (m)		前后视累积差 (m)		视线离地面最低高度 (m)		基本分划、辅助分划读数较差 (mm)	基本分划、辅助分划所测高差较差 (mm)
				光学	数字	光学	数字	光学	数字		
次级网	DSZ,05	锢瓦	25	0.5	1.0	1.5	3.0	0.5	≤ 2.80 且 ≥ 0.65	0.3	0.4

注：1 视距长度小于 5m、观测至 1m 以上高的混凝土标墩墩面等特殊情况下，视线高可适当放宽；

2 数字水准仪观测不受基、辅分划读数较差指标的限制，但测站两次观测的高差较差应符合表中相应等级基、辅分划所测高差较差的限值。

6.4.5 次级网高程基准点在检测稳定时，宜固定选用其中的一个作为施工高程起算依据，另外两个用作参考和检查。

6.4.7 次级网水准观测使用的水准仪和水准标尺应符合本规范第 5.4.5 条的规定。

6.5 次级网复测维护

6.5.1 施工建设期间，次级网应定期复测。建网初期宜每 3 个月复测一次，点位稳定后宜每半年复测一次。

6.5.2 次级网的维护应包括定期的专人巡检和日常的保养、修缮；检查的内容应包括控制点的点位标记、观测墩及附属设施的外观、周边环境的变化以及与相邻控制点的通视情况的变化。发现不利因素，要及时报告给管理单位判断、处置。

6.5.3 任何单位都应优先保护次级网控制点；次级网控制点周边开展对基础环境有扰动的施工作业前，应向控制点管理单位报告并评估稳定性的影响，以选择合适的施工方法。

6.5.4 当受到爆破、地震、可能造成基础扰动的施工作业等外界影响时，使用单位发现控制点间数据有异常时，受影响的个别点宜暂停使用；

综合评估需拆除、破坏次级网测量点标志的，可根据实际需要及时进行修复；

出现本条情况时，可根据实际情况，调整复测周期，及时复测或局部联测，提供最新成果。根据复测结果对次级网点位的稳定性、可靠性进行评估。

6.5.5 次级网每期复测的结果应与当前使用的成果进行较差分析，当较差不超过相邻点相对坐标中误差或相邻点高差中误差的 2 倍时，宜采用原测量成果。

7 微网测量

7.1 一般规定

7.1.1 微网测量应根据各厂房的施工进度，分区分层进行微网平面控制测量。对建立在核岛工程混凝土结构上的微网平面控制点，宜在混凝土结构达到养护龄期后适宜的时段内进行测量。

7.1.2 微网观测一般应在点位稳定后进行，微网点宜与次级网点(或者次级加密网点)构成完全边角网进行多余方向观测方案的优化设计和精度估算，并选择最优方案进行实施。

7.1.3 微网传递宜选择在没有施工干扰、阴天、风力较小的条件下进行。

7.2 微网的设计、埋设

7.2.1 微网设计

a) 厂房微网点的布设，应以能控制整个厂房范围且分布均匀为原则，可由设置在厂房基础底板或者楼板上 3 个~4 个高程控制点和多个平面控制点组成。

b) 对于已有设计数据的微网点，应按照设计坐标进行布设，如遇特殊情况可依据现场情况进行适宜性调整。

c) 厂房微网点应根据厂房结构、形状、各楼层设备的分布情况及施工方法宜进行分层分区布设。

d) 厂房微网点位应尽量布设在能够承重的墙、柱上或便于通视的通道、门口、洞口处，防止因荷载增加导致点位下沉或墙体浇筑后影响通视条件。

e) 厂房内微网点之间应尽量通视，确保每层楼板至少有 2 个微网点间通视。每个封闭区间有控制点(线)可用，满足后续建安工程施工以及设备运行监测等测量工作的需要。

f) 核岛厂房内对于设计上允许楼板预留孔洞的，微网点可通过预留孔洞直接进行向传递且应保证投测至厂房最高层时至少还有 3 个互相通视的平面控制点，对于设计上不准预留微网点孔洞的房，应分层逐层建立。

g) 厂房微网应布设为三角网或者导线网，通视条件受限的厂房与层位也可采

用合导线、附合导线或者交汇等测量方法建立。

h) 各模块拼装场地既可采用独立坐标系,也可与厂区次级网(或者次级加密网)联测。

7.2.2 微网的埋设要求

a) 对于有设计要求的微网点标志,可依据设计要求进行采购或制作

b) 对于无设计要求的微网点标志,可选用不锈钢材质参考附录 C 进行采购或制作。

c) 凡测量标志表面刻画的十字丝,其十字丝宽度不应大于 1mm;十字丝交点即为微网点,交点孔径不宜超过 1.5 mm。

d) 微网点位置应按照设计要求埋设,无设计要求时,可按照方案设计埋设。

e) 微网点标志埋设时宜与混凝土表面相平或者高于混凝土面 3mm~5 mm。

f) 微网点投点直径不宜大于 1mm,位置偏差应小于 0.5 mm。

g) 混凝土浇筑前,宜在微网点位置做好醒目标识,浇筑过程中宜安排专人看护。施工过程中,应对厂房内微网点加以保护。

h) 对于允许预留孔洞的厂房各楼层处,应在微网点同一铅垂线位置安装测量通视套筒及盖板,(垂直通视孔构造示意图参考附录 D)。长度随楼板厚度变化:同一楼层,至少应有两个微网可以相互通视以确保工程结构施工和设备安装平面定位测量及设备运行监测工作。

7.3 平面控制测量

7.3.1 微网平面控制测量宜联测全部边角,并应观测所有通视的边长和方向。可采用自由测站法加设临时点,宜使观测网形构成三角形、大地四边形、多边形、折线形或中点多边形等基本图形。

7.3.2 微网平面控制测量的主要技术要求应符合表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 微网平面控制测量的主要技术要求

等级	平面坐标 中误差 (mm)	相邻点相 对坐标中 误差 (mm)	仪器、棱镜 及 觇牌对 中误差 (mm)	测 角 中误差 (")	水平角观测测回数		三角形最 大 角度闭 合差 (")
					DJ05	DJ1	
微网	2.0	2.0	≤0.3	5	4	6	15

注: 1 厂房内部微网,其相邻点间距离一般在 5m~30m 之间,平均边长宜为 20m。

2 影响短边测角中误差的主要因素指仪器与觇标的对中误差，当所用仪器与觇标的实际对中误差与表列值相差较大时，应重新进行验算。

7.3.3 微网平面控制测量前应做好方案设计，宜根据目标精度要求结合测量仪器设备，合理选择各观测项中误差先验值，按照最小二乘法进行精度估算和方案优化。

7.3.4 应根据各厂房的施工进度，分区分层进行微网平面控制测量。对建立在核岛工程混凝土结构上的微网平面控制点，宜在混凝土结构达到养护龄期后适宜的时段内进行测量。

7.3.5 厂房内部的微型平面控制网，应以能控制整个厂房范围且分布均匀为原则，可由埋设在各厂房内底板基础平台上的多个基本平面点和加密网点组成。每层的微网平面控制点间水平通视方向至少 2 个，并确保在结构施工后仍能保证通视。

7.3.6 底板微网基本平面点宜与邻近的次级网点进行坐标联测。底板以上各楼层加密网点的平面控制，应由底板基本平面点进行传递和引测。对于通视条件差、向上投测和传递难度大的厂房，宜采用逐层布网的方式，采用一点一方向的方式建立独立的控制网。

7.3.7 底板微网基本平面点、加密网点及测量通视孔位置的选定应符合下列规定：

a) 应根据各厂房内部结构和形状、各楼层设备的分布情况以及施工方法进行布设。对于已有设计数据的微网平面控制点，应按照设计坐标进行布设，特殊情况下可依据现场情况进行适宜性调整。

b) 底板微网基本平面点宜布设在反应堆中心、轴线及蒸汽发生器中心等地面通视良好处，加密网点宜布设在各主泵中心、热（冷）段管道、过渡段管道及稳压器房间地面处。

c) 底板微网平面控制点正上方楼板上宜预留专用垂直通视孔，同层微网点间连线上、浇筑墙体的合适高度处宜预埋适量的水平圆管。

d) 底板微网基本平面点、加密网点、垂直通视孔以及水平通视孔位置的选择应保证投测至厂房最高层时至少还有 3 个互相通视的平面控制点。

7.3.8 微网平面控制点宜为预埋于楼板混凝土基础面上的一块不锈钢板，表面刻划以十字线，十字线宽度不应大于 1mm，交点处冲一小孔代表点位中心，孔心直径不宜超过 1.5mm。微网平面控制点标志埋设时宜与混凝土表面相平或高于混凝土面 3mm~5mm。微网平面控制点的埋设规格及要求，应符合本标准附录 C 的有关规定。

7.3.9 微网平面控制测量作业的基本技术要求应符合下列规定：

- a) 选用反应堆中心点及预留周边结构物上的方向基准线作为平面起算，观测完毕后宜对方向线再次进行校核。
- b) 底板微网基本平面点、加密网点应联合测量。
- c) 水平角观测、边长电磁波测距、垂直角观测的基本技术要求，应分别按本标准第6.3.2条第1款～第3款的有关规定执行。
- d) 当采用钢瓦线尺、钢尺丈量距离时，应符合表7.3.9的规定。

表 7.3.9 钢瓦线尺、钢尺丈量距离的技术要求

等级	尺别	作业尺数	丈量总次数	读数次数	最小估读值 (mm)	定线最大偏差 (mm)	尺段高差较差 (mm)	最小温度读数 (°C)	同尺各次或同段各尺的较差 (mm)	成果取值精确至 (mm)	经各项改正后的各次或各尺全长较差 (mm)
微网	钢瓦尺	12	42	3	0.1	25	≤5	0.5	≤0.5	0.1	3.0√D
	钢尺	2	8	3	0.5	30	≤5	0.5	≤1.0	0.1	

注：1 D 是以 100m 为单位计的长度，表列规定所适应的边长丈量相对中误差为 1/100000；

2 钢瓦尺、钢尺在使用前应进行检定。各等级边长测量应采用往返悬空丈量方法。使用的重锤、弹簧秤和温度计均应进行检定。丈量时，引张拉力重量应与检定时相同；

3 丈量结果应加入尺长、温度、倾斜改正，钢瓦尺还应加入悬链线不对称、分划尺倾斜等改正。

7.3.10 微网平面控制测量宜采用多联脚架法施测，并应符合下列规定：

a) 照准目标，应使用精密觇牌、精密棱镜和精密支架；仪器对中，应使用精密基座和天底仪或光学垂准仪。

b) 仪器安置应精确置平，转动照准部时宜匀速平稳。

c) 测站观测过程中，宜避免二次调焦。当相邻方向的边长相差悬殊、方向目标成像模糊需调焦时，宜采用正、倒镜观测法。

d) 应选择良好的观测时段，每测回观测时段宜缩短。

7.3.11 微网平面控制测量，采用边角网时的观测、数据处理等的其它技术要求，

按《工程测量标准》（GB50026-2020）第 3.4 节的有关规定执行。

7.4 高程控制测量

7.4.1 微网的高程控制测量应采用精密水准测量方法，宜布设成闭合或符合水准路线。

7.4.2 微网高程控制测量的主要技术要求，应符合表 7.4.2 的规定。

表 7.4.2 微网高程控制测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	水准点高程中误差 (mm)	相邻点高差中误差 (mm)	每站高差中误差 (mm)	与已知点联测、闭合环线观测次数	往返较差、环线闭合差 (mm)	检测已测高差较差 (mm)
微网	2	1.0	0.5	0.13	往返各一次	$0.30\sqrt{n}$	$0.5\sqrt{n}$

7.4.3 微型高程控制网应由埋设在各厂房内底板基础平台上的 2 个~3 个水准基点组成。底板以上各楼层的高程控制测量应以底板微网水准点为基准，也可在各独立厂房内部另外引测 1 个高程控制点。

7.4.4 微网水准点应为预埋在厂房内或结构中心附近基础上的水准标志。微网水准点的埋设规格及要求应符合本标准附录 C 的有关规定。

7.4.5 底板水准基点宜固定选用其中的一个作为独立厂房内部的施工高程起算依据，而将其它的水准基点用作参考和检查之用。

7.4.6 微网水准观测的主要技术要求应符合本标准第 6.4.2 条的规定。

7.4.7 水准测量的其它技术要求，应符合本标准第 5.4.5 条的规定。

7.5 传递测量

7.5.1 厂房内部底板微网平面基准的竖向投测、水准标高的垂直传递宜选择在没有施工干扰、阴天、风力较小的条件下进行。

7.5.2 底板微网平面基准的竖向投测宜采用天底准直法，其竖向投点误差不宜超过 1mm。

7.5.3 通过天底仪竖向投测的底板平面基点，应与该楼层新增的加密点一起构网，并应采用多联脚架法进行边、角组合观测。

7.5.4 厂房内部水准标高的垂直传递，宜采用悬吊钢尺、水准观测读数的方法，并应由底板微网的水准基点传递高程至其它楼层面。悬吊钢尺法竖向高程传递计算公式为：

$$H_2 = H_1 + a + (c - b) - d \quad (7.5.4)$$

式中 H_1 、 H_2 —— 分别为底层已知、上层未知高程值；

a 、 b —— 分别为底层水准尺、钢尺读数；

c 、 d —— 分别为上层钢尺、水准尺读数。

7.5.5 采用悬吊钢尺法进行高程传递测量时，楼上和楼下安置的两台水准仪应同时读数，并应在钢尺上悬吊与钢尺检定时质量相一致的重锤。

7.5.6 使用钢尺传递高程时，应符合下列规定：

- a) 钢尺读数零端应在下方。
- b) 水准仪观测，每一测站的前后视距差不宜大于 1m。
- c) 应独立观测至少两次，两次间应变动仪器高。
- d) 两次观测高差较差应小于 0.5mm。
- e) 观测高差应进行温度和尺长改正，其中温度应取上下两层读数的平均值。

7.6 微网复测

7.6.1 微网建立完成后，应定期维护、复测；

7.6.2 微网的维护应包括定期的专人巡检和日常的保养、修缮，确认微网点标识清楚，功能状态完好，周边施工设施的影响情况；对标识不清或破坏的微网点及时进行恢复；

7.6.3 厂房微网平面点的复测方法和技术要求同微网建立；

与次级网联测图形、通视条件良好的，尽量与次级网进行联测；

后续微网环境封闭后，进行内部符合性检测，进行相对位置的检查与调整；

宜采用拟稳平差方法进行数据处理，应合理选取拟稳点和非拟稳点；

7.6.4 厂房微网高程点，根据需要以基础底板微网点数据为依据复核上部微网点，测量方法和技术要求同微网建立。

7.6.5 微网应定期复测。布设初期，根据基础凝固及载荷加载情况，复测周期宜为 1-3 个月，点位稳定后复测周期宜为 6 月。具体复测时间可依据现场实际情况调整。

7.6.6 重新恢复的微网点位应尽快完成联测，发布最新成果；对厂房微网及场地微网检查结果应进行综合分析，发布使用最可靠的成果数据。

8 数据处理及成果提交

8.7.1 施工控制网测量的资料整理应包括所有原始观测资料的整理与检查、内业数据分析及计算、观测成果汇总和相关资料归档等内容。单项工程完工后，应连同委托书、技术设计书、测量技术总结、检查验收材料及设计图纸等一并整理归档。

8.7.2 每项测量工作的原始观测记录应填写齐全，内容应包括角度、距离和高程测量的观测数据，以及仪器、观测、记录、日期、天气、仪器高、温度、气压、相对湿度、水准路线等有关的记事项目，均应现场采用钢笔或铅笔记录在规定格式的手簿中。

8.7.3 手工记录时，实际测量数据的平均值应在现场即时算出。当采用电子记录时，观测完毕后应及时将原始测量数据输出备份，编辑打印后还应加注必要的说明。所有原始记录均应经过检查校核后再使用。

8.7.4 控制网的内业处理应采用严密平差。平面控制网平差计算结果应表示出验后单位权中误差、观测值的改正数和平差值、点位坐标成果、平面坐标中误差和相邻点间误差等数据；高程控制网平差计算结果应表明点位高程、点位高程中误差、每千米高差全中误差、每千米高差偶然中误差等数据。

8.7.5 次级网复测应先进行基准点稳定性分析，采用稳定的基准点为起算数据进行严密平差。

8.7.6 微网复测宜采用拟稳平差方法进行数据处理，应合理选取拟稳点和非拟稳点。

8.7.7 平差计算软件、计算模型、使用方法和处理过程，以及成果、图表和各种检验、分析资料，应完整清晰、准确无误。

8.7.8 施工测量内业计算和分析中的数字取位，应符合表 8.7.8 的规定。

表 8.7.8 内业计算和分析中的数字取位要求

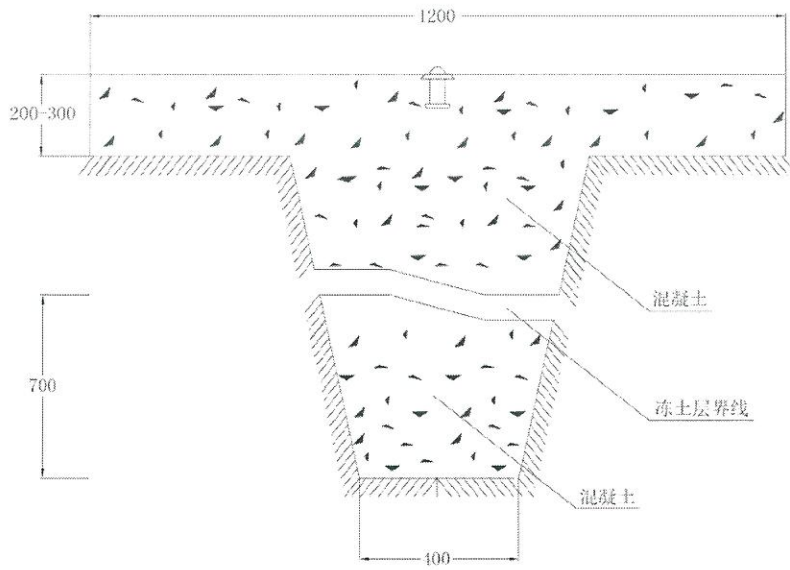
类别	角 度 (")			边 长 (mm)			坐 标 (mm)	高 程 (mm)
	观测值	改正数	平差值	观测值	改正数	平差值		

控制点	0.1	0.01	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
观测点	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

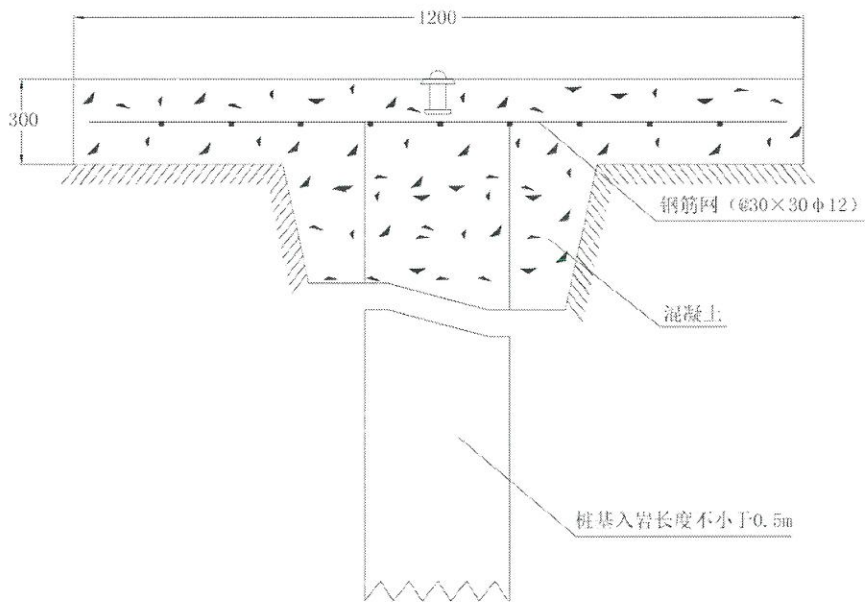
8.7.9 施工控制测量的各项工作完成后，宜提交下列资料：

- 1 经审定的技术设计书。
- 2 控制网展点图、水准路线示意图。
- 3 外业测量原始记录复印件。
- 4 各种测量仪器和工具的检验资料。
- 5 各项内、外业计算资料、精度评定及成果表。
- 6 检查、验收报告和测量技术报告。
- 7 其它有关的资料。

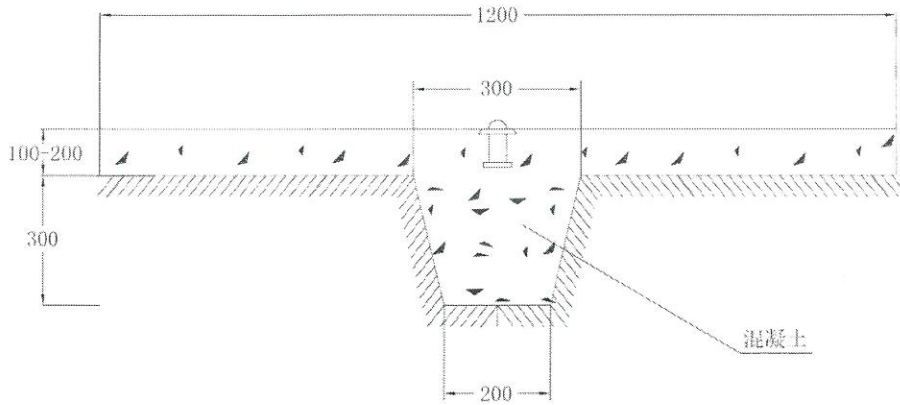
附录 A 初级网控制点埋石基础标志及埋设规格



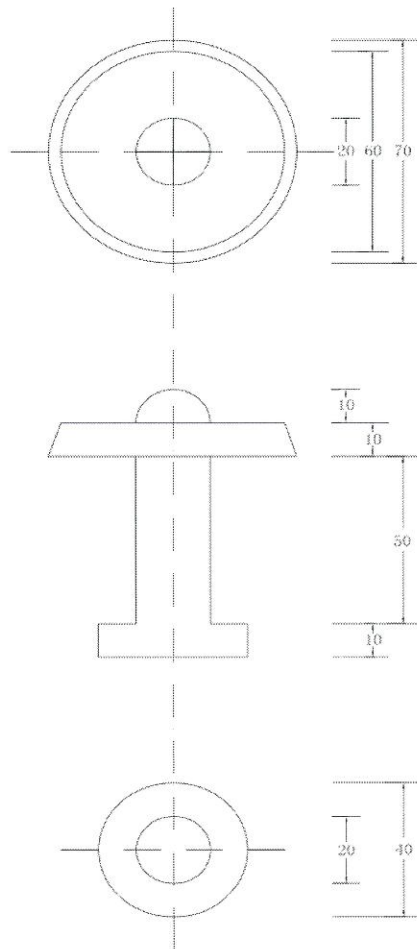
图A-1 稳定土层标志埋设规格（单位：mm）



图A-2 沉降土层标志埋设规格（单位：mm）



图A-3 岩石标志埋设规格 (单位: mm)



图A-4 金属标志埋设规格 (单位: mm)

注: 标石采用C25混凝土浇筑

附录 B 次级网控制点埋石标志及埋设规格

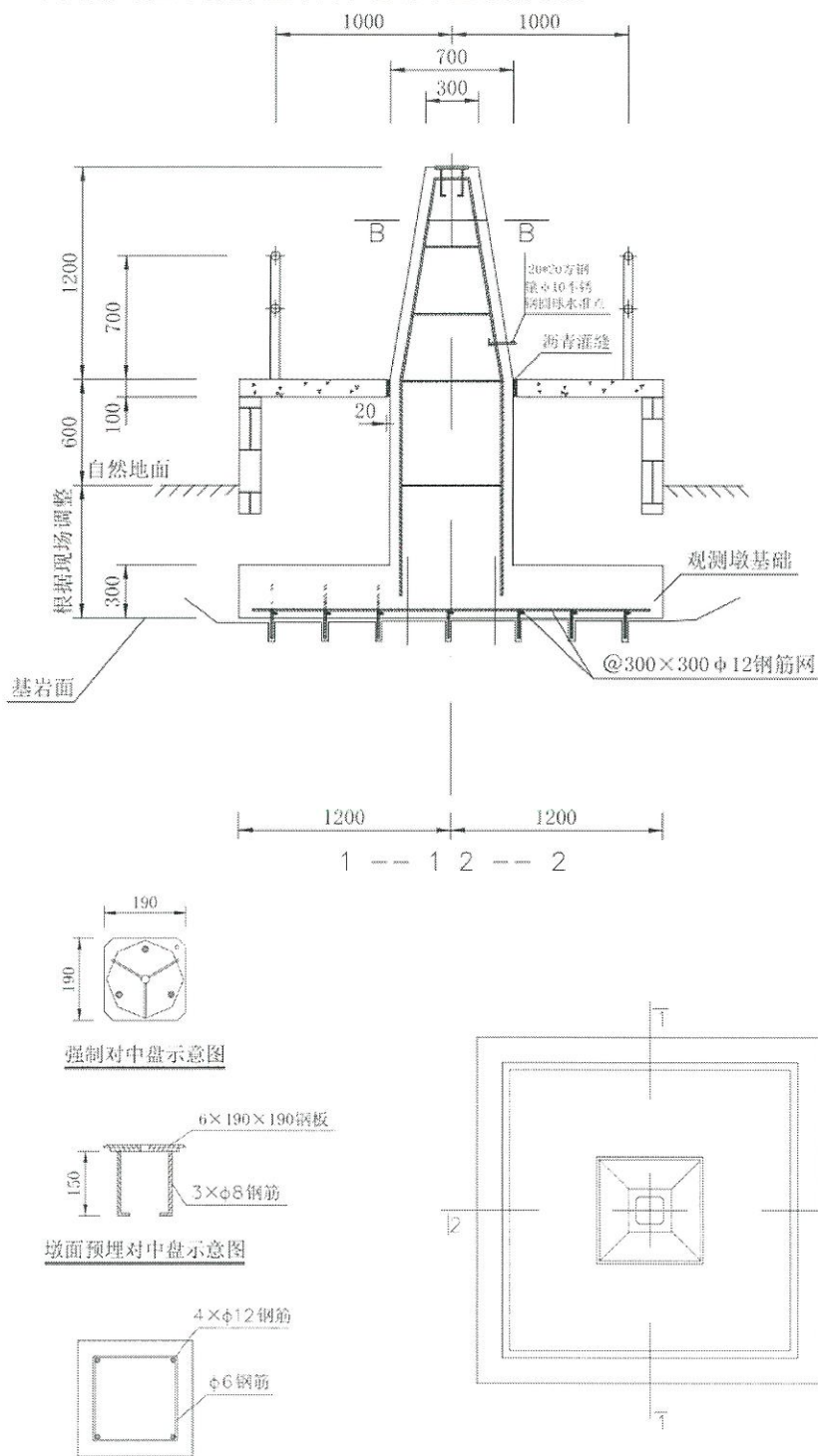


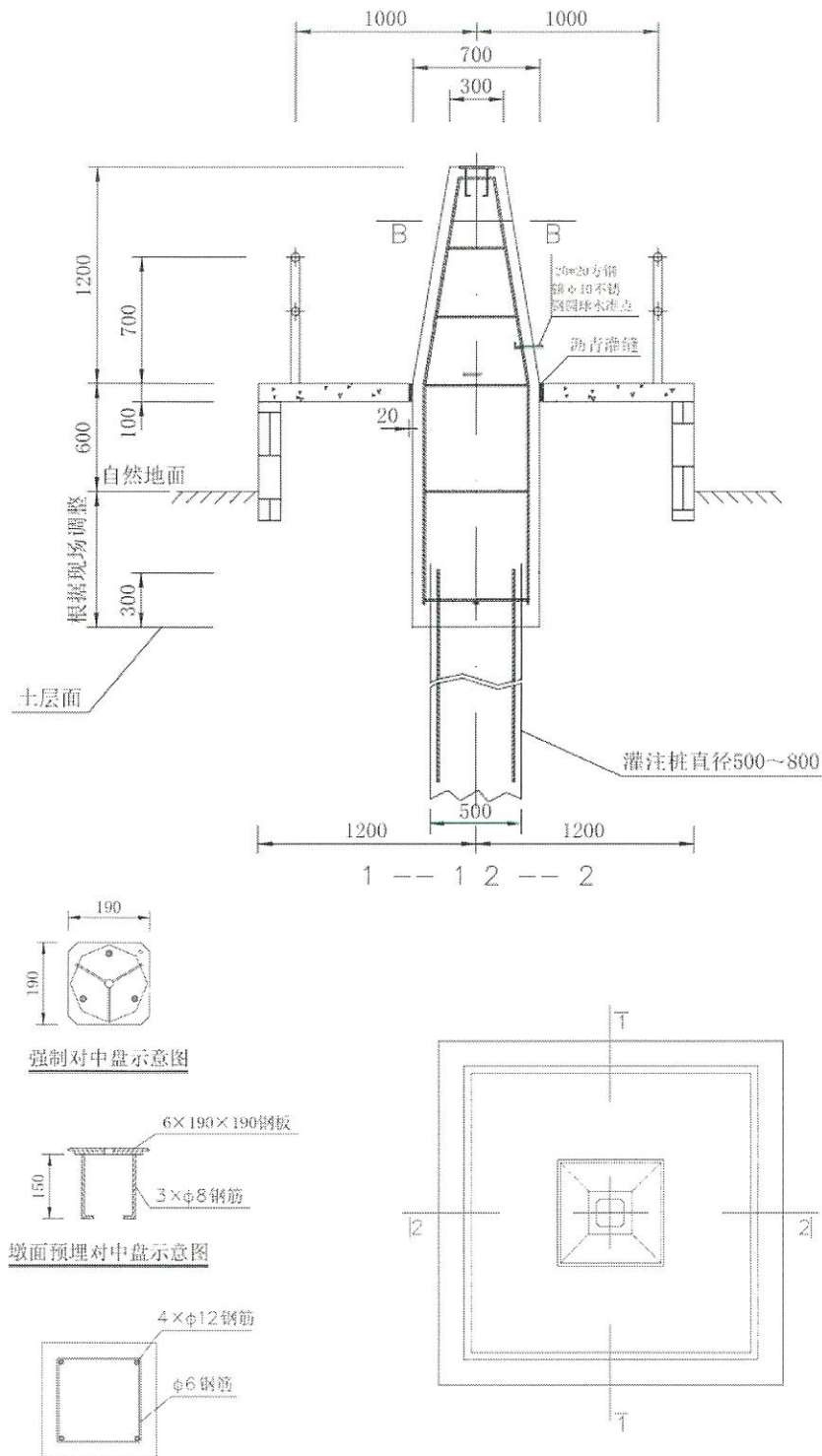
图2-1 次级网基岩观测墩埋设规格（单位：mm）

注 1：浇筑前应在基岩面钻孔插入一定数量钢筋，进入基岩深度不小于 0.1m；

注 2：围栏采用 $\phi 50$ 钢管焊接，并涂红白相间油漆；

注 3：观测墩采用 C25 混凝土浇筑；

注 4：混凝土浇筑过程中要保证强制对中盘的水平。



图B-2 次级网桩基结构观测墩埋设规格（单位：mm）

注 1：观测墩桩基础可采用钻孔灌注桩、挖孔桩、沉管桩等，桩深和桩径可根据地质条件确定，应埋深至入岩不小于 0.5m。图中以灌注桩形式示意；

注 2：围栏采用 $\phi 50$ 钢管焊接，并涂红白相间油漆；

注 3：观测墩采用 C25 混凝土浇筑；

注 4：混凝土浇筑过程中要保证强制对中盘的水平。

附录 C 厂房内部微网控制点构造示意图

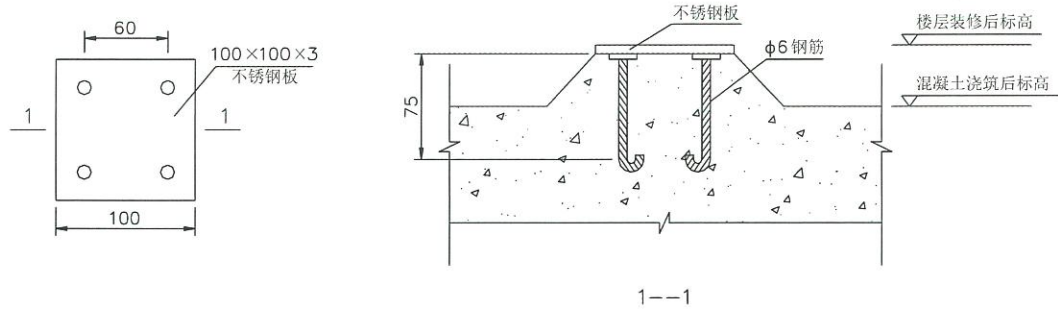
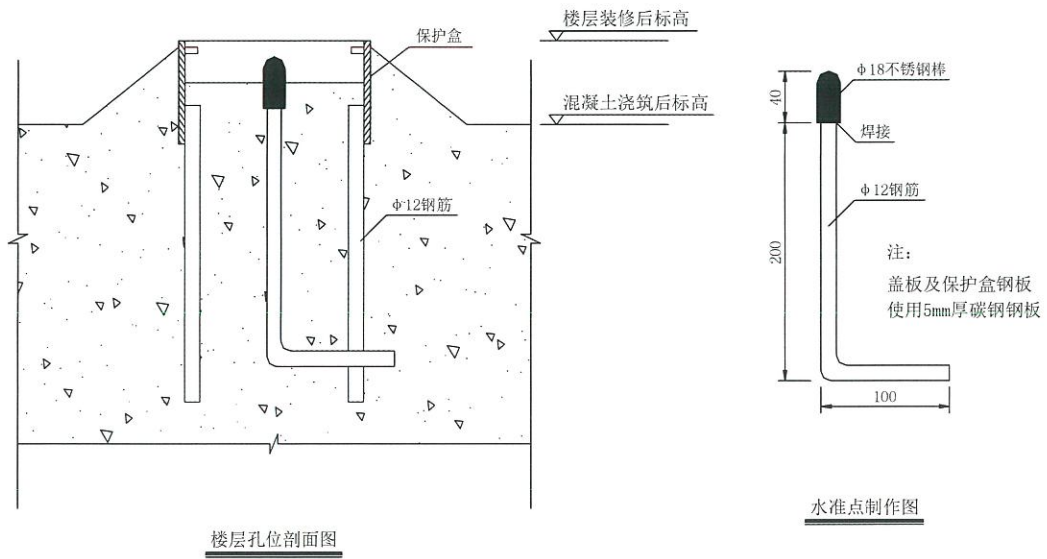
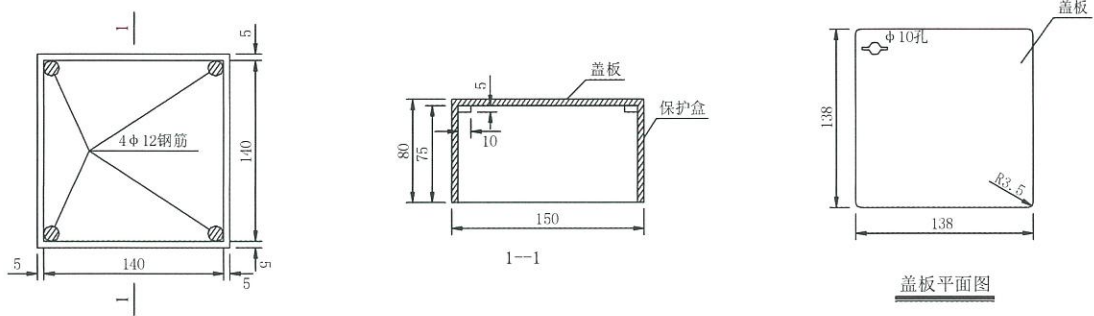


图 C-1 微网平面控制点构造 (单位: mm)



楼层孔位剖面图

水准点制作图



图C-2 微网高程控制点构造 (单位: mm)

