

5 厂区内可采用建筑坐标系；

6 大型的有特殊精度要求的工程测量项目或新建城市平面控制网，坐标系统可进行专项设计。

3.2 卫星定位测量

I 卫星定位测量控制网的主要技术要求

3.2.1 各等级卫星定位测量控制网的主要技术指标应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 各等级卫星定位测量控制网的主要技术指标

等级	基线平均长度(km)	固定误差 A (mm)	比例误差系数 B (mm/km)	约束点间的边长相对中误差	约束平差后最弱边相对中误差
二等	9	≤10	≤2	≤1/250000	≤1/120000
三等	4.5	≤10	≤5	≤1/150000	≤1/70000
四等	2	≤10	≤10	≤1/100000	≤1/40000
一级	1	≤10	≤20	≤1/40000	≤1/20000
二级	0.5	≤10	≤40	≤1/20000	≤1/10000

3.2.2 各等级控制网的基线精度应按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{A^2 + (B \cdot d)^2} \quad (3.2.2)$$

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 ——基线平均长度(km)。

3.2.3 卫星定位测量控制网观测精度的评定应符合下列规定：

1 控制网的测量中误差应按下式计算：

$$m = \sqrt{\frac{1}{3N} \left[\frac{WW}{n} \right]} \quad (3.2.3-1)$$

式中： m ——控制网的测量中误差(mm)；

N ——控制网中异步环的个数；

n ——异步环的边数；

W ——异步环环线全长闭合差(mm)。

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

$$m \leq \sigma \quad (3.2.3-2)$$

II 卫星定位测量控制网的设计、选点与埋石

3.2.4 卫星定位测量控制网的布设应符合下列规定:

1 应根据工程项目的实际情况、精度要求、卫星状况、接收机的类型和数量以及测区已有的测量资料进行设计,有特殊精度要求的工程项目应进行控制网专项设计,概算的精度尚无法满足要求时,应进行控制网优化设计;

2 首级网布设时,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;

3 对控制网内的长边,宜构成大地四边形或中点多边形;

4 各等级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;

5 各等级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;

6 加密网应根据工程需要,在满足本标准精度要求的前提下,采用灵活的布网方式。

3.2.5 卫星定位测量控制点位的选定应符合下列规定:

1 点位应选在稳固地段,同时应方便观测、加密和扩展,每个控制点宜有 1 个通视方向;

2 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 宜利用符合要求的原有控制点。

3.2.6 控制点埋石应符合本标准附录 B 的规定,并应绘制点之记。

III 卫星定位测量控制网观测

3.2.7 各等级卫星定位测量控制网的观测宜采用静态作业模式按表 3.2.7 的技术要求执行。一、二级控制网的观测也可采用动态作业模式按本标准第 3.2.17 条~第 3.2.31 条的规定执行。

表 3.2.7 各等级卫星定位测量控制网观测的技术要求

等 级	二等	三等	四等	一级	二级
接收机 类型	多频	多频或 双频	多频或 双频	双频或 单频	双频或 单频
仪器标称精度	$3\text{mm}+1\times 10^{-6}$	$5\text{mm}+2\times 10^{-6}$	$5\text{mm}+2\times 10^{-6}$	$10\text{mm}+5\times 10^{-6}$	$10\text{mm}+5\times 10^{-6}$
观测量	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($^{\circ}$)	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15
有效观测卫星数	静态	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
有效观测时段长度(min)		≥ 30	≥ 20	≥ 15	≥ 10
数据采样间隔(s)		$10\sim 30$	$10\sim 30$	$10\sim 30$	$5\sim 15$
PDOP	≤ 6	≤ 6	≤ 6	≤ 8	≤ 8

3.2.8 对于大型工程项目,可根据项目作业需要,结合已有资料及实地踏勘情况编制作业计划。

3.2.9 卫星定位控制测量的测站作业应符合下列规定:

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 天线安置的对中偏差不应大于 2mm,天线高的量取应精确至 1mm;

3 观测中,不应在接收机近旁使用无线电通信工具,并应禁止人员和其他物体触碰天线或阻挡卫星信号;

4 遇雷雨等恶劣天气时,应停止作业;

5 作业过程中不应进行接收机关闭又重新启动、改变卫星截止高度角、改变数据采样间隔和改变天线位置等操作；

6 应做好测站记录。

IV 卫星定位控制测量数据处理

3.2.10 数据处理准备应符合下列规定：

1 不同定位系统或不同品牌接收机联合作业时的观测数据，应转换成统一的标准格式；

2 应屏蔽原始数据中的无效观测值和冗余信息；

3 应汇总整理测站记录。

3.2.11 基线解算应符合下列规定：

1 基线解算可根据观测等级和实际情况选择单基线解算模式、多基线解算模式或整体解算模式；

2 基线解算应采用双差固定解；

3 基线解算结果应包括基线向量的三维坐标增量及其方差—协方差阵和基线长度等信息。

3.2.12 卫星定位控制测量外业观测的全部数据应经同步环、异步环或附合线路、重复基线检核，并应符合下列规定：

1 同步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差，应分别满足下列公式的要求：

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (3.2.12-1)$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (3.2.12-2)$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (3.2.12-3)$$

$$W \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma \quad (3.2.12-4)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (3.2.12-5)$$

式中： n ——同步环中基线边的条数；

W_X, W_Y, W_Z ——同步环各坐标分量闭合差(mm);

W ——同步环环线全长闭合差(mm)。

2 异步环或附合线路各坐标分量闭合差及全长闭合差,应分别满足下列公式的要求:

$$W_X \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.12-6)$$

$$W_Y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.12-7)$$

$$W_Z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.12-8)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (3.2.12-9)$$

$$W = \sqrt{W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2} \quad (3.2.12-10)$$

式中: n ——异步环或附合线路中基线边的条数;

W ——异步环或附合线路全长闭合差(mm)。

3 重复基线的长度较差,应满足下式的要求:

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (3.2.12-11)$$

式中: Δd ——重复基线的长度较差。

3.2.13 当同步环、异步环或附合路线、重复基线中的观测数据不能满足检核要求时,应对成果进行全面分析,并应舍弃不合格基线后重新构成异步环。在舍弃基线后,所构成异步环的边数不宜超过本标准第 3.2.4 条第 4 款的规定,超限时,应重测不合格基线或有关的同步图形。

3.2.14 外业观测数据检验合格后,应按本标准第 3.2.3 条对卫星定位测量控制网的观测精度进行评定。

3.2.15 卫星定位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;

2 无约束平差应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;

3 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。

3.2.16 卫星定位测量控制网的约束平差应符合下列规定：

1 应选用国家坐标系或地方坐标系,对无约束平差后的观测量进行二维或三维约束平差；

2 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符合本标准表 3.2.1 中相应等级的规定；

3 约束平差的基线向量改正数与经过剔除粗差后无约束平差结果的同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符合本标准表 3.2.1 中相应等级的规定。

V 卫星定位动态控制测量

3.2.17 当一、二级卫星定位网的观测采用动态作业模式时,宜采用单基站 RTK 测量技术或后处理动态测量技术,也可采用网络 RTK 测量技术。

3.2.18 一、二级卫星定位测量控制网动态测量的主要技术要求应符合表 3.2.18 的规定。

表 3.2.18 一、二级卫星定位测量控制网动态测量的主要技术要求

等级	相邻点间距离(m)	平面点位中误差(mm)	边长相对中误差	测回数
一级	≥500	≤50	≤1/30000	≥4
二级	≥250		≤1/14000	≥3

注:1 网络 RTK 测量应在连续运行基准站系统的有效服务范围内；

2 对天通视困难地区,相邻点间距离可缩短至表中的 2/3,但边长中误差不应大于 20mm。

3.2.19 一、二级卫星定位网动态控制测量点位的选择,除应符合

本标准第 3.2.5 条的规定外,还应兼顾固定角、固定边复核测量点在测区的分布,数量均不少于 2 组。点位选定后,应进行现场标识并绘制点位分布略图;点位埋石应符合本标准附录 B 的规定。

3.2.20 卫星定位实时动态控制测量,宜采用动态水平方向固定误差不超过 10mm、比例误差系数不超过 2×10^{-6} 和垂直方向固定误差不超过 20mm、比例误差系数不超过 4×10^{-6} 的双频或多频接收机。

3.2.21 动态控制测量作业时,截止高度角 15° 以上的卫星个数不应少于 5 颗,PDOP 不应大于 6。

3.2.22 流动站接收机的点位校核应符合下列规定:

1 作业前应在同等级或高等级点位上进行校核,并不应少于 2 点;

2 作业中若出现卫星失锁或数据通信中断,应在同等级或高等级点位上进行校核,并不应少于 1 点;

3 平面位置校核偏差不应大于 50mm,高程校核偏差不宜大于 70mm,不满足时,应重新设置流动站。

3.2.23 单基站 RTK 测量的基准站设置应符合下列规定:

1 基准站可设置在已知点位上,也可任意点设站;当在已知点位设站时,应整平对中,天线高量取应精确至 1mm;

2 应检查电台和接收机的链接,并应核对电台频率,在手簿中应输入基准站坐标、高程并设置仪器高类型及量取位置、天线类型、仪器类型、电台播发格式、作业模式、数据端口、蓝牙端口等设备参数;

3 对测区已有的转换参数应进行现场检查,精度满足要求后,应直接利用;

4 对无转换参数的测区,应在周边及中部选取不少于 4 个已知点进行点校正获取转换参数,转换参数的平面精度不应大于 20mm,高程精度不应大于 30mm。

3.2.24 单基站 RTK 测量的作业半径不宜超过 5km,流动站观

测应符合本标准第 3.2.29 条的规定。作业过程中不对基准站的设置、基准站天线的位置和高度进行更改。

3.2.25 单基站 RTK 测量中,对不同基准站定位的差分解算结果的平面位置互差不应大于 50mm,符合要求后,应取各基准站的定位结果的平均值作为最终结果。

3.2.26 进行后处理动态控制测量时,基准站应架设在已知点上对中整平,天线高度量取应精确至 1mm,并应设置为后差分模式。流动站应预先在静止状态下观测,初始化观测时间不宜少于 5min,在卫星不失锁的情况下,可连续进行动态模式测量。外业观测结束后,宜统一进行动态测量后处理解算。

3.2.27 使用网络 RTK 技术进行控制测量作业,应在连续运行基准站系统服务中心进行登记、注册,获取系统服务授权,并应设置通信参数、IP 地址、APN、端口、差分数据格式等各项网络参数。

3.2.28 网络 RTK 控制测量的测站设置应符合下列规定:

1 使用三脚架对中整平,天线高度量取应精确至 1mm,并应记录天线高类型和量取位置;

2 应分别进行流动站与连续运行基准站系统的数据通信检查和数据采集器(电子手簿)与接收机(天线)的数据通信检查;

3 应分别进行流动站接收机天线与主机及电源等的连接可靠性检查和电子手簿及主机的电源电量、内存或储存卡容量检查;

4 接收机的平面精度限值宜设置为 20mm,高程精度限值宜设置为 30mm。

3.2.29 RTK 控制测量作业应采用多测回法观测,并应符合下列规定:

1 作业前和测回间应进行接收机初始化;当初始化时间超过 5min 仍无法获得固定解时,宜重新启动接收机进行初始化;重启后仍不能获得固定解时,应选择其他位置进行测量;

2 应在得到 RTK 固定解且收敛稳定后开始记录观测值,观测值不应少于 10 个,应取平均值作为本测回的观测结果;经纬度

记录应精确至 0.00001", 坐标与高程记录应精确至 0.001m;

3 测回数应符合本标准表 3.2.18 的规定, 测回间的时间中断间隔应大于 60s;

4 测回间的平面坐标分量较差的绝对值不应大于 25mm, 高程较差的绝对值不应大于 50mm; 应取各测回结果的平均值作为最终观测成果。

3.2.30 动态控制测量成果应包括控制点号、三维坐标、三维坐标精度、天线高及与观测值相应解的类型、卫星数、PDOP、观测时间等信息。

3.2.31 卫星定位实时动态控制测量成果检核应符合下列规定:

1 检核点应均匀分布于测区的中部及周边, 检核点数量不应低于控制点总数的 5%, 并不应少于 3 点。

2 当采用全站仪固定边、固定角及导线法联测检核时, 主要技术要求应符合表 3.2.31 的规定。

表 3.2.31 全站仪固定边、固定角及导线法联测检核的主要技术要求

等级	边长检核		角度检核		导线联测检核	
	测距中误差 (mm)	边长相对 中误差	测角中误差 (")	角度较差 (")	角度闭合差 (")	边长相对 闭合差
一级	15	1/14000	5	14	$16\sqrt{n}$	1/10000
二级	15	1/7000	8	20	$24\sqrt{n}$	1/5000

注: n 为导线测站数。

3 当采用 RTK 法复测检核时, 可用同一基准站两次独立测量或不同基准站各一次独立测量方法进行, 并按按下式统计检核点的精度。检核点的点位中误差不应超过 50mm。

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{[\Delta S_i \Delta S_i]}{2n}} \quad (3.2.31)$$

式中: M_{Δ} ——检核点的点位中误差(mm);

ΔS_i ——检核点与原点位的平面位置偏差(mm);

n ——检核点个数。

3.3 导线测量

I 导线测量的主要技术要求

3.3.1 各等级导线测量的主要技术要求应符合表 3.3.1 的规定。

表 3.3.1 各等级导线测量的主要技术要求

等级	导线长度 (km)	平均边长 (km)	测角中 误差 (")	测距中 误差 (mm)	测距相对 中误差	测 回 数				方位角 闭合差 (")	导线全长 相对 闭合差
						0.5" 级 仪器	1" 级 仪器	2" 级 仪器	6" 级 仪器		
三等	14	3	1.8	20	1/150000	4	6	10	—	$3.6\sqrt{n}$	$\leq 1/55000$
四等	9	1.5	2.5	18	1/80000	2	4	6	—	$5\sqrt{n}$	$\leq 1/35000$
一级	4	0.5	5	15	1/30000	—	—	2	4	$10\sqrt{n}$	$\leq 1/15000$
二级	2.4	0.25	8	15	1/14000	—	—	1	3	$16\sqrt{n}$	$\leq 1/10000$
三级	1.2	0.1	12	15	1/7000	—	—	1	2	$24\sqrt{n}$	$\leq 1/5000$

注:1 n 为测站数;

2 当测区测图的最大比例尺为 1:1000 时,一、二、三级导线的导线长度、平均边长可放长,但最大长度不应大于表中规定相应长度的 2 倍。

3.3.2 当导线平均边长较短时,应控制导线边数不超过本标准表 3.3.1 相应等级导线长度和平均边长算得的边数;当导线长度小于本标准表 3.3.1 规定长度的 1/3 时,导线全长的绝对闭合差不应大于 0.13m。

3.3.3 导线网中结点与结点、结点与高级点之间的导线段长度,不应大于本标准表 3.3.1 中相应等级规定长度的 70%。

II 导线网的设计、选点与埋石

3.3.4 导线网的布设应符合下列规定:

1 导线网用作测区的首级控制时,应布设成环形网,且宜联测 2 个已知方向;

2 加密网可采用单一附和导线或结点导线网形式；

3 结点间或结点与已知点间的导线段宜布设成直伸形状，相邻边长不宜相差过大，网内不同环节上的点也不宜相距过近。

3.3.5 点位的选定应符合下列规定：

1 点位应选在稳固地段，视野应开阔且方便加密、扩展和寻找；

2 相邻点之间应通视，视线距障碍物的距离，三、四等不宜小于 1.5m，四等以下应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过大；

5 应充分利用符合要求的原有控制点。

3.3.6 导线点的埋石应符合本标准附录 B 的规定，三、四等点应绘制点之记，其他控制点可根据工程项目的需要确定。

III 水平角观测

3.3.7 水平角观测宜使用全站仪，全站仪的主要技术指标宜符合下列规定：

1 照准部旋转轴正确性指标应按管水准器气泡或电子水准器长气泡在各位置的读数较差衡量，对于 0.5"级和 1"级仪器不应超过 0.3 格，2"级仪器不应超过 1 格，6"级仪器不应超过 1.5 格；

2 望远镜视轴不垂直于横轴指标值，对于 0.5"级和 1"级仪器不应超过 6"，2"级仪器不应超过 8"，6"级仪器不应超过 10"；

3 全站仪的补偿器在补偿区间，对观测成果的补偿应满足要求；

4 光学(激光)对中器的视轴(激光束)与竖轴的重合偏差不应大于 1mm。

3.3.8 水平角观测宜采用方向观测法，并应符合下列规定：

1 水平角方向观测法的技术要求应符合表 3.3.8 的规定。

表 3.3.8 水平角方向观测法的技术要求

等级	仪器精度等级	半测回归零差 (")限差	一测回内 2C 互差(")限差	同一方向值各测 回较差(")限差
四等及 以上	0.5"级仪器	≤ 3	≤ 5	≤ 3
	1"级仪器	≤ 6	≤ 9	≤ 6
	2"级仪器	≤ 8	≤ 13	≤ 9
一级及 以下	2"级仪器	≤ 12	≤ 18	≤ 12
	6"级仪器	≤ 18		≤ 24

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

2 当观测方向不多于 3 个时,可不归零。

3 当观测方向多于 6 个时,可进行分组观测。分组观测应包括两个共同方向,其中一个应为共同零方向。两组观测角之差,不应大于同等级测角中误差的 2 倍。分组观测的最后结果,应按等权分组观测进行测站平差。

4 各测回间宜按 180° 除以测回数配置度盘。当采用伺服马达全站仪进行多测回自动观测时,可不配置度盘。

5 应取各测回水平角观测的平均值作为测站成果。

3.3.9 对于三、四等导线的水平角观测,当测站只有两个方向时,应在观测总测回中以奇数测回的度盘位置观测导线前进方向的左角,以偶数测回的度盘位置观测导线前进方向的右角。左右角的测回数应为总测回数的一半。但在观测右角时,应以左角起始方向为准变换度盘位置。左角平均值与右角平均值之和与 360° 的差值,不应大于本标准表 3.3.1 中相应等级导线测角中误差的 2 倍。

3.3.10 水平角观测的测站作业应符合下列规定:

1 仪器及反光镜的对中偏差均不应大于 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;四等及以上等级的水平角观测,当观测方向的垂直角超过

±3°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要求限制;

3 若受振动等外界因素的影响,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。

3.3.11 水平角观测误差超限时,应重测并符合下列规定:

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,并应联测零方向;

2 下半测回归零差或零方向的 2C 互差超限时,应重测本测回;

3 若一测回中重测方向数超过总方向数的 1/3 时,应重测本测回;当重测的测回数超过总测回数的 1/3 时,应重测本测站。

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

3.3.13 每日观测结束后,应对外业记录手簿进行检查,当使用电子记录时,应保存原始观测数据,应打印输出相关数据和预先设置的各项限差。

IV 距 离 测 量

3.3.14 控制网边长宜采用全站仪测距,全站仪标称的测距精度宜按下式表示:

$$m_D = \alpha + b \cdot D \quad (3.3.14)$$

式中: m_D ——测距中误差(mm);

α ——全站仪标称的测距固定误差(mm);

b ——全站仪标称的测距比例误差系数(mm/km);

D ——测距长度(km)。

3.3.15 高海拔地区作业应使用空盒气压表,作业前宜送当地气象台(站)校准。

3.3.16 各等级控制网边长测距的主要技术要求应符合表 3.3.16 的规定。

表 3.3.16 各等级控制网边长测距的主要技术要求

平面控制网等级	仪器精度等级	每边测回数		一测回读数较差(mm)	单程各测回较差(mm)	往返测距较差(mm)
		往	返			
三等	5mm 级仪器	3	3	≤ 5	≤ 7	$\leq 2(a+b \cdot D)$
	10mm 级仪器	4	4	≤ 10	≤ 15	
四等	5mm 级仪器	2	2	≤ 5	≤ 7	
	10mm 级仪器	3	3	≤ 10	≤ 15	
一级	10mm 级仪器	2	—	≤ 10	≤ 15	—
二、三级	10mm 级仪器	1	—	≤ 10	≤ 15	

注:1 一测回是全站仪盘左、盘右各测量 1 次的过程;

2 困难情况下,测边可采取不同时间段测量代替往返观测。

3.3.17 测距作业应符合下列规定:

1 仪器及反光镜的对中偏差不应大于 2mm;

2 四等及以上等级控制网的边长测量,应分别量取两端点观测始末的气象数据,计算时应取平均值;

3 测量气象元素的温度计宜采用通风干湿温度计,气压表宜选用空盒气压表;读数前应将温度计悬挂在离开地面和人体 1.5m 以外且阳光不能直射的地方,读数应精确至 0.2℃;气压表应置平,指针不应滞阻,读数应精确至 0.5hPa;

4 当测距边用电磁波测距三角高程测量方法测定的高差进行修正时,垂直角的观测和对向观测高差较差要求,不宜超过本标准第 4.3.2 条、第 4.3.3 条中五等三角高程测量较差值的 2 倍;

5 当观测数据超限时,应重测整个测回;若观测数据出现系统性误差时,应分析原因,并应采取相应措施重新观测。

3.3.18 每日观测结束后,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,应打印输出相关数据和预先设置的各项限差。

V 导线测量数据处理

3.3.19 观测数据中含有偏心测量成果时,应先进行归心改正计算。

3.3.20 水平距离计算应符合下列规定:

1 测量的斜距,应经气象改正和仪器的加、乘常数改正后进行水平距离计算;

2 两点间的高差测量,宜采用水准测量;当采用电磁波测距三角高程测量时,高差应进行大气折光改正和地球曲率改正;

3 水平距离可按下式计算:

$$D_p = \sqrt{S^2 - h^2} \quad (3.3.20)$$

式中: D_p ——测线的水平距离(m);

S ——经气象及加、乘常数等改正后的斜距(m);

h ——仪器的发射中心与反光镜的反射中心之间的高差(m)。

3.3.21 导线测角中误差的计算可按左右角闭合差和导线方位角闭合差两种方式进行,并应符合下列规定:

1 当利用三、四等导线左右角闭合差时,测角中误差应按下式计算:

$$m_\beta = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2n}} \quad (3.3.21-1)$$

式中: m_β ——测角中误差(");

Δ ——导线测站观测左右角的圆周角闭合差(");

n ——测站圆周角闭合差的个数。

2 当利用导线方位角闭合差时,测角中误差应按下式计算:

$$m_\beta = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_\beta f_\beta}{n} \right]} \quad (3.3.21-2)$$

式中: f_{β} ——导线环的角度闭合差或附和导线的方位角闭合差(");

n ——计算 f_{β} 时的相应测站数;

N ——闭合环及附和导线的总数。

3.3.22 测距边的精度评定应按式(3.3.22-1)、式(3.3.22-2)计算;当采用平均边长时,评定可按式(3.3.22-3)计算网的平均测距中误差:

1 单位权中误差,应按下式计算:

$$\mu = \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \quad (3.3.22-1)$$

式中: P ——各边距离的先验权,值为 $\frac{1}{\sigma_D^2}$,测距的先验中误差 σ_D 可

按测距仪器的标称精度计算;

d ——各边往、返测的距离较差(mm);

n ——测距边数。

2 任一边的实际测距中误差,应按下式计算:

$$m_{Di} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}} \quad (3.3.22-2)$$

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应按下式计算:

$$m_D = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad (3.3.22-3)$$

式中: m_D ——平均测距中误差(mm)。

3.3.23 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下式计算:

$$D_H = D_P \left(1 + \frac{H_P - H_m}{R_A} \right) \quad (3.3.23-1)$$

式中: 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(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下式计算:

$$D_0 = D_P \left(1 - \frac{H_m + h_m}{R_A + H_m + h_m} \right) \quad (3.3.23-2)$$

式中: D_0 ——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下式计算:

$$D_g = D_0 \left(1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} \right) \quad (3.3.23-3)$$

式中: D_g ——测距边在高斯投影面上的长度(m);

y_m ——测距边两端点近似横坐标的平均值(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 ——测距边两端点近似横坐标的增量(m)。

3.3.24 一级及以上等级的导线网计算应采用严密平差法,二、三级导线网可根据需要采用严密或简化方法平差。采用简化方法平差时,成果表中的方位角和边长应采用坐标反算值。

3.3.25 导线网平差时,角度和距离的先验中误差,可分别按本标准第3.3.21条、第3.3.22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,计算角度及边长的权。

3.3.26 平差计算时,应对计算略图和计算机输入数据进行校对,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、观测数据以及有关的中间数据。

3.3.27 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。采用简化平差时,平差后的精度评定可简化。

3.3.28 内业计算中数值取位要求应符合表3.3.28的规定。

表 3.3.28 内业计算中数值取位要求

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 (")
三、四等	0.1	0.001	0.001	0.1
一级及以下	1	0.001	0.001	1

3.4 三角形网测量

I 三角形网测量的主要技术要求

3.4.1 各等级三角形网测量的主要技术要求应符合表 3.4.1 的规定。

表 3.4.1 各等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	测 回 数				三角形 最大闭 合差(")
					0.5"级 仪器	1"级 仪器	2"级 仪器	6"级 仪器	
二等	9	1	$\leq 1/250000$	$\leq 1/120000$	9	12	—	—	3.5
三等	4.5	1.8	$\leq 1/150000$	$\leq 1/70000$	4	6	9	—	7
四等	2	2.5	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$	2	4	6	—	9
一级	1	5	$\leq 1/40000$	$\leq 1/20000$	—	—	2	4	15
二级	0.5	10	$\leq 1/20000$	$\leq 1/10000$	—	—	1	2	30

注:测区测图的最大比例尺为 1:1000 时,一、二级网的平均边长可放宽,但不应大于表中规定长度的 2 倍。

3.4.2 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。

3.4.3 首级控制网定向时,方位角传递宜联测 2 个已知方向。

II 三角形网的设计、选点与埋石

3.4.4 作业前,应进行资料收集和现场踏勘、综合分析相关控制