

4.6 服务中心建设

4.6.3 服务中心软件主要是处理由管理中心传过来实时的原始观测数据，向用户提供实时差分定位服务和后处理数据服务，同时对用户进行管理。

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

4.6.7 由于用途和职责的不同而分为管理中心和服务中心，但在环境、硬件设备、软件的配置上二者有很大的共性。因此，两个中心可以单独建设，也可共同建设，对于规模较小 CORS 网，共同建设时可以在一台综合服务器上完成。

4.7 坐标联测及数据处理

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

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

测 3 个国家 CORS 站。

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

4.7.4 研究表明, GNSS 基线的精度并不随观测时间的过多增加而一味地提高。为了确定一个合理的联测观测时间, 根据已建城市 CORS 网的联测经验, 城市 CORS 网站的地心坐标联测时, 使用的各 CORS 站的观测数据应不少于 120h, 采样间隔 30s, 截止高度角 10° ; 参心坐标联测时, 连续观测 24h, 采样间隔 10s~30s, 可以满足要求。

4.7.5 GNSS 测量数据的处理是研究 GNSS 定位技术的一个重要内容, 选用好的数据处理方法和软件对 GNSS 测量结果影响很大。在 GNSS 静态定位领域里, 20km 以下的定位应用已经较为成熟, 接收机厂商提供的随机软件已能满足大部分的应用需要, 但在定轨应用及长距离的定位应用中, 一般接收机厂商提供的随机软件均不能满足需要, 因为它们忽略了很多在定轨和长距离定位中不可忽略的因素, 如: 有关轨道的各种摄动计算, 大气对流层改正, 基线解算起算点误差的影响, 测站位置受地壳运动的固体潮引起的漂移等。城市 CORS 网最大边长可达 80km, 基线解算时应利用精密星历, 并使用可收集到的最高精度的地心坐标作为基线解算的起算点, 并进行相应的数据检核。采用精密处理软件进行数据处理。

4.8 CORS 系统测试

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

4.8.2 本条规定了系统功能测试需要完成的内容以及应达到的要求。

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

2 通信网络测试由专业机构采用专业网络数据传输测试软件来完成，测试内容包括各个 CORS 站到数据中心有线网络线路测试和数据中心到用户无线数据传输线路测试。测试线路数据的传输率、误码率、延时等指标应符合本规范第 4.4.2 条的规定，数据传输率应大于 64kbit/s，实时通信误码率应小于 10^{-8} ，延时应小于 500ms。

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

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

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

6 CORS 系统建设完成后能兼容主要品牌的 GNSS RTK 设备在系统范围内正常工作。利用各种品牌的 GNSS RTK 接收机通过无线数据传输方式获取中心发送的差分改正数据，在较好条件下流动站用户可以在 3min 内获得固定解，固定解的精度能达到系统整体设计、测试的精度指标。

4.8.3 系统性能指标测试针对系统设计的技术指标进行测试，主要进行静态测试、动态测试和可用性测试三项。经数据处理后可以得到系统的定位精度、覆盖范围、空间和时间可用性等性能指标。

1 系统静态精度测试主要是通过 CORS 系统覆盖范围内，用户选择具有已知坐标值的测试点，点位观测环境满足相应静态 GNSS 观测的要求，可根据 CORS 站间距离设计观测时间，观测时间一般宜超过 2h。数据处理时下载数据中心记录的 CORS 站数据，根据设站点与邻近 CORS 站的图形关系，选择分布均匀的 CORS 站作为起算数据，基线解算、网平差处理符合本规范第 5.4 节中四等以上精度的 GNSS 测量要求。将平差计算得到的测试点的坐标值与已知坐标值进行比对、统计，精度应符合本规范第 4.1.8 条要求。

2 动态精度及网络覆盖范围测试点宜选择城市四等以上的控制点，控制点应有城市地方坐标成果。测试点宜在 CORS 网络的内、外均匀分布，网外距离选择一般不应超过 30km。动态测试选用的接收机应符合本规范第 6.2.1 条的要求，为了进行内符合精度统计，测试点要记录 10 个以上的观测结果，每个结果可以不是一测回的观测值。

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

4.8.4 测试点的内符合精度是综合评价测试的 GNSS RTK 设备和 CORS 系统稳定性的一个最直接的指标，正常情况下， M_x 、 M_y 两个坐标分量指标要优于 M_z ， M_z 较易受周边环境的影响。测试点的外符合精度除受到 CORS 系统和 GNSS RTK 设备的影响外，还受到测试点已知坐标精度的影响。当需要将地心坐标转

换成城市地方坐标系后，统计外符合精度时，还要受到坐标转换参数及高程转换精度的影响。

4.9 成果提交

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

4.10 系统维护

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

4.10.2 系统维护的检验分析主要是保证系统设备运行不产生影响服务质量的偏离，提供有效的服务。定期对 CORS 站的原始观测数据进行处理、分析、统计，可以对位置偏差、钟差、天线的相位中心偏差等进行评价，保证设备运行的有效性。所以，长期运行的 CORS 站接收机可不进行年检，但新安装的接收机必须有鉴定证书。同时，系统的电子设备都有正常的工作寿命，应及时考虑对即将到期的设备进行更换。

5 城市 GNSS 控制网建设

5.1 一般规定

5.1.1 GNSS 技术的发展,大大减少了布设城市控制网的时间、人力和物力的投入,为了使城市控制网有一个精度统一、均匀及使用方便的控制网,城市首级控制网应一次布设完成,点位密度应能满足一般建设发展的需要,不宜再进行全面的控制网加密。因城市规模扩大,可将首级控制网进行局部扩展;在首级控制网的基础上根据需要进行次级网加密。

5.1.2 GNSS 城市控制网按相邻站点的平均距离和精度应划分为 CORS 网和二、三、四等及一、二级。GNSS 城市控制网分级布设,有利于既考虑当前城市建设的实际需要,又考虑城市的远期规划和发展的需要,分级布网还有利于减少测量误差的积累,从而使 GNSS 点的点位精度均匀。GNSS 测量具有精度高,灵活性强等特点,各等级的观测方法基本相同,观测时间和技术要求有差异,所以允许越级布网,即允许在布设二等 GNSS 网后,直接布设四等网,同时也允许将两级网合并布设成全面网,在全面网中选择部分点构成长边进行观测,并将这些点作为高一级控制网点,在进行 GNSS 网平差计算时,可以先平差首级网,然后把首级网点作为固定点,对次级网平差,也可以将两级网联合进行统一平差。

5.1.3 各等级 GNSS 网相邻点的距离也与城市测量规范中的规定一致,但本规范又具有灵活性,规定了最小距离是平均距离的 $1/2$;最大距离是平均距离的 2 倍。表 5.1.3 所规定的最弱边相对中误差,不是指直接观测的 GNSS 边的精度,而是指最弱间接边平差后的精度要求,是按照常规三角网的边长相对中误差确定的。由于 GNSS 测量的观测精度较高,直接边在 GNSS 网中

平差后的精度也是较高的。又因为边长相对中误差与其边长有关，当较短时相对中误差变大，所以还规定当边长小于 200m 时，以边长中误差应小于 20mm 来衡量。

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

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

5.1.6 GNSS 观测受到各种外界因素的影响，有可能产生粗差和各种随机误差，因此要求由非同步观测基线向量构成闭合环或附和线路，是为了对 GNSS 观测成果进行质量检查，以保证成果的可靠并恰当地评定精度。在对 GNSS 网进行图形设计时，应将表 5.1.6 的规定与表 5.3.11 中关于平均重复设站数的规定结合起来考虑。

1 应该注意，由 N 台 GNSS 接收机同步观测一个时段，可计算出 $N(N-1)/2$ 条同步观测边，但其中只有 $N-1$ 条独立边。不应将非独立边作为独立观测边处理，更不能将同步闭合环当作非同步闭合环。

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

$$r = n - N_p + 1 \quad (12)$$

式中： N_p ——GNSS 网中的总点数；

n ——GNSS 网中的独立边数；

r ——多余观测边数。

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

$$K_0 = (N_p - 2)/(m - 2) \quad (13)$$

$$K_1 = \text{int}(K_0) \quad (14)$$

$$K_2 = \begin{cases} \text{Mod}(K_0) + 2, & K_0 - K_1 > 0 \\ 1, & K_0 - K_1 = 0 \end{cases} \quad (15)$$

$$n \geq K_1(m - 1) + K_2 \quad (16)$$

对于不同的 N_p 和 m , 可按式 (12) ~ 式 (16) 得到相应的 n 和 r 以及比值 r/n 如表 2 所示。从表 2 中可知, 当 $N_p = 60$, $m = 5$ 时, $n > 79$, $r < 20$, $r/n = 0.25$ 。

表 2 构成 m 边形的 r/n 值

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

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

当采用 N 台 GNSS 接收机进行观测时, 若设:

$$K_0 = \alpha N_p / N \quad (17)$$

$$K_1 = \text{int}(K_0) \quad (18)$$

则需要观测的时段数为：

$$K = \begin{cases} K_1, & K_0 - K_1 = 0 \\ K_1 + 1, & K_0 - K_1 > 0 \end{cases} \quad (19)$$

此时，独立的 GNSS 边数应为：

$$n \geq K(N-1) \quad (20)$$

而闭合环数仍按式 (12) 计算，当取 $\alpha=2$ 时，对于不同的 N_p 和 N ，可按式 (12) 和式 (17) ~ 式 (20) 得到相应的 n 、 r 和比值 r/n ，列出如表 3 所示。从表 3 中可知，当 $N_p=60$ ， $N=3$ 时， $r/n=0.26$ ，其结果与表 2 中要求构成闭合环的边数 $m=5$ 的情况相近。

表 3 设站 2 次时构成 m 边形的 r/n 值

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

当 $N_p=60$ ，对于不同的 N ，若要求平均在每个点上设站数为 $\alpha=1.5$ 、1.6、1.7、1.8 次时，也按式 (12) 和式 (17) ~ 式 (20) 得到相应的 r 、 n 和 r/n 如表 4 所示，当 $N_p>60$ 时，对于不同的 N ，比值 r/n 与表 4 相差很少。

表 4 设站 α 次时 N 台接收机的 r/n 值

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

由表 3 和表 4 还可以看到, r/n 与 GNSS 接收机的台数有关, 因此, 在表 5.3.11 中要求二、三等 GNSS 点的平均重复设站不得小于 2, 而对于四等或四等以下的 GNSS 点, 要求其平均重复设站数不得小于 1.6。

4 从上面的分析可以看出, 为了能满足表 5.3.11 中在每个点上平均重复设站 α 次要求, 对在 GNSS 网进行图形设计时, 应使闭合环的边数小于表 5.1.6 中的规定, 仅允许个别闭合环的边数等于该表中的边数, 为使外业观测有计划地进行, 避免 GNSS 独立边选择的随意性, 并便于及时检查观测结果, 宜按设计的网图选定 GNSS 独立边, 必要时, 在经过技术负责人审议后, 可根据具体情况作适当调整。

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

当联测多个原有控制点时, 一般不将它们都作为固定点, 而是用它们的原坐标对成果进行分析比较。

大、中城市的 GNSS 网在考虑与国家控制网的相互连接和转换时, 应联测 3 个以上的国家控制点, 并且要求查得这些点的正常高和高程异常, 以便求定两种坐标系之间的转换参数。

在已建立 CORS 站的城市, 应利用其已知坐标来解算 GNSS 网, 以进一步提高 GNSS 网的精度。

5.1.8 《建筑变形测量规范》JGJ 8 对工程变形测量进行了详细的规定, 因此本规范不另作规定。

5.2 选点及埋石

5.2.1 由于 GNSS 测量观测站之间, 不要相互通视, 而且网的

图形结构也比较灵活，所以 GNSS 选点工作远较经典控制测量的选点工作简便。但由于点位是测量最终的成果，点位的选择对于保证观测工作的顺利进行和测量结果的可靠具有重要意义。所以在选点工作开始之前，应认识到选点埋石工作的重要性，应充分收集和了解有关测区的地理情况，城市总体规划、地质、气象、交通、通信等资料，了解和分析测区原有国家或城市控制测量、坐标系统、高程系统等情况以便充分利用和坐标转换。城市 GNSS 测量是为城市规划、建设、管理服务的，因此，在网设计时就应考虑城市总体规划和近期规划、工程建设等发展情况，以便更好的服务。在了解和分析上述资料情况下和测量任务目的要求后，进行图上技术设计和优化、精度估算，并按技术设计的要求进行现场踏勘，落实 GNSS 点位。

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

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

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

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

对符合 GNSS 选点要求的旧有控制点应充分利用。

5.2.3 按照技术设计要求进行现场踏勘，在实地确定点位，点

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

5.2.4 各等级 GNSS 控制点标石及标志规格要求和埋设方法是城市测量长期积累的实践总结，适用于大、中、小城市，各城市也可以根据当地自己长期实践经验、规格设计和埋设。对城市高层建筑物顶层埋设标志，建议在建楼时同时预先埋设在建筑物承重墙上，在已建成的高层建筑物时，标石应牢固结合在楼板混凝土面上，可在混凝土楼板上打 3~4 个膨胀螺栓，在膨胀螺栓上扎钢筋用现场浇筑的方法施工，并在标石四周密封以免漏水，也可将屋面打毛，用环氧树脂配乙二胺和丙酮的混合物将预制标石和屋面粘结，再用水泥混凝土敷附标石四周。总之，GNSS 点的标石和标志的埋设必须稳定、坚固以利长期保存和安全使用。随着 GNSS 接收机的普及和发展，对于布设低等级的工程控制网，埋设永久性的标志，可能不太经济。

对用于建立 GNSS 三维形变网的标石和标志，必须稳定坚固，埋设墩标和强制归心。

5.2.5 GNSS 点埋石所占用土地，应经土地使用者或管理部门同意，并依法办理征地手续，同时办理测量标志委托保管书。GNSS 点选埋完成后，应提交本条规定的相关资料和总结。

5.3 GNSS 测量

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

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

接收机。

GNSS 测量网的等级划分见第 5.1.2 条，所选 GNSS 接收机仪器标称精度应高于 GNSS 测量网的规程要求。

5.3.3 参加作业的 GNSS 接收机都应经过专业检定部门的检验，合格后获得一定时间内的有效使用。对于作业周期较长的工程，应采取必要的措施，保证接收机处于良好状态。

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

5.3.5 常规检验项目是在作业过程中仪器容易产生偏离，而专业的检验机构是无法在检定有效期内有效保证的，需要依靠作业人员经常进行校准。

1 光学对点器的检验和校正可按下列方法操作：

1) 检验的方法

把基座置在三脚架上，整平后，用铅笔沿基座的底板四周将他的轮廓画在三脚架头上。在地板上放一张毫米方格纸，读出光学对中器在毫米纸上的十字丝位置，然后转动基座并小心地在其他两个位置上把底座板放进铅笔画的轮廓中，每转动一次应重新整平并读出光学对中器十字丝位置。如果三次读数相符，则光学对中器是正确的，否则不正确，就需进行校正工作。

2) 校正方法

先找出三个位置所构成的误差三角形的中心，然后用校正拨针把两个水平校正螺钉放松，旋转 45° ，使十字丝能随着另一个竖直螺钉的运动而移动。放松竖直螺钉的锁定环，然后旋转这个螺钉，直至看到水平十字丝对准地面标点，再将两水平螺钉拧紧 45° ，稍微松开其中一个，并立即上紧另一个螺钉，再拧紧锁定环，但不要拧得太紧或太松，否则光学对点器不会保持在校正的位置上。

2 天线高量尺可用线纹米尺或更高精度的量具进行长度检验。

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

4 新购买的数据后处理软件需通过测试来评估其处理结果的正确性，可以用两种不同软件对同样的数据进行处理，比对结果的差异，判定软件是否可用；用来比对的软件的处理结果经验证无误。

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

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

5.3.7 在大型工程作业前，应对 GNSS 接收机进行实测检验，检验设备的精度指标及稳定性情况，是作业工程中的一项重要参考指标。

1 GNSS 接收机内部噪声水平的测试可采用零基线的方法。零基线是采用“GNSS 功率分配器”（简称功分器）将同一天线输出信号分成功率、相位相同的两条路或多路信号送到两台以上的接收机，然后将观测数据进行双差处理求得坐标增量，作为检验仪器固有误差。由于这种方法所测得的坐标增量可以消除卫星几何图形的影响；天线相位偏移；大气传播时延误差；信号多路径效应误差及仪器对中误差等，所以是检验接收机钟差、信号通道时延、延时锁相环误差及机内噪声等电性能所引起的定位误差的一种有效方法。可按下列步骤进行测试：

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

2) 连接电源，两台接收机应同步接收四颗以上卫星

1h~1.5h。

- 3) 当交换功分器和接收机接口时,应再观测一个时段。
- 4) 应用随机软件计算零基线坐标增量和基线长度。其基线误差应小于 1mm,否则应送厂检修或降低级别使用。

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

检验时可以将 GNSS 接收机带天线两两配对,置于基线的两 endpoint。天线应精确对中,定向指标线指向正北,观测一个时段。然后交换接收机和天线再观测一个时段。

按上述方法在与该基线垂直的基线上(不具备此条件,可将一个接收机天线固定指北,其他接收机天线绕轴转动 90°、180°、270°)进行同样观测。

观测结束,应用随机软件解算各时段三维坐标。计算各时段坐标差和基线长,其误差不应超过仪器标称精度的 2 倍固定误差,否则应送厂返修或降低级别使用。

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

4 仪器高低温试验主要针对仪器需要在特殊环境下作业时的检验,如环境温度超过 40℃或低于-20℃。在高低温测试时,其测试温度范围应在仪器标称的工作环境温度之内,不应超出仪器的标称温度。

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

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

5.3.11 关于技术要求问题

1 研究成果表明,随着卫星高度的降低,GNSS 信号接收

机的信噪比将随之减小，有较多机会获得较小的三维位置的 PDOP，延长最佳观测时间。但是对流层影响愈显著，测量误差随之增大。因此，卫星高度角一般都规定在大于 15° 。

2 为了增强对 GNSS 基线向量观测值的检查，表 5.3.11 规定二、三等 GNSS 点平均重复设站数应不小于 2，而对精度要求较低，点的密度较大的四等或四等以下的 GNSS 测量，要求每个点的重复站数应不小于 1.6，当使用的 GNSS 接收机只有 3 台时，每点的重复站数更大一些，其数据质量还可通过同步闭合环和独立边闭合环等条件进行评定，从而达到既提高生产效率，又保证数据质量的目的。

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

3 根据目前数据处理软件的情况，为了达到相应等级的定位精度和整周未知数的求解，需要足够的数量，即要求在测点上观测时间段具有一定的长度。规定中所列时段长度是留有一定余地的。当采用双频接收机进行快速静态相对定位时，可以增加检验，剔除不正确的整数组合，在这种情况下，四等以下可以缩短观测时段长度至 10min。

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

当接收机有较高的内部采样率，且功能较强有助周跳处理时，可将采样间隔放宽至 30s。

5 PDOP 为卫星的空间位置精度因子，它的大小与观测卫星的高度角和观测卫星在空间的几何分布有关。观测卫星高度角越小，分布范围越大，其 PDOP 值越小。综合考虑其他因素的影响，当卫星高度角在大于 15° 的情况下，选取 PDOP 小于 6 为宜，可提高定位精度。

5.3.12 编制观测计划所需测区中心概略经纬度，可从小比例尺

地图上量取，取位到分。

5.3.13 观测准备工作应注意几个问题。

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

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

- 1) 在觐标基板上安置天线时，采用经过检定的钢尺三次量取标志中心至觐标基板下沿的高度，两次差不应大于 5mm，取平均值为 h_1 ，量取觐标基板厚度 h_2 以及量取基板上沿平面至厂方指定的天线高部位 h_3 。则天线高为：

$$h = h_1 + h_2 + h_3 \quad (21)$$

- 2) 在观测墩上安置天线时用小钢卷尺从天线基座下表面量至标石中心高度值 h_4 ，然后加上厂方指定的平均相位中心至天线基座下表面的高度值 h_5 ，则天线高为：

$$h = h_4 + h_5 \quad (22)$$

- 3) 在三脚架上天线高的量取天线高可按下列方法及要求：

① 当备有专用量取仪器高的直角杆设备时，可直接量取标志中心至厂方指定的天线高部位的高度。

② 当备有专用测杆时，可在 3 个互为 120° 的折线形孔读取标志中心至厂方指定天线高部位的距离，其互差应小于 3mm，取平均值为 L ，已知天线基板半径为 R ，则天线高按下式计算：

$$h = \sqrt{L^2 - R^2} \quad (23)$$

③ 采用无专用测高设备的仪器时，可用小钢卷尺从脚架 3 个空挡（互成 120° ）量取从三脚架上沿至标志中心的距离，互

差应小于 3mm，取平均值为 L ，并量取脚架上沿至厂方提供天线高部位为 h_6 ，已知天线基板半径为 R ，则天线高按下式计算：

$$h = \sqrt{L^2 - R^2} + h_6 \quad (24)$$

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

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

5.3.15 GNSS 测量过程中形成的文字记录和观测数据，是反映观测过程的真实情况的，是数据处理、质量评定的依据。本条对原始记录作了规定。

5.4 数据处理

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

5.4.2 数据预处理中应注意以下问题：

1 基线解算时，作为已知起算数据类型之一的卫星坐标获取方式。其一是直接采用广播星历计算的卫星坐标，其二是精密

星历计算的卫星坐标。卫星星历误差对 GNSS 相对定位误差的影响估算一般采取以下经验公式：

$$\frac{1}{4} \frac{\Delta r}{r} \leq \frac{\Delta b}{b} \leq \frac{1}{10} \frac{\Delta r}{r} \quad (25)$$

为保守计，估计时不妨取：

$$\frac{\Delta b}{b} \approx \frac{1}{5} \frac{\Delta r}{r} \quad (26)$$

这里 $\Delta b/b$ 是基线相对误差， Δr 是卫星轨道的误差， r 是卫星至地球表面的平均距离约为 20000km。对于广播星历，在最不利情况下， Δr 一般可达 $\pm 100\text{m}$ ，按式 (26) 估算，其对 GNSS 基线相对定位的影响约为 1×10^{-6} ，这一影响可能是偶然的，但由于广播星历的特点，往往带有系统性，即它可能影响 GNSS 网的尺度标准。无论怎样，这一影响远小于本规范第 5.1 节中有关各等级 GNSS 城市或工程控制网对基线向量弦长精度的要求。因此采用广播星历完全满足一般城市和工程 GNSS 控制网的精度要求。

对于一些特大型城市，其 GNSS 网的布设范围可能大于 10000km^2 ，为了提高整网精度和确保网有严格的尺度标准，可能会采用距离接近或超过 100km 的基线通过多天连续观测作为全网的基准控制。长基线的相对定位精度应优于 0.1×10^{-6} ，采用广播星历就不能满足要求了，应采用精密星历，据一些文献分析，1992 年以前某些单独机构的精密星历，最不利情况其 Δr 一般也小于 $\pm 10\text{m}$ ，按式 (26) 估算，其对基线相对误差影响也小于 0.1×10^{-6} ，1994 年以后，国际 GNSS 服务 (IGS) 发布综合精密星历，精度为 $\pm 10\text{cm}$ ，各 IGS 分析中心的单一精密星历，精度为 $10\text{cm} \sim 40\text{cm}$ ，采用这样的精密星历，GNSS 基线的相对精度可优于 10^{-8} ，即 0.01×10^{-6} 。完全满足长基线精度要求。

2 多台 GNSS 接收机同步观测，得到一个同步观测图形，设有 m 台仪器同步观测，在一个同步观测图形中，总的基线数为 $m(m-1)/2$ ，而独立的观测基线数为 $(m-1)$ ，在总基线数中，任一组 $m-1$ 条不构成封闭多边形的基线都构成一组独立的

基线。所谓单基线模式解算，是对一个同步观测图形的所有 $m(m-1)/2$ 条基线，一条接着一条的逐一单个解算，每次解得一条基线三个分量坐标差和其相应的方差-协方差矩阵。多基线处理模式是在一个同步观测图形中，只选择一组 $m-1$ 条独立基线，一并构成观测方程统一解算，得到这 $m-1$ 条基线的各自分量坐标差和 $m-1$ 条基线的整体方差-协方差矩阵。多基线处理模式顾及了同步观测图形中独立基线之间的误差相关性，是严密解。同步图形中的其余基线及其方差-协方差矩阵完全可由这 $m-1$ 条独立基线的结果通过线性组合的方式确定。因而其同步环闭合差满足为零这一要求。单基线解没有顾及同步图形中基线之间的误差相关性不是精密解，因而其同步环闭合差一般不能满足为零的要求。鉴于大多数商业化软件基线解算只提供单基线解算模式，在精度上也能满足城市和工程 GNSS 网的要求。因此，规范中规定两种解算模式都是可以的。

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

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

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

根据国家测绘局有关文件和资料的公布，我国 A 级网整体平差后任一点的坐标分量精度在某一全球参考框架中可达 $\pm 0.2\text{m}$ ，B 级网中任一点坐标分量精度可优于 $\pm 1\text{m}$ ，因此可分别满足基线相对精度要求 0.01×10^{-6} 和 0.1×10^{-6} 的起算数据精度需要；已建立的城市 CORS 站与国际 IGS 跟踪站进行了联合解算，其坐标分量精度不低于 A 级网的精度，因此也可用城市 CORS 站作为起算点。

4 把接收机收到的某颗卫星的载波相位与接收机钟产生的