

② 为了顾及原有城市测绘成果资料以及各种大比例尺地形图的沿用,应采用原有城市坐标系统。对凡符合 GPS 网点要求的旧点,应充分利用其标石。

③ GPS 网必须由非同步独立观测边构成若干个闭合环或附合线路。各级 GPS 网中每个闭合环或附合线路中的边数应符合表 8-5a 和表 8-5b 的规定。

表 8-5a 最简独立闭合环或附合线路边数的规定

级别	A	B	C	D	E
闭合环或附合线路的边数	≤5	≤6	≤6	≤8	≤10

表 8-5b 闭合环或附合线路边数的规定

等 级	二	三	四	一级	二级
闭合环或附合线路的边数	≤6	≤8	≤10	≤10	≤10

§ 8.2 GPS 测量的外业准备及技术设计书编写

在进行 GPS 外业工作之前,必须做好实施前的测区踏勘、资料收集、器材筹备、观测计划拟订、GPS 仪器检校及设计书编写等工作。

8.2.1 测区踏勘

接受下达任务或签订 GPS 测量合同后,就可依据施工设计图踏勘、调查测区。主要调查了解下列情况,为编写技术设计、施工设计、成本预算提供依据。

- ①交通情况:公路、铁路、乡村便道的分布及通行情况。
- ②水系分布情况:江河、湖泊、池塘、水渠的分布,桥梁、码头及水路交通情况。
- ③植被情况:森林、草原、农作物的分布及面积。
- ④控制点分布情况:三角点、水准点、GPS 点、多普勒点、导线点的等级、坐标、高程系统,点位的数量及分布,点位标志的保存状况等。
- ⑤居民点分布情况,测区内城镇、乡村居民点的分布,食宿及供电情况。
- ⑥当地风俗民情:民族的分布,习俗及地方方言,习惯及社会治安情况。

8.2.2 资料收集

根据踏勘测区掌握的情况,收集下列资料:

- ①各类图件:1: 1 万~1: 10 万比例尺地形图,大地水准面起伏图,交通图。
- ②各类控制点成果:三角点、水准点、GPS 点、多普勒点、导线点及各控制点坐标系统、技术总结等有关资料。
- ③测区有关的地质、气象、交通、通信等方面的资料。
- ④城市及乡村行政区划表。

8.2.3 设备、器材筹备及人员组织

设备、器材筹备及人员组织包括以下内容:

- 筹备仪器、计算机及配套设备;
- 筹备机动设备及通信设备;
- 筹备施工器材,计划油料,材料的消耗;
- 组建施工队伍,拟订施工人员名单及岗位;
- 进行详细的投资预算。

8.2.4 拟订外业观测计划

观测工作是 GPS 测量的主要外业工作。观测开始之前,外业观测计划的拟定对于顺利完成数据采集任务,保证测量精度,提高工作效益都是极为重要的。拟定观测计划的主要依据是:

- GPS 网的规模大小;
- 点位精度要求;
- GPS 卫星星座几何图形强度;
- 参加作业的接收机数量;
- 交通、通信及后勤保障(食宿、供电等)。

观测计划的主要内容应包括:

①编制 GPS 卫星的可见性预报图:在高度角大于 15° 的限制下,输入测区中心某一测站的概略坐标,输入日期和时间,应使用不超过 20 天的星历文件,即可编制 GPS 卫星的可见性预报图。

②选择卫星的几何图形强度:在 GPS 定位中,所测卫星与观测站所组成的几何图形,其强度因子可用空间位置因子(PDOP)来代表,无论是绝对定位还是相对定位,PDOP 值不应大于 6。

③选择最佳的观测时段:在卫星多于 4 颗且分布均匀,PDOP 值小于 6 的时段就是最佳时段。

④观测区域的设计与划分:当 GPS 网的点数较多,网的规模较大,而参加观测的接收机数量有限,交通和通信不便时,可实行分区观测。为了增强网的整体性,提高网的精度,相邻分区应设置公共观测点,且公共点数量不得少于 3 个。

⑤编排作业调度表:作业组在观测前应根据测区的地形、交通状况、网的大小、精度的高低、仪器的数量、GPS 网设计、卫星预报表和测区的天时、地理环境等编制作业调度表,以提高工作效益。作业调度表包括观测时段、测站号、测站名称及接收机号等。作业调度表见表 8-6。

⑥当作业仪器台数、观测时段数及点数较多时,在每天出测前采用表 8-7 的 GPS 测量外业观测通知单进行调度可能会更好一些。

8.2.5 设计 GPS 网与地面网的联测方案

GPS 网与地面网的联测,可根据测区地形变化和地面控制点的分布而定。一般在 GPS 网中至少要重合观测三个以上的地面控制点(尽量选择水准高程)作为约束点。约束点的选设

原则见本章 GPS 网基准设计部分。

表 8-6 GPS 作业调度表

时段 编号	观测 时间	测站号/名	测站号/名	测站号/名	测站号/名	测站号/名	测站号/名
		机 号	机 号	机 号	机 号	机 号	机 号
1							
2							
3							
4							

表 8-7 GPS 测量外业观测通知单

观测日期	年	月	日
组别:	操作员:		
点位所在图幅:			
测点编号/名:			
观测时段:1:	2:		
3:	4:		
5:	6:		
安排人:	年 月 日		

8.2.6 GPS 接收机选型及检验

GPS 接收机是完成测量任务的关键设备,其性能、型号、精度、数量与测量的精度有关, GPS 接收机的选用可参考表 8-8a 和表 8-8b。

表 8-8a

接收机的选用

级 别	AA	A	B	C	D, E
单频/双频	双频/全波长	双频/全波长	双频	双频或单频	双频或单频
观测量至少有	L_1 、 L_2 载波 相位	L_1 、 L_2 载波 相位	L_1 、 L_2 载波 相位	L_1 载波相位	L_1 载波相位
同步观测接收 机数	≥ 5	≥ 4	≥ 3	≥ 3	≥ 2

表 8-8b

接收机的选用

等 级 项 目	二	三	四	一级	二级
单频/双频	双频或单频	双频或单频	双频或单频	双频或单频	双频或单频
标称精度	$\leq (10\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \cdot D)$	$\leq (10\text{mm} + 3 \times 10^{-6} \cdot D)$	$\leq (10\text{mm} + 3 \times 10^{-6} \cdot D)$	$\leq (10\text{mm} + 3 \times 10^{-6} \cdot D)$	$\leq (10\text{mm} + 3 \times 10^{-6} \cdot D)$
观测量	载波相位	载波相位	载波相位	载波相位	载波相位
同步观测接收机数	≥ 2	≥ 2	≥ 2	≥ 2	≥ 2

观测中所选用的接收机,必须对其性能与可靠性进行检验,合格后方可参加作业。对新购和修理后的接收机,应按规定进行全面的检验。接收机全面检验的内容,包括一般性检视、通电检验和实测检验。

● 一般检验:主要检查接收机设备各部件及其附件是否齐全、完好,紧固部分是否松动与脱落,使用手册及资料是否齐全等。另外,天线底座的圆水准器和光学对中器,应在测试前进行检验和校正。对气象测量仪表(通风干湿表、气压表、温度表)等应定期送气象部门检验。

● 通电检验:接收机通电后有关信号灯、按键、显示系统和仪表的工作情况,以及自测试系统的工作情况,当自测正常后,按操作步骤检验仪器的工作情况。

● 实测检验:测试检验是 GPS 接收机检验的主要内容。其检验方法有:用标准基线检验;已知坐标、边长检验;零基线检验;相位中心偏移量检验等。以上各项测试检验应按作业时间的长短,至少每年测试一次。

(1) 用零基线检验接收机内部噪声水平

用零基线检验采用“GPS 功率分配器”(简称功分器),将同一天线输出信号分成功率、相位相同的两路或多路信号送到接收机,然后将观测数据进行双差处理求得坐标增量,以检验固有误差。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、天线相位中心偏移、大气传播时间误差、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、延迟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。零基线测试方法如下:

● 选择周围高度角 10° 以上无障碍物的地方安放天线,按图 8-9 连接天线、功分器和接收机。

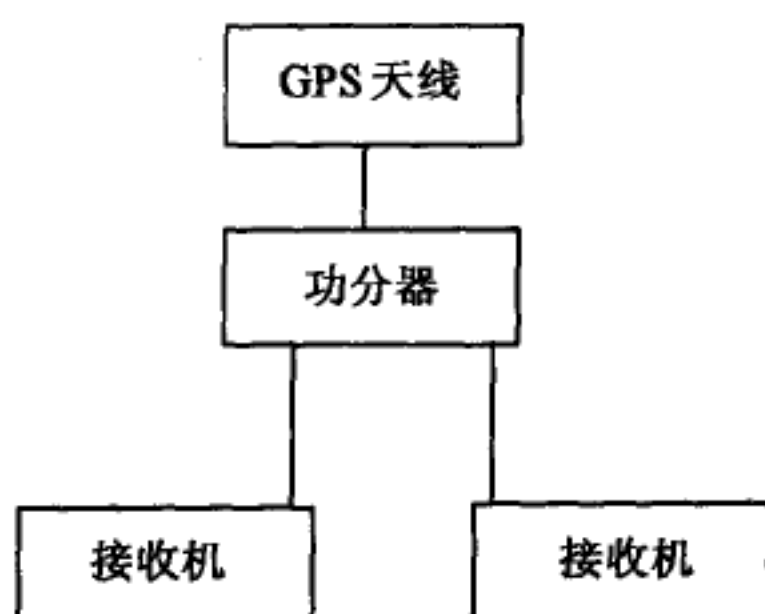


图 8-9 天线、功分器、接收机连接

- 连接电源,两台 GPS 接收机同步接收四颗以上卫星 1 ~ 1.5h。
- 交换功分器与接收机接口,再观测一个时段。
- 用随机软件计算基线坐标增量和基线长度。基线误差应小于 1mm。否则应送厂检修或降低级别使用。

(2) 天线相位中心稳定性检验

- 该项检验可在标准基线、比较基线场或 GPS 检测场上进行。
- 检测时可以将 GPS 接收机带天线两两配对,置于基线的两 endpoint。天线要精确对中,定向指标线指向正北,观测一个时段。然后交换接收机与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顺时针转动 90°,180°,270°)进行同样观测。
- 观测结束,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两倍固定误差,否则应送厂返修或降低级别使用。

(3) GPS 接收机不同测程精度指标的测试

该项测试应在标准检定场进行。检定场应含有短边和中长边。基线精度应达到 1×10^{-5} 。

检验时天线应严格整平对中,对中误差小于 $\pm 1\text{mm}$ 。天线指向正北,天线高量至 1mm。测试结果与基线长度比较,应优于仪器标称精度。

(4) 仪器的高低温实验

对于有特殊要求时需对 GPS 接收机进行高低温测试。其测试方法可将天线架设在室外, GPS 接收机主机放在高低温箱中进行测试;或者在野外实地高低温下进行测试。

(5) 野外测试

对于双频 GPS 接收机应通过野外测试,检查在美国执行 SA 技术时其定位精度。

用于等级测量的 GPS 接收机,每年出测前应进行(1)、(2)两项检验。经过检修或更换插板的接收机,有关检验和测试项目均应重新进行。

(6) 光学对中器的检验

用于天线基座的光学对点器在作业中应经常检验,确保对中的准确性,其检校参照控制测量中光学对点器核校方法。

8.2.7 技术设计书编写

资料收集全后,编写技术设计,主要编写内容如下:

1. 任务来源及工作量

包括 GPS 项目的来源、下达任务的项目、用途及意义;GPS 测量点的数量(包括新定点数、约束点数、水准点数、检查点数);GPS 点的精度指标及坐标、高程系统。

2. 测区概况

测区隶属的行政管辖;测区范围的地理坐标,控制面积;测区的交通状况和人文地理;测区的地形及气候状况;测区控制点的分布及对控制点的分析、利用和评价。

3. 布网方案

GPS 网点的图形及基本连接方法;GPS 网结构特征的测算;点位布设图的绘制。

4. 选点与埋标

GPS 点位的基本要求;点位标志的选用及埋设方法;点位的编号等。

5. 观测

对观测工作的基本要求;观测纲要的制定;对数据采集提出注意的问题。

6. 数据处理

数据处理的基本方法及使用的软件;起算点坐标的决定方法;闭合差检验及点位精度的评定指标。

7. 完成任务的措施

要求措施具体,方法可靠,能在实际工作中贯彻执行。

8.2.8 GPS 卫星可见性预报示例

在观测计划的制定时,应根据测区概略坐标和观测时日预报 GPS 卫星的可见性,以便选择有利的观测时机。

各类型 GPS 接收机的随机软件都有 GPS 卫星的可见性预报功能,只要输入测区的概略经纬度和观测时间,即可进行可见卫星的预报。图 8-10、图 8-11、图 8-12 所示分别为用 Ashtech 接收机随机软件 WinPrism 做出的 GPS 卫星与地面观测站(已知其经度 117 度、纬度 34 度和高程 30m)在 2004 年 10 月 26 日(北京时)卫星空间几何分布的 PDOP 值以及 12 点 45 分、15 点 30 分时的卫星空间分布方位图。从图 8-10 可以看出,在一天中,除 12 点至 13 点以及 17 点至

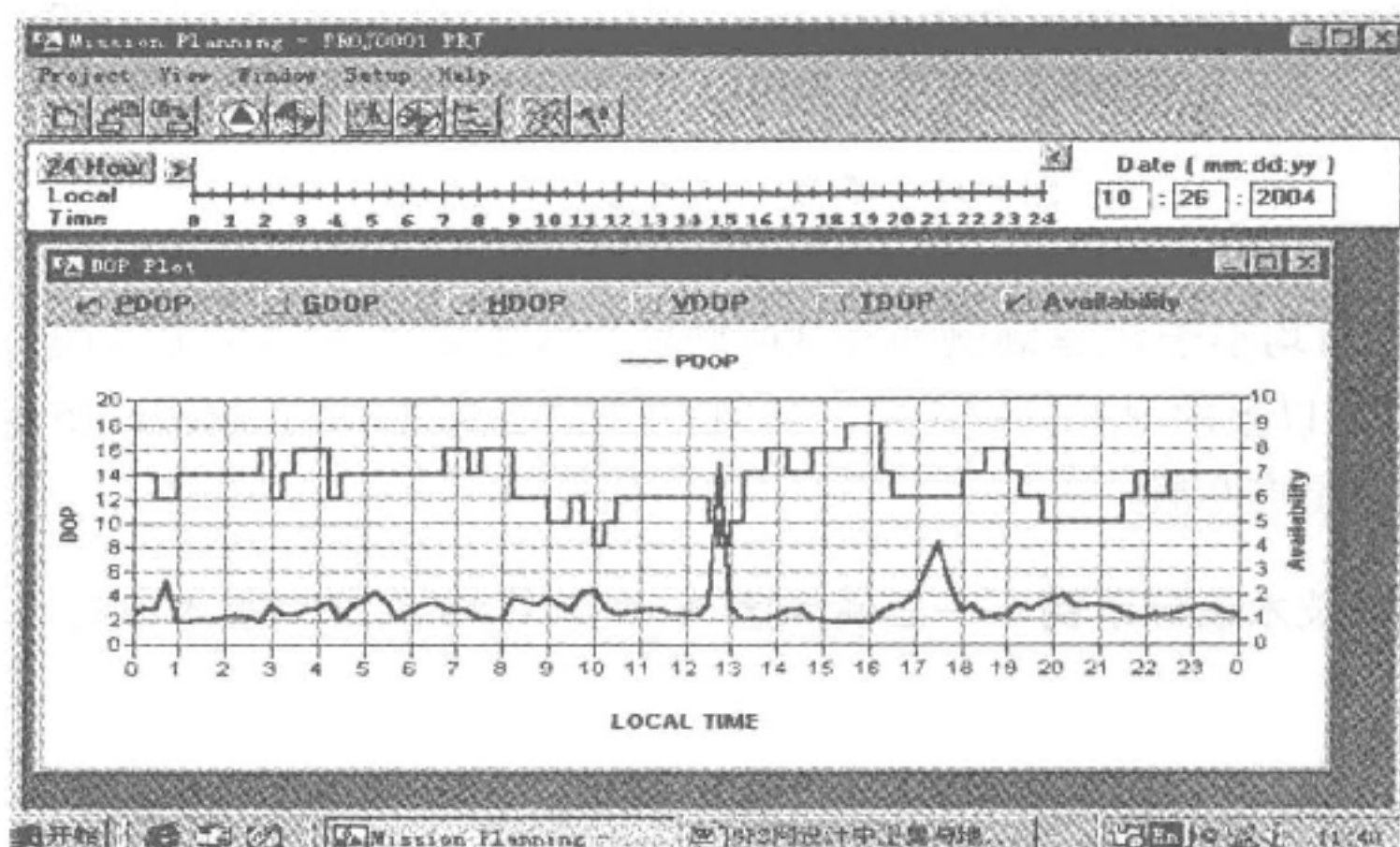


图 8-10 卫星空间几何分布的 PDOP 值

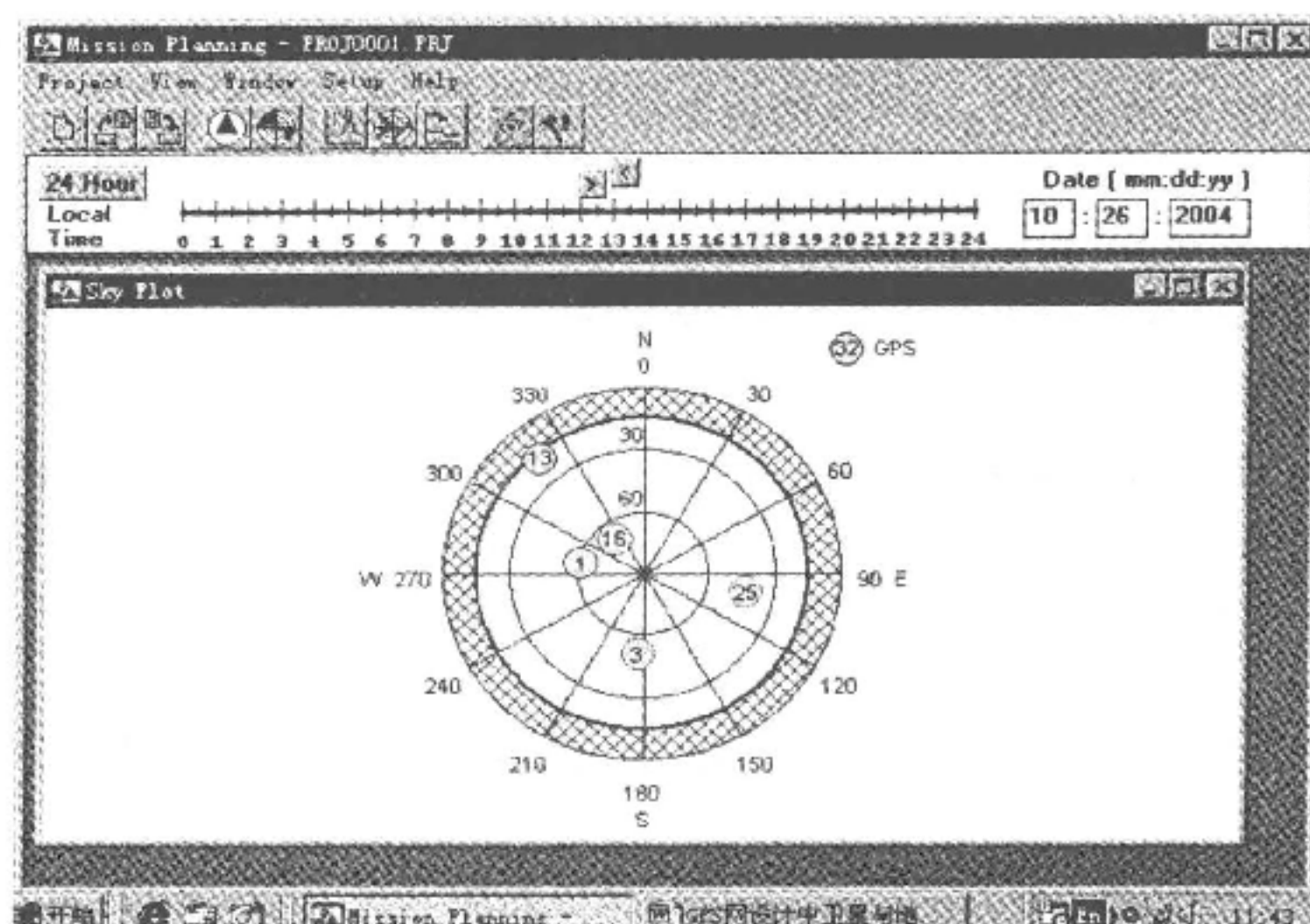


图 8-11 12 点 45 分可视卫星方位图

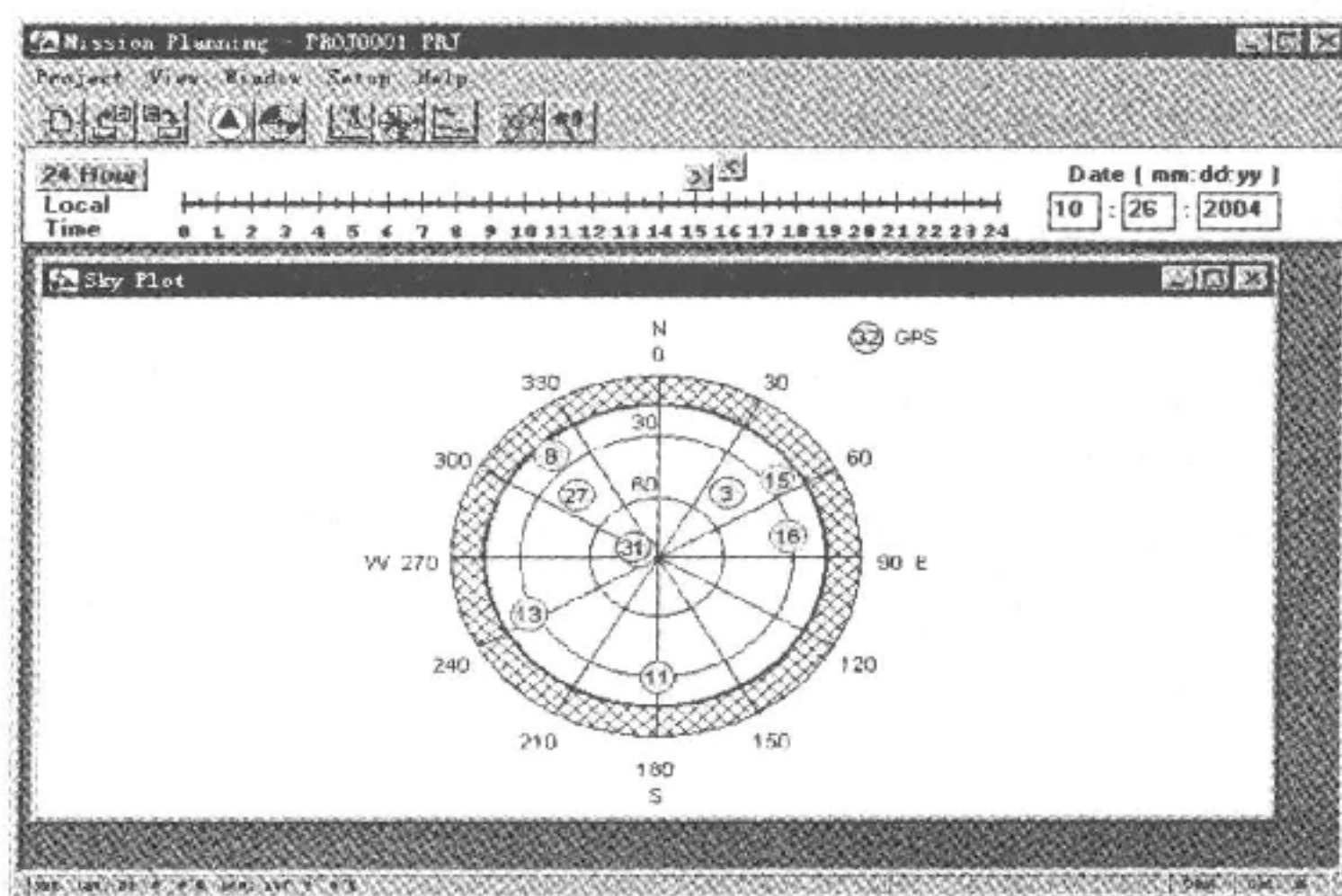


图 8-12 15 点 30 分可视卫星方位图

18 点以外,PDOP 值均小于 6,是观测的有利时间段。从图 8-11 的卫星方位图可看出,12 点 45 分时,地面高度 15° 以上的卫星只有 5 颗。从图 8-12 的卫星方位图可看出,15 点 30 分时,地面高度 15° 以上的卫星有 9 颗。

8.2.9 GPS 技术设计示例——三峡库区 A、B 级 GPS 网观测技术设计

1. 项目概要

1) 任务由来

2001 年 4 月,由三峡建委移民局和国土资源部组织专家评审并通过了国土资源部中国地质环境监测院编制的“长江三峡工程库区地质灾害监测预警工程建设规划”。据此,国土资源

部三峡地质灾害防治工作指挥部在《监测预警规划》的基础上,编制了“监测预警工程实施方案”。本技术设计就是依据“监测预警工程实施方案”中关于“库区全球卫星定位监测系统(GPS)建设与运行”的要求编写的。

2) 设计内容

三峡全库区 GPS 监测系统分三级布设,即全库区 GPS 控制网、全库区 GPS 基准网和 GPS 变形监测网。项目要求就 GPS 控制网、GPS 基准网的点位布设、数据采集、数据处理和经费预算等有关内容做出技术设计。

3) 设计依据

(1)“长江三峡库区地质灾害监测预警工程实施方案”,国土资源部三峡地质灾害防治工作指挥部,2001-12。

(2)《长江三峡库区崩滑地质灾害 GPS 监测研究报告》,国土资源部长江三峡地质灾害防治工作指挥部,1999-8。

(3)《全球定位系统(GPS)测量规范》,GB/T 18314 - 2001,国家质量技术监督局(以下简称 GPS 规范),2001-3。

(4)《测绘生产成本费用定额》,财政部、国家测绘局,2002-11。

2. GPS 网点布设

1) GPS 控制网

(1) GPS 控制网的作用

①为全库区地质灾害监测预警提供统一的坐标基准。

②为 GPS 基准网提供起算数据,为分析各滑坡体基准点的稳定性提供基准。

③与我国的 IGS 站联测,或与周围的地震监测网点联测,以便于分析全库区地壳形变、板块运动及进行地震预报。

④为全库区高精度要求的建设工程提供控制坐标。

⑤亦可为全库区水陆运输“智能交通管理系统”提供高精度的 WGS - 84 系地心坐标。

⑥对 GPS 控制网点稍加改造,可用作三峡库区差分 GPS 的基站。

⑦也可作为全库区 GPS 气象(预报降雨量)预报系统的基站。

(2) GPS 控制网点位布设

根据全库区(库岸总长为 5300km)不稳定库岸的实际情况,按精度、可靠性、经济性三个指标进行优化设计,共设 15 个 GPS 控制网点,如图 8-13 所示。

点位的点名应取村名、山名、地名或单位名,若用旧点时,应沿用原名。点位编号按 A-xx,从宜昌往重庆递增编号。

(3) GPS 控制网的选点

GPS 控制网点的点位应满足以下要求:

①点位地质条件好、稳定,易于长期保存。最好选在基岩上。

②点位四周高度角 10° 以上无成片障碍物,以保证 GPS 信号接收。

③点位离电台、电视台、微波中继站等强信号源的距离应大于 400m,离开高压线、变压器等干扰源的距离应大于 200m。

④点位周围无信号反射物(如建筑物、大片平静的水面、山坡等),以免产生多路径效应误差。

⑤能较好地解决交通、住宿、生活、供电等问题。

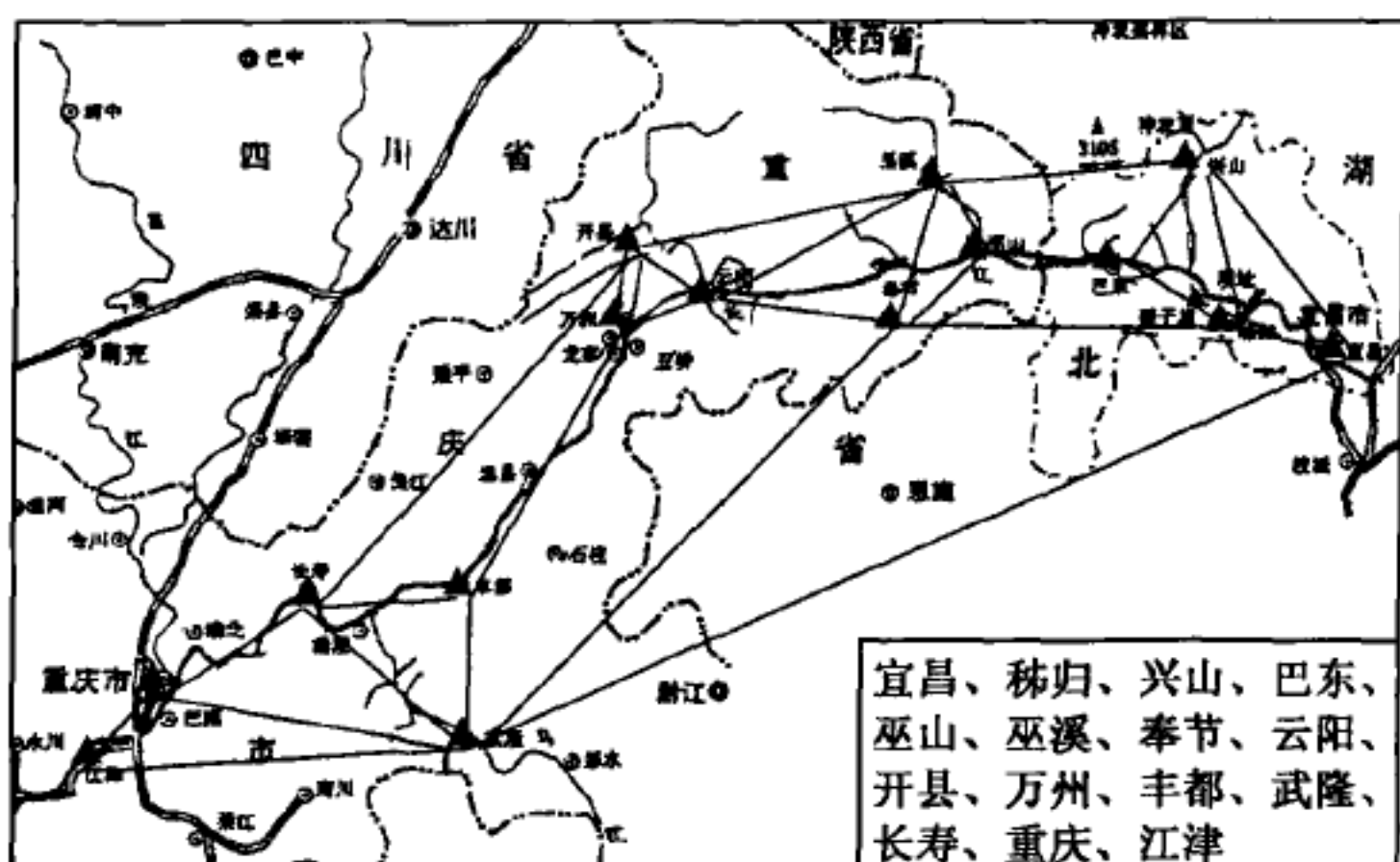


图 8-13 三峡库区 GPS 控制网布设示意图

选点结束后,应在实地绘制点之记,具体要求见《全球定位系统(GPS)测量规范》。

(4) GPS 控制网点观测墩的建造

所有 GPS 控制网点,都应建造 GPS 观测墩,观测墩的要求如下:

①GPS 观测墩设有强制对中装置,其结构如图 8-14 所示。

②观测墩用钢筋混凝土在点位上浇制(符合 GPS 规范要求),一般应与基岩相连。

③观测墩的顶部嵌有不锈钢或铜质的强制对中盘,连接孔应垂直对中,盘面直径不小于 250mm。

④观测墩的盘面应水平,最大偏差应小于 0.5mm。

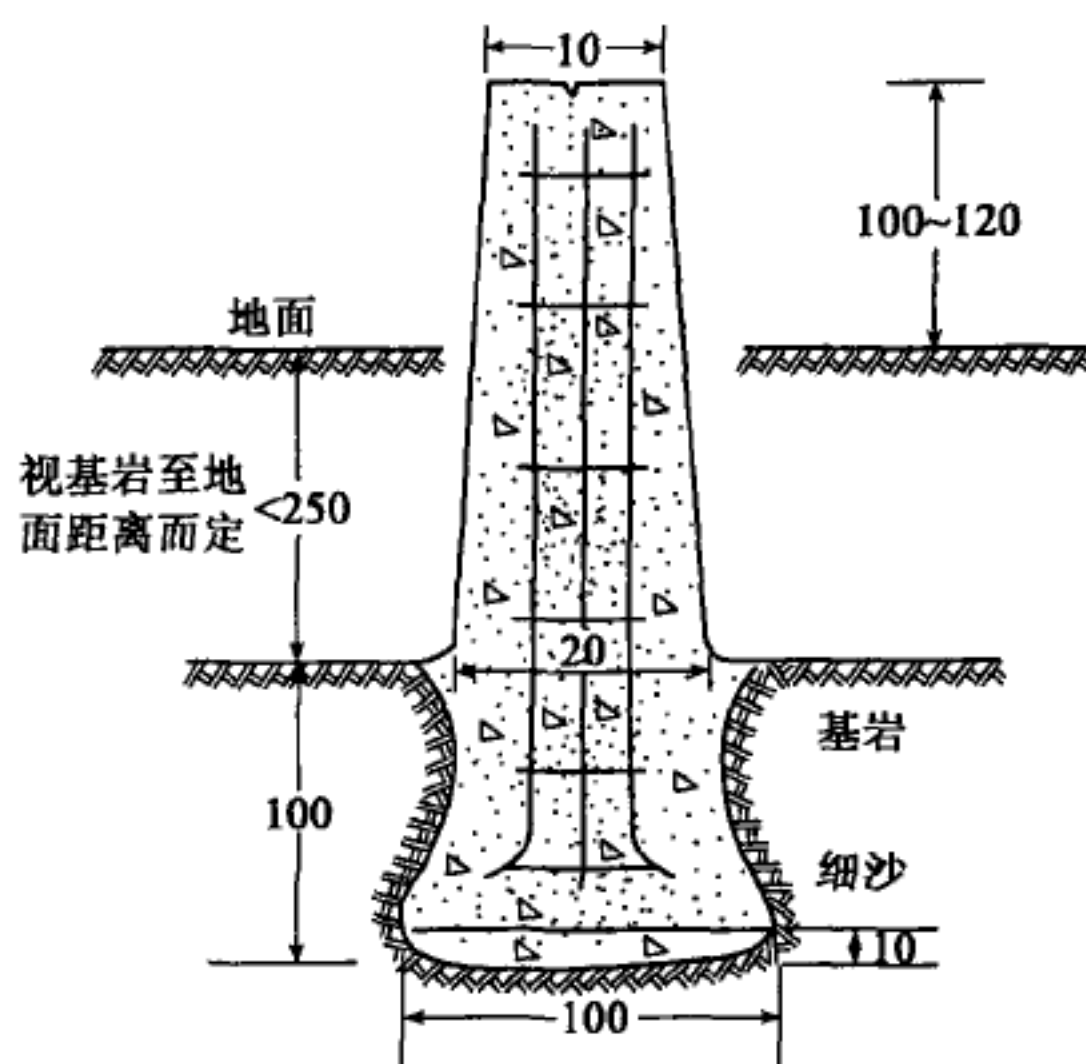


图 8-14 观测墩结构图

观测墩建好后,应办理测量标志委托保管书,一式两份。建在基岩上的观测墩应使其稳定

一个月后方可用于观测。不是在基岩上的观测墩应经过一个雨季后方可用于观测。

观测墩建好后,应与选点工作一起写出工作总结,并上交以下资料:填写埋石造墩后的点之记;测量标志委托保管书;选点、造墩工作总结。

2) GPS 基准网

(1) GPS 基准网的作用

①GPS 基准网点是滑坡体变形监测的基准。变形监测点是否有变形,就是相对基准点而言的。因此基准点的正确性、可靠性、稳定性至关重要。

②GPS 基准点也可三峡库区滑坡工程防治、库区工程建设、工程测量等工作提供控制坐标。

(2) GPS 基准网点位布设

根据每一个滑坡体的实际情况,在滑坡体的上部或左右两边布设 GPS 基准点,每一个滑坡体应有 2~3 个基准点,临近滑坡体的基准点可共用。基准点与监测点的距离一般应小于 3km,个别最远也不应超过 5km。将就近的滑坡体的基准点连在一起构成基准网。三峡全库区约有 200 多个基准点,为有利于工作,根据三峡库区滑坡体分布的情况,宜将这些基准网点分成四个基准网,即链子崖—巴东段基准网、巫山—云阳段基准网、万州—丰都段基准网、涪陵—重庆段基准网。

GPS 基准网点的点名也取村名、山名、地名或单位名,若用旧点时,应沿用原名。点位编号按 B-xxx,从宜昌往重庆递增编号。

(3) GPS 基准网的选点

GPS 基准网点的点位应满足以下要求:

①点位地质条件好、稳定,易于长期保存。点位一般选在离滑坡体 50~700m 的稳定岩体上。

②点位四周高度角 15° 以上,无成片障碍物,以保证 GPS 信号接收。

③其他要求同控制网点。

GPS 基准网点也均应建造 GPS 观测墩,其要求同控制网点。

3. 数据采集(外业观测)

1) GPS 控制网

(1) 对仪器设备的要求

A. GPS 接收机

①用于 GPS 控制网观测的 GPS 接收机必须是符合 GPS 规范要求的双频机,其标称精度应优于 $5\text{mm} \pm 1 \times 10^{-6}$ 。

②为便于观测、提高精度和可靠性,采用 15~17 台 Trimble 5700 GPS 接收机参加作业,使全网一次同步观测完成(包括联测的大地控制点)。

③GPS 天线的相位中心应稳定。参加作业的 GPS 接收机,均采用 choke ring 天线。

④对新购置的 GPS 接收机,应按 GPS 规范要求进行全面的检验,各项指标均符合要求后方可使用。凡经过检修或更换主要插件的接收机,以及受强烈撞击或更新天线与接收机匹配关系的接收机,均应同新购置接收机一样做全面检验。对原有的 GPS 接收机也应有当年的检验资料。

⑤天线及基座上的圆气泡及长气泡、光学对中器,天线高量尺,在作业前也应进行检校。

B. 气象仪器

GPS 观测时所用的干湿通风温度计、空盒气压计应有近三年的检校资料。

(2) 外业观测纲要

①GPS 控制网点应连续观测 24 ~ 30 个 h。

②采样间隔为 15s, 截止高度角为 15° 。

③白天每 2h 记录一次(晚上每 3h 记录一次)干温、湿温、气压等气象元素及天气状况, 如遇到突变天气, 应加测一次。气象仪器应挂在测站附近与天线相位中心大致等高处, 否则应加以修正。

④每站观测前、后各量取一次安置 GPS 天线的基座高, 基座高量取应在基座整平后进行。量取时以两个三角板配合在间隔 120° 的三处量取, 互差不超过 1mm 时取中数采用。当三处高的互差不小于 1mm 时, 应重新整平后再量取, 保证量取精度优于 $\pm 0.3\text{mm}$ 。根据 GPS 天线相位中心至天线底面中心螺旋面的高度(可从 GPS 天线说明书上查出), 加上基座高度即为 GPS 天线高。

⑤观测期间不得在天线附近 50m 范围内使用电台, 不得在 10m 范围内使用对讲机或手机。

⑥每点观测数据, 除存储在计算机硬盘外, 必须在软盘或光盘上备份。

⑦在整个 GPS 控制网范围内, 选 2 个国家大地控制点, 与 GPS 控制网点同步联测, 以便将 GPS 控制网点的坐标转换成 1954 年北京坐标系和 1980 年西安坐标系。

⑧其余有关规定参照 GPS 规范执行。

2) GPS 基准网

(1) 对 GPS 接收机的要求

①用于 GPS 基准网观测的 GPS 接收机必须是符合 GPS 规范要求的双频机, 其标称精度应优于 $5\text{mm} \pm 1 \times 10^{-6}$ 。

②为便于组织观测, 提高效益, 选用 16 台以上 Trimble 5700 双频 GPS 接收机参加作业。

③GPS 天线的相位中心应稳定, 采用 choke ring 天线。

④其他要求同控制网点观测要求。

(2) 外业观测纲要

①GPS 基准网点应连续观测 12 ~ 16h。

②采样间隔为 15s, 截止高度角为 15° 。

③因 GPS 基准网点间距离较近, 可以不测气象元素, 仅做天气状况记录。

④各 GPS 基准网观测时, 应就近与 2 ~ 3 个 GPS 控制网点一并观测, 以获取起算数据, 便于分析基准点的稳定性。

⑤其他要求同控制网点, 并按 GPS 规范的 B 级网要求执行。

4. 数据处理

1) GPS 控制网

(1) 数据处理纲要

①以云阳点为全网起算点。云阳点在 ITRF 参考框架中的坐标经与武汉、北京、上海、西安、拉萨、昆明等 GPS 跟踪站联测后解算出。

②基线解算采用 IGS 的精密星历, 采用 GAMIT/GLOBK 软件来进行数据处理。

③在计算时应顾及天线相位中心变化的事实,采用 IGS 提供的改正数表进行改正。接收机天线 L_1 、 L_2 相位中心偏差采用 GAMIT 软件的设定值。

④对流层折射改正,先根据标准大气模型(Saastamoinen)改正,采用分段线性的方法估算折射量偏差参数,每 4h 估计一个参数;再用实测的气象参数计算,当两者之差超出允许范围,就采用实测气象参数的结果。

⑤电离层折射采用 LC 观测值来消除。

⑥应顾及卫星钟差改正、接收机钟差改正和潮汐改正。

⑦GPS 控制网平差采用 Power ADJ 科研版。

⑧根据联测的国家大地控制点坐标,求出各个 GPS 控制点在 54 系和 80 系里的坐标。

(2) 基线解算质量检核

①同一时段观测值的数据剔除率 $\leq 10\%$

②由完全的独立基线构成的独立环,各独立环的坐标分量闭合差和全长闭合差应符合下式规定:

$$W_x \leq 2\sqrt{n}\sigma, W_y \leq 2\sqrt{n}\sigma, W_z \leq 2\sqrt{n}\sigma$$

(3) 预期精度

①云阳点精度优于 10cm(相对于 WGS-84 坐标系)。

②所有基线相对精度优于 0.5×10^{-7} (即 1/2 000 万)。

③全网最弱点的点位中误差优于 $\pm 3.4\text{mm}$ (相对于云阳点)。

④数据处理后,应写出技术总结,要求按 GPS 规范。

2) GPS 基准网

(1) 数据处理纲要

①基线解算用 IGS 的精密星历,在 ITRF 参考框架下采用 GAMIT 或 Bernese 软件。

②各 GPS 基准网平差计算采用 Power ADJ 科研版或商用版。

③视基线长度情况,参照控制网要求执行。

(2) 基线解算质量检核

①同一时段观测值的数据剔除率 $\leq 10\%$ 。

②各独立基线构成独立环的坐标分量闭合差和全长闭合差应符合下式规定:

$$W_x \leq 2\sqrt{n}\sigma, W_y \leq 2\sqrt{n}\sigma, W_z \leq 2\sqrt{n}\sigma$$

③复测基线的长度较差,不宜超过: $d_r \leq 2\sqrt{2}\sigma$

(3) 预期精度

①当基线长度 $< 3\text{km}$ 时,优于 3mm。

②当基线长度 $\geq 3\text{km}$ 时,优于 1/100 万。

③数据处理后,应写出技术总结,要求按 GPS 规范。

5. 上交资料

上交资料包括:

(1)数据采集的安排、组织、调度计划。

(2)外业原始记录(包括 GPS 手簿、气象参数手簿)。

(3)参加作业的 GPS 接收机及气象仪器的检测报告。

(4)各 GPS 控制点、GPS 基准点的基本信息(各控制点、基准点的点名及编号、代码等)。

(5)观测值的数量、数据剔除率等统计信息。

(6)联测的国家大地控制点资料。

(7)解算的同步基线向量(三维)、边长及精度。

(8)GPS 控制网和各 GPS 基准网的平差结果(包括:各基线向量改正;基线相对中误差;各点的三维空间直角坐标及精度;各点在 WGS-84 坐标系的大地坐标及精度;各点在 1954 年北京坐标系和 1980 年西安坐标系中的大地坐标、平面坐标及精度;各点误差椭圆参数等)。

(9)观测及数据处理的技术总结。

§ 8.3 GPS 测量的外业实施

GPS 测量外业实施包括 GPS 点的选埋、观测、数据传输及数据预处理等工作。

8.3.1 选点

由于 GPS 测量观测站之间不一定要求相互通视,而且网的图形结构也比较灵活,所以选点工作比常规控制测量的选点要简便。但由于点位的选择对于保证观测工作的顺利进行和保证测量结果的可靠性有着重要的意义,所以在选点工作开始前,除收集和了解有关测区的地理情况和原有测量控制点分布及标架、标型、标石完好状况,决定其适宜的点位外,选点工作还应遵守以下原则:

①点位应设在易于安装接收设备、视野开阔的较高点上。

②点位目标要显著,视场周围 15° 以上不应有障碍物,以减小 GPS 信号被遮挡或被障碍物吸收。

③点位应远离大功率无线电发射源(如电视台、微波站等),其距离不小于 200m;远离高压输电线和微波无线电信号传送通道,其距离不得小于 50m。以避免电磁场对 GPS 信号的干扰。

④点位附近不应有大面积水域或不应有强烈干扰卫星信号接收的物体,以减弱多路径效应的影响。

⑤点位应选在交通方便,有利于其他观测手段扩展与联测的地方。

⑥地面基础稳定,易于点的保存。

⑦选点人员应按技术设计进行踏勘,在实地按要求选定点位。当利用旧点时,应对旧点的稳定性、完好性,以及觇标是否安全、可用性进行检查,符合要求方可利用。

⑧网形应有利于同步观测边、点联结。

⑨当所选点位需要进行水准联测时,选点人员应实地踏勘水准路线,提出有关建议。

8.3.2 标志埋设

GPS 网点一般应埋设具有中心标志的标石,以精确标志点位,点的标石和标志必须稳定、坚固以利长久保存和利用。在基岩露头地区,也可直接在基岩上嵌入金属标志,详见《规范》。

每个点位标石埋设结束后,应按表 8-9 填写点之记并提交以下资料: