

导航型 GPS 在 1: 5 万地面磁测中的精度分析

霍成胜, 王成栋, 范长安, 孙王勇, 王俊祥, 蔡秉源

(青海省地质调查院, 青海 西宁 810012)

摘要:系统地探讨了导航型 GPS 观测参数测定的简易方法, 并通过绝对定位精确度和相对定位精确度试验研究, 发现导航型 GPS 定位中参数测定占主导地位, 认为设置正确的观测参数是提高导航型 GPS 单点定位精度的重要途径。

关键词:导航型 GPS; 地面磁测; 观测参数; 观测精度

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2008)03-0308-03

导航型 GPS 是一种体积小、携带方便、独立使用的全天候实时定位导航设备。它具有灵敏度高、存储量大、价廉、外部接口齐全等特点, 深受广大测绘工作者的青睐。手持 GPS 导航仪最近几年发展十分迅速, 且单点定位精度不断提高, 各地勘单位相继购买了不同类型的导航仪, 应用于地矿测绘工作, 尤其近年来在工程地质测绘以及中小比例尺填图中应用越来越广泛, 大大地增加了地质工作手段的科技含量。这里结合青海省地调院 2007 年应用导航型 GPS 进行 1: 5 万地面磁测的野外生产实例, 对在一定范围内采用导航型 GPS 导航仪进行单点定位所能达到的精度进行探讨。

1 观测参数的测定

此次工作采用导航型 GPS 是台湾生产的 GARMIN 72 导航仪, 为并行 12 通道接收机, 可同时跟踪 12 颗卫星, 用户可根据需要自定义坐标系, 其单点定位精度优于 15 m。该仪器有 5 个改正参数 DX 、 DY 、 DZ 、 DF 、 DA , 其中 DX 、 DY 、 DZ 为测区 WGS84 坐标系与 1954 北京坐标系之差, DA 为 WGS84 椭球体与 1954 北京坐标系椭球体的长半轴之差, 为 -108, DF 表示 GS84 椭球体与 1954 北京坐标系椭球体的偏心率之差, 为 +0.000 000 5, 该型号导航仪在一定的范围内, 采用一定的参数改正观测值时, 其野外单点定位精度优于 ± 10 m。

为了配合青海省祁连县野牛沟地区 1: 5 万矿调工作, 在 2 410 km² 的范围内开展了 1: 5 万高精度磁法测量 500 m × 100 m 的测网布置工作, 要求平面点位精度为小于 ± 15 m, 高程精度为小于 ± 10 m。

由于工期紧, 采用静态 GPS 测量, 在短期内难以完成此项目。根据项目精度要求和本单位的仪器设备情况, 实际工作中采用 8 台导航型 GARMIN 72 GPS 导航仪进行绝对定位的工作方法。开工前利用测区内具代表性的 6 个已知三角控制点对导航型 GPS 导航仪的参数进行测定。

(1) 先将导航型 GPS 内部的参数全部设为 0, 既 $DX=0$, $DY=0$, $DZ=0$, $DF=0$, $DA=0$, 用导航型 GPS 实地观测 6 个控制点坐标, 根据观测结果分别计算出纵坐标 X 和横坐标 Y 及高程 Z 的差值(确定了测区 WGS84 坐标系与 1954 北京坐标系之差), 取其平均数作为 DX 、 DY 、 DZ 的改正参数。

(2) 在已知点上将导航型 GPS 内部的参数 DX 、 DY 、 DZ 全部设为上述改正参数, DF 、 DA 设为相应的参数值, 即 $DA=-108$, $DF=+0.000\ 000\ 5$, 观测 6 个已知点坐标, 根据观测结果对 DX 、 DY 、 DZ 加入新的参数, 再利用导航仪观测已知点坐标, 根据结果对 DX 、 DY 、 DZ 重新进行修正, 直到仪器的观测值尽量与已知点成果接近时, 取其各点观测值与已知点坐标差值的平均数为 DX 、 DY 、 DZ 的参数。表 1 中 $\Delta X=18$ m, $\Delta Y=125$ m, $\Delta Z=42$ m, 将这 3 个值设置于导航型 GPS 内, 既 $DX=18$, $DY=125$, $DZ=42$, 然后用导航仪进行测网的平面坐标采集。

2 绝对定位准确度试验

导航型 GPS 绝对定位的准确度指测量结果与其真实位置符合程度。在经过观测参数设置后, 采用导线测量的方法, 对表 1 中各点按一级导线测量的要求测得其坐标(实用中可使用的工作地形图中

表 1 导航型 GPS 观测参数的确定 m

点号	已知点坐标			观测坐标			ΔX	ΔY	ΔZ
	X	Y	Z	X	Y	Z			
G03	271884.33	385412.36	4172.4	271867	385287	4131	17.3	125.4	41.4
G05	254052.38	382285.9	3946.2	254030	382161	3904	22.4	124.9	42.2
G01	252657.74	393343.4	4478.3	252638	393220	4439	19.7	123.4	39.3
G06	285415.8	378885.49	4274.6	285399	378763	4230	16.8	122.5	44.6
G11	283327.7	392652.62	3856.1	283306	392525	3814	19.7	127.6	42.1
G13	279348.44	365098.84	4012.4	279335	364973	3971	13.4	125.8	41.4
平均数							18.2	125	41.8

的控制点、图中的山头、道路交叉点等明显地物点在图上内插的坐标为控制),其点位误差相对于导航型 GPS 的定位误差可忽略不计,故称其为坐标真值,则观测误差与其差值可认为是真误差 Δ 。

按公式 $m = \sqrt{\Delta\Delta/2n}$ (n 为测点数) 算出 3 种不同观测时长的绝对定位精度列于表 2。

表 2 外符合精度 m

定位模式	m_x	m_y	m_z
实时定位	12.6	15.9	11.9
5 min 定位	3.8	4.9	4.8
10 min 定位	3.0	4.3	3.7

表 2 说明,就绝对定位而言,实时定位精度比定位时长为 5 min 和 10 min 的精度低一个数量级,而定位时长 5 min 定位的精度与 10 min 定位的精度相同。

3 相对定位精度试验

由于距离测量是通过两端点的坐标计算而获得,在此将距离测量称之为相对定位,因此导航型 GPS 相对定位精度也即距离测量精度。在试验中采用了同步相对定位和异步相对定位 2 种方法。同步相对定位指计算距离的两端点坐标为同步观测值,异步相对定位指计算距离的两端点坐标为异步观测值。观测结果见表 3。

表 3 相对定位精度 km

不同历元相对定位距离		相同历元相对定位距离
第 1 对点	10.38	10.13
第 2 对点	10.42	10.10
第 3 对点	10.25	10.14
第 4 对点	10.11	

表 4 导航型 GPS 单点定位精度较差 m

序号	点号	已知点坐标			观测坐标			ΔX	ΔY	ΔZ
		X	Y	Z	X	Y	Z			
1	G01	104.7	463.7	113.2	101	465	110	3.7	-1.3	3.2
2	G02	054.8	661.6	423.3	052	660	419	2.8	1.6	4.3
3	G03	018.4	417.7	119.5	016	416	117	2.4	1.7	2.5
4	G04	641.2	344.1	263.1	639	344	265	2.2	0.1	-1.9
5	G05	027.3	894.9	207.8	025	894	203	2.3	0.9	4.8
6	G06	827.8	821.3	421.9	828	826	425	-0.1	-4.7	-3.1
7	G07	448.7	135.1	387.4	447	136	384	1.7	-0.9	3.4
8	G08	290.8	048.5	190.5	293	047	190	-2.2	1.5	0.5
9	G09	538.3	376.2	156.4	541	377	152.4	-2.7	-0.8	4.0
10	G10	256.3	449.8	113.9	256	447	111.3	0.3	2.9	2.6
11	G11	921.5	529.8	238.4	923	524	233.8	-1.5	-4.2	3.6
12	G12	513.8	888.0	365.7	513	892	361.2	0.8	-4.0	4.5
13	G13	934.7	255.2	187.2	930	255	190.4	4.7	0.2	-3.2
14	G14	182.0	385.5	549.0	182	389	545.6	0.0	-3.5	3.4
15	G15	954.4	203.9	487.2	954	201	482.7	0.4	2.9	4.5
16	G22	874.0	456.5	326.1	876	457	323.0	-2.0	-0.5	3.1
17	G32	236.9	727.9	622.8	238	723	620.5	-1.1	4.9	2.3
18	G41	226.4	721.8	878.4	225	717	874.1	1.4	4.8	4.1
19	G51	188.4	696.6	367.5	187	696	362.9	1.4	0.6	4.6
20	G61	763.2	423.0	842.6	765	426	840.1	-1.8	-2.9	2.5
21	ZP101	428.2	653.1	632.7	427	656	631.5	1.2	-2.9	1.2
22	ZP111	533.5	698.7	886.1	530	702	883.4	3.5	-3.3	2.7
23	ZP121	164.4	340.8	248.7	163	340	244.1	1.4	0.8	4.6
24	ZP132	119.2	732.3	336.2	118	736	332.6	1.2	-3.7	3.6
25	ZP141	710.2	799.0	921.0	706	799	923.4	4.2	0.0	2.4
26	ZP151	362.9	870.2	017.2	365	871	012.8	-2.1	-0.8	4.4
27	ZP011	223.6	334.8	332.6	220	338	330.6	3.6	-3.2	2.0
28	ZP022	253.1	743.2	084.2	255	739	081.1	-1.9	4.2	3.1
29	ZP031	840.6	807.0	408.7	842	807	404.1	-1.4	0.0	4.6
30	ZP041	719.0	260.8	919.4	717	265	915.6	2.0	-4.2	3.8
31	ZP052	686.2	708.2	868.5	686	708	864.6	0.2	0.7	3.9
32	ZP062	685.1	034.3	095.2	688	032	092.6	-2.9	2.3	2.6
33	ZP071	583.5	907.6	587.1	581	911	583.8	2.5	-3.4	3.1

这 4 段距离的实际长度都是 10 km。由表 3 不难看出,同步距离测量要比异步距离测量结果稳定且精度高,这是因为 2 台接收机在同一时段内观测了相同的一组卫星,它们的观测值相关性较高,即包含有部分相同的误差。通过坐标差分,有效地消除和削弱了卫星钟差、电离层、对流层对测距的影响及卫星星历误差,从而提高了精度。

4 单点定位精度

为了保证成果的可靠性,我们在已知坐标点上进行了 33 个重复测量,其值见表 4,为了计算方便,表中只列出了坐标的后 3 位值。在野外采集过程中,导航仪在测点上的采集时间均大于 5 min。

由表 4 可知,对导航型 GPS 设置正确的观测参数,单点定位精度 X 坐标最大值为 4.7 m, Y 坐标最大值为 4.9 m,平面位移 S 最大值为 6.8 m,高程最大值为 4.8 m,均满足 1:5 万高精度磁法测量设计精度。

5 结论

(1)定位时长应大于 5 min 才能保证有稳定的观测结果。实时定位稳定度在 14 m 左右,5 min 的定位稳定度在 5 m 左右,10 min 的定位稳定度在 4 m 左右。

(2)单点绝对定位中含有不可忽略的系统误差,该系统误差可以在工作区内通过有限的控制点予以修正。

(3)通过观测参数的设置,定位时长大于 5 min 时,单点绝对定位精度完全满足 1:5 万地面磁法测量的设计要求。

(4)进行距离测量时,最好采用 2 台仪器同步观测,其差分距离计算能有效地削弱卫星钟差、卫星星历误差、电离层及对流层对测距的影响,从而提高定位精度。

参考文献:

- [1] 徐绍铨,张华海,杨志强,等. GPS 测量原理及应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2001.
- [2] 林诗鹏. 地质工程测量[M]. 北京:地质出版社,1980.
- [3] 胡明城,鲁福. 现代大地测量学(下)[M]. 北京:地质出版社,1994.
- [4] CH 2001-92,全球定位系统(GPS)测量规范[S]. 北京:地质出版社,2001.
- [5] 刘大杰. 全球定位系统的原理与数据处理[M]. 上海:同济大学出版社,1996.
- [6] 高建东,雷郁文. 利用后差分技术提高手持 GPS 的定位精度[J]. 物探与化探,2006,30(5):446.
- [7] 刘述敏,丁志江,常和平,等. 手持 GPS 定位精度及其在物化探测网布设中的应用[J]. 物探与化探,2005,29(6):545.

PRECISION ANALYSIS OF NAVIGATION-BASED GPS IN 1: 50 000 GROUND MAGNETIC SURVEY

HUO Cheng-sheng, WANG Cheng-dong, FAN Chang-an, SUN Wang-yong, WANG Jun-xiang, CAI Bin-yuan

(Qinghai Institute of Geological Survey, Xining 810012, China)

Abstract: This paper has systematically discussed an easy way to determine observation parameters of navigation-based GPS and, through test and research on absolute position precision and relative position precision, discovered the fact that the observation parameter determination plays a leading role in navigation-based GPS positioning. It is considered that the setting up of correct observation parameters seems to be an important means for precision improvement of navigation-based GPS single point positioning.

Key words: navigation-based GPS; ground magnetic survey; observation parameter; precision

作者简介: 霍成胜(1967-),男,测绘工程师,项目负责。1989年毕业于西安地质学院测量系,现从事青藏高原高精度磁法测量研究工作,已发表相关论文数篇。