

在矿区水文地质调查中应用手持 GPS 接收机

李石桥, 吴德仕, 沈睿文

(武警黄金第十二支队, 四川 成都 610036)

摘要: 为提高手持 GPS 接收机在矿区水文地质调查中的点位定位精度, 在不同地段选择 6 个测量已知控制点进行参数测定, 在每个点上要求搜索到 4 颗以上卫星信号, 定位时间 5 min 以上。对投影方式及比例参数设定后, 再利用矿区不同的测量已知点与手持 GPS 接收机测量点坐标进行对比。测量成果的可靠性和精确性取决于接收机、处理软件、所测卫星的图形强度和观测环境。经参数校准后, 手持式 GPS 接收机单点定位精度优于 ± 5 m, 可满足矿区 1:1 万及更小比例尺水文地质调查对工程点位的精度要求。

关键词: GPS 接收机; 水文地质; 改正参数; 甘肃

中图分类号: P228.4

文献标识码: A 文章编号: 1006-558X (2004) 03-0068-04

全球定位系统 (GPS: Global Positioning System) 是一种利用人造地球卫星进行点位测量的导航技术, 它利用接收机收到 GPS 卫星 (一般接收 3~4 颗, 多则 8 颗以上) 发出的数据, 通过信号处理, 得到接收机的位置坐标 (经纬度, 高度)、速度、方向等状态数据并直接显示在屏幕上, 使用者可以直观地知道自己的位置^[1]。自 2000 年 5 月 1 日美国关闭 SA 干扰信号后, 民用 GPS 的定位精度得到很大提高, 尤其随着 3 S (GPS, GIS, RS) 技术的发展, 民用 GPS 应用越来越广泛。目前手持 GPS 接收机定位精度能达到 ± 5 m, 这已经能满足 1:1 万或更小比例尺水文地质调查对工程点位的精度需要。

阳山金矿区属高中山区, 在进行矿区水文地质调查工作时, 不可能对每个调查点都用测量仪器进行专门的测量, 而用罗盘进行三点定位效果也不理想, 为提高调查点点位观测精度, 自 2001 年起, 笔者在矿区水文地质调查工作中使用美国 Magellan 公司生产

的手持 GPS 315 接收机, 通过对各项参数改正设定, 提高了该接收机的定位精度。

1 参数的设置及校准

1.1 参数设置

主要对手持 GPS 接收机的投影方式、参考椭球体参数和坐标显示格式进行设置和校准。GPS 卫星星历以 WGS-84 坐标系为根据建立, 坐标格式为十进制或度分秒。我国目前应用的地形图属于横轴等角切 (椭圆) 圆柱投影, 1980 国家大地坐标系 (西安坐标系), 不同坐标系之间存在平移或旋转关系^[2]。为了对手持 GPS 接收机参数进行设置, 将坐标格式定为自定义 (User Grid), 同时输入 3 度带中央子午线、东偏 500 km、采用横轴墨卡托投影方式 (TRANS MERC), 比例参数 (Scale factor) 取 0.999 997 等^[3~4]。这样手持 GPS 接收机显示坐标与现行地形图坐标一致。

1.2 参数校准

在矿区不同地段选择 6 个测量已知控制点，对手持 GPS 接收机进行参数测定，为保证参数的准确性，在每个点上观测时要求搜索到 4 颗以上卫星信号，定位时间 5 min 以上，然后根据已知控制点坐标值和实测值之差（表 1），求出测区范围内大地坐标系

中三维坐标与手持 GPS 接收机观测值的 X ， Y ， Z 改正值，利用该值对手持 GPS 接收机进行校准，以提高观测精度。由于 GPS 高程是相对于 WGS - 84 椭球的大地高程，而我国的控制点是大地水准高程，两者之间存在高程异常，在野外工作中对高程精度没有要求，因此高程不在本次探讨之列。

表 1 手持 GPS 接收机坐标观测参数的确定

点号	已知点坐标/m		手持 GPS 接收机坐标/m		$\Delta X/m$	$\Delta Y/m$	$\Delta = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$
	X	Y	X	Y			
K8	658 672.44	466 805.52	658 672	466 916	0.44	- 110.48	110.5
K13	658 422.73	467 570.12	658 424	467 681	- 1.27	- 110.88	110.9
K15	658 442.28	468 217.33	658 443	468 327	- 0.72	- 109.67	109.7
K20	658 711.66	468 794.86	658 710	468 907	1.66	- 112.14	112.2
K22	659 226.86	469 113.53	659 226	469 225	0.86	- 111.47	111.5
K26	658 893.14	469 696.67	658 894	469 809	- 0.86	- 112.33	112.3
平均					0	- 111	111

ΔX —已知点坐标与实测坐标在 X 轴上的偏差； ΔY —已知点坐标与实测坐标在 Y 轴上的偏差； Δ —测点与已知点距离。

2 参数验证及精度分析

2.1 参数验证

为了对所取得的参数进行验证，从测量已知点（所有点由专业测量人员利用静态 GPS 结合全站仪进行测定）中随机选择点位，首先用手持 GPS 接收机进行测定，全部测定后与测量数据进行校差（表 2）。从表 2 中可以看出点位误差在 4 ~ 5 m 之间的点有 4 个，占总点数的 16%；3 ~ 4 m 的 2 个，占 8%；0 ~ 3 m 的 19 个，占 76 %。所有点位数据平均误差为 2.48 m，标准偏差（ δn ）为 1.23，即误差在 1.25 ~ 3.71 m 之间，精度符合要求。

2.2 定位原理及精度分析

GPS 定位的基本原理是利用测距交会确定点位（图 1）。当接收到 1 颗卫星信号时能确定卫星到 GPS 接收机的距离，但不能确定具体位置，接收到第 2 颗时能确定可能

位置，接收到第 3 颗卫星信号后，根据距离计算可基本定位，第 4 颗卫星用于确定接收机的具体位置。因此，接收到多于 4 颗的卫星信号时，可优选 4 颗卫星计算具体位置，从而提高观测精度。

手持 GPS 接收机点位测量的可靠性和精确性取决于四大因素：接收机、处理软件、所测卫星的图形强度和观测环境，而观测环境常常是主要误差源^[5]。因此，首先必须减少人为误差，GPS 基本原理要求 4 颗卫星才能准确定位，卫星越多，计算越准确。第 2，延长观测时间，当观测到一定时间，GPS 接收机可使难以模拟的各种系统误差（电离层、对流层等）减少到最小，从而提高观测精度。第 3，尽可能正确地校准 GPS 接收机各项参数，由于 GPS 以 WGS - 84 坐标为基础，与现行坐标存在平移或旋转关系，只有正确校准各参数，才能保证 GPS 接收机读数与现行地图一致。

表 2 已知点坐标与参数校准后手持 GPS 接收机坐标对比

序号	点号	已知点坐标/m		手持 GPS 接收机坐标/m		$\Delta X/m$	$\Delta Y/m$	$\Delta = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$
		X	Y	X	Y			
1	CL8	658 672.44	466 805.52	658 672	466 805	0.44	0.52	0.7
2	K228	658 227.58	466 899.91	658 229	466 901	- 1.42	- 1.09	1.8
3	K188	658 281.38	467 096.03	658 284	467 096	- 2.62	0.03	2.6
4	K148	658 324.00	467 291.74	658 324	467 294	0	- 2.26	2.3
5	K616	658 289.87	467 744.39	658 292	467 745	- 2.13	- 0.61	2.2
6	K91	658 023.62	468 729.51	658 024	468 727	- 0.38	2.51	2.5
7	K93	657 984.41	468 748.44	657 987	468 748	- 2.59	0.44	2.6
8	K111	658 017.07	468 834.54	658 019	468 836	- 1.93	- 1.46	2.4
9	K139	657 897.65	469 001.26	657 900	469 000	- 2.35	1.26	2.7
10	K171	657 978.64	469 182.45	657 980	469 184	- 1.36	- 1.55	2.1
11	K217	657 968.76	469 403.61	657 968	469 404	0.76	- 0.39	0.9
12	K94	658 573.20	468 485.34	658 576	468 486	- 2.80	- 0.66	2.9
13	P13	660 356.79	474 617.10	660 360	474 614	- 3.21	3.10	4.5
14	S7	659 431.08	473 007.70	659 427	473 006	4.08	1.70	4.4
15	S6	659 410.22	472 727.41	659 409	472 728	1.22	- 0.59	1.4
16	CL61	660 421.38	474 530.77	660 420	474 531	1.38	- 0.23	1.4
17	CL60	660 605.09	474 696.25	660 604	474 697	1.09	- 0.75	1.3
18	S22	660 553.58	474 861.69	660 552	474 857	1.58	4.69	4.9
19	S21	660 338.76	474 499.22	660 342	474 497	- 3.24	2.22	3.9
20	S23	660 584.73	475 348.96	660 583	475 347	1.73	1.96	2.6
21	C203	660 312.21	472 805.93	660 312	472 805	0.21	0.93	1.0
22	K18	658 332.08	468 160.04	658 333	468 161	- 0.92	- 0.96	1.3
23	K12	658 488.21	468 090.65	658 488	468 092	0.21	- 1.35	1.4
24	K58	658 438.88	468 333.78	658 438	468 337	0.88	- 3.22	3.3
25	S5	658 042.40	468 765.53	658 046	468 769	- 3.60	- 3.47	5.0

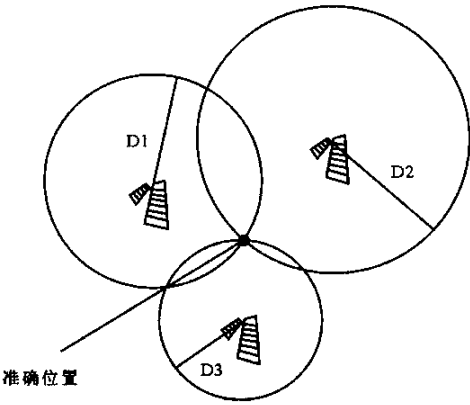


图 1 测距交会定位示意图

3 应用

阳山金矿区采用国家大地坐标系（西安坐标系），测量工作与国家控制点连测，资

料较齐全，为手持 GPS 接收机的应用提供了较好的保证。进行 1:1 万水文地质调查时，在利用罗盘及地形地物定点不理想的情况下，为提高测点点位精度，选用手持 GPS 315接收机进行测量定点。利用前述方法对比例系数及各参数进行设定：采用横轴墨卡托投影，直角坐标比例系数取 0.999 997, 偏离 X 轴为 0，偏离 Y 轴为 - 111。阳山矿区沟壑发育，在利用手持 GPS 接收机进行 1:1 万 20 km² 水文地质调查时，为保证定位精度，先在点位上做文字描述、记录，做标记及其他观测工作，最后记录坐标数据时手持 GPS 接收机一般已经定位 5 min 以上。全部调查工作完成后，对重要水点再利用专门仪器测量进行再次验证，手持 GPS 接收机所测点位误差在允许范围之内。利用该法测定的水文地质图已作为“甘肃省



文县阳山金矿带 305 号脉群金矿普查报告”附图，其精度得到有关专家的认定。

手持 GPS 接收机信号好，性能稳定，单点定位精度控制到 ± 5 m，能完全满足矿区水文地质工作的需要。通过对不同型号手持 GPS 接收机利用该参数进行验证，各观测点数据吻合较好，单点定位精度能满足其他地质工作需要。这对于地形地物参照性不明显的矿区填图工作或其他地质工作提供了借鉴经验。

4 结 论

1) 通过对不同参数的调校以及在矿区水文地质调查中的应用，证明手持 GPS 接收机能较好地解决不同地形及艰险条件下地质填图中点位定位精度问题，从而满足矿区工作的需要。

2) 由于条件限制，仅选用 25 个不同点对手持 GPS 接收机进行检验，其方法及数据有一定的局限性。通过检验发现，GPS 在山坡、山顶等开阔地带定位精度高，误差一

般在 ± 3 m 以内，在沟谷或陡崖下定位时间较长，且误差会达到 ± 5 m，甚至更高。因此延长定位时间，消除一些不可预计的误差，可以提高定位精度。

3) 本研究主要在矿区 EW 近 20 km 范围内，因此数据吻合较好，如在较大范围应用，其误差有可能超过 ± 5 m，必须对比比例系数及 X ， Y ， Z 偏离值进行重新修正设置。

成文后得到马自遴先生的阅改，谨此致谢。

参考文献：

- [1] 郭志强. GPS 监控系统以及 GIS 在监控系统中的应用 [J]. 测绘通报, 2003, (5): 38-41.
- [2] 冯治汉, 叶得金. 化探野外工作中 GPS 和 GIS 的应用 [J]. 地质与勘探, 2002, 38 (2): 75-77.
- [3] 李胜乐, 陆远忠, 车时. MapInfo 地理信息系统二次开发实例 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [4] 邬伦, 刘瑜, 张晶, 等. 地理信息系统——原理、方法和应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [5] 谢世杰, 种绍龙, 袁铭. 论 GPS 测量中的多径误差 [J]. 测绘通报, 2003, (5): 1-5.

Use GPS receiver in hydrogeologic investigation of gold mining area

LI Shi-qiao, WU De-shi, SHEN Rui-wen

(No.12 Gold Geological Party of CAPF, Chengdu 610036, Sichuan, China)

Abstract: To improve the point orientation precision of GPS receiver in hydrogeologic investigation of gold mining area, 6 known survey control points are selected to parameter test, over 4 satellite signals should be hunted out at every control point and the orientation time is not less 5 min. Contract the coordinate between different known survey points in mining area and the survey points by GPS receiver after establish the projection mode and scale parameter. The reliability and precision of the survey result depend on the receiver, software and the graphic intensity and observe circumstance of the satellite. After parameter correction, the point orientation precision of GPS receiver is within ± 5 m and could satisfied the engineering drop precision require of 1:10 000 or smaller scale hydrogeologic investigation.

Key words: GPS receiver; hydrogeology; correct parameter; Gansu