

# 静态 GPS 在角峪铁矿普查控制测量中的应用

王文祥<sup>1</sup>,袁国霞<sup>2</sup>,魏善明<sup>1</sup>,马庆伟<sup>1</sup>

(1. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014; 2. 山东省地质测绘院, 山东 济南 250013)

**摘要:**角峪铁矿普查项目采用现代大地测量的方法,利用已知的3个D级GPS点,以E级GPS控制网作为测区首级控制网,选用6个E级点构成骨架网,按照GPS网的效率、可靠性、精度,进行优化设计。在四等水准点的基础上,高程测量采用GPS拟合高程的方法。结果表明,应用此方法构造的E级控制网,精度完全符合矿区普查的需要。

**关键词:**地质勘查;控制测量;GPS控制网;静态GPS

**中图分类号:**P228.42

**文献标识码:**B

## 0 引言

地质勘查工程控制测量包括基本控制测量和图根控制测量,分为平面控制测量和高程控制测量,常用的方法有GPS测量、导线测量、几何水准测量、光电测距(EDM)三角高程测量等,是地质勘查工程测量中的首要工作,也是工程点精度和地形图精度得以满足的基础,因此必须精心设计、严格要求。

GPS静态定位是指如果待定点相对于周围的固定点没有可觉察到的运动,或者虽然有可觉察到的运动,但这种运动较缓慢,从而使得在每次进行GPS观测资料的处理时,待测点在协议地球坐标系中的位置可以认为是固定不变的(静态)<sup>[1,2]</sup>。采用GPS静态定位技术进行矿山测量,具有精度高、灵活性强、工作效率高等特点<sup>[3]</sup>。为满足泰安市角峪铁矿普查的需要,受莱芜市金地采掘工程有限公司的委托,山东省地矿工程勘察院于2011年年初顺利完成了矿区E级GPS控制网的施测任务。

## 1 测区概况

测区位于泰安市岱岳区角峪镇南偏东,呈不规则长方形分布,东西最长约3.8 km,南北最长约2.3 km,总面积为7.1 km<sup>2</sup>,测区为丘陵地区,沟壑、陡坎较多,覆盖的村庄包括:角峪东村、南角峪村、柴

庄、东岳村及东岳新村,要求平面控制点点位中误差小于5 cm。基本控制测量以国家D级GPS点为起算点,按E级GPS点平均2.0个/km<sup>2</sup>的密度要求,同时考虑实际工作需要,本着尽量减少图根控制测量的要求,布设E级GPS网。高程控制测量采用1985国家高程基准,在四等水准点的基础上,用GPS拟合高程的方法进行,采用严密平差计算。

## 2 GPS网布测

### 2.1 GPS网设计

根据测区实际情况,利用莱芜市国土资源局提供的3个D级GPS点为平面控制的起始点:分别为D115青沙沟、D110圣井、D104茂盛塘,坐标为1980西安坐标系,高程为1985国家高程基准。经RTK检测平面精度在2 cm之内,高程精度在5 cm之内。布设一个由9点组成的扩展E级GPS控制网(其中新埋设控制点6点),E级GPS控制点按新编GPS点编号,即:EJ01,EJ02……EJ06。GPS精度指标不低于表1中要求<sup>[4]</sup>。

表1 GPS精度指标

级别	相邻点基线分量中误差		相邻点间平均距离/km
	水平分量/mm	垂直分量/mm	
E	20	40	3

GPS网最长边5.99 km,最短边1.93 km,平均

收稿日期:2012-12-24;修订日期:2013-03-06;编辑:曹丽丽

作者简介:王文祥(1962—),男,山东平阴人,工程师,主要从事地质工程测量工作;E-mail:wenxiang801@126.com。

边长 3.24 km。每个 GPS 点需要至少与 3 个点相连,保证有 3 条基线通过<sup>[5]</sup>,高程控制采用静态 GPS 拟合高程,如图 1 所示:

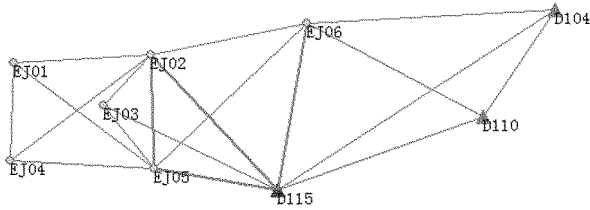


图 1 GPS 控制网

## 2.2 选点和埋石

在测区内及周边均匀分布 5 个 E 级 GPS 点: EJ01~EJ05,由于起始点 D104 距测区较远,考虑到网形结构在测区东部布设一过渡点 EJ06。由于 GPS 受信号、气象的影响较大,为确保控制精度和利用价值,选点时满足以下要求: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,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),其距离大于 200 m;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 50 m。以避免电磁场对 GPS 信号的干扰;选点的同时要做好点之记,该次测区 E 级 GPS 点采用埋石或钢钉,用红油漆填写点号(如:EJ01)。

## 2.3 GPS 外业观测

采用 4 台三鼎 T20RTK 双频接收机进行静态测量,静态平面精度±3 mm+1 ppm;静态高程精度±5 mm+1 ppm。测量技术要求为卫星截止高度角≥15°;同时观测有效卫星数≥4;时段中任一卫星有效观测时间(min)≥15;时间长度(min)≥40;数据采集间隔(S)5~15,点位的几何图形强度因子(PDOP)≤6;有效观测卫星数≥4 颗,观测时段数≥1.6。

## 2.4 数据处理

### 2.4.1 基线解算

基线解算采用三鼎 GPS 接收机随机软件基线处理与平差软件-南方 GPSADJ,首先设置坐标系统和控制网等级、基线的剔除方式,在数据录入里面增加观测数据文件,然后在观测数据文件中修改量取得天线高。在基线解算中点击全部解算,软件就会自动解算基线,显示为红色表明基线解算合格,解算不合格会显示为灰白色,在基线简表窗口中查看解

算的结果,在对话框中调整高度截止角和历元间隔后解算,直至合格为止,共有基线 19 条参与解算。

### 2.4.2 闭合环情况

闭合环最大节点数:3,闭合环总数:44,其中同步环总数 6,异步环总数 38。同步环相对误差为 0.1~0.3 ppm,|ΔX|为 0.141~0.597 mm,|ΔY|为 0.02~0.542 mm,|ΔZ|为 0.247~0.808 mm,均满足限差要求。

异步环相对误差为 0.1~0.9 ppm,|ΔX|为 0.318~1.745 mm,|ΔY|为 0.13~1.922 mm,|ΔZ|为 0.045~3.30 mm,均满足限差要求。

### 2.4.3 复测基线精度统计

角峪铁矿 E 级 GPS 控制网共有 3 条复测基线,复测基线较差最大值为 14 mm,基线号为 EJ06~EJ05,复测基线较差允许值为±54 mm,复测基线较差最小值为 2.5 mm,精度符合要求。

## 2.5 GPS 网平差

### 2.5.1 三维自由网平差

此次 E 级 GPS 控制网利用南方 GPSADJ 软件在 WGS-84 坐标系下进行经典自由平差,三维自由网平差单位权中误差为 0.028 9 m,平差后的点位精度如表 2 所示。

表 2 三维自由网平差点位精度

ID	状态	X 偏移 mm	Y 偏移 mm	Z 偏移 mm	点名
D104	固定	0.000	0.000	0.000	D104
D110		0.535	0.828	0.955	D110
D115		0.524	0.801	0.899	D115
EJ02		0.650	0.907	0.991	EJ02
EJ01		0.842	1.111	1.197	EJ01
EJ03		0.735	1.108	1.141	EJ03
EJ04		0.805	1.095	1.224	EJ04
EJ05		0.620	0.925	0.964	EJ05
EJ06		0.586	0.820	0.870	EJ06

### 2.5.2 二维约束平差

二维约束平差采用网配合法进行转换,单位权中误差 0.013 384 m,平差后点位精度如表 3 所示。

### 2.5.3 高程拟合

由于已知点位 D115 高程精度不达标,故选择 D104, D110 两点为已知点进行高程拟合,参数拟合高程为 5.34 mm,符合精度中误差为±28.347 mm, D104 拟合后高程残差为 0.02 m, D110 拟合后高程残差为-0.02 m,各点位拟合高程如表 4 所示。

表3 二维约束平差点位精度

ID	Rms(mm)	dx(mm)	dy(mm)	点名
D104	0.000	0.000	0.000	D104
D110	0.0000	0.0000	0.0000	D110
D115	0.0000	0.0000	0.0000	D115
EJ02	1.6258	1.3713	0.8735	EJ02
EJ01	2.4418	1.6613	1.3566	EJ01
EJ03	1.9796	1.6613	1.0765	EJ03
EJ04	2.4390	2.0259	1.3581	EJ04
EJ05	1.6241	1.3720	0.8691	EJ05
EJ06	1.2478	1.0642	0.6515	EJ06

表4 拟合后各点高程

ID	正常高(高程)	大地高	Rms(mm)	点名
D104	189.0120	183.6914	14.1734	D104
D110	226.5970	221.2363	22.1557	D110
D115	214.5277	209.1871	21.8718	D115
EJ02	179.6608	174.3202	22.6462	EJ02
EJ01	147.7384	142.3978	24.3175	EJ01
EJ03	173.4879	168.1472	23.7001	EJ03
EJ04	165.0781	159.7375	24.3446	EJ04
EJ05	177.5318	172.1911	22.5450	EJ05
EJ06	195.3282	189.9875	21.9682	EJ06

### 3 结语

控制网的优化设计是静态 GPS 测量中非常重要的一项工作,为了提高控制网的精度,增加其可靠性,需要适当的增加观测期数,并增设多余观测和独立基线数,从而保证一定的重复设站率。泰安角峪铁矿普查 E 级 GPS 控制网布设取得的成果精度,完全符合下一步矿区 1:500 大比例尺测图的要求,为下一步矿区展开大面积的普查工作提供了测绘基础资料。

### 参考文献:

- [1] 刘基余,李征航,王跃虎,等.全球定位系统原理及其应用[M].测绘出版社,1993:53.
- [2] 高群,尚颖娟.静态 GPS 在控制测量中的应用分析[J].西南农业大学学报(社会科学版),2010,(8):9-11.
- [3] 张海港.谈提高静态 GPS 矿山控制测量精度的做法与体会[J].山西建筑,2010,(36):363-365.
- [4] 全球定位系统(GPS)测量规范(GB/T18314-2009)[S].
- [5] 陈洪安.GPS 技术在枣庄市城市控制测量中的应用[J].山东国土资源,2008,(24):94-97.

## Application of Static GPS Technology in Prospecting Jiaoyu Iron Deposit

WANG Wenxiang<sup>1</sup>, YUAN Guoxia<sup>2</sup>, WEI Shanming<sup>1</sup>, MA Qingwei<sup>1</sup>

(1. Shandong Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Geological Surveying and Mapping Institute, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** In the exploration project of Jiaoyu iron deposit, by using modern geodesy measurement method, using three already known GPS points with D level, regarding GPS network with E level as the first controlling network, choosing six points to set up skeleton of network, in accordance with reliability indicators, accuracy indicators, efficiency indicators of GPS network, design has been optimized as well. On the basis of fourth grade leveling points, the GPS elevation fitting is used in height determination. The results show that the precision of the control network with the E level which is constructed by using this method can meet the demand of general survey in iron mine.

**Key words:** Geological exploration; control measurement; GPS controlling network; static GPS