

# 地形测绘中 GPS 的应用研究

邵柯文<sup>1</sup> 应剑萍<sup>2</sup>

1 武义县规划测绘院 2 武义县土地勘测服务站

DOI:10.32629/gmsm.v2i5.332

**[摘要]** GPS 测量技术的出现和不断发展,极大地促进了地形测绘工作的进步。本文通过实例研究了 GPS 在地形测绘中的具体使用情况,分析了该技术在地形控制测量和碎步测图过程中的详细应用,指出了技术的优缺点,得出结论是该技术完全可以胜任地形测图工作。

**[关键词]** 地形测量; GPS; 平面控制测量; 高程控制测量

地形测量一直以来都是测绘工作的一项重要任务,从古至今,人们都在想尽各种方法,以便能高效、精准和实时的来完成这一任务。自20世纪90年代以来,随着卫星大地测量的迅猛发展,地形测量的方式又一次发生了飞跃性的变化<sup>[1][2]</sup>。GPS技术作为提供精确三维测量的工具,在地形测量中无论是地形控制测量,还是碎步测图,都一一显示出强大的优势。对应的GPS测量方式有经典静态测量、快速静态测量、常规差分GPS、广域差分GPS、事后差分GPS、实时动态定位(TRK)、网络RTK、单点定位、精密单点定位等。其中经典静态、快速静态、精密单点定位能够应用于地形控制测量,RTK、网络RTK可用于碎步测图。本文拟以云南弥勒林一体化工程1:500地形测量为例,研究GPS测量技术在地形测绘中的应用。

## 1 工程概况

1.1 测区概况。测区位于云南省红河州弥勒县朋普镇,东经 $103^{\circ} 22' -103^{\circ} 26'$ ,北纬 $23^{\circ} 57' -24^{\circ} 01'$ ; 最高海拔约1300米,最低海拔约1100米,平均海拔为1200米。测区东至黑泥地,南至小可乐,西至点子寨、朋普变电站,北至小普特; 距朋普镇四公里。测区地形主要为丘陵地和山地,属中亚热带季风气候,年均气温 $21.2^{\circ}\text{C}$ 。测区中部有朋普一江边公里穿过,交通便利。

1.2 任务内容。完成测区的控制测量和1:500数字化地形图测绘工作。

## 2 地形测量

在地形测量过程中,我们首选了GPS测量方法来做控制测量和碎步测图。

2.1 平面控制测量。四等GPS测量。(1)布网:以测区附近的云南省大地控制网C级GPS点T017和T033两点为起算,边连式布设四等GPS控制网,新设四等GPS点4点,平均边长2.5Km。每个GPS点至少有3条基线与其它点相连,网形结构坚固。(2)选点、埋石均符合相关技术要求,点名采用地名并绘制点之记。(3)观测:四等GPS观测采用南方灵锐S82(双频)接收机同步进行。为保证观测质量,根据星历预报,测前认真编制观测计划。GPS网观测的PDOP值均小于6,保证了卫星的几何结构和数据采集质量。观测要求均严格按相关规范进行,以静态测量

模式观测。卫星高度角均大于 $15^{\circ}$ ,数据采样率为15秒,观测1个时段,设站12次,平均重复设站数为2,观测时段长均大于60分钟,所接收到的有效卫星数均在5颗以上。仪器对中误差等各项指标均符合要求。天线高测前、测后旋转天线位置用专用钢卷尺分别丈量三次,其互差小于1mm时取中数使用。(4)数据处理:基线解算和平差计算:数据处理采用GPSADJ4.0软件。平差过程中,未剔除任何观测量便顺利通过 $\chi^2$ 检验和 $\tau$ 检验。(5)精度统计(以1980西安坐标系计算数据统计)复测基线1组,其中长度较差为:2.3cm,限差为 $2\sqrt{2}\sigma=7.8\text{cm}$ ,验算时 $\sigma=\sqrt{10^{-2}+(10\times 2.5)^2}=2.7\text{cm}$ ,D取2.5km。验算同步环闭合差4个,相对闭合差最大为:4.7ppm,限差为10ppm。异步环3个,坐标分量闭合差最大为: $\Delta x=0.9\text{cm}$ 、 $\Delta y=5.0\text{cm}$ 、 $\Delta z=-5.0\text{cm}$ ,限差为 $2\sqrt{n}\sigma=9.4\text{cm}$ 。满足四等GPS测量要求,详见复测基线统计资料和同步环、异步环闭合差验算资料。

无约束平差最弱边相对中误差为:1/53000,边长1549m。

约束平差最弱边相对中误差为:1/49000,边长1549m,限差为1/40000; 约束平差最弱点点位中误差: $M_x=\pm 0.9\text{cm}$ 、 $M_y=\pm 0.8\text{cm}$ 、 $M_{xy}=\pm 1.3\text{cm}$ ,限差为 $\pm 5\text{cm}$ 。

从上述精度统计中可知:四等GPS测量各项限差均符合《工程测量规范》要求,质量良好。

## 2.2 高程控制测量

2.2.1 四等光电测距高程导线。(1)布网:以四等GPS点小可乐的高程(由C级GPS点T017和T033两点的高程在四等GPS测量时拟合求取)为起算,布设相对独立的四等光电测距高程导线网,联测4个四等GPS点,18个一级点,路线15km。(2)观测:采用往返视法施测,边长及垂直角观测的测回数及限差要求均严格按规范及设计书执行,观测采用拓普康GTS-332N型全站仪往返进行,垂直角按中丝法往返各三测回测定;仪高觇高分别丈量两次,其差值不大于2mm时,取中数使用;边长按往返各二个测回测定,每测回4次读数。观测了55个测段,测段的各项限差均能满足规范要求。(3)计算:按严密平差方法进行平差计算。边长计算中已加入了仪器的加、乘常数、气象改正,高差计算中已加入了两差改正、正

高改正。高程平差精度统计详见表1:

表1 四等光电测距高程导线平差各环线精度统计表

序号	路线名称	路线长 (Km)	闭合差 (mm)	限差 (mm)	最弱点高程中误差 (cm)
1	I18-I14-黑泥地-I13-I18	8.6	-16	±58.5	±0.61
2	变电站-I05-小普特-小可乐-变电站	7.4	-3.0	±54.4	限差为: ±2.0
每公里高差全中误差为: ±3.9mm 限差为: ±10mm					

从上面统计结果可知,四等光电测距高程精度良好,满足项目区统一高程系统的要求。

2.2.2 GPS拟合高程测量。对未联测四等高程的一级点,以四等光电测距高程导线网为框架,采用曲面拟合方法,进行GPS控制网高程拟合平差计算。

一级GPS控制网中以联测过四等高程的4个四等GPS点为起算进行拟合计算。对18个一级点的拟合高程用四等光电测距高程检测,较差绝对值最大为6.8cm,最小为0.2cm,中误差为±4.0cm,由此可知,GPS拟合高程满足1:500地形测绘的高程精度要求。详见表2:

表2 GPS拟合高程与四等光电测距高程较差表

序号	点名	GPS 高程 m	水准高程 m	较差 cm
1	I03	1190.619	1190.556	6.3
2	I04	1180.843	1180.811	3.2
3	I05	1168.175	1168.171	0.4
4	I07	1176.390	1176.358	3.2
5	I08	1178.293	1178.3	-0.7
6	I09	1194.197	1194.195	0.2
7	I12	1296.570	1296.474	9.6
8	I18	1176.124	1176.112	1.2
9	I20	1191.426	1191.422	0.4
10	I21	1161.291	1161.296	-0.5
11	I23	1178.696	1178.672	2.4
12	I24	1146.192	1146.181	1.1
13	I25	1158.069	1158.001	6.8

### 2.3 1:500地形测量

2.3.1图根控制测量。图根点在四等GPS点、一级点下加密,采用极坐标法和GPS RTK方法布设图根点。图根点编号为:T1、T2、T3……。采用极坐标法布设图根点时,用全站仪进行观测。观测采用单点定向重点检查已知点的方法进行,当施测的两组坐标及高程较差符合规范要求时,取中数使用。图根点观测边长的加、乘常数、气象改正及坐标的计算均由全站仪自动完成<sup>[3]</sup>。

2.3.2 1:500数字化地形测图。以甲方现场指定的范围线为准,测绘1:500数字化地形图,基本等高距为0.5m。项目区分为浆厂和渣场两个区域,图幅分幅采用50×50的正方形分幅,编号以每幅图西南角坐标(以千米为单位)X—Y编号。其坐标值小数点前后各取两位。图名用项目名称加流水号进行表示。项目区分为浆厂和渣场两个区域,测绘1:500地形图2.61平方公里,68个标准图幅。

地形测量时,对投入使用的全站仪,进行了测角、测距两部分的检验,确认各项指标符合规范要求后,才投入使用。每一测站开始测量前以一点定向,另一点进行检查,被检查点的点位及高程误差符合规范要求时,才进行细部测量工作。用GPS RTK进行野外数据采集时,除做好测区转换参数外,每天开始数据采集前,均在两个已知点上进行点校正和检查,其点位及高程误差符合规范要求时,才进行每天的数据采集工作。数字化成图:本测区采用南方CASS9.0数字化测图软件进行,各种地物、地貌均按软件默认的图层名和颜色进行编辑。地物编辑时,已保证了地物、地形,各类注记点、线、面要素的编码、图层、线形、图块、颜色等信息区分和图元的正确性和一致性。绘制等高线时,以编辑DTM模型为主。数字化地形图以自然形成的线状地物为界,分块测绘,最后编辑时,按全测区统一分幅输出标准图<sup>[4]</sup>。

### 3 质量评述

测绘成果经过小组自检互检,成果质量评述如下:

3.1四等GPS点、一级点及图根点:布点均匀,且密度满足测图要求;观测、计算方法正确,各项精度指标均能达到规范要求,质量良好。

3.2 1:500数字化地形测图:各种地形地物表示正确,测绘认真、细致,碎部点密度较大,各类注记齐全,符号运用正确,图面清晰易读,质量良好。

3.3整个测区质量总评为良好,各类资料、图件整齐齐全、美观,完全能够满足甲方规划、设计、施工及放样的需要。

### 4 结论和建议

通过实例研究证明,采用GPS测量技术,无论是平面控制测量和高程控制测量,还是地形图碎步测图,从精度分析上来讲都远远可以达到有关规范的要求,并且从作业过程来看,利用GPS进行地形测图大大提高了工作的效率,减少了人力费用、定位精度高、能够全天候作业。对于大范围地形测量,采用GPS相比常规方法,其速度是其它测绘方法不能比拟的。但在研究中也发现,GPS测量也存在卫星可见度、信号屏蔽等问题,建议可采用GPS与全站仪、GPS与CCD相机、GPS与手持式激光测距仪集成等测量技术措施来解决以上问题<sup>[5]</sup>。

### 【参考文献】

- [1]吴敏东.GPS测绘技术在工程测绘中的应用研究[J].绿色环保建材,2018(08):227+230.
- [2]王珏,乔美萍.测绘技术在地质测绘工程中的应用分析[J].建材与装饰,2018(38):241.
- [3]彭鑫.GPS-RTK测量技术在地形测绘中的应用[J].西部资源,2018(06):145-146.
- [4]李健.工程测绘中GPS技术的应用探析[J].低碳世界,2018(05):65-66.
- [5]孟祥欣.GPS技术在地质测绘中的应用研究[J].河南科技,2018(01):109-110.