

# GPS 在南方林区的应用试验

肖红生<sup>1</sup>, 纪献华<sup>2</sup>, 赵宇光<sup>3</sup>, 罗富和<sup>1</sup>, 陈义刚<sup>1</sup>

(1 华南农业大学林学院, 广东 广州 510642; 2 北京麦格通讯设备有限公司, 北京 100036;

3 中国测绘科学研究院, 北京 100036)

**摘要:** 应用 Magellan Promax X-CM GPS 接收机在广东省新丰县小镇镇林区进行野外样地定位等试验, 结果表明, 林冠郁闭度、天线类型、天线高度对卫星信号的接收均有一定的影响; GPS 在杉木林中基本能顺利定位; GPS 数据与 TM 卫星影像套合误差小于一个象元; 差分 GPS 定位技术在南方山区林业调查应用是可行的。

**关键词:** GPS 接收机; 南方林区; 样地定位试验

中图分类号: TP79

文献标识码: A

GPS(global positioning system)是美国国防部组织海、陆、空三军共同研制的第二代卫星导航与定位系统, 具有进行高精度、全天候的实时定位和导航能力, 既可以直接获取空间信息, 又可以用于确定空间位置<sup>[1]</sup>。近几年 GPS 技术应用发展迅速, 尽管美国从国家安全角度出发, 对 GPS 卫星实施 SA(selective availability)政策, 故意降低 GPS 定位精度, 但目前从 GPS 接收机、作业模式及数据处理方法上入手, 采用新型接收机, 使用静态或动态差分方式, 仍然在几分钟至 1 h 内获得 1~10 m, 甚至 dm、cm 级的相对定位精度。在卫星影像判读与分类样地训练中, 如果要知道各类型的地理位置(地理坐标), 就能与地面情况对应起来, 这就需要准确的几何配准。在森林资源监测中, 也往往需要准确地设置样地。在我国, 一般是在地形图公里网格点上布设样地, 然后准确地找到样地的起点。这种传统样地定位方法, 常要根据地形图上的明显地物来引点, 再用罗盘仪测量才能确定样地位置。这样不仅加大了工作量, 也增加了定位中的误差。另外, 固定样地由于设置了较多的标志而受到特殊对待, 从而以此得到的统计值产生较大的偏差。研究 GPS 在林业中的应用, 对于改进资源调查方法, 提高工作效率, 促进资源系统科学管理很有意义。

## 1 试验区与仪器设备

### 1.1 试验区

广东省新丰县小镇镇地处南方山区。全镇山地众多, 海拔在 400~1 000 m 之间, 平均 600 m 以上, 主要森林类型有松、杉、阔、针叶混交, 针阔混交林等。其

地形和森林类型在南方林区具有代表性。

### 1.2 仪器设备

试验所用的 GPS 是由北京麦格通讯公司提供的美国麦哲伦(Magellan)公司的 Promax X-CM 型 GPS 接收机。该机型厂家标称测量精度为载波相位差分 2 cm+2 ppm, 伪距差分 0.5~2.0 m, 移动差分 2~5 m。经过中国测绘科学研究院 GPS 技术服务中心测试鉴定, 该机型基本达到其标称精度。其它设备: 外接蓄电池, 充电器, 微机(PC486 以上, Windows 操作系统), 三脚架, 基座, 悬锤, 对讲机, 天线连接竿及测树仪器(角规、测高器、围尺、皮尺)。

## 2 试验方法

### 2.1 预备试验

预备试验的目的是检测 GPS 接收机野外单机定位的可行性。在某已知固定点连续静态采集约 4 h 数据(上、下午各 2 h), 采样率为每秒钟采集一组数据, 大约 8.5 M 数据, 对所采数据直接进行分析, 结果见表 1。

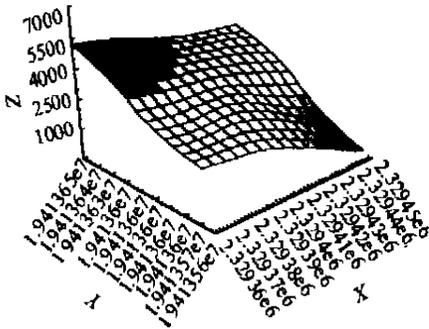
表 1 GPS 单机定位精度分析表<sup>1)</sup>

Tab. 1 Position precision analysis by single GPS receiver<sup>1)</sup>

| 项目<br>item | 实测坐标值(X, Y)<br>real coordinate | (X-X <sub>0</sub> , Y-Y <sub>0</sub> ) | 标准差<br>standard error       |
|------------|--------------------------------|--|-----------------------------|
| max(A)     | (2329488, 19413655)            | (61, 93)                               |                             |
| min(B)     | (2329372, 19413561)            | (-55, -1)                              |                             |
| Ave        | (2329406, 19413613)            | (-19, 51)                              | (2329406±16<br>19413613±18) |
| A-B        | (116, 96)                      |  |                             |

1) 表中坐标为北京 54 坐标系坐标, 单位为 m; 已知点坐标(X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub>)为(2329427, 19413562)

由表1可看出,单机定位的误差较大( $X$ 方向19 m,  $Y$ 方向51 m),而且这是几个小时数据的平均值;最大与最小值之间差值很大( $X$ 方向116 m,  $Y$ 方向96 m),也即GPS定位值起伏较大.另外GPS测得的坐标值还一直在变,且变化没有规律,如图1.



图中  $X$  轴、 $Y$  轴分别对应GPS的( $X$ ,  $Y$ )坐标、 $Z$  轴为GPS采集时间  
 $X$ 、 $Y$  GPS Coordinate  $Z$  Receiving Time

图1 GPS连续测量坐标值变化图

Fig. 1 Charging coordinate of GPS continual measurement

## 2.2 引点

差分GPS要求两台以上接收机同时工作,一台设置在坐标已知点为基准站,其它接收机为移动站在未知点工作,通过基准站与移动站匹配,再差分解算.在山区,三角测量已知点一般都设在高山顶,基准站架设工作量大.若每天以它为基准站,仅架设基准站就需若干小时,效率很低.为了实际操作方便,可在交通方便处设置一个点,引测出该点准确坐标,该点就可作为以后应用GPS测量的基准站.

在试验区内,首先选已知点七星墩山顶(II级控制点)为GPS基准站,选小镇林业站办公楼顶上一(距已知点2 km).在各站架设好GPS接收机,同时以静态模式采集1 h数据量.软件后处理载波相位差分得出林业站楼顶点的地理坐标之值.

## 2.3 林冠、天线、天线高度对卫星信号的影响试验

在不同郁闭度的杉木林、阔叶林下,分别用GPS接收机所附带天线(耳朵天线)和麦格公司所制天线(蘑菇天线)调整不同天线高度,记录仪器接收的卫星信号强度值.

## 2.4 GPS样地定位试验

(1)临时样地定位:由于时间及经费所限,本次试验仅以杉木林为对象,考虑林木等级(好、中、差)、坡向、坡位等几个因子选择样地,对样地中心点进行定位.每点静态采集6 min数据,以保证足够的差分解算精度.(2)广东省森林资源连续清查样地点定位:试验区范围内有2个森林资源连续清查样点(连清样点),连清样点都埋设了标志桩,找到标志桩,采用2.4(1)一样的方法进行定位.(3)固定地物点的定位:对试验区内卫星影像、地形图上均易判读的地物点如桥梁、水坝等进行定位,以便用于影像几何纠正和几何配准及精度检验.定位方法类同于2.4(1).(4)小班边界定位:GPS数据采集模式设置为动态差分模式,然后手举天线,手持GPS绕小班边界走一圈,中间若有信号间断,可在原地停留片刻,恢复正常后再继续.(5)数据后处理:用附带后处理软件对所有采集数据进行差分后处理.然后坐标转换,影像叠合.

## 3 结果与分析

3.1 载波相位差分出林业站楼顶北京54坐标,误差小于5 cm.通过准确引点,使每天的基准站的架设简单易行,减少了近一半的工作量.

3.2 林冠、天线类型及天线高度对卫星信号接收的影响测试结果见表2.从表2可见,蘑菇天线接收效果比耳朵天线明显要好,甚至在某些用耳朵天线不能定位的地方,用蘑菇天线马上就能定位.这是因为制造商在蘑菇天线中加了信号放大器.

从表3可见,随着天线高度的增加,接收卫星信号有所增强,尤以试验5最为明显.试验1中4 m和试验4中7 m时信号稍弱,因为此时天线恰处林冠茂密处.郁闭度 $P=0.3$ 时,GPS接收到的卫星信号最强,这说明林冠对卫星信号的接收有阻碍作用,特别是在复层阔叶林中(如郁闭度等于0.9),林冠给GPS的定位带来困难.上表中,郁闭度0.3、0.6、0.7都能顺利定位,在阔叶林中调整天线高度,使天线不在密叶包围之中,也能定位,说明GPS在大多数情况下是可行的.

表2 天线类型与接收的卫星信号强度(SQ)<sup>1)</sup>

Tab. 2 Satellite signal quantity(SQ) by antenna type

| 序号 No. | 耳朵天线 ear antenna            | 蘑菇天线 mushroom antenna                  | 郁闭度 crown coverage(P) |
|--------|-----------------------------|--|-----------------------|
| 1      | 5颗卫星, SQ值分别为8, 12, 3, 3, 10 | 6颗卫星, SQ值分别为12, 18, 3, 9, 10, 15       | 0.3(杉木林)              |
| 2      | 4颗卫星, SQ值分别为8, 5, 7, 6      | 4颗卫星, SQ值分别为14, 8, 16, 8               | 0.6(杉木林)              |
| 3      | 4颗卫星, SQ值分别为3, 7, 1, 6      | 5颗卫星, SQ值分别为6, 4, 11, 7, 6             | 0.7(阔叶林)              |
| 4      | 5 min仍不能定位                  | 1 min定位, 6颗星, SQ值分别为1, 17, 14, 1, 3, 2 | 0.7(杉木林)              |

1)表中天线高均为1 m; SQ值越大说明接收机收到的信号越强.

表 3 天线高 ( $h/m$ )、郁闭度 ( $P$ ) 与接收卫星信号强度  $SQ$  值<sup>1)</sup>

Tab. 3 Satellite signal quantity ( $SQ$ ) by antenna height ( $h/m$ ), crown coverage ( $P$ )<sup>1)</sup>

| 序号<br>No. | $h/m$          |                   |                   |                  |                     |                       |                        | $P$    |
|-----------|----------------|-------------------|-------------------|------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|--------|
|           | 1              | 2                 | 3                 | 4                | 5                   | 6                     | 7                      |        |
| 1         | 1 17 14 1 3 2  | 4 16 3 15 6 11 14 | 6 15 5 17 13 9 10 | 11 15 7 12       | 11 16 5 18 15 11 10 | 7 17 10 18 2 15 12 13 | 11 18 10 18 3 15 12 15 | 0.7(杉) |
| 2         | 148 16 8       | 8 10 17 16 10     | 11 6 16 18 6      | 13 13 18 16 14   | 16 12 15 17 10      | 16 13 17 17 17 13     | 18 10 15 17 12         | 0.6(杉) |
| 3         | 12 18 3 9 10 5 | 14 15 9 7 10      | 17 17 8 7 14 14   | 14 18 13 6 13 16 | 16 3 18 13 9 13 13  | 15 9 16 12 9 13 14    | 15 12 18 16 7 10 14    | 0.3(杉) |
| 4         | 6 4 11 7 6     | 3 10 14 7 10      | 8 14 7 8 7        | 5 10 17 7 4      | 8 15 16 12 17       | 9 10 16 11 9          | 9 17 15 10             | 0.7(阔) |
| 5         | 13 13          | 10 11             | 12 15 15          | 11 14 3 11       | 8 14 9              | 9 18 11               | 15 16 16 6 12          | 0.9(阔) |

1) 表内数字为各卫星的  $SQ$  值

3.3 单点定位试验中, 一般开机约 1 min 能定位, 采集数据约 6 min. 本次试验单点定位共 59 个, 其中连清点 2 个, 地物点 4 个, 阔叶林 2 个, 松林 3 个, 杉木林 48 个. 所有点中, 6 个点能用载波相位差分解算, 其余 53 个用伪距差分全部解算出来, 说明在南方林区 GPS 定位精度能控制在米级以内.

3.4 三块小班边界的移动定位数据都能解算出来.

3.5 统一 GPS 坐标与地形图坐标到同一坐标系, 再利用计算机软件与遥感影像套合. 目视逐点检查, 发现套合精度在一个象元以内.

## 4 结论与讨论

4.1 由于“SA 政策”的影响, 在 GPS 单机定位中, 定位坐标 ( $X$  和  $Y$  方向) 变化较大 (100 m 以上), 如果取得足够的数据 (比如, 几个小时数据采集), 能获得大约 30 m 的定位精度. 因此, 在林业野外调查中, 尤其是动态数据采集中, 单机定位精度差, 不能满足需要, 更不能用单机进行野外林业用地面积量测, 而应该应用差分 GPS 技术以达到精度要求.

4.2 林冠对卫星定位信号有阻碍作用, 天线类型对卫星信号接收有一定的影响, 但在南方林区多数情况下, 选用合适天线类型 (如: Promark X-CM 的蘑菇天线) 仍能进行定位.

4.3 置身于林地中, 南方山区小班边界难以辨认, 崎岖难行, 甚至遇沟壑、无路可行, GPS 绕测小班边

界极难进行, 本次试验只找了 3 处较易判别与行走的小班, 工作量仍十分巨大, 工作效率很低.

4.4 由于卫星影像选用的是空间分辨率几何纠正到 25 m 的 TM 影像, 在 GPS 数据与影像套合中, GPS 的米级定位精度体现不出来, 使定位误差增大到一个象元. 样地点仍然最好设置在周围类型比较一致的地方, 以使所定点能客观反映实际情况. 建议有条件的情况下使用空间分辨率较高的卫星影像作信息源, 以提高 GPS 数据与影像的配准精度, 从而使 RS (遥感) 数据、GIS (地理信息系统) 数据与 GPS 数据能更好地结合利用.

4.5 试验表明, Magellen Promark-X CM 接收机在山区针叶林都能顺利定位; 在一些不易定位的茂密阔叶林中, 可以通过改变 GPS 采集模式、增加天线高度、开阔地引点、冬季落叶时补采等方法来解决.

4.6 由于初次试验, 还有许多需要改进的地方, 比如基准站的选择、阔叶林样地的定位等. 另外, 利用 GPS 导航性能寻找样地及布设隐蔽样地等方面尚需进一步试验. GPS 操作简易, 工作效率高, 随着 GPS 技术的进一步发展, 它将成为减轻林业野外调查工作量、系统科学管理森林资源的有效工具.

参考文献:

[1] 王广运. 差分 GPS 定位技术与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 1996. 3.

## The Application of GPS in South China Forest

XIAO Hong-sheng<sup>1</sup>, JI Xian-hua<sup>2</sup>, ZHAO Yu-guang<sup>3</sup>, LUO Fu-he<sup>1</sup>, CHEN Yi-gang<sup>1</sup>

(1 College of Forestry, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China; 2 Maige Communication Equipment Company Ltd., Beijing 100036, China; 3 China Academy of Survey and Mapping, Beijing 100036, China)

**Abstract:** An orientational experiment is made, using Magellen Promarx X-cm GPS, in the forest in Xiaozhen District, Xinfeng County, Guangdong Province. Results are as follows: the satellite's signal receiving will be influenced by crown coverage, the GPS antenna type and the antenna height. The orientation using GPS can be carried out in Chinese fir forest. The error which GPS datum supposed TM images is less than one pixel. DGPS method can be applied to forest survey in mountainous area in South China.

**Key words:** GPS receiver; South China forest; oriental experimentation

【责任编辑 柴 焰】