

南方典型山区土地利用 变化 GPS 野外测量方法 ——以攀枝花仁和区为例

范海生, 陈秀万, 李 京, 马 嵩 乃

(北京大学 遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871)

摘 要: 在 GPS 空间信息技术综合应用于山区土地资源动态监测示范研究背景下, 总结山地 GPS 野外测量方法和经验。山地 GPS 测量作业的主要问题是如何在保证测量数据质量的前提下提高工作效率、减少工作强度。GPS 测量数据已成为国土资源动态监测和管理领域的新型数据源。

关键词: 全球定位系统; 地理信息系统; 遥感; 土地利用变化

中图分类号: P228, F301.2 **文献标识码:** A

掌握第一手详细的土地资源变化情况是各级政府制定国土资源规划和开发政策的基本依据。县和县级市是我国进行区域资源开发的基层行政单位, 是制定区域发展规划的基本地域单元。依靠现代科技手段和条件, 改进和提高土地资源动态检测水平和质量, 已成为我国县级以上地方政府实施有效的土地资源宏观政策管理的迫切需要^[1]。

以遥感、地理信息系统、全球定位系统(GPS)技术为代表的空间信息技术, 为实现上述目标提供了技术基础。其中, 遥感信息具有覆盖地域广, 获取周期短的特点^[2]; 地理信息系统是管理、分析空间数据、建立空间模型和地学信息输出的有效工具^[3]; 全球定位系统则提供满足实际生产工作精度要求的测量数据^[4]。关于山地 GPS 野外测量和数据处理方面的研究是项目主要工作目标之一。本文结合工作实践, 尝试性地总结在我国南方典型山区开展 GPS 野外测量工作的方法和经验。

1 土地利用变化动态监测工作原理

项目总体实施技术路线如图 1 所示, 在地理信息系统技术支持下, 利用卫星遥感数据(TM 图像数据)、与原土地利用数据进行复合分析, 提取工作区土地利用变化区域(或可称为变化‘靶区’)数据, 进而利用全球定位系统技术对变化区域进行精确测量, 获取满足 1:10 000 制图精度要求的土地利用现状数据, 实现对土地利用数据库的更新。GPS 测量工作发挥了承上启下的关键性作用:

1. 获得高精度土地资源变化数据: 由遥感变化信息的较低空间分辨率提高到满足大比例尺制图要求的数据精度标准;

2. 由于遥感监测分类体系通常仅限于土地利用一级类型, 只有借助于 GPS 实地测量, 方能获得满足大比例尺制图要求的土地利用二级类型用地信息。GPS 测量数据因此成为应用于土地资源动态监测领域的新型空间数据源; 并且, GPS 测量数据作为地表地物采样数据, 能够有效地支持室内遥感图像处理工作和多源数据复合分析工作。

收稿日期: 1999-11-03; 改回日期: 1999-11-15。

基金项目: 国家“九五”重中之重科技攻关项目(编号: 96-B02-01-07)。

作者简介: 范海生, (1973-), 男(汉族), 山东省巨野县人, 现为北京大学遥感与地理信息系统研究所 98 级博士研究生, 研究方向为遥感信息模型理论和全球资源变化人地系统模型研究。

2 GPS 测量原理说明

野外 GPS 测量工作采用了“后处理测码伪距差分动态定位方法”，与实时差分动态定位的主要区别是，流动站和基准站之间没有采用无线数据实时传输的方式；动态定位采用测码伪距为基本观测量，流动站与基站的接收机同时测量来自相同 GPS 卫星的导航定位信号，在野外测量工作结束后将两站的同步测码观测量下载到计算机进行求差，最终获得野外工作站定位数据的校正值。应指出的是，利用测码伪距的不同线性组合（单差或双差）进行动态定位，必须至少同步观测 4 颗卫星^[4]，这是对流动站和基准站接收机记录的导航电文数据有效性的基本要求，如果不能满足该条件，则造成数据后处理过程中出现数据无效或错误的情况。

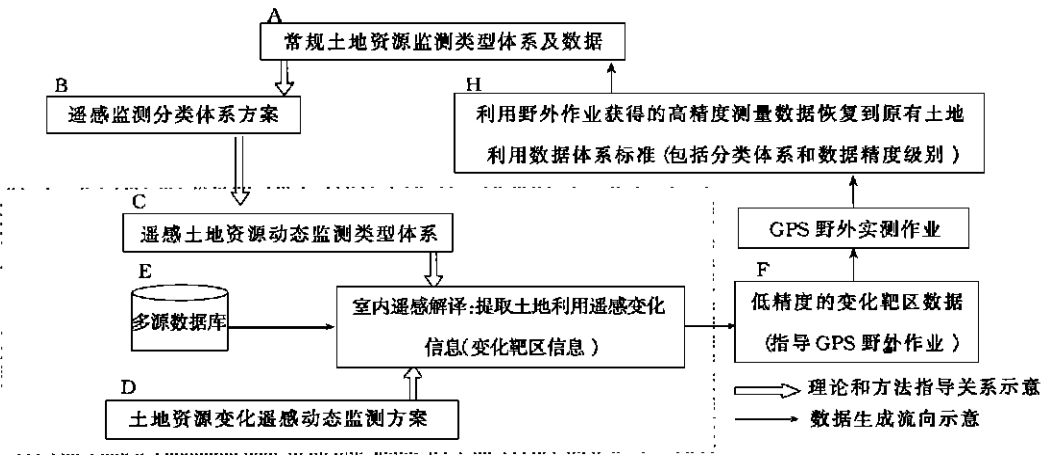


图 1 仁和区土地资源变化动态监测技术体系示意图

Fig. 1 Diagram of data processing system designed for project of dynamic land use

工作区 GPS 基准站的选址主要考虑到以下因素^[5]：

1. 仁和区行政区域长宽各约为 60 km 和 40 km，项目组在位于中部的仁和镇地区选择合适的制高点建立全区唯一的基准站。由计算可知，如果移动站离基准站距离在 100 km 以内，差分动态定位精度可达到米级^[6]，因此可以基本满足全区测量工作的精度要求。
2. 基准站接收天线安置点远离无线电发射台、高压输电线、霓虹灯等强电磁场辐射源，以避免对 GPS 卫星信号的干扰。
3. 天线安置点视场开阔，周围无明显障碍物。

GPS 基准站坐标的测定采用从已知点（国家三级测绘控制点）的引点方式，通过后处理静态差分计算获得，坐标精度达到厘米级。

3 工作区基本情况

3.1 基本地形特征

攀枝花市仁和区为县级行政区。地理范围为 101° 22′ E~101° 56′ E, 26° 02′ N~26° 48′ N。全区面积约为 1 720 km²。该区地形属中国西南部典型山地，全区地面平均海拔高度为 1 592 m，区内最高海拔点(2 926 m)与最低点的相对高差为 1 989 m；地形平均坡度为 13°，其中坡度在 0°~10° 间的区域约占全区面积的 31.1%，11°~24° 的区域约占 50.9%，> 25° 的区域约占全区面积的 18%。

3.2 山区 GPS 测量工作特点

山区地形起伏、地形情况复杂是造成实际工作各个环节中各种困难和问题的主要原因，并且突出表现在以下几方面：

1. 野外作业劳动强度高, 工作量大;
2. 对变化地块进行现场定位耗费大量时间, 造成实际测量时间仅为每天有效工作时间的 30%~40%; 并且定位偏差的出现率较高(其中存在 GPS 单机非差分定位精度不高的因素);
3. 对变化地块边界进行测量的过程中, 复杂的地形条件往往阻碍对变化地块边界进行闭合测量; 野外测量工作的困难程度远远超过预想情况;
4. 由于地形对卫星信号的阻挡, 造成流动站记录的导航电文数据不能满足后处理计算要求而导致差分计算错误, 无法获得高精度测量数据; 或者造成 GPS 数据局部失真, 经过差分处理后的数据表现出结构紊乱的特征, 数据有效性大大降低。
- 上述问题和困难, 一方面说明了山地客观条件对野外 GPS 测量作业的制约和影响, 同时也表明, 为适应山地测量的特殊环境条件并克服困难, 必须经过反复实践和总结经验教训, 提出适合山地特殊情况的 GPS 测量方案。

4 野外 GPS 测量准备工作

GPS 野外测量准备工作主要包括数据资料和测量仪器、实施方案制定等方面。

4.1 数据资料和测量仪器的准备

野外工作数据资料和仪器装备细目见表 1。其中变化地块图斑图是利用遥感图像监督分类数据与土地利用图数据(矢量数据)复合处理得到的变化地块矢量数据, 并与原土地利用数据复合叠加的打印图(比例尺为 1:10000)。

表 1 野外作业准备工作细目
Table 1 Items of materials and equipments prepared for field surveying work

种 类	细 目	用 途
图 件	变化地块(靶区)图斑图 原纸质土地利用图	提供 GPS 测量“靶区”—变化地块信息(空间和属性变化信息) 现场辅助定位和对照印证
仪 器	GPS 测量仪器 照相机 罗 盘	野外作业导航、定位、测量变化地块边界, 记录测量数据 记录目标地物实况 确定方向、方位角
记录表	变化图斑记录表 GPS 测量记录表 野外照片资料记录表	记录变化地块信息(室内遥感解译成果) 记录 GPS 测量数据信息(野外工作填写) 记录照片信息(野外工作填写)

- GPS 野外作业共采用四台(套)GPS 测量仪器, 其中一台作基准站, 三台作移动测量用机, 分别装备三个野外测量组。对 GPS 接收仪器的基本性能要求主要包括:
1. 支持“后处理测码伪距差分动态定位方法”(包括对硬件和随机软件性能的要求);
2. 应具有较大的内存, 以保证野外长时间测量工作的连续进行, 例如具有 4 兆内存就可以保证 10 小时的连续数据记录;
3. 经过后处理获得的测量数据精度必须满足 1:10 000 比例尺地图的制图要求。
- 野外 GPS 测量工作的数据产生流程见图 2。

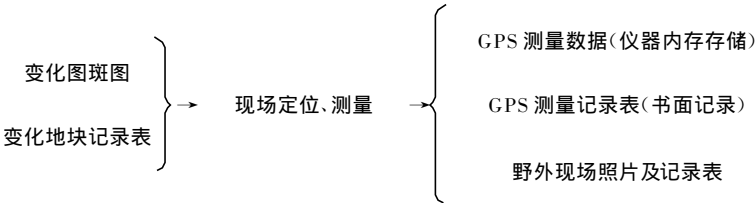


图 2 野外测量工作数据生成流程示意图

Fig. 2 Diagram of data flow in field surveying work

此外,野外作业应选择合适的作业时间,其中主要考虑到遥感图像时相、当地植被季节生长情况和当地气候特点等因素。测量时间应与遥感图像时相接近,植被生长季相特征接近或符合遥感解译信息,同时避免恶劣气候条件对野外作业制约情况的出现。

4.2 GPS 测量工作实施方案

测量工作以乡镇为单位开展,原则上各测量组独立完成对一个乡地界内全部变化地块的测量任务。各乡镇提供必要的交通工具,并指派熟悉本乡镇土地开发情况的土地管理人员参加测量组。一般情况下,每个测量组包括四名人员(不包括驾驶员),分别来自北京大学、仁和区计划局、国土局和当地乡政府四个单位。北京大学技术指导组负责:组员 GPS 仪器操作和实地测量技能培训、野外作业现场技术指导、测量数据后处理工作及监督测量数据质量;仁和区计划局和国土局等负责:野外作业向导、土地利用现场判断、对变化地块边界进行 GPS 测量和协调日常工作安排。

5 GPS 野外测量工作方法

野外测量工作方法的具体制定主要包括日常任务计划、变化地块边界 GPS 测量方法和现场数据记录三个方面。

5.1 制定每日测量工作计划

通过综合分析遥感图像、地形图、变化图斑图、土地利用图、交通线等资料,预先计划和协调各测量组每天工作任务,以进一步提高工作效率。例如,如果变化地块相对集中在乡镇交界附近,即可以越界测量,而对较大面积的变化区域应采取多个测量组协同工作的方式。

5.2 变化地块边界测量方法

首先,对变化地块的定位采取“三图并用”的方法,即利用变化图斑图、原始土地利用图和地形图综合定位的方法。具体地,根据变化图斑图提供的变化地块经纬度数据,利用 GPS 仪器进行导航和粗略定位(一般情况下 GPS 单机非差分实时定位精度> 30 m),通过事先将变化地块位置转绘到土地利用图和地形图上(三种图纸比例尺都为 1:10 000),现场将所在位置地形特征和地物分布结构特征与两图进行对比印证,帮助测量组确定目标地块的具体位置。由于地形图具有丰富的地名和地形细节信息,在有效减少定位所需时间的同时,可以避免无谓的体力损耗。变化地块定位工作可由当地土地管理专业工作者(国土局技术人员和乡镇土地管理员)负责,他们一般具有丰富的土地资源调查经验,熟悉当地地形、地貌特点。

其次,考虑到山地复杂地形对卫星信号的影响,测量过程中应随时检查 GPS 仪器卫星信号接收状态,发现问题及时处理;另外可以采用与 GPS 机体分离的天线,在减少人体对卫星信号干扰的同时,在测量中保持天线高举的状态,能在一定程度上避免地形起伏造成的影响。

第三,由于沿目标地块边界行走以采集完整边界数据(本文中简称为“走测”)的一般方式显然不适合山地特殊情况,因此有必要改进具体测量方法。原则上必须保证 GPS 数据采集的合理性和数据有效性,同时充分利用已有的土地利用图数据,因为土地利用数据更新工作无疑是要建立在原始土地利用数据基础之上。仁和区土地利用图作为土地资源基础数据,对土地资源利用近况的反映是基本正确的,尤其是基本农田类数据比较准确,这就有效地支持了研究组制定以下山地 GPS 测量改进方案:

1. 山地复杂地形经常限制和阻碍测量人员对变化地块边界进行闭合性测量,在这种情况下,可以考虑采用“局部测量”或“分段测量”的方法(见图 3 中 A、B 例情况)。例如鱼塘的局部边界可能无法通过,地块局部边界因地势险峻或深谷阻隔而无法连续测量,等等。如果采用这种方法,首先要在现场记录表中明确说明,并对后处理数据进行闭合编辑。采用这种方法,同一个变化地块边界将由两个以上的 GPS 测量数据共同构成。

2 “变化边界线测量”法。在特定情况下可以采用这种测量方法。如图 3 中 C 例林地砍伐、草地侵蚀林地的情况,只需测量林地与草地的分界线(图中粗线);又如 D 例林地砍伐为草地情况,也只需测量林地与草地的分界线(图中粗线)。采用该方法存在前提条件,即除被测边界外,变化地块其余边界两侧现有地物类型应一致,或变化地块其余边界与土地利用图上原地块边界吻合(均须经过现场核实)。

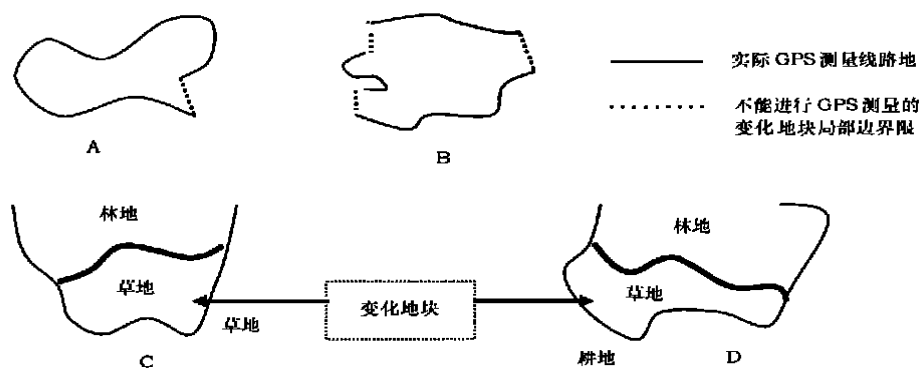


图 3 仁和区变化地块边界 GPS 测量方法示意图
Fig. 3 Modified methods for surveying land-use change area in mountainous area

3 土地利用空间变化还存在其他形式。例如原草地地图斑中林地地块已消失而变为草地, 即原图斑被“吞并”, 则只需现场验证即可; 当地大规模的非耕地开发, 兼并原有分散耕地并向外扩张, 内部原异类地块也被吞并, 此种情况下只需测量外部扩张边界。王晓栋、崔伟宏专门撰文分析了土地利用各类多边形变化的情况, 提出多边形变化空间模型, 对野外 GPS 测量作业具有指导意义^[7]。当然, 变化面积大、变化结构更加复杂的情况在实际工作中普遍存在, 例如非耕地开发区域内部仍然存在其他地物类型, 这就既要测量外边界, 又要测量内部可能存在的变化地块边界。因此, 实际测量工作的难度和劳动强度往往是事先难以想象的。

第四, 实际工作中经常发现走测路线往往逐渐偏离目标地块边界, 而且往往小于实际变化地块范围。这类问题的出现主要有两方面原因: 一是山地复杂地形干扰测量人员的走测路线。由于山地起伏地形和复杂地物对测量人员视线的阻挡和误导, 以及深谷、沟壑等地形难以通过, 加之如果仅靠人为估计行走距离, 主观估计往往大于实际测量的路线长度和范围, 无疑会导致测量人员经常偏离实际变化地块边界; 二是在走测过程中, 测量人员并不能采用有效可靠的方式判断是否与目标地块边界发生偏离。

根据以上分析, 在测量变化地块边界之前, 应首先在附近地形制高点上观察目标地块的地理范围和地形特征, 大体确定具体测量方式和行走路线; 测量时, 如果地形比较复杂, 应加派一人在地形制高点上与走测人员遥相呼应, 及时提供路线选择信息并确保走测路线不偏离。另外, 走测人员应能够熟练使用 GPS 仪器提供的定点和路径导航功能, 预先输入能够控制变化地块边界基本范围和形状特征的导航控制点, 由数个控制点构成预设的测量基本导航路径。在走测过程中, 可切换至 GPS 导航状态, 根据导航信息实时确定行走方向和路线。

5.3 工作现场数据记录

野外测量数据和资料记录的载体主要包括 GPS 测量仪器、测量数据记录表以及变化地块记录表等各种表格。现场数据记录是否准确和完备, 直接影响到测量数据的室内后处理工作和数据质量, 因此, 必须制定一套合理的野外调查资料和测量数据书面记录标准。包括:

- 1 变化地块图斑图须附有 10 秒或 5 秒为间隔的经纬度网格。现场定位数据及相关信息, 如 GPS 测量起始点位和终止点位数据记录、照片拍摄点位数据、拍摄方向的方位角记录和其他定位观察信息, 都应尽量记录在该图中。上述记录不仅在现场工作过程中有助于工作人员对各种情况的了解和判断, 更有助于事后数据资料的整理和分析。
- 2 测量数据记录表除记录测量数据文件名、测量地块属性以及地形描述(主要针对是否为阴坡地形)以外, 还应记录测量数据是否闭合, 必要时记录和注明构成同一被测地块边界的所有测量数据文件。
- 3 在山地特殊情况下, 线性和点位测量数据将不可避免地大量产生。对于非闭合的线性数据, 须记录 GPS 测量起始点位和终止点位数据; 在描述沿走测路线两侧地物类型时必须注明观察方位角。对于

点位数据,还要记录观察点位与目标地物之间距离。

以上规定基本上是从室内数据整理的角度出发而制定的现场数据记录具体格式要求。

6 GPS 数据室内预处理工作

GPS 测量数据预处理是指采用 GPS 数据正式更新土地利用数据库之前对 GPS 原始数据的处理过程,该项任务是在地理信息系统支持下完成的,并大体可以分为三个阶段:

1. 由 GPS 测量仪器下载接收数据,利用 GPS 厂商随机提供的动态差分处理软件,对基准站和移动站数据进行后处理,获得高精度的测量数据。在该阶段出现的主要问题是:如果流动站或基准站接收机记录的导航电文数据中缺失对相同卫星的接收记录,就会造成后处理过程中发生数据无效或计算错误的情况;而且理论上可以认为这种情况是不可恢复的。

2. 按特定格式要求将测量数据转换输出;并将属于 WGS84 坐标系的 GPS 经纬度数据转成我国北京 54 坐标系的方里网数据,与土地利用基本数据库实现地理空间的匹配。

3. 对 GPS 测量数据进行编辑,包括闭合处理、赋属性、数据裁剪、合并等操作,目的是提供有效的 GPS 测量数据,满足土地利用基本数据库的数据更新质量标准。

7 结 论

在地方开展规模性的 GPS 测量工作具有重要的示范性意义。一方面在国土资源管理领域引入先进的测量技术手段,提高工作效率和质量;另一方面也为“3S”一体化空间信息技术在我国基层单位普遍应用树立了具体典型。

山区 GPS 野外测量实践表明:必须针对土地利用空间变化具体特点采取灵活多变的测量方法,并且充分利用原土地利用图数据。与常规土地测量工作相比,其主要优势是能够获取高精度的测量数据以及测量操作简便,但是在工作强度、时间和成本方面似乎并不具备在其他地形条件下 GPS 测量工作通常所具有的明显优势^[8]。

硬件设备性能直接影响野外测量工作质量和效率。野外定位精度直接影响测量工作效率和 GPS 测量数据质量。如果具备条件,可以考虑采用“实时动态差分方法”实施野外测量作业。

在利用 TM 遥感数据获取“变化靶区”信息的数据条件下, GPS 测量工作的地位当然无可替代。但是,考虑到商业卫星遥感图像分辨率日益提高的发展趋势,在山区土地资源监测领域中 GPS 技术未来应用趋势和地位变迁,还令人拭目以待。

致谢:本文是本专题各参加单位人员共同努力工作的成绩结晶,其中包括北京大学研究生王恩宙和余家忠,攀枝花市仁和区计划局梁云灵副局长、康冬,国土局谢兵、陈燕琴,市计划局谢利斌等同志。

参考文献:

- [1] 陈永文,刘君德,李天任. 中国国土资源及区域开发[M]. 上海:上海科学技术出版社,1989.
- [2] 陈述彭,赵时英. 遥感地学分析[M]. 北京:测绘出版社,1990.
- [3] 黄杏元,汤勤. 地理信息系统概论[M]. 北京:高等教育出版社,1990.
- [4] 刘基余,李征航,王跃虎. 全球定位系统原理及其应用[M]. 北京:测绘出版社,1993.
- [5] 周忠谟,易杰军. GPS 卫星测量原理与应用[M]. 北京:测绘出版社,1992.
- [6] 王广运,郭秉义,等. 差分 GPS 定位技术与应用[M]. 北京:电子工业出版社,1996.
- [7] 王晓栋,崔伟宏. GPS 技术在获取土地利用空间变化数据中的作用[J]. 地理学与国土研究,1998,(11):43~44.
- [8] 王晓栋,崔伟宏. 包头市郊区土地资源动态监测中的 GPS 应用[J]. 国土资源遥感,1999,(1):20~24.

GPS FIELD SURVEYING METHOD TO UPDATE LARGE-SCALED
LAND USE MAP IN SOUTHERN MOUNTAINOUS
AREA OF RENHE DISTRICT, PANZHICHA CITY

FAN Hai-sheng, CHEN Xiu-wan, LI Jin, MA Ai-nai
(*Institute of Remote Sensing and GIS, Peking University, Beijing 100871 PRC*)

Abstract: Supported by integrated techniques of remote sensing and GIS, and with "Posterior Dynamic Differential Positioning" method being applied, efforts have been made to address practical issues on GPS field surveying work procedure and methods in China's typical southern mountainous area. As could be understood that the core of above issues is tightly related with efficiency and intensity of field surveying work. Thus, in order to adapt to special mountainous working conditions, modifications had been made upon field surveying method and procedure, including 1) Modify traditional field surveying way by carrying out land-use change spatial analysis. Also, by taking advantage of original land use map, available GPS surveying data of changed land parcel's border could be got. 2) More emphasis had been laid on task of how to improve GPS field surveying data's quality under special terrain conditions of mountainous area, even though cases of GPS data-processing failure are still unavoidable. 3) GPS data's posterior proceeding task requires eligible field surveying data and records to be gathered, considering that various types of GPS surveying data, including polygon, line, even point, could occur. In comparison with traditional surveying method, GPS technique has been giving great boost to regional land resource's more higher accuracy achieved and more convenience got. It also provides new category resource of spatial data to enhance considering that much more intensity and complicity still exist in mountainous area, we are looking forward to re-evaluating future status of GPS technique when commercial remote sensing data with much higher resolution come into use.

Key words: GPS; GIS; remote sensing; land use change