

# GPS 技术在县级土地利用动态监测中的应用<sup>\*</sup>

王晓栋 崔伟宏

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

**摘 要** 准确、定量地把握土地利用及其变化状况具有重要的意义。全球定位系统(GPS)在土地利用动态监测中既是遥感技术的辅助定位手段,也可以作为独立的数据获取手段。介绍了 GPS 定位方式和特点,结合中国国家“九五”攻关项目,讨论了县级土地利用动态监测中的 GPS 选型思路和综合考虑 GIS 功能的 GPS 数据获取方法。通过实验证明了 2D 异常数据处理方法和 GPS 数据处理中“假 54”代替“真 54”的可行性。这些结论将有效地提高内、外业工作效率和数据精度。

**关键词** 全球定位系统,土地利用,动态监测

## 1 全球定位系统在土地利用动态监测中的双重作用

国家各级政府需要掌握土地利用现状和土地利用动态变化的情况来确保所制定方案的正确性<sup>[1]</sup>。近年来,随着空间技术的发展,遥感和地理信息系统已先后被运用于土地利用动态监测工作中<sup>[2]</sup>。在传统技术路线中,遥感技术发现变化区域之后,变化区域的位置确定是靠对遥感判释图上的区域界限进行量测。遥感图像的成像机理、图像分类方法自身固有的误差和其他误差(如绘图误差)使得遥感判释图件上的区域界限是仅具有示意性和较高模糊度的界限,尤其是对于大比例尺图件。因此,在靠遥感手段基本确定土地利用变化区域之后对变化区域进行准确测定是非常必要的。

全球定位系统(Global Positioning System,简称 GPS)泛指利用卫星技术,实时提供全球地理坐标的系统<sup>[3]</sup>。GPS 由于定位的高度灵活性和常规测量技术无法比拟的高精度,成为测量学科中的革命性变化。对于遥感手段发现的变化区域,可以用 GPS 为辅助手段进行精确定位。“县级资源环境动态监测技术系统示范工程”是国家“九五”科技攻关重中之重项目的一个专题,该专题在包头市郊区的试点工作中就是利用 TM 遥感图像发现土地利用变化区域,并尝试用 GPS 进行定位测量的。

遥感手段对区域扩张性或退缩性变化经过一段

时间积累后反应比较明显。对一个市、县级行政区来说,明显的、大面积的变化区域可以通过卫片大致确定。而对于小面积的或突然发生的有较大影响的变化,卫片上反映不出来,或没有必要用遥感手段就能够确定其大致范围,仅 GPS 即可完成变化区域的定位。遥感的理论基础是波谱物理。对于权属划拨引起用地类型改变的情况,由于地块的物理波谱没有变化,遥感手段无能为力。但 GPS 接收机在野外可以很方便地获取变化区域的定位数据,从而对动态监测信息系统数据库进行更新。所以,GPS 不仅起到对遥感成果野外定位的量化作用,同时也是一种独立的数据源。

以包头市郊区新城乡为例,该乡 87 个土地利用变化地块可以分为 22 个区域,其中有 18 个区域是遥感手段发现的。4 个区域是遥感手段没有发现、由乡土管员指出后直接用 GPS 测量定位的。可以说各种遥感手段和 GPS 技术各有特点,它们对土地利用动态监测信息系统数据库的贡献也各不相同<sup>[4]</sup>。

## 2 县级土地资源动态监测中 GPS 的工作方式

### 2.1 GPS 定位方式和定位精度

GPS 定位方法按参考点的不同位置可分为绝对定位(单点定位)和相对定位<sup>[5]</sup>。

<sup>\*</sup> 本文是在国家“九五”重中之重科技攻关项目(96010167)支持下完成的。 Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

收稿日期:1998-09-07;收到修改稿日期:1998-11-04

目前静态绝对定位的精度可达米级，而动态绝对定位的精度为 10—40 m。

GPS 相对定位也叫差分定位。工作组由一台基准站 GPS 和一台或多台移动站 GPS 组成。移动站与基准站之间距离越近，对流层延迟误差及 SA 政策等对观测量的影响越具有相关性，差分改正后就越可以有效地减弱上述误差的影响。相对定位也可以分为静态和动态等不同的方式。GPS 采用相位差分法静态对地定位时，精度可达毫米级。采用测码伪距或测相伪距动态相对定位法对地定位时，精度可达厘米、分米和米级，主要应用于卫星、火箭、导弹、飞机、汽车等的导航定位<sup>[6]</sup>。

### 2.2 县级土地资源动态监测工作对 GPS 的要求

市、县级行政区土地利用变化区域的边界定位工作对 GPS 数据采集、数据处理和数据质量主要有以下几点要求：

(1)数据精度达到 5 m 以内。5 m 在 1:10000 图件上为 0.5 mm，达到了动态监测技术规程要求。

(2)动态测值。静态测值方式延长工作周期，无法保证数据的时间准确性。

(3)GPS 数据采用后处理方式。实时数据处理要求建立一个数据实时传输系统(主要包括无线电信号的发射和接收设备)，不仅在技术上较为复杂，资金投入也较大。目前，GPS 数据后处理过程所需

时间一般都不长，对数据时间精度影响较小。

(4)GPS 数据处理软件具备和 GIS 软件的数据接口，以利于后期的数据管理。

由以上条件可以得出如下结论：GPS 在县级土地资源动态监测工作中将采用测码伪距动态差分定位法，其数据处理方式是后处理方式。在包头郊区的工作中，我们采用美国 Magellan 公司的 ProMARK X-CM 型接收机，使用测码伪距动态差分定位法，数据精度可达 2 m。能够满足中国《土地利用现状调查技术规程》的要求。

从精度、效率等各个方面看来，作为一种成熟的技术，GPS 已经可以应用到县级土地利用动态监测工作中。

### 3 GPS 在县级土地利用动态监测中的数据收集方法

GPS 数据经处理后要由地理信息系统(GIS)进行统一的编辑、管理。GIS 矢量数据的操作要基于对实体边界的确认。因此，GPS 提供数据的一个基本原则是提供变化区的封闭记录。将这项原则结合 GIS 的数据编辑功能、土地变化的实际情况和包头市郊区 GPS 外业测量的工作，对 GPS 外业测量的数据采集方法为：

(1)采集变化区域的边界，直接形成多边形(图 1(a))。

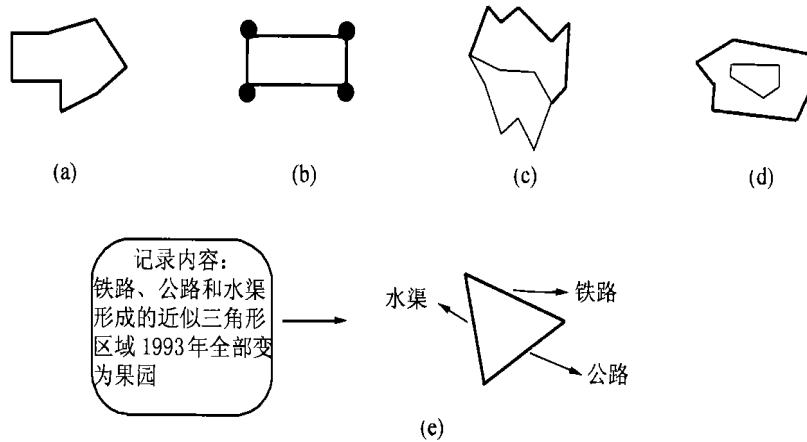


图 1 GPS 在县级土地利用动态监测中的数据收集方法示意图

Fig. 1 Acquiring data methods of GPS in dynamic monitoring landuse at county level

(2)采集规则变化区域边界上的拐点，内业时连成多边形(图 1(b))。图中的点源于测得的数据，线是内业时由 4 个点联成的多边形。这主要适用于一

些形状规则的、新建的厂区、坑塘、储灰池等情况。

(3)采集一条弧段或者几条弧段和底图上的弧段共同组成多边形(图 1(c))。图中的粗线源于测

得的数据,细线是底图上的多边形边界。粗线可以和底图上的某些弧段联成多边形。这主要适用于变化区域的某些边界是底图上的已有边界,并且此边界比较容易通过文字描述在底图上定位的情况。

(4)完全使用文字描述在内业形成多边形(图 1(e))。图中的线分别是底图上的铁路、公路和水渠。根据外业记录的文字描述将其间的近似三角形形成一个多边形。

(5)使用混合方式,即使用以上方式的组合。如由测得的几个点、几条弧段外加底图上的几条弧段组成一个多边形。

还有一种情况需要说明,见图 1(d),图中的细线多边形是老村庄的边界,粗线多边形是现在村庄的边界,按照 GPS 提供数据的基本原则,应通过测量和文字描述将图 1(d)中两条线组成的环形提取出来。考虑到 GIS 有拓扑叠加功能,能够在后期的数据处理中通过叠加、判断操作将老村庄形成的多边形除去,从而只保留变化的区域——环形,所以在外业测量中只要将现在村庄的外边界测出即可。

以上多种测量方式不仅可以减少工作量、提高工作效率。而且可以提高数据精度、减少内业工作量。如测量一个矩形厂区的途中遇到障碍,一般会绕过去,如果绕得太远以致超出精度范围,就目测一下距离,用文字加以描述,在内业处理时进行修正。这个过程远没有测量厂区 4 个拐点准确、快速。而内业工作中以点连线也比其他操作简单。充分利用底图上的弧段不仅体现了尊重底图的原则,而且可以减少内业进行拓扑叠加操作时出现的小多边形,因为两次测同一条线不可能测出相同的数据。

#### 4 对 GPS 的 2D 异常数据的处理

当 GPS 接收机遇到接收卫星数目少于 4 颗、星位不佳等情况时,GPS 采集的数据中会出现 2D 数据段,其坐标值与实际坐标值有较大偏差,完全不能反映所测的实际位置。图 2 中的粗线是 1998 年 6 月 23 日在包头市郊区红旗农场测得的一个多边形,由于卫星状况不好,采集的该多边形数据中含有 2D 数据段,致使该多边形的形状及位置失真。图 3 中的粗线是在卫星状况好的情况下对该多边形重测得到的多边形。两个图中的细线是该地区 1992 年土地利用现状图层中的弧段。

可以看出,含 2D 数据段的 GPS 数据不能直接用于 GIS 内业处理,以往的处理方法是将该数据作

废重测,浪费了人力、物力,拖延了工程进度。经过分析,我们将 GPS 数据文件打开。它由 3 部分组成,头数据段、位置推算历数据段和 GPS 所测各个点的数据段。每个点的数据段由两部分组成,RANGE DATA 数据段和 MODE 数据段。后者记录了各个点的四维参数和 PDOP 值、坐标系统等参数。其中的第一个参数是 MODE 参数,如果它是 2D,则该文件的解算结果将发生漂移,若是 3D,则为正常数据。将 2D 数据段对应点的 RANGE DATA 数据段和 MODE 数据段删除,用剩余的点的数据进行解算。由图 4 可知,解算结果与实际情况是一致的(图中格线 A 表示纠正数据的解算结果,粗线 B 表示没有 2D 数据段的正常数据解算结果,两者在图的下部有大约 5 m 的南北向距离,这是由于测 B 时机动车行驶路线比测 A 时的步行路线偏南所至)。

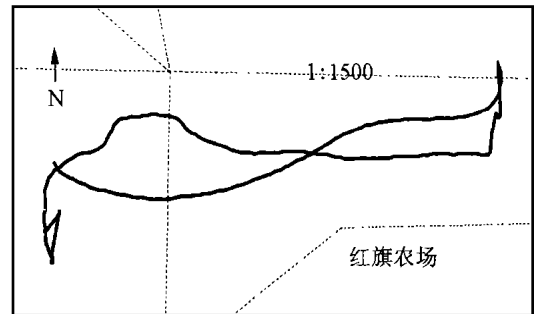


图 2 一个源于含 2D 数据段的 GPS 文件的多边形  
Fig. 2 Polygon coming from a GPS file with 2D data

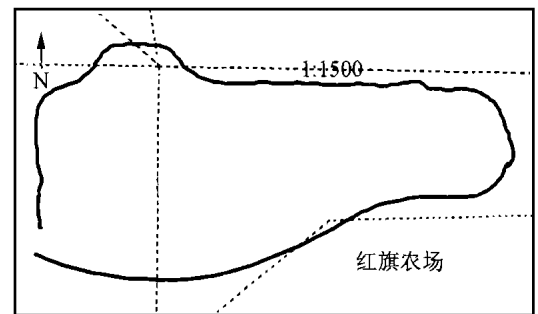


图 3 源于没有 2D 数据段的 GPS 文件的多边形  
Fig. 3. Polygon coming from GPS file without 2D data

这里需要明确的是对包含 2D 数据段的原始数据必须保留。原始数据不得修改、破坏是 GPS 测量、外业记录、GPS、GIS 内业处理等工作的重要原则。

删除 2D 数据意味着野外测量数据的损失,如果数据损失太大,GPS 数据文件将没有意义,重新测量成为唯一的处理方法。在确定 2D 数据量的阈值时,我们可将 GPS 的测量点分为拐点和非拐点。如果 2D 数据段正好对应多边形的关键拐点,即使数

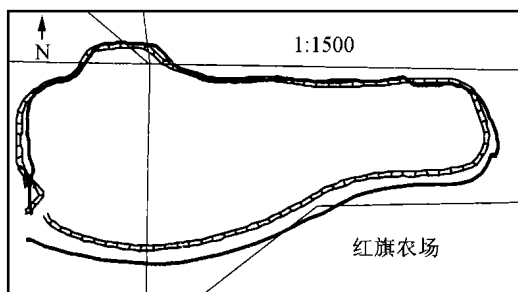


图4 删除2D数据段的GPS文件与不含2D数据段的GPS文件解算的结果

Fig. 4. Calculation results of GPS file without 2D data and GPS file whose 2D data was deleted are the same

量不大,也将严重影响数据的质量。这就要求外业测量到多边形的关键拐点时要放慢速度,多测几个点。以便在有2D数据时保证多边形边界的精度。对于非拐点,由于2D数据出现的间断性(很少有3个以上的2D数据段连在一起的)和外业测量轨迹的连续性,使得删除非拐点数据对数据整体影响不大。非拐点对测量精度影响最大的情况是测量面积为 $400\text{m}^2$ (土地调查规程规定的最小上图面积)的圆形地块。考虑到非拐点的绝对拐点性,2m的测量精度必须在数据损失量不超过圆上一个高为1m的弓形时才能实现,可以算出此时2D数据量不超过全部数据量的13%。因此,我们在GPS数据外业采集、内业处理规程中规定2D数据段的数量不得超过全部数据量的10%。

## 5 “假54”代替“真54”的可行性

GPS采集的是WGS-84坐标数据,该坐标系以地球质心为坐标原点,坐标方向与BIM(国际时间局)地极方向一致。包头市郊区资源环境信息系统的本底数据库是以北京54坐标数据为基础建立的,北京54坐标系是以克拉索夫斯基椭球为基础,经局部平差后产生的坐标系。因此,理想的GPS数据解算步骤应该是:

(1)在工作区选取多个均匀分布且同时具有84、54坐标数据的点作为控制点。用其坐标数据解算出该工作区84到54坐标转换的7参数。

(2)用控制点的84坐标、控制点的GPS数据、移动站的GPS数据解算出外业测量的各个点的84坐标。

(3)基于7参数将各个点的84坐标转换为54坐标。

以上方法获得的坐标数据我们称为“真54”坐标数据。解算方法称为“真54”方法。

但是包头市郊区的测量基准点普遍具有的是54坐标,有84坐标的基准点很少,坐标值的获得也很困难。而两个坐标系间也没有明确的数学转换关系。考虑到县级行政区的土地利用变化区域边界定位对GPS数据精度要求达到5m即可。我们尝试用“假54”方法进行解算,取得了令人满意的结果。即直接用控制点的54坐标、控制点的GPS数据、移动站的GPS数据解算出外业测量的各个点的坐标,把此坐标当作54坐标看待,其实它是“假54”坐标数据。

对“假54”方法在包头郊区的可行性,我们作了以下工作:

(1)在包头东部的古城湾乡,我们用16个84、54坐标数据都具备的基准点在全乡布置了一个控制区。用MAGELLAN公司的CTS v2.0(coordinate transfer system)软件计算出这个控制区的转换7参数。在该区内测得的多组数据(包括线和多边形),都用“真54”和“假54”两种方法进行解算,发现同组数据用不同方法得到的结果有以下特点:①在分形维度上基本相同,表明两组结果在大体形状上相同;②结果间的相对误差不超过0.3m;③两组结果间是非线性转换关系。参见图5所示的多边形,在比例尺为1:15000的图上两种源于不同方法的同一多边形的计算结果几乎重合在一起。在1:10的图上两线的距离约为1cm,相当于实际的0.1m,完全符合精度要求。

(2)在包头市中部和偏西部的前明乡、麻池乡分别测量了几个永久性地物(如环形铁路线作为多边形的代表、公路作为线状地物的代表)。用“假54”方法解算后和1991年的本底数据进行匹配,取得了很好的结果;相对误差在2m左右。

根据统计规律,可以得出:“假54”代替“真54”在包头市郊区土地利用动态监测GPS测量工作中是可行的,而且该方法简化了解算过程,提高了工作效率,降低了对当地数据基础的要求。

## 6 结论

(1)准确把握中国土地利用现状及其变化具有重大意义。在这项工作中,GPS技术不仅能对遥感成果进行量化,而且是一种独立的数据源。从精度、效率等方面看来,GPS作为一种成熟的技术,已经可

以投入到县级土地利用动态监测工作的主战场。

(2)结合 GPS 外业测量实际、土地利用变化实际和 GIS 内业处理能力而得出的 GPS 在县级土地利用动态监测中的多种数据采集方法不但有效地减少了外业工作量,而且可以提高数据精度和内业工作效率。

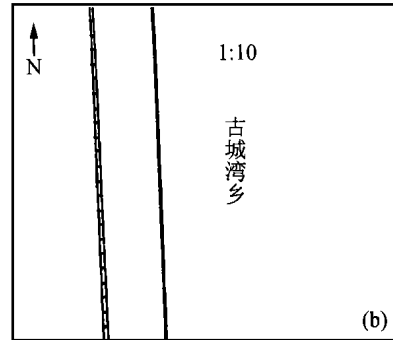
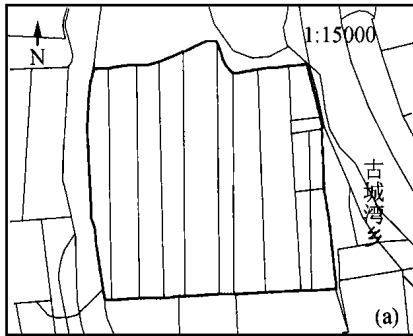


图 5 “真 54”和“假 54”解算结果比较图

Fig. 5 Results comparison of “true 54” and “pseudo 54”

## 参 考 文 献 (References)

- 1 Li Xia. Integration of Remote Sensing and GIS for Monitoring and Evaluating Agricultural Land Loss-A Case Study of Dongguan. *ACTA GEOGRAPHICA SINICA*, 1997, **52**(3): 280-287. [黎 夏. 利用遥感与 GIS 对农田损失的监测及定量评价方法——以东莞市为例. *地理学报*, 1997, **52**(3): 280-287.]
- 2 Liu Jiyuan. Study on National Resources & Environment Survey and Dynamic Monitoring Using Remote Sensing. *JOURNAL OF REMOTE SENSING*, 1997, **1**(3): 225-230. [刘纪远. 国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究. *遥感学报*, 1997, **1**(3): 225-230.]
- 3 Xu Guanhua, Tian Guoliang, Wang Chao. Remote Sensing Information Science: Progress and Prospect. *ACTA GEOGRAPHICA SINICA*, 1996, **51**(5): 385-397. [徐冠华, 田国良, 王 超. 遥感信息科学的进展和展望. *地理学报*. 1996, **51**(5): 385-397.]
- 4 Wang Xiaodong, Cui Weihong. Effect of 3S in Dynamic Monitoring Landuse/Landcover. *Territory & Natural Resources Study*, 1996(3). [王晓栋, 崔伟宏. 3S 技术在土地利用与植被动态监测中的作用. *国土与自然资源研究*, 1996(3).]
- 5 Zhou Zhongmo, Yi Jiejun, Zhou Qi. *Satellite Surveying Principle and Application of GPS*. Beijing: Surveying and Mapping Press, 1997. [周

(3)GPS 的 2D 异常数据处理方法减少了重测率。“假 54”解算方法代替“真 54”解算方法在包头市郊区土地利用动态监测 GPS 测量工作中是一种有效的工作方法,可以简化解算过程,降低对基准点坐标数据的要求。

忠谟, 易杰军, 周 琪. GPS 卫星测量原理与应用. 北京: 测绘出版社, 1997.]

- 6 Li Deren. On Definition, Theory and Key Technics of the Integration of GPS, RS and GIS. *JOURNAL OF REMOTE SENSING*. 1997, **1**(1): 64-68. [李德仁. 论 RS, GPS 与 GIS 集成的定义. 理论与关键技术. *遥感学报*, 1997, **1**(1): 64-68.]

## 致 谢

在本文的酝酿和写作过程中得到了中国科学院地理研究所文玉明博士、中国科学院遥感应用研究所张显峰、李小娟两位博士和核工业航测遥感中心外业大队同志们的帮助,在此表示感谢。

## 作 者 简 介

王晓栋,男,1971年6月生。1992年毕业于西南交通大学航地系。1995年毕业于西南交通大学测量系,获硕士学位,同年在中国科学院遥感应用研究所攻读博士学位。研究方向为多时态地理信息系统、3S 系统集成。已发表论文 20 篇。

## Application of GPS in Dynamic Monitoring of Landuse at County Level

WANG Xiao-Dong CUI Wei-Hong

(*Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

**Abstract** With the advance of the society and economy, land is decreasing rapidly. Government needs exact and quantitative data about landuse status to make reasonable decisions. However, traditional methods concerning dynamic monitoring of landuse have low efficiency and poor precision. Therefore, a better method to solve this problem is needed. The development of Space Science gives us a chance. Remote Sensing can forwardly find the changed regions, Global Positioning System can determine the accurate locations of the regions, and Geographical Information System can manage various data as a platform. GPS can not only serve as an auxiliary positioning means after having found the target regions from remote sensing data, but also act as an independent data acquisition method. This paper firstly introduces several basic GPS positioning methods and their precision, and then, discusses the requirements of dynamic monitoring of landuse at county level, which decides the model selection of GPS receiver and working pattern of GPS' outdoor surveying. Combining a key project of "the Ninth Five-year Plan", the authors describe five kinds of GPS acquiring-data methods with comprehensive consideration of GIS' functions. The disadvantageous surveying conditions will lead the creation of "2D abnormal data", which can not reflect the true world. Deleting the "2D abnormal data" from original data set can provide an alternative with good authenticity. Deleting the "2D abnormal data" means the loss of acquired data. But under certain conditions, this loss will not affect the computation results' precision and reality. The data acquired by GPS receivers is based on WGS-84, but our basic database is on Beijing-54. Rational resolvent is "true-54" theoretically. Here, "pseudo-54" thought is proposed and proved feasible in Jiaoqu County, Baotou City by a large number of tests. The conclusions could effectively improve the efficiency of indoor and outdoor work, and improve data precision.

**Key words** Global positioning system, Landuse, Dynamic monitoring