

GPS 单点定位误差分析

张星炜 查勇

(南京师范大学地理科学学院 江苏 南京 210097)

[摘要] 研究了在进行 GPS 静态绝对定位时,误差经过多长时间会稳定在一个较小的范围内.在研究过程中,先是使用手持 GPS 接收机分 4 天对某一特征点采取静态绝对定位的方法来获取实验数据,每天的定位时间为 1 h,都是从上午 10 00 到 11 00,每隔 1 min,记录一次观测值.4 天一共获得 4 组特征点的坐标.然后通过对每组坐标值求均值和标准差的方法处理数据.在对处理结果进行比较和分析后,得出随着观测时间的延长,观测值会变得更加精确.经过 20 min 左右的时间,经度坐标的误差会稳定在一个较小的范围内,经过 27 min 左右的时间,纬度坐标的误差会稳定在一个较小的范围内.

[关键词] 静态绝对定位,手持 GPS 接收机,观测时间,误差,精度

[中图分类号] P237 [文献标识码] A [文章编号] 1001-4616(2006)03-0122-05

Analysis to the Error of GPS Location of Single Site

Zhang Xingwei , Zha Yong

(School of Geographical Science , Nanjing Normal University , Nanjing 210097 , China)

Abstract :This paper studies how long the error will be stable in a small range on GPS static absolute positioning. The method that using a portable GPS receiver to locate single site statically in four days is applied in the paper. In every day the time for location is from 10 00 a. m. to 11 00 a. m. and the observation value is recorded one time every minute. Totally four groups of values of coordinate of the point located are got in four days. Then through seeking the average and standard deviation of every group of values of coordinate and analysis to the result this paper gets a conclusion that the observation values become more precise with the increase of the observation time. After 20 minutes the error of longitude will be stable in a small range and after 27 minutes the error of latitude will be stable in a small range.

Key words :static absolute positioning , portable GPS receiver , the observation time , error , precision

0 引言

全球定位系统(GPS)是根据三角测量原理,利用卫星作为动态已知点以实现覆盖全球的、实时的导航与定位的技术系统,由美国于 1973 年 12 月开始建设,1994 年建成. GPS 系统由 GPS 卫星星座、地面监控系统、GPS 信号接收机三部分组成,具有全球性、实时性、精确性、全天候、抗干扰性、应用广等特点.目前 GPS 在军事、测绘、交通、旅游、勘探、环境监测等领域得到了广泛的应用.但是在应用过程中由于各种因素的影响,不可避免地会产生一些误差,这些误差影响了 GPS 的定位精度.

近些年来国内外从各种角度对 GPS 误差进行了研究,取得了一些成果. GPS 测量误差主要来源于 GPS 卫星、卫星信号的传播过程和地面接收设备,按误差性质可分为系统误差和偶然误差.其中系统误差主要包括卫星星历误差、卫星钟差、接收机钟差以及大气折射的误差,偶然误差主要包括信号的多路径效应^[1].也有的文献按误差对测量结果的影响程度把误差分为噪声误差、偏差和偶然误差 3 类^[2].消除 GPS 定位误差的方法主要有两种,一是采用差分 GPS 技术,二是以 GPS 接收机的位置输出为原始数据,建立误差模

收稿日期:2005-06-28.

作者简介:张星炜,1983—,硕士研究生,主要从事遥感与地理信息系统的学习与研究. E-mail: zjsdxw. student@ sina. com

通讯联系人:查勇,1963—,教授,主要从事遥感与地理信息系统的教学与研究. E-mail: zhayong@ njnu. edu. cn

型^[3]. 差分 GPS(DGPS)按其实现规模,可分为普通 DGPS 和扩展 DGPS^[4]. 国内外侧重于对多路径效应的研究. 兰贵亭认为对于边长在 10 km 以内的 GPS 测量,多路径误差是其最主要误差源之一^[5]. 谢世杰和奚有根指出多路径误差是 RTK(实时动态定位)定位测量中最严重的误差^[6]. 对于解决多路径效应的方法,可以采用新的信号来减轻多路径干扰,或者在接收机中采取一定的措施^[7]. 另外,国外对于各种平台定位技术的研究较多,如使用单个 GPS 接收机进行精确平台定位技术、移动平台定位技术^[8]. 国内对 GPS 定位误差的研究,主要包括单点静态定位(即静态绝对定位)研究、快速静态定位研究、实时动态定位研究. 对于快速静态定位,观测时段在 0 ~ 15 min 期间内,其观测结果的水平精度、高程精度和边长精度均提高较快,而 15 min 后,增加观测时间,各项精度指标无明显提高^[9]. 对于实时动态定位,观测结果跳跃较大,稳定性较差^[10]. 对于单点静态定位,有关研究表明观测时间越长则单点定位精度越高^[11],而且在不改变测量仪器设备和测量条件的情况下,通过适当增加测量次数 n ,使其不确定度显著减少^[12].

本文研究在进行 GPS 静态绝对定位时,需要观测多长时间,才能获得精度较好的观测值. 如何采集数据以及通过什么方法处理数据是研究的关键. 本文通过使用手持 GPS 接收机对某一特征点在固定时间段内进行连续观测,得到 GPS 静态绝对定位经过多长时间,误差会稳定在一个较小的范围内. 该研究试图获得 GPS 静态绝对定位的规律,从而为在 GPS 测量实践中定位时间的选取和精确测量的实施提供指导,为降低测量过程中所产生的误差提供一种解决途径.

1 研究方法

1.1 数据采集

实验工具为 Garmin 手持 GPS 接收机. 实验区域为南京师范大学随园校区大操场旁边的篮球场,实验选取了篮球场上标志线的交点中的一个作为特征点. 由于篮球场的旁边是大操场,四周空旷,且篮球场位于山上,海拔高于校园其他地区,易于 GPS 信号的接收,而操场上的草能较好地吸收微波信号的能量,可以削弱多路径误差的影响.

实验的时间选在 3 月 18 日、3 月 23 日、3 月 24 日、3 月 25 日这 4 天的上午 10 00 ~ 11 00,实验当天都是晴天少云,有助于提高 GPS 定位的精确度. 实验分 4 天进行,在选取了特征点后,使用手持 GPS 接收机在这 4 天里,每天上午 10 00 ~ 11 00 对该点进行 1 h 的持续观测. 具体做法是将 GPS 接收机置于特征点上,打开 GPS 接收机电源,静置一会儿,待 EPE 值 ≤ 5 时,方可定位. 由于经纬网坐标不利于数据处理,定位之前要先将 GPS 接收机的坐标系转换成方里网坐标系,其中 Y 坐标对应于经度坐标, X 坐标对应于纬度坐标. 每次定位即获得一个 Y 坐标值和一个 X 坐标值,从上午 10 00 开始每隔 1 min 按一下定位键,记录下此时特征点的坐标值,即 10 00 记录一次,10 01 记录一次,10 02 记录一次...一直到 10 59 最后记录一次,一共获得 60 个观测值,在观测期间要确保 GPS 接收机不能移动. 这样在 4 天里,一共获得 240 个观测值,包括 240 个 Y 坐标值和 240 个 X 坐标值.

1.2 数据处理

数据处理使用 Excel 软件. 将采集的数据按照第一天、第二天、第三天、第四天分成 4 组,每组有 60 个观测值,包括 60 个 Y 坐标值和 60 个 X 坐标值,分别输入到 Excel 中. 首先,将 4 组 Y 坐标汇集到一张 Excel 表中,对每一时刻对应的 4 个 Y 坐标值求出平均值,得到 4 天平均的 Y 坐标值,根据这 5 组坐标值作出 Y 坐标值随观测时间的变化图. 对 4 组 X 坐标值也进行同样的处理,作出 X 坐标值随观测时间的变化图.

然后用 Excel 中的均值函数对每组观测值进行累积平均处理. 具体做法如下:先对每组 Y 坐标值求每一时刻的均值,从 10 00 开始,该时刻对应的均值就是 10 00 的 Y 坐标值,10 01 对应的均值为 10 00 的 Y 坐标值和 10 01 的 Y 坐标值的平均值,10 02 对应的均值为 10 00 的 Y 坐标值、10 01 的 Y 坐标值和 10 02 的 Y 坐标值三者的平均值...以此类推,10 59 对应的均值为 10 00 至 10 59 的 60 个 Y 坐标值的平均值,从而得到从 10 00 至 10 59 对应的 60 个 Y 坐标均值. 接着对每组 X 坐标值以同样的方式处理,得到从 10 00 至 10 59 对应的 60 个 X 坐标均值. 将得到的 4 组 Y 坐标均值和 4 组 X 坐标均值分别汇集到一张 Excel 表中,对每一时刻对应的 4 个 Y 坐标均值和 4 个 X 坐标均值求平均值,得到 4 天平均的 Y 坐标均值和 4 天平均的 X 坐标均值,根据这 5 组 Y 、 X 坐标均值分别作出 Y 坐标均值随观测时间的变化图和 X 坐标均值随观测时间的变化图.

最后用 Excel 中的标准差函数对累积平均得到的每组观测值的均值求标准差. 具体做法如下: 先对 Y 坐标均值求标准差, 从 10:01 开始, 该时刻对应的标准差为 10:00 的 Y 坐标均值和 10:01 的 Y 坐标均值二者的标准差, 10:02 对应的标准差为 10:00 的 Y 坐标均值、10:01 的 Y 坐标均值和 10:02 的 Y 坐标均值三者的标准差... 以此类推, 10:59 对应的标准差为 10:00 至 10:59 的 60 个 Y 坐标均值的标准差, 从而得到从 10:01 至 10:59 对应的 59 个 Y 坐标均值的标准差. 接着对 X 坐标均值进行同样的处理, 得到从 10:01 至 10:59 对应的 59 个 X 坐标均值的标准差. 将得到的 4 组 Y 坐标均值的标准差和 4 组 X 坐标均值的标准差分别汇集到一张 Excel 表中, 对每一时刻对应的 4 个 Y 坐标均值的标准差和 4 个 X 坐标均值的标准差求平均值, 得到 4 天平均的 Y 坐标均值的标准差和 4 天平均的 X 坐标均值的标准差. 根据这 5 组 Y 、 X 坐标均值的标准差分别作出 Y 坐标均值的标准差随观测时间的变化图和 X 坐标均值的标准差随观测时间的变化图.

2 结果分析

2.1 原始数据分析

从 Y 坐标值随时间的变化(图 1)和 X 坐标值随时间的变化(图 2)这两幅图中, 可以看到观测值的原始数据的波动很大, 精度较差. 在图 1 中, 大多数 Y 坐标值的波动范围在 666 320 至 666 340 之间, 波动程度达到了 20 m, 个别的像 3 月 23 日的折线上 10:19 对应的 Y 坐标值与 10:21 对应的 Y 坐标值的差距甚至达到了 50 m. 在图 2 中, X 坐标值的波动范围基本上在 3 547 885 至 3 547 900 之间, 波动程度达到了 15 m. 即使在观测时段的后期波动程度也没有减小, 而经过求平均值得到的 4 天平均的折线依然有较大波动, 因此我们看不出观测值随观测时间的变化趋势. 由于观测值几乎在每一时刻都在大幅度跳动, 所以我们无法确定观测值的真值, 也就无法得出要观测多长时间, 观测值才接近真值, 误差会稳定在一个较小的范围内. 鉴于此, 我们采用累积平均法来处理原始数据. 有关研究表明, 在单点静态定位时, 对于某一未知点, 可用对该点的测量均值代替其真值进行数据处理^[13].

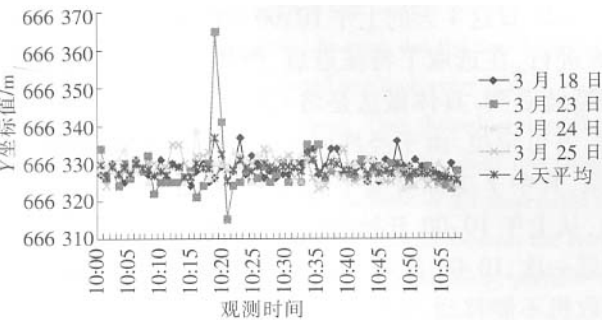


图 1 Y 坐标值随时间的变化

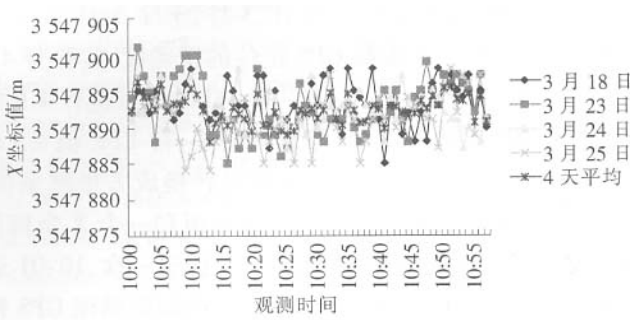
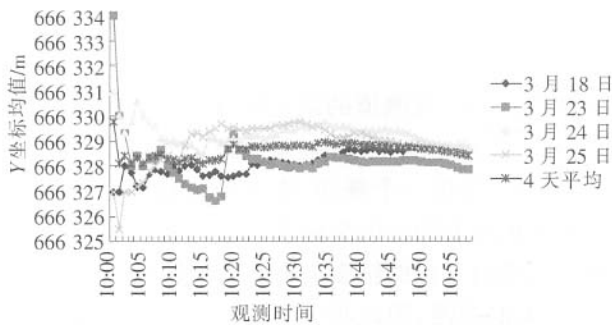
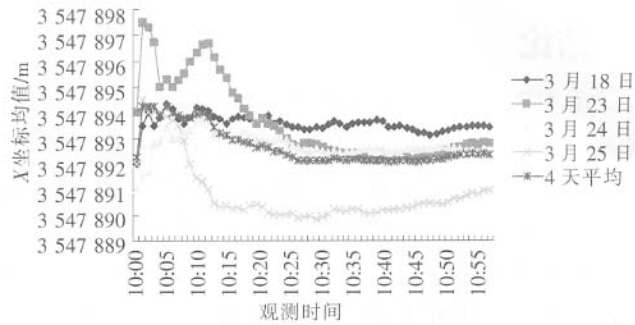


图 2 X 坐标值随时间的变化

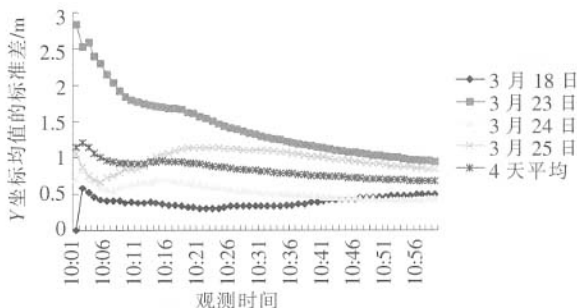
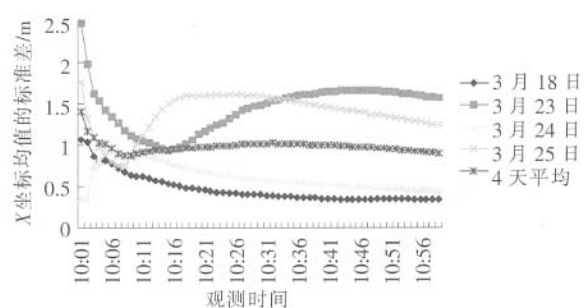
2.2 累积平均结果分析

经过累积平均得到 Y 坐标均值随时间的变化(图 3)和 X 坐标均值随时间的变化(图 4). 在这两幅图中可以看到, 每一条折线的波动性减小了许多, 不过在刚开始仍然有 3、4 m 甚至 6、7 m 的波动, 但是随着横坐标值的增加波动在减小, 当横坐标值增加到一定程度时, 每条折线的波动范围仅在 1 m 之内, 有时基本上没有波动, 近乎形成一条直线. 可见, 随着观测时间的增加, 观测值的均值精度越高, 越接近于真值. 在某一时刻后观测值的均值会稳定下来, 精度不再明显提高, 这时的均值可以被看作真值. 作为提高精度的办法, 我们以观测值均值代替观测值. 于是我们得出在静态绝对定位时, 随着观测时间的增加, 定位精度逐渐提高, 经过一段时间后, 观测值的精度不再提高, 将会稳定在一个较高的水平. 本文最重要的目标就是确定这段时间, 求出这段时间到底有多长. 从图 3 和图 4 中, 我们看到虽然每一天对应的折线在一段时间后都趋于平缓, 但趋于平缓的时刻并不相同. 在图 3 中, 3 月 23 日对应的折线从 10:22 开始趋于平缓, 而 3 月 24 日对应的折线从 10:16 开始趋于平缓. 在图 4 中, 3 月 25 日对应的折线从 10:15 就开始趋于平缓, 3 月 23 日对应的折线直到 10:27 才趋于平缓. 就连两幅图中 3 月 23 日对应的折线之间趋于平缓的时刻也不一样, 一个是 10:22, 一个是 10:27. 说明不仅每一天观测值的变化不同, 同一天的 Y 坐标观测值和 X 坐标观测值之间也存在不同的变化. 为了确定准确的时间, 我们作了 4 天平均的折线. 由两幅图中 4 天平均对应

的折线,我们得到:对于 Y 坐标值,需要经过 20 min,误差会稳定在一个较小的范围内;而对于 X 坐标值,需要经过 27 min,误差才会稳定在一个较小的范围内。

图3 Y 坐标均值随时间的变化图4 X 坐标均值随时间的变化

通过 Y 坐标均值的标准差随时间的变化(图5)和 X 坐标均值的标准差随时间的变化(图6),我们看到在大部分时间里,3月23日的标准差最大,3月25日其次,然后是3月24日,3月18日的标准差最小,标准差大小的差异说明每一天的观测精度是不一样的。再看标准差的变化,在图5中,3月23日的标准差从10:03开始就一直呈下降趋势,3月25日的标准差则是随着观测时间的增加先下降、后上升、再下降,而3月18日的标准差从开始下降一直到后期又呈现缓缓上升的趋势。在图6中,从10:17至10:33这段时间里,3月23日的标准差在上升,3月24日的标准差在下降,而3月25日的标准差几乎保持不变。可见不论是对 Y 坐标的分析还是对 X 坐标的分析,我们都得出每一天在同一时段观测值误差的变化是不一样的。再来看同一天 Y 坐标均值的标准差和 X 坐标均值的标准差的变化。在图5中,3月23日的标准差几乎从开始到结束一直呈下降趋势;而在图6中,3月23日的标准差从10:17开始却呈现上升趋势,直到10:45后才一直呈下降趋势。说明即使是同一天同一时段的观测值的误差变化, Y 坐标与 X 坐标之间也是有区别的。但是经过对比,我们发现每一天标准差变化的大体趋势是一样的。不管在开始阶段呈下降还是上升趋势,经过一段时间后,标准差就一直呈下降趋势,不再明显上升,只是这段时间的长短不一样。比如在图5中,3月24日的标准差从10:15开始一直下降,3月25日的标准差从10:21开始一直下降,3月18日的标准差在下降过后虽然略微有些上升,但由于在整个观测时段中标准差始终很小,可以看成标准差从一开始就降到了很低的程度。在图6中,3月23日的标准差从10:11开始一直呈下降趋势,而3月24日的标准差从10:45左右开始一直呈下降趋势。这些现象说明观测均值在经过一段时间之后会稳定在真值附近,从而使标准差不断减小。为了确定这段时间,我们作出4天平均的标准差随观测时间的变化线。由此得出与前面相同的结论,即对于 Y 坐标和 X 坐标,分别经过 20 min 和 27 min 误差会稳定在一个较小的范围内。此外,在图5中,我们看到4天平均的标准差变化线在大部分观测时间里趋于 0.75 m;在图6中,我们看到4天平均的标准差变化线基本稳定在 1 m 左右。可见观测值的 Y 坐标的标准差平均为 0.75 m,而 X 坐标的标准差平均为 1 m。由此说明在观测时, X 坐标值的误差比 Y 坐标值的误差大。

图5 Y 坐标均值的标准差随时间的变化图6 X 坐标均值标准差随时间的变化

综上所述,我们通过求均值和求标准差的方法来处理原始数据,清楚地反映了观测值随时间的变化。总的来说,在使用手持GPS接收机进行静态绝对定位时,随着观测时间的增加,观测值的精度会逐渐提高;经过一段时间,观测值的精度将稳定在一个较高的水平,此时精度不再明显提高。对于 Y 坐标和 X 坐标,这段时间的长度不一样,分别为 20 min 和 27 min。而在方里网坐标系中, Y 坐标对应于经度坐标, X 坐标对应

于纬度坐标,这就是说20 min后观测值的经度坐标的精度稳定在一个较高的水平,27 min后观测值的纬度坐标的精度稳定在一个较高的水平。

3 结论

本文通过研究得出在使用手持GPS接收机进行静态绝对定位时,观测值的误差随观测时间的增加逐渐减小,其中观测值的经度坐标的误差经过20 min会稳定在一个较小的范围内,观测值的纬度坐标的误差经过27 min会稳定在一个较小的范围内。这是GPS静态绝对定位的一个规律。本文经过数据处理和分析不仅得到了观测值精度与观测时间的关系,更进一步发现了观测值的经度坐标和纬度坐标的精度稳定在较高水平所需经历的时间不同。这一研究对于提高GPS静态绝对定位的精度有着重要的指导意义。

在本文的研究中,由于受到各种条件的限制,只进行了4天的观测,因此我们得出的结论并不适用于所有情况,另外由于手持GPS的精度有限,使得采集到的数据中有个别数据存在着不小的误差,所以我们获得的时间只是定位误差稳定所需的大概时间。今后可采取延长每次连续观测的时间和增加观测次数的办法来进一步研究这个问题,从而获得准确的时间。

[参考文献]

- [1] 徐绍铨,张华海,杨志强,等. GPS测量原理及应用[M]. 修订版. 武汉:武汉大学出版社,2003.
- [2] 张志清,陈智梁,刘宇平. GPS测量误差分析[J]. 沉积与特提斯地质,2002,22(3):100-106.
- [3] 杜鹃,傅梦印,张鸿业,等. GPS定位误差分析与建模[J]. 北京理工大学学报,1998,18(4):456-460.
- [4] 王晓湘,柯有安. DGPS各种误差因素分析[J]. 系统工程与电子技术,2000,22(6):15-17.
- [5] 兰贵亭. GPS测量多路径误差的分析[J]. 太原大学学报,2002,3(3):54-56.
- [6] 谢世杰,奚有根. RTK的特点与误差分析[J]. 测绘工程,2002,11(2):34-37.
- [7] 孙淑光. 基于窄相关技术GPS多径误差分析[J]. 遥测遥控,2004,25(1):15-18.
- [8] Dan Steinhurst, Naji Khadr, Bruse Barrow, Herb Nelson. Moving platform orientation for an unexploded ordnance discrimination system[J]. GPS World,2005(5):28-34.
- [9] 李玲,陈性义,李亭峰,等. 微型工程控制网GPS快速静态观测时段与精度关系研究[J]. 测绘与空间地理信息,2004,27(1):46-48.
- [10] 程新文,陈性义. 手持式GPS定位精度研究[J]. 测绘通报,2004(9):20-22.
- [11] 范东明,郑晓辉. SA影响下GPS单点定位的精度分析[J]. 城市勘测,1998(2):12-16.
- [12] 俞海红,陈素珊,何勇. GPS定位实验及提高定位精度的方法研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2004,30(6):662-667.
- [13] 乔立争,曾元鉴. GPS定位误差分析及建模[J]. 海军工程学院学报,1996(3):45-51.

[责任编辑:陆炳新]