

用解方程法确定手持式 GPS 的校正参数

蔡力挺,汪好求,王俊涛

(山东省第三地质矿产勘查院,山东 烟台 264000)

摘 要:在地质野外测量中,正确校正手持式 GPS,以便保证其测量精度,在工作区内均匀选择 2、3 个控制点,正确输入中央经度、 DX 、 DY 、 DZ 、 DA 、 DF 等校正参数即可完成。笔者总结出 GPS 的显示坐标 X 、 Y 变化量与校正参数 DX 、 DY 、 DZ 的变化量的比值(即变化率)在某一地区有一定的线性关系,通过此种线性关系用解方程法可快速准确地确定 DX 、 DY 、 DZ 参数,且只要满足该方程组解的不同组合的 DX 、 DY 、 DZ ,均可作为该地区正确的校正参数,从而可准确校正 GPS。

关键词:手持式 GPS;定位精度;变化率;线性关系;解方程法;校正参数

中图分类号: P631;P228.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2013)04-0730-04

GPS(global positioning system)即全球卫星定位系统,GPS 系统包括三大部分:空间部分——GPS 卫星星座;地面控制部分——地面监控系统;用户设备部分——GPS 信号接收机。它主要用来在全球范围内实时进行定位、导航,具高精度、全天候、高效率、多功能、操作简便、应用广泛等优点^[1]。目前 GPS 信号接收机(手持式 GPS),在野外地质、测绘、物化探等工作中发挥着越来越大的作用,手持式 GPS 已成为广大地质工作人员必不可少的工具之一。但是,如何提高 GPS 的定位精度和根据实际情况准确快速校正 GPS,一直是困扰广大非测量专业的野外地质工作人员的棘手问题,限制了 GPS 在实际工作中的推广和应用。笔者将结合多年来使用 GPS 的实践经验,对 GPS 简便、快速准确的校正作一探讨。

1 GPS 的误差来源

GPS 卫星星历是以 WGS84 坐标系为根据建立的,WGS84 坐标系采用的地心坐标系,其坐标原点为地球质心。而目前我国应用的大多测量成果,往往属于 1954 年北京坐标系、1980 年西安坐标系或地方坐标系,高程系统采用 1956 年或 1985 年黄海高程系。由于不同的坐标系采用参考椭球不同,彼此间存在着平移量、旋转量和比例的缩放系数等关系^[2]。因此,在实际工作中,用户所选用的坐标系和 WGS84 大地坐标系之间存在一定的误差,在我国随着区域不同,差别也不同。经统计数据,我国西部相差 70 m 左右,东北部 140 m 左右,南部 75 m 左

右,中部 45 m 左右^[3]。所以在实际工作应用中,必须把 WGS84 直角坐标系转换成北京 54 坐标系或西安 80 坐标系,消除该误差,使 GPS 显示的坐标与实际坐标一致时,才能供我们使用。

2 GPS 的校正

在一工区工作前,首先要进行 GPS 的校正。GPS 的校正过程,就是使 WGS84 直角坐标系转换成北京 54 坐标系或西安 80 坐标系,使 GPS 显示的坐标与实际坐标一致,消除该误差的过程。一般情况,对手持 GPS 校正时,除一些默认的选项及参数外,主要是对当地的中央经度 $L0$,旋转参数 DA 、 DF ,平移参数 DX 、 DY 、 DZ 的正确确定。各参数的确定叙述如下。

2.1 中央经度

2.1.1 根据带号确定中央经度

中央经度就是中央经线,即一个地方的中央子午线,由于实际地质图中 1:2.5 万以下的小比例尺地形图常用 6°带的带号,1:1 万以上的大比例尺地形图常用 3°带的带号。若以 $L0$ 表示中央子午线, $N3$ 、 $N6$ 分别代表 3°带、6°带的带号,则二者中央经线分别为 $L0 = N3 \times 3^\circ$ 、 $L0 = N6 \times 6^\circ - 3^\circ$ 。

2.1.2 根据大地坐标值确定中央经度

若已知目标点的大地坐标值(B, L),而设计图的平面直角坐标值却没标出带号,此时,首先判断设计图是 6°带还是 3°带。当为 6°带时,其带号 $L0 = L/6 + 1$ (即取 L 值的整数位除以 6,取整商加 1),如

目标点的经度为 127°18′36″,则其 6°带分带号为 127/6 + 1 = 22,其中央经度 $L0 = 22 \times 6^\circ - 3^\circ = 129^\circ$ 。

若为 3°带,则将 L 值换成度数除以 3 四舍五入后取整数值即为其带号。如 127°18′36″ $\approx$ 127.31°则 127.31/3 = 42.437,其带号为 42,其中央经度 $L0 = 0.42 \times 3^\circ = 126^\circ$ 。所以即使是同一坐标点,分带不同,其中央经度可能不同或相同。

2.2 旋转参数 DA、DF 的确定

旋转参数 DA、DF 可直接利用 WGS84 坐标系和所选坐标系的椭球参数长半轴 a、扁率 f 相减而得到,一般为固定值,各坐标系的椭球参数见表 1^[2]。

表 1 椭球参数对照

项目	WGS84 坐标系	北京坐标系	西安坐标系
长半轴 a	6378137	6378245	6378140
扁率 f	1/298.257223563	1/298.3	1/298.25722101
扁心率 e ²	0.00669437999013	0.006693427	0.006694385

注:1954 年北京坐标系,DA = -108、DF = 0.000 000 5;1980 年西安坐标系,DA = -3、DF = 0。

2.3 平移参数 DX、DY、DZ 的确定

当某一地区的中央经度及某一坐标系的 DA、DF 确定后,主要是对三个平移参数 DX、DY、DZ 的确定,这是校正 GPS 的核心内容。

据实践经验,某一地区 GPS 的显示坐标 X、Y 的变化量与校正参数 DX、DY、DZ 的变化量的比值在某一地区是一定值(即线性关系),这样可以简化校正程序,只需在工作区内均匀的选择 2、3 个控制点进行校正,并按一定规律,改变校正参数的大小,使已知点的坐标值与实际对应点仪器的显示值保持一致,就达到了消除误差和准确校正仪器的目的。具体方法如下。

设已知控制点平面直角坐标为(X、Y),在正确输入中央经度、DA、DF 后,把手持式 GPS 中的三个平移参数 DX、DY、DZ 全部设为 0 值,且在已知控制点(X、Y)上长时间多次测量读其稳定值,并取其平均值(X0、Y0)作为过渡点坐标。此时,在此已知控制点作如下测量:当 DY = 0、DZ = 0、DX = $\pm 1\ 000$ 时,测得(X1、Y1),通过 $(X1 - X0)/(\pm 1\ 000)$ 、 $(Y1 - Y0)/(\pm 1\ 000)$ 可得出该区的经纬度随 DX 变化的变化率是 $\Delta X1$ 、 $\Delta Y1$;当 DX = 0、DZ = 0、DY = $\pm 1\ 000$ 时,测得(X2、Y2),通过 $(X2 - X0)/(\pm 1\ 000)$ 、 $(Y2 - Y0)/(\pm 1\ 000)$ 可得出该区的经纬度随 DY 变化的变化率 $\Delta X2$ 、 $\Delta Y2$;当 DX = 0、DY = 0、DZ = $\pm 1\ 000$ 时,测得(X3、Y3),通过 $(X3 - X0)/(\pm 1\ 000)$ 、 $(Y3 - Y0)/(\pm 1\ 000)$ 可得出该区的经纬度随 DZ 变化的变化率 $\Delta X3$ 、 $\Delta Y3$ 。当 DX 增大时,X1 减小,Y1 增大;当 DX 减小时,X1 增大,Y1 减小。当 DY 增大

时,X2 增大,Y2 增大;当 DY 减小时,X2 减小,Y2 减小。当 DZ 增大时,X3 减小,Y3 增大;当 DZ 减小时,X3 增大,Y3 减小,且 Y3 随 DZ 的变化而变化较小。而上述 DX、DY、DZ 的变化对高程的变化影响不大。

对某一地区来说,经纬度随 DX、DY、DZ 变化的各个变化率分别为不同的定值,且不同地区的变化率不同。

由于已知过渡点坐标(X0、Y0)是在 DX = 0、DY = 0、DZ = 0 时所得,在其他条件已定的情况下,此时该地区任一点上手持 GPS 的显示坐标 X、Y 变化量均由所输入的 DX、DY、DZ 值的变化而综合所引起的。假设手持式 GPS 的三参数为 DX、DY、DZ 时,在已知点其所测坐标与已知坐标点(X、Y)一致时。那么根据变化率则有

$\Delta X1DX + \Delta X2DY + \Delta X3DZ = X - X0,$ (1)

$\Delta Y1DX + \Delta Y2DY + \Delta Y3DZ = Y - Y0$ (2)

关系。这样,通过解上述方程,便可得无数组 DX、DY、DZ 值,每一组 DX、DY、DZ 值都是手持式 GPS 在该地区的正确的校正值。

对于此变化率,最好在一个地区的多个控制点上进行长时间多次测量,并取得各点多次稳定读数的平均值作为各点的变化率(其实同一个地区不同控制点上 GPS 的变化率差值极小或相同),然后再求出各点变化率的平均值作为该区的变化率。

3 GPS 参数校正实例

烟台某测区控制点坐标为(X = 4 150 489、Y = 40 619 622),在本区内做 1: 1 万激电中梯工作,用合众思壮公司生产的 Map72 手持 GPS 作为导航和定位的测量工具,为提高测量精度,工作前需对其进行校正。

由于该区工作比例尺为 1: 1 万,采用 3°分带,带号为 40,所以该区中央经度为 120°,坐标系采用西安 1980 坐标系,所以 DA = -3、DF = 0,此外要进行该区 GPS 的 DX、DY、DZ 的确定。

依据上章节所叙的方法,当 GPS 的 DX、DY、DZ 均设为 0 时,其在上述已知坐标点的读数平均值(即过渡坐标)为(X0 = 4 150 486、Y0 = 40 619 622)。在该控制点上当 DX、DY、DZ 变化均为 $\pm 1\ 000$ 时,GPS 的多次测量平均值如表 2 所示。

由表 2 可知,该处经纬度(X、Y)随 DX 的变化率为 $\Delta X1 = -0.304$ 、 $\Delta Y1 = 0.858\ 5$; (X、Y)随 DY 的变化率为 $\Delta X2 = -0.304$ 、 $\Delta Y2 = 0.858\ 5$; (X、Y)随 DZ 变化的变化率为 $\Delta X3 = -0.793\ 5$ 、 $\Delta Y3 = 0.012$ 。

表 2 烟台某地手持 GPS 显示值与 DX、DY、DZ 值之间的关系

X	Y	X0	Y0	DX	DY	DZ	X1	Y1	ΔX	ΔY
4150489	40619622	4150486	40619741	1000	0	0	4150182	40620599	-304	858
				0	1000	0	4151013	40620254	527	513
				0	0	1000	4149693	40619753	-793	12
				-1000	0	0	4150790	40618883	304	-859
				0	-1000	0	4149960	40619227	-526	-514
				0	0	-1000	4151280	40619729	794	-12

利用上述方程关系可得

- 0.304DX + 0.526 5DY - 0.793 5DZ =
X1 - X0 = 3; (3)

0.858 5DX + 0.513 5DY + 0.012DZ =
Y1 - Y0 = -119。 (4)

解上述方程,将式(3)乘以 2.824,再与式(4)相加,可消去 DX 项,得

2.000 343DY - 2.228 854DZ = -110.528。(5)
此时,若 DZ = 0,则 DY = -55.3,把 DZ = 0, DY =
-55.3 代入式(3)或式(4),得 DX = -105.6。同理,若 DZ = 100,则 DY = 56.2,DX = -173.7;若 DZ =
-50,则 DY = -111,DX = -71.6;若 DY = 0,则 DZ =
49.6,DX = -139.3。以此类推。

这样便可得到某一地区的无数组校正参数 DX、DY、DZ,把它成组输入 GPS 再到其他控制点上测量,均可得到正确读数。一般情况下,为方便使用,常使 DZ = 0,再求出相应的 DX、DY 值作为一个地区的校正参数。这样,把校正参数输入手持 GPS 后,可满足该地区 1: 1 万以下的地质、物探测量工作。

所以,要想快速准确地校正手持 GPS,已知控制点是必须的,此外还求出当地的中央经度以及当地经纬度(X、Y)随 DX、DY、DZ 变化的各个变化率。通过控制点与过渡点上 GPS 显示坐标的变化量与各个变化率与 DX、DY、DZ 的方程关系可求出正确的校正参数 DX、DY、DZ。

4 结论

(1)校正参数与经纬度值的变化量呈线性变化,其变化率在同一地区是一定值,不同地区的变化率不同。

(2)在其他条件已定的情况下,同一地区任一点 GPS 的显示坐标 X、Y 变化量是均由所输入的 DX、DY、DZ 值综合变化所引起的,且 X、Y 的变化量可用该地区的变化率和 DX、DY、DZ 值量化表示,即满足一种方程关系,且方程是多解的,通过解该方程可得该地区的多组校正参数 DX、DY、DZ。

(3)校正参数与选用的坐标系统有关,不同地区仪器的校正参数一般不同,应根据实际情况进行仪器校正。为了提高定位精度,工作区的控制点选择应是均匀的、视野应是开阔的,同时应远离强磁场、高压线等干扰物以及遮挡物。

(4)GPS 校正方法有多种,该方法只是其中一种实用快速、相对准确的方法。

参考文献:

[1] 胡丛维,刘大杰. 基于 GPS 基准站网的 GPS 测量[J]. 现代测绘,2003,26(1).
[2] 周忠模,易杰军,周其. GPS 卫星测量原理与应用[M]. 北京: 北京测绘出版社. 1993.
[3] 杜柏利,林艳红,李庆斌. 浅谈 GPS 测量误差[J]. 黑龙江水利科技,2003,31(1):98-98.
[4] 陈肇新,荆其一,陈宙. GPS 全球定位系统推动了导航定位技术的迅速发展[C]//中国空间科学学会空间探测专业委员会第十次学术会议论文集,1997.
[5] 郭志达. 地理信息系统基础与应用[M]. 北京: 煤炭工业出版社,1997.
[6] 钟志岩,肖纪浩,秦学军. GPS 手持机定位校正参数的计算[J]. 辽宁林业科技,2004(6).
[7] 侯宏斌,辛存林,陈林生. 如何准确校正手持式 GPS 导航仪[J]. 甘肃科技,2004(4).
[8] 范丽琨,周晓中. 手持 GPS 在 1: 5 万水系沉积物测量中的应用[J]. 黄金科学技术,2008(12).

THE APPLICATION OF THE EQUATION-SOLVING METHOD TO
DETERMINING THE CORRECTION PARAMETERS OF THE HAND-HELD GPS

CAI Li-ting, WANG Hao-qiu, WANG Jun-tao

(No. 3 Institute of Geology and Mineral Resources of Shandong Province, Yantai 264000, China)

Abstract: In field geological survey, the hand-held GPS should be correctly calibrated so as to guarantee the measurement precision. In the work district, the authors uniformly selected 2 – 3 control points and then correctly input the central longitude and such correction parameters as DX 、 DY 、 DZ 、 DA and DF to fulfill the operation. The authors have conclude that the ratios between the changing rates of the GPS display coordinate X , Y and the changing rates of the correction parameters show certain linear relationship in a certain area. Based on such a linear relationship, the equation-solving method can be used to determine DX 、 DY and DZ parameters rapidly and accurately. In addition, different DX 、 DY and DZ combinations can all be used as the proper correction parameters so as to accurately correct the GPS so long as they can satisfy the solution of the equation set.

Key words: handheld GPS; positioning accuracy; changing rates; linear relationshis; method of solving equations; correction parameters

作者简介: 蔡力挺(1972 –),男,物探工程师,中南工业大学勘查地球物理专业毕业,主要致力于物探方法在勘查金属矿产中的应用,目前在国内相关刊物上发表专业论文十多篇。

上接 725 页

THE PARALLEL BOOLEAN SIMULATION METHOD

LI Shao-hua¹, YU Si-yu¹, WANG Jun², SONG Dao-wan², SHI Jing-hua², LI Jun¹

(1. School of Geoscience, Yangtze University, Jingzhou 434023, China; 2. Institute of Geoscience, Shengli Oilfield, Dongying 257015, China)

Abstract: Boolean simulation, which is an object-based modeling method, is mainly used to simulate the distribution of simple geometric objects such as channels and shale interlayers. The program Ellipsim compiled with Fortran computer language is a classic program of Boolean simulation included in GSLIB. This paper deals with the problem as to how to improve the Ellipsim program through the conversion from the sequential method to the parallel method with Visual C#4.0 and Parallel Extension of .NET Framework4.0. It is evident that the parallel program could shorten time consuming effectively from speed-up ratio's statistics with Auto Test Module and Time Consuming Statistics Module. The method introduced in this paper could serve as an guidance for parallel improvement of other simulation programs.

Key words: parallel computing; Boolean simulation; speed-up ratio; Visual C#; stochastic simulation

作者简介: 李少华(1972 –),男,长江大学地球科学学院,博士,教授,现从事地质统计学、地质建模方面的研究与教学工作。