

地质调查中手持 GPS 转换参数的确定

张海波¹, 焦殿阳²

(1. 辽宁省第三地质大队 辽宁 朝阳 122000 ;2. 辽宁省第九地质大队 辽宁 铁岭 112000)

摘 要:手持 GPS 在地质矿产调查中常用来测量地质观察点和一般地质工程点点位坐标. 本文根据多年的实践经验探讨手持 GPS 的使用及坐标转换, 获取需要的各种测量成果, 具有较强的实用性.

关键词:手持 GPS; 坐标系统; 转换参数; 地质调查

THE DETERMINATION OF CONVERSION PARAMETERS OF HANDHELD GPS IN GEOLOGICAL SURVEY

ZHANG Hai-bo¹, JIAO Dian-yang²

(1. No. 3 Geological Brigade of Liaoning Province, Chaoyang 122000, Liaoning Province, China;

2. No. 9 Geological brigade of Liaoning Province, Tieling 112000, Liaoning Province, China)

Abstract: In geology and mineral resources survey, the handheld GPS can be applied to measure the coordinates of geological observation point and geological engineering point. Based on practical experiences, this paper discusses the application and coordinate conversion of handheld GPS to obtain surveying result. It is practically significant in geology and mineral resources survey.

Key words: handheld GPS; coordinate system; conversion parameter; geological survey

GPS (Global Positioning System)是由美国在 20 世纪 70 年代开始研究,历时 20 年,于 1994 年全面建成,具有在海、陆、空进行全方位实时三维导航与测量定位能力的新一代卫星导航与定位系统.随着技术的不断改进,硬、软件的不完善,GPS 技术被越来越广泛地应用于各个领域,并开始逐步深入人们的日常生活^[1].

在 GPS 定位技术的应用和发展过程中,根据不同的市场需求,生产厂家研制生产出了不同用途和型号的接收机.无论是高精度的测量型 GPS,还是导航型手持 GPS,其所提供的坐标都是以美国 WGS84 而建立的,而我们使用的地图却属于 54 北京坐标系或 80 西安坐标系(简称地方坐标系).不同的坐标系统之间按一定的数学模型可计算出其间的转换关系,也就是我们常说的转换参数.这给我们使用 GPS 提供了便利.但是求解转换参数必定是一项专业性很强的工

作,需要收集或采集一些可靠的相关数据并借助计算软件.尽管如此,导航型手持 GPS 仍以其独到的体积小、能耗低、操作简单、快捷存点、实时快速定位、Teack-Back 功能、完善的坐标系统、高精度单机定位诸多优越特点而倍受地质矿产调查者的青睐.下面结合手持 GPS 在地质矿产调查工作中的实际应用,探讨如何解决坐标转换的问题.

1 确定自定义坐标格式

确定自定义坐标格式(User UTM Grid)是高斯-克吕格投影的需要,属于地图投影方面的研究范畴.测量工作的一个重要内容就是将地球表面上的地物地貌按一定的要求用平面图形表示出来,这就是测绘各种比例尺地形图.这就需要将椭球(近似地说是圆球)上的图形投影到平面上,在平面上表示坐标的方法是平面直角坐标系.尤其重要的是,如果不用平面直角坐标

收稿日期 2011-04-13 修回日期 2011-05-05 编辑 欧阳兆灼 张哲

作者简介 张海波(1962—),男,测绘工程师,从事地质矿产勘查工作中的控制测量、地形测量、地质工程测量等工作,通信地址 辽宁省朝阳市长江路四段 29 号 E-mail://zhanghaiboc@163.com

系则在椭球(或圆球)上的各点位置要用经纬度来表示。这样,计算经纬度或已知经纬度来反算距离及方位角,都将是一件很复杂的工作。如果有一个平面直角坐标系,在平面上(而不是在球面上)处理测量数据,将使计算工作大大简化。高斯-克吕格投影实现了将球面投影转为平面的过程。但是高斯-克吕格投影只是保持了投影后角度不变,长度变形随着远离中央子午线会逐渐变大,为此常采用分带投影来限制长度变形误差的影响^[2]。确定自定义坐标格式就是确定投影带和坐标原点的平移。值得一提的是,除通用的投影带划分以外,还有一个根据地域所处地理位置不同而并不使用坐标的自然值的问题。例如,我国位于赤道以北,纵轴(或称 X 轴)均为正值,而每一投影带由赤道投影后形成的横轴(或称 Y 轴)由纵轴分成东西两部分,东者为正,西者为负,为了使横坐标均为正值起见,在 3° 及 6° 带均加入了常数 500 km,并冠以投影带号来表示。

当我们使用一部新的 GPS 或到一个新的勘查区工作时,首先要做的就是确定自定义坐标格式。确定自定义坐标格式的关键是如何确定勘查区所在投影带中央子午线的经度。这是因为在使用统一的国家坐标系或地方坐标系时,因勘查区所处地理位置不同,中央子午线的经度是需要相应变更的。那么如何方便快捷地确定中央子午线的经度呢?我们在进入新的勘查区之前,要收集包括地形图在内的有关资料。国家基本比例尺地形图中的中小比例尺地形图横轴坐标前都冠以带号,内图廓还标有经纬度,这就为我们确定勘查区中央子午线经度提供了最基本的条件。

1.1 根据投影带号确定勘查区中央子午线经度

我国区域内带号均为两位正整数,只要把确定的带号代入下式(1)就可计算出中央子午线的经度。根据投影带号计算中央子午线经度的公式:

$$\begin{aligned} L_0 &= N_3 \times 3^\circ \\ L_0 &= N_6 \times 6^\circ - 3^\circ \end{aligned} \quad (1)$$

式中 L_0 代表中央子午线经度, N_3 、 N_6 分别代表 3° 带带号、 6° 带带号^[3]。

1.2 根据大地坐标经度值确定勘查区中央子午线经度

用经度值(L)确定勘查区中央子午线经度需按下步骤进行:首先要确定工作底图是 3° 分带还是 6° 分带,然后利用勘查区内任一点经度值计算其所在投影带带号,再将带号代入上式(1)即可算出中央子午线经度。利用经度值计算 6° 带带号的算法为,用 L 值整数位除以 6,取整数商加 1。例如,某地 L 为 $120^\circ 18' 28''$,根据计算($120^\circ \div 6 + 1 = 21$)得知其所在 6° 带带号为 21。

利用经度值计算 3° 带带号的算法为,将 L 值换成以度为单位后除以 3,按四舍五入取整数商即为带号。例如:某地 L 为 $120^\circ 18' 28''$,根据计算($120.31 \div 3 = 40.103$,四舍五入取整数商为 40),得知其所在 3° 分带带号为 40^[4]。

3° 和 6° 分带其东西跨度分别为 3° 和 6° ,被中央子午线分成东西对称两部分。

我国位于东半球,中央子午线设置均为东经(E)并输入相应的中央子午线经度值,投影比例设置为 1,东西偏差设置为 500 000,南北偏差设置为 0,并设置单位为 m。

2 确定自定义坐标系统的转换参数

GPS 默认坐标系统为美国 WGS84 坐标系统。若想得到我们所用的地方坐标,必须要有相应的转换参数。这里所说的地方坐标就是指我们常用的 54 北京坐标系和 80 西安坐标系以及改变了中央子午线或投影面高度的城市坐标系的坐标的统称。这就要求在确定自定义坐标系统(User)转换参数之前,首先要确定需要什么坐标系的成果。只有这样才能按不同的椭球参数(确定椭球大小和形状的参数)来计算与之相适应的 WGS84 坐标系与地方坐标系的转换参数^[5]。

WGS84 坐标系统为 GPS 默认系统,与我们常用的地方坐标系统是两个不同椭球参数下定义的坐标系,它们之间的转换关系是通过特定的数学模型计算出来的,经常用到的有布尔莎、莫洛登斯基、海尔曼特等几种数学模型^[6]。严密的转换关系为七参数(D_x 、 D_y 、 D_z 、 W_x 、 W_y 、 W_z 、 K ,它们分别是 X 、 Y 、 Z 三轴的平移与旋转及比例系数)。由于手持 GPS 单机定位精度要求并不高,一般在 ± 15 m,因此在主版设计时选用了近似七参数,也就是我们常用的三参数 D_x 、 D_y 、 D_z ,忽略了旋转参数 W_x 、 W_y 、 W_z ,实际上旋转参数也非常小,比例参数近似为 1。所以一般手持 GPS 自定义坐标系统转换参数设置的变量参数只有 3 个: D_x 、 D_y 、 D_z ,至于 D_A (椭球长轴之差)、 D_f (椭球扁率之差)对于不同椭球间是固定常数。三参数 D_x 、 D_y 、 D_z 是随着勘查区地理位置不同而变化的。

3 三参数的确定方法

3.1 利用已知坐标计算

收集或采集勘查区及周边 1~3 个或多个三等以上已知当地坐标和 WGS84 坐标的控制点成果。需要指出的是,1 个点只能计算 1 组三参数,2 个点计算 2

组有比较 3 个点计算 3 组有检核 3 个(包括 3 个)以上可以比较取中数使用. 一般情况下在省测绘局测绘科技资料处可收集到上述成果. 现在 GPS 静态测量也很普遍, 这为我们获取 WGS84 坐标提供了便利.

三参数的计算程序可使用广州中海达测绘仪器有限公司静态测量后处理软件, 采用莫洛登斯基数学模型来计算. 具体做法是, 进入程序, 打开工具到计算七参数界面, 将 WGS84 坐标作为源坐标输入, 该点的当地坐标作为目标坐标输入, 点击计算. 因为是单点, 软件会自动选用莫洛登斯基数学模型来计算, 并有对话框提示, 记录下计算值, 如此输入几对点进行计算, 通过比较后取中数, 并将计算出的 D_x 、 D_y 、 D_z 反号置入手持 GPS 就可以了.

下面就某勘查区的实例来说明计算三参数的具体做法: 收集勘查区 A、B、C 三控制点当地坐标成果, 再做包括三点在内的 GPS 静态控制测量, 取得 WGS84 坐标, 使用中海达静态后处理软件进行计算(表 1、2).

最终结果 $D_x = -103.8\text{ m}$, $D_y = -52.2\text{ m}$, $D_z = 1.6\text{ m}$. 在该勘查区取 $D_A = -3$, $D_T = 0$. 设置此参数到手持 GPS, 并对已知点进行测量比较, 平面精度均在 $\pm 3\text{ m}$, 较接收机标称精度 $\pm 15\text{ m}$ 有很大提高. 高程测量值也比较接近已知成果.

事实上获取 WGS84 椭球参数下约束平差的 WGS84 坐标成果不是一件容易的事情, 所以常采用自由网平差结果. 那么采用手持 GPS 测量的 WGS84 坐标来计算三参数可不可以呢? 答案是肯定的. 然而因手持 GPS 单点定位精度的限制, 以其计算出的转换参数来定位点, 精度不高.

3.2 收集使用经验成果

在手持 GPS 的实际应用中, 会有大多数使用者不掌握三参数的计算程序和计算方法, 有的即使掌握三参数的计算程序和计算方法, 然而已知点的地方坐标系和 WGS84 坐标系成果(尤其是 WGS84 坐标系成果)的收集或采集都是很困难的, 那么只能靠收集使

表 2 计算结果表

Table 2 Calculated result

点名	D_x /m	D_y /m	D_z /m
A	103.841	52.121	-1.709
B	103.762	52.250	-1.639
C	103.769	52.205	-1.546

用经验成果, 把收集来的三参数输入 GPS 后到已知点进行测量比较, 只要满足设计精度要求或达到接收机标称精度就可以采用.

3.3 其他方法

从数学上来讲, 转换参数是点的位置与椭球参数的矩阵函数, 其数理关系复杂、计算过程较繁琐, 况且有些参数只能在专用数表中才能查得到. 如果不是从事专门理论研究, 而只限于手持 GPS 的使用方面, 上述方法是方便实用的转换参数计算方法.

上述获取转换参数的方法都是在比较理想状态下, 地质矿产调查往往会遇到意想不到的环境, 如广袤森林、戈壁滩、沼泽等人迹罕至的地方. 这些地方或因为经济欠发达, 国家基本控制网尚未覆盖或是密度不够, 在很难收集到已知地方坐标的情况下, 只能采用相邻投影带向外扩展, 利用相邻地区转换参数进行测量. 测量过程中采集地形图上能图解坐标的明显地物点坐标数据, 再根据比较结果作固定差改正, 最后根据需要对测量成果进行换带计算. 分带进行投影的目的就是为了限制投影变形影响制图的精度. 特殊情况下采用相邻投影带向外扩展势必产生变形, 但变形值的大小与手持 GPS 定位精度相比, 完全可以忽略不计.

4 结论

利用已知坐标计算三参数时, 已知坐标点几何分布最好呈等边三角形或正多边形(中点多边形最佳). 依上述实例做法, 在不同地区地质勘查项目中使用手持 GPS, 实践表明, 在已知坐标点连成的多边形内及不超过已知坐标点间距一半的外部范围内, 使用这样一

表 1 已知点成果表

Table 1 Data of known points

点名	WGS84 坐标			当地坐标		
	B	L	H /m	X /m	Y /m	H /m
A	42:12:19.40486	119:26:33.19416	1089.7230	4476606.603	40453847.877	1081.4
B	42:14:50.54559	119:24:10.62284	952.0323	4679292.182	40450609.963	943.9
C	42:12:21.95514	119:23:48.20504	771.0645	4674711.096	40450063.583	763.0

表中 WGS84 坐标为自由网平差结果.

组已知坐标点计算的三参数,在定位点的坐标时,平面精度明显提高而且稳定,只是在提高高程精度方面不太显著。

三参数 D_x 、 D_y 、 D_z 是随着勘查区地理位置不同而变化的,所以想谋求一组普遍适用所有地区的转换参数是不现实的。

地质矿产调查工作有其点多、面广、流动性强的特点,一般勘查区工作周期只有几个月,有远景的或一到几年,且限于局域范围内。除探槽、浅井、钻孔等山地工程需要精确定位外,地质观察点、一般地质工程点定位工作量相当大,且精度要求并不高,特别是地质界线点一般只要求平面位置准确。尽管如此,合

理的转换参数才能提高和保证定位点的精度。比较原来靠地质工作人员判读并在地形图上标绘,手持 GPS 定位技术突显优越。

总之,使用静态测量后处理软件来计算局域范围内转换参数是一种方便、快捷、实用、有效的途径之一。

参考文献:

- [1]GARMIN (Asia) Corp. GARMIN GPS72 说明书(中文版)[Z].
- [2]武汉测绘学院《测量学》编写组. 测量学[M]. 北京: 测绘出版社, 1985.
- [3]王德修. 矿区地形测量[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1987.
- [4]孙洪梅. 手持 GPS 在锦州排污口监测中应用[J]. 辽宁测绘, 2010(2).
- [5]GB50026-2007, 工程测量规范[S].
- [6]中海达测绘仪器有限公司. 手簿软件说明书[Z].

·地质动态·

我国第一口超千米页岩气调查井开钻

由国土资源部油气资源战略研究中心组织实施的“全国页岩气资源潜力评价与有利区优选”专项施工的第一口井深超千米战略调查井——岑页 1 井,在贵州省岑巩县羊桥乡顺利开钻。

岑页 1 井位于油气勘探久攻不克的南方海相碳酸盐岩分布区。岑页 1 井为直井,设计垂深 1500 m,控制有利区面积约 280 km²。钻探的目的是获取研究区内下寒武统富有机质页岩地层的矿物岩石、有机地球化学、地球物理和页岩含气性等系列参数,为开展页岩气资源潜力评价和有利区优选提供依据。