

文章编号: 1001—6996 (2007) 01—0096—07

手持 GPS 坐标系转换方法

杜大彬, 张宽房, 张开盾, 李明贵

(陕西省地质调查院, 西安 710058)

摘 要: 导航型手持 GPS 目前在中小比例地质调查等领域得到广泛应用, 由于坐标系之间存在差异, 在实际应用过程中, 必须将手持机的 WGS84 坐标系转换为我国应用的 BJ54 或西安 80 坐标系。坐标转换的准确与否, 直接影响到工程测量定位的精度, 传统的坐标转换计算所需要的起算资料不易收集, 计算过程过于繁琐, 非专业人员难以掌握。本文根据收集的三角点 BJ54 坐标 (或西安 80 坐标), 和现场测定的过渡坐标, 求出各参数在本工作地区的变化率, 建立参数方程, 反向求出适合于当地的各项改正参数, 方法简便易行, 为手持 GPS 定位的坐标转换方法提出一种新的思路。

关 键 词: 坐标转换; WGS84 坐标系; BJ54 坐标系; 过渡坐标; 变化率

中图分类号: P228.4 **文献标识码:** B

随着技术的不断完善, 导航型 GPS 的定位精度及功能较之以前有很大提高。它以其全天候工作、携带方便、数据记录及回放快捷等功能, 倍受使用者青睐。经过参数校正后的 GPS, 其平面精度完全可以取代地形图定点, 因而在中小比例尺地质矿产调查数字填图、地球物理、地球化学勘探野外作业的点位测量中有着广泛的应用前景。

1 坐标系转换问题提出

由于 GPS 卫星星历是以 WGS84 坐标系 (经纬度坐标) 为依据而建立的, 我国目前应用的地形图一般采用 1954 年北京坐标 (以下简称 BJ54 坐标) 系或西安 80 大地坐标系, 不同的坐标系之间存在平移和旋转关系, 在不同地区, 同一点位的 WGS84 坐标值与我国应用的坐标系的坐标值, 有约 60~150 m 的差值。在实际应用中, 不同的坐标系必须进行坐标转换。由于手持机测量通常是短时间近似测量, 采用单次测量或多次测量值取平均值, 一般不作差分处理, 从某种意义上讲, 手持机的相对定位精度受其接收信号强度影响, 坐标转换参数的准确与否, 直接影响其绝对定位精度。

坐标转换的关键是求出不同坐标系之间的坐标转换参数, 在实际工作过程中, 坐标系统

收稿日期: 2007—05—08

作者简介: 杜大彬, 男, 37 岁, 工程测绘工程师, 主要从事物化探及地质测量工作。

的转换通常采用方法是在应用区域内 GPS “B” 级网内，收集三个以上网点的 WGS84 坐标系 B、L、H 值及我国坐标系（BJ54 或西安 80）B、L、h、x（高程异常），按其参考球体的投影方式，计算各参数的差值。由于各地 GPS 建网及重力研究工作程度不同，通常在某些地区，常用参数尤其是高程异常，一般不易收集，并且其计算过程较为繁琐。

为了寻求一种快捷、方便、精度满足工作要求的 GPS 坐标转换方法，作者经反复试验，总结出坐标转换的一些规律。以台湾 GARMIN 仪器公司的 ETREX VISTA（展望）机型使用为例，这里给出一种只用一个三角点，推算其 BJ54（西安 80）坐标改正参数的方法。

2 参数变化在坐标系转换的规律

作者曾在陕南某地从事物探电法工作时，特意在一已知三角点作 GPS 参数变化试验，该三角点的 BJ54 坐标值为：X=XXX0433.217；Y=XXX67605.110，三角点位于汉江南岸，视野开阔，有利于 GPS 观测。在观测时设置当地中央经线、DA、DF 等参数，DX、DY、DZ 均为 0，在星况稳定且仪器显示估计误差为 5 m 时，在已知点上读取若干组数据，取得其平均值为 X=XXX0445；Y=XXX644。此值作为 WGS84 与 BJ54 坐标系之间转换的过渡坐标。

如下表所示，利用 GPS 自带软件 ‘MAPSOURCE’，分别变化不同的参数，研究 DX、DY、DZ 变化时，过渡坐标 X0、Y0 的变化规律。

表 1 同点位变化不同坐标参数过渡坐标变化规律统计表

Tab. 1 Changes in transitional coordinates of different coordinate parameters in different points

X0	Y0	DX	DY	DZ	X1	Y1	ΔX	ΔY
XXX0445	XXX644	1000	0	0	XXX0250	XXX584	-195	940
XXX0445	XXX644	-1000	0	0	XXX0640	XXX704	195	-940
XXX0445	XXX644	0	1000	0	XXX0952	XXX986	507	342
XXX0445	XXX644	0	-1000	0	XXX9938	XXX302	-507	-342
XXX0445	XXX644	0	0	1000	XXX9605	XXX633	-840	-11
XXX0445	XXX644	0	0	-1000	XXX1385	XXX655	840	11

为便于理解，这里将 DX、DY、DZ 分别设置为 0 时现场测定的坐标定义为 X0、Y0；X1、Y1 为相应 DX、DY、DZ 变化后对应于过渡坐标 X0、Y0 变化后的值， $\Delta X = X1 - X0$ ， $\Delta Y = Y1 - Y0$ ；X、Y 的变化率为 $\Delta X/DX * 100\%$ 、 $\Delta Y/DX * 100\%$ 、 $\Delta X/DY * 100\%$ 、 $\Delta Y/DY * 100\%$ 、 $\Delta X/DZ * 100\%$ 、 $\Delta Y/DZ * 100\%$ 。

通过上表数据，我们可以看出 DX、DY、DZ 在各方向上的变化，相应影响过渡坐标的变化均呈线性，并有以下规律：

(1) 当 DY、DZ 不变时， $DX \uparrow \Rightarrow X1 \downarrow$ ， $Y1 \uparrow$ ； $DX \downarrow \Rightarrow X1 \uparrow$ ， $Y1 \downarrow$ ；X、Y 的变化率分别为 -19.5%、94.0%

(2) 当 DX、DZ 不变时, $DY \uparrow \Rightarrow X1 \uparrow, Y1 \uparrow$; $DY \downarrow \Rightarrow X1 \downarrow, Y1 \downarrow$; X、Y 的变化率分别为 50.7%、34.2%

(3) DX、DY 不变时, $DZ \uparrow \Rightarrow X1 \downarrow, Y1 \rightarrow$; $DZ \downarrow \Rightarrow X1 \uparrow, Y1 \rightarrow$; X、Y 的变化率分别为 -84.0%、-1.1%

以上 \uparrow 表示增大, \downarrow 表示减小, \rightarrow 表示基本不变化。

3 快速确定转换参数的数学基础

由于上述各参数的改变, 不影响高程测量, 因此, 根据以上规律, 可列以下方程:

$$\begin{cases} -0.195DX + 0.507DY - 0.84DZ = -11.8 & (X_{54} - X_{过渡}) \\ 0.94DX + 0.342DY - 0.011DZ = -38.9 & (Y_{54} - Y_{过渡}) \end{cases}$$

由此可见, DX、DY、DZ 三参数是一个多解方程, 在本例中任意求得几组参数, 例如: ① $DX = -74.9$ 、 $DY = 95$ 、 $DZ = 88.8$; ② $DX = -28.9$ 、 $DY = -34.4$ 、 $DZ = 0$; ③ $DX = -17.9$ 、 $DY = 65.3$ 、 $DZ = -21.2$; 用三台手持机分别置入以上三组参数, 在同一地区多个已知点上测试, 测量结果全部正确。

在实际工作中, 根据以上规律, 我们可以通过计算过渡坐标与 BJ54 (或西安 80) 坐标的差值, 除以各方向的变化率, 按以上规律, 列出求解方程, 通过求解, 可快速得出以上各参数值。

由以上参数变化规律, 也可以用趋近法快速求出各自参数。因 DZ 的变化对于 Y 值几乎不构成影响, 可以先根据 ΔX , 确定 DX 大致值, 然后根据 ΔY 的值确定 DY 的值, 最后再根据 ΔX 精确确定 DZ 的值。

4 应用实例

作者近年一直从事地球物理勘探工作, 曾在不同地区多个项目中使用手持 GPS 进行测量定位, 物探测量作业方法, 要求用手持 GPS 按设计的测量线路, 在现场对每一个物理测点进行实地定位。为保持与工作设计一致, 必须对工作中使用的 GPS 进行坐标转换, 使之与工作用图相统一。以上方法在不同地区经实验均得以验证。以三个项目 GPS 坐标转换为例, 特将此方法在工作中的应用过程作具体介绍。

4.1 实例一: 内蒙某工作区手持 GPS 坐标转换参数求取

该工作区位于内蒙古自治区中部, 共 4 个 1:5 万图幅, 处于 19 度带, 工作用地形图和收集三角点成果均为 BJ54 坐标系, 测网布设为规则测网方式, 测网网度 500 m \times 100 m, 磁测定位所用 GPS 型号为: ETREX VISTA, 标本采集用 GPS 型号为 GPS 72, 收集三角点资料为:

2006 年 5 月 10 日上午, 校正三角点时, 在三角点 'X2' 上测得过渡坐标, $X0 =$

4627540、Y0=405359。求出各自变化率后,由以上方法列方程:

表 2 内蒙某工作区四幅 1:5 万地质矿产调查工作区收集三角点坐标

Tab. 2 The trigonometric coordinates acquisited from geological surveying
at 1:50,000 Inner Mogolia

点名	等级	X	Y	H
X1	IV	XXX6967.59	XXX85370.77	1702.4
X2	III	XXX7499.79	XXX05318.99	1609.6
X3	III	XXX0613.82	XXX12921.72	1577.0

$$\begin{cases} -0.239DX + 0.622DY - 0.746DZ = -40.2 & (X_{54} - X_{过渡}) \\ 0.937DX + 0.348DY - 0.010DZ = -40.0 & (Y_{54} - Y_{过渡}) \end{cases}$$

求得① $DX = -51$, $DY = 24.9$, $DZ = 91$; ② $DX = -42$, $DY = 0$, $DZ = 67.3$; ③ $DX = 0$, $DY = -116$, $DZ = -42.9$ 分别置入各组参数后,现场测得 $X = XXX7500$, $Y = XXX319$ 。

按照‘X1’三角点的坐标导航,在坐标处地表见一约近 1 m 深坑,中心位置与该点坐标相一致,深挖后未见任何标记,在坑东旁约 10 m 处有一敖包,仔细查找后,发现该点标石被当地牧民挖出后垒在敖包中。

当日下午,利用 X3 三角点的坐标导航,找出‘X3’后,测得该点坐标为 $X = XXX0615$, $Y = XXX922$,和收集资料基本一致。

4.2 实例题:新疆 A 工作区手持 GPS 坐标转换参数求取

该工区位于新疆西部,东西向两个 1:5 万图幅,处于 13 度带,所用工作布置图及收集三角点成果均为西安 80 坐标系。测网布设为半自由网方式。磁测定位和标本采集采用 GPS 型号均为 ETREX VISTA。收集三角点成果如下表:

表 3 新疆 A 工区 1:5 万地质矿产调查收集三角点坐标

Tab. 3 The trigonometric coordinates acquisited from geological surveying
at 1:50,000 in region A, Sinkiang

点名	等级	X	Y	H
X1	III	XXX2398.93	XXX92128.06	3637.10
X2	II	XXX66627.70	XXX12332.44	2527.16

2006 年 6 月 27 日上午,参数改正前,分两个作业组在三角点‘X2’和‘X1’上作 GPS 观测。‘X2’在测得该点的过渡坐标: $X_0 = 4516678$ 、 $Y_0 = 712410$ 。由以上方法求各项参数的变化率,列出以下方程:

$$\begin{cases} 0.169DX + 0.632DY - 0.758DZ = -50.3 & (X_{80} - X_{过渡}) \\ 0.972DX - 0.235DY + 0.022DZ = -77.6 & (Y_{80} - Y_{过渡}) \end{cases}$$

求得① $DX = -107.3$, $DY = -119$, $DZ = -56.8$; ② $DX = -80.9$, $DY = 0$, $DZ = 48.3$; ③ $DX = 0$, $DY = 364.8$, $DZ = 370.7$ 分别置入各组参数后, 现场测得 $X = XXX66628$, $Y = XXX332$ 。另一组测得‘X1’三角点的测量过渡坐标为 $X = XXX2450$, $Y = XXX206$, 经软件改正计算后, $X = XXX2399$, $Y = XXX1127$ 。与收集资料吻合。

4.3 实例 3: 新疆 B 工区手持 GPS 坐标转换参数求取

本工区位于 A 工区以北并南北相接, 为同地区跨年度不同项目, 如上同样为东西向共两个 1:5 万图幅, 处于 13 度带, 所用工作布置图以及所收集的三角点成果均为 BJ54 坐标系, 测网布设为半自由网方式。磁测定位和标本采集采用 GPS 型号均为 ETREX VISTA。收集三角点成果为:

表 4 新疆 B 工区 1:5 万地质矿产调查收集三角点坐标

Tab. 4 The trigonometric coordinates acquisited from geological surveying at 1:50,000 in region B, Sinkiang

点 名	等 级	X	Y	H
X1	Ⅲ	XXX7843.16	XXX23031.24	3107.0
X2	Ⅱ	XXX6974.13	XXX09164.69	3476.5
X3	Ⅱ	XXX8126.65	XXX25279.44	3210.3

2006 年 6 月 25 日, 分三个小组寻找‘X1’、‘X2’及‘X3’三个三角点, 并作 GPS 观测, 第一组在‘X1’测得过渡坐标, $X_0 = XXX7880$, $Y_0 = XXX977$ 。由以上方法列方程:

$$\begin{cases} 0.169DX + 0.633DY - 0.757DZ = -36.8 & (X_{54} - X_{\text{过渡}}) \\ 0.973DX - 0.233DY + 0.023DZ = 54.2 & (Y_{54} - Y_{\text{过渡}}) \end{cases}$$

求得① $DX = 43.2$, $DY = -50.7$, $DZ = 15.9$; ② $DX = 39.3$, $DY = -68.6$, $DZ = 0$; ③ $DX = 54.3$, $DY = 0$, $DZ = 60.7$ 分别置入各组参数后, 经转换计算后 $X = XXX7843$, $Y = XXX031$ 。另一组测得‘库尔嘎克’三角点的测量过渡坐标为 $X = XXX7011$, $Y = XXX111$, 经软件改正计算后, $X = XXX6974$, $Y = XXX165$ 。与收集资料一致。‘X3’被破坏。

5 注意事项

以上坐标转换方法是在 1:5 万工作比例尺, 6 度带投影方式下进行的, 但此方法同样适用于 3 度带投影的坐标转换。此方法的关键是求出各参数变化率。

坐标转换的前提是必须正确设置位置格式参数和地图基准参数。手持机一般默认为经纬度坐标显示格式, 在位置显示格式菜单中, 选择“USER UTM GRID”, 在输入参数页面中, 分别输入相关参数。其中中央经线为工作区域坐标分带的中央子午线经度, 投影比例为

1, 东西偏差为 500000 m, 南北偏差为 0 m。

在地图基准菜单中, 选择用户定义模式“USER”, 在输入参数页面中, 共有 DX、DY、DZ、DA、DF 等 5 项参数。转换目标坐标为 BJ54 坐标系时, $DA = -108$, $DF = 0.0000005$ 为固定常量。转换目标坐标为西安 80 坐标系时, $DA = -3$, $DF = 0.000000003$ 。

按照部分 GPS 使用说明书介绍, 在同一地区完成 GPS 参数校正后, 选择 5 个以上的三角点验证, 当最大误差不大于 15 m 时, 即可使用。笔者认为这是一种不严密说法, 由于 WGS84 系统所采用的球体模型与我国使用的 BJ54 及西安 80 系统存在差异, 在不同地区甚至同一地区跨度大时均需作参数改正。在同一地区, 当南北两三角点跨度大于 200 km 时, 由两已知点坐标换算所影响的计算误差就有可能超过 10 m, 根据经验, 在不同方向距离每变化 20 km, GPS 坐标换算本身大约影响 1 m。

实际上 GPS 定位的精度由相对误差和绝对误差构成, 相对误差的精度取决于测量时刻卫星的星历以及接收机所处位置的 GPS 信号的接收情况影响。绝对误差与测量过程无关, 转换参数的正确与否, 直接影响到我们所使用的测量成果。

由于 GPS 的工作原理, 手持机的定位模式是一种未经差分的测量模式, 所有测量工作应在星况稳定时进行。所以此方法适应于同一分带区东西、南北方向跨度不大时使用, 一般用一个三角点就可以完成校正工作, 不需在其他三角点上验证, 但在实际工作中, 仍然提倡在已知三角点或明显标志点上验证。虽然以上方程参数存在多解, 在实际应用中, 尽可能使用参数绝对值小的参数改正, 并且校正参数时, 所选择的三角点位置最好位于工区的中部, 如果同一工作区跨度超过一定范围时, 在工区两侧地带采用不同的校正参数, 可以提高测量结果的绝对精度。

以上为作者在工作过程中总结出的一些经验, 由于时间及水平所限, 错误或疏漏在所难免, 诚请广大同行批评指正。

[参考文献] (略)

COORDINATE CONVERSION BY PALMTOP GPS

Du Da-bin, Zhang Kuan-fang,

Zhang Kai-dun and Li Ming-gui

(Geological Survey of Shaanxi Province, Xi' an 710058)

Abstract: Navigation-type palmtop GPS has been widely applied in geological surveying at small scale. When it is used in geological surveying, the WGS84 system of palmtop GPS has to be conversed into BJ54 or Xi' an 80 systems that are used in China, since the discrepan-

cies in different coordinate systems. The precision of coordinate conversion would directly impact the location of engineering survey. Acquisition of begins reckoning materials required for conversion calculation of traditional coordinates is not easy and the process of calculation is complicated and hard to be used by nonprofessionals. The trigonometric BJ45 coordinates (or the Xi' an coordinates) and measured transitional coordinates can be used to reckon the variations of each parameter in this area, to create a parameter equation and reversely calculate the corected parameters in locality. The method is simple and convenient, which is new in conversion of mensurated coordinates by palmtop GPS.

Key words: conversion of coordinates; BJ54 coordinate system; transitional coordinates; variation

(上接第 84 页)

ASSESSMENT OF WATER FILLING FACTORS IN HENGGOU COAL MINE OF THE WUBU COAL FIELDS

Yang Zhi-guo¹ and Liang Xiu-juan²

(1. The Geological Team No. 3 Shaanxi Bureau of Geology and Mienral Resources, Baoji 721300;

2. Investigation and Surveying Institute of Baoji City, Baoji 721000)

Abstract: The Wubu coal fields are abundant in coal resources. Mining conditions in the fields are complicated, in which complex conditions of geohydrology is the major factor that impact coal mining in this coal fields. According to exploration information of the Henggou coal mine, this paper has made all-around analysis of the geohydrological conditions in the coal fields, assessed the water filling factors in coal mines and reached the following considerations: water from the Yellow River is no impacts to coal mining in the Henggou coal mines; the Aohui confined water may not cause damages to mining the coal beds of the Shanxi Formation in normal sections, but would be a source of danger to coal mining in the Taiyuan Formation. It is required to do further detail geological exploration for making sure the possibility of coal mining in the Taiyuan Formation.

Key words: Wubu; the Henggou coal fields; coal mine; water-filling factor; assessment