

西安1980坐标系与WGS-84坐标系转换方法及精度分析

柳光魁¹, 赵永强², 王振禄², 杜明成²

(1. 大连海天测绘公司, 辽宁 瓦房店 116300; 2. 大连九成测绘信息有限公司, 辽宁 庄河 116400)

摘要:根据大连市C级GPS网中的25个重合三角点成果(1980西安坐标系与WGS-84坐标),采用四、七参数转换模型,完成了我国1980参心系与世界84地心系转换参数的计算与精度分析。

关键词:西安1980坐标系; WGS-84坐标系; 转换模型; 转换参数; 精度分析

中图分类号: P226+.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-5867(2006)06-0040-02

The Conversion Method and Accuracy Analysis between Xi'an 1980 and WGS-84 Coordinate System

LIU Guang-kui¹, ZHAO Yong-qiang², WANG Zhen-lu², DU Ming-cheng²

(1. Dalian Haitian Surveying and Mapping Company, Wafangdian 116300, China; 2. Dalian Jiucheng Surveying and Mapping Information CO., LTD., Zhuanghe 116400, China)

Abstract: Based on the results of 25 triangular control points in Xi'an 1980 coordinate system which also within the GPS control network of order C of Dalian city, this paper accomplished the calculation and accuracy analysis from Xi'an 1980 coordinate system to WGS-84 coordinate system using 4 parameters and 7 parameters conversion model.

Key words: Xi'an 1980 coordinate system; WGS-84 coordinate system; conversion model; conversion parameter; accuracy analysis

0 引言

随着GPS定位精度的不断提高,GPS技术在测量中的应用也越来越广泛。由于我国高精度的GPS网是采用广播星历,在WGS-84椭球上平差的,平差后的大地坐标与大地高是以WGS椭球面为起算面的地心系成果。而我国目前使用的大地坐标成果为1980西安坐标系参心成果。参考椭球体为IAG-75椭球,因此,要把WGS-84椭球下的空间直角坐标成果(X, Y, Z)与大地坐标成果(B, L, H)转换到1980西安坐标系下,才能满足用户对高精度GPS网点成果的使用要求。

在进行高精度GPS网成果转换时,要使用1980西安坐标系下的大地高,大地高是由正常高与高程异常相加而得到的。由于1980西安坐标系下的大地高受到我国前一代大地水准面的精度影响(前一代大地水准面精度较差,最弱点误差可达数米),因此造成转换后的GPS网点大地高(1980西安坐标系)的精度较差。

本文结合覆盖大连地区(1.7 km^2)平均边长为28 km

C级GPS网的实际,研究世界地心坐标系(WGS-84)和我国参心大地坐标系(1980西安坐标系)的转换模型与计算方法。采用了常用的具有明显几何意义的四参数(3个平移量、1个尺度比)和七参数(布尔莎公式、顾及3个平移量、3个旋转角和1个尺度比)转换模型求得转换参数,从而进行坐标转换。通过分析,选择合适的重合点,不仅可求得该地区的转换参数,而且还可以验证该地区已知点位的可靠性。

根据GPS网点与该地区大地网点的重合情况,使用布尔沙-沃尔夫(Bursa-wolf)模型求得转换参数,即:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_N = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -Z & Y \\ Z & 0 & -X \\ -Y & X & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} + m \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_K \quad (1)$$

注: N 为1980西安坐标系, K 为WGS-84坐标系。

其中,3个平移参数 $[\Delta X \ \Delta Y \ \Delta Z]^T$,3个旋转参数 $[\omega_x \ \omega_y \ \omega_z]^T$ 和1个尺度比 $[m]$ 。根据转换参数可求得相应点的1980西安坐标系下的坐标。

收稿日期:2006-10-04

作者简介:柳光魁(1968-),男,辽宁省瓦房店人,高级工程师,学士,1990毕业于辽宁工程技术大学工程测量专业,现从事GPS测量与研究工作。

1 坐标转换参数求定

全网共由 75 个点组成,其中有 25 个点为国家一等三角点,具有 1980 西安坐标系的坐标成果。根据测区内重合点的 1980 西安坐标系坐标情况,选取了 B001, B004, B008, B010, 0003, 0002, HSL, YJG, TZS, ISBL, PDSH, B003, 共 12 个重合点,使用四参数和七参数的布尔沙 - 沃尔夫 (Bursa - wolf) 模型求得转换参数 $[\Delta X \Delta Y \Delta Z \omega_x \omega_y \omega_z m]$ 。利用 12 个具有两套空间坐标的重合点坐标,按空间坐标之差组成误差方程式、法方程式,解算得到转换参数。经验算本网七参数转换的中误差为: $m_x = \pm 5.3 \text{ cm}$, $m_y = \pm 9.2 \text{ cm}$, $m_h = \pm 19.7 \text{ cm}$ 。

2 坐标转换

以七参数转换为例,根据所求得的转换参数,再利用布尔沙 - 沃尔夫模型求得大连市 C 级 GPS 网点的 1980 西安坐标。利用七参数转换公式求得的网点精度如表 1 所示。

表 1 利用七参数转换求得的网点坐标与已知点坐标较差统计表

Tab.1 The statistis of difference between the coordinate calculated using 7 parameters conversion model and known value

| 点号 | DX | DY | DH |
|------|--------|--------|--------|
| B001 | -0.032 | -0.069 | -0.331 |
| B004 | -0.019 | -0.037 | -0.076 |
| B008 | 0.020 | 0.030 | -0.070 |
| B010 | -0.059 | -0.052 | 0.075 |
| 0003 | -0.016 | 0.038 | 0.047 |
| 0002 | 0.013 | 0.154 | 0.104 |
| HSL | 0.073 | 0.135 | 0.160 |
| YJG | 0.043 | 0.144 | 0.283 |
| TZS | -0.011 | -0.039 | 0.258 |
| ISBL | -0.051 | -0.043 | 0.078 |
| PDSH | -0.091 | -0.089 | -0.334 |
| B003 | -0.102 | -0.125 | -0.197 |

3 转换方法的精度分析

根据大连市 C 级 GPS 网与 1980 西安坐标系重合点的分布情况,最终经过分析认为精度较为可靠而分布也较为均匀的 12 个点为重合点。采用以下 3 种方案完成 WGS - 84 \longrightarrow 1980 西安坐标系的坐标转换:

①采用四参数方法(3 个平移量、1 个尺度比)进行空

间直角坐标转换,公式为:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{新}} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + (1 + K) \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{旧}}$$

(2)

新为 1980 西安坐标系,旧为 WGS - 84 坐标系(四参数转换模型如公式 2 所示)。

②采用七参数方法进行空间直角坐标转换(七参数转换模型如公式 1 所示)。

③以 12 个重合点的 1980 西安坐标系的坐标数据为起算数据,进行平差计算,用强制符合的方法完成 WGS - 84 \longrightarrow 1980 西安坐标系的转换。

在大连 C 级 GPS 网中,利用求定转换参数的 12 个已知点的 1980 西安坐标系坐标为起算数据,进行平差计算,获得全部网点的 1980 西安坐标系下的强制符合坐标。用强制符合坐标与七参数转换解算坐标对比,经比较两套坐标之差的中误差为: $m_x = \pm 0.055 \text{ m}$, $m_y = \pm 0.067 \text{ m}$, $m_h = \pm 0.191 \text{ m}$ 。各方向最大相差为: $\Delta_x = 0.102 \text{ m}$, $\Delta_y = 0.154 \text{ m}$, $\Delta_h = 0.390 \text{ m}$ 。

经验算证明:转换参数越多,转换精度越高。例如,七参数同四参数相比,空间直角坐标的转换精度,可提高将近一倍。

这种误差的出现,主要是因为大连天文大地网是在 20 世纪 50 年代施测的,而我国地壳运动变化复杂,经过这些年,点位变化不尽相同,采用平差强制符合的办法把一些误差带入了网中,降低了整网精度。

4 结论与建议

用七参数法进行 1980 西安坐标与世界 WGS - 84 坐标的转换,比用四参数法解算的精度高,由此得出结论:在解算过程中,如果用到的重合点越多转换精度也越好,边长越短转换精度越好。

从参数求定过程中及已知点回代误差统计中都可以发现,在已知点中的个别粗差点,会扭曲与降低转换参数的确定精度,建议把粗差点剔除后重新计算。

针对我国东部沿海地区,天文大地点分布较密、精度较高的实际情况,在覆盖面积小于 10 000 km² 的测区,可以利用多个重合点的强制符合方法完成 WGS - 84 \longrightarrow 1980 西安坐标系的转换。这样的坐标转换成果,与原国家一、二等三角点成果更接近一致。

参考文献:

[1] 周忠谟,等. 地面网与卫星网之间转换的数学模型[M]. 北京: 测绘出版社,1984.

[2] 郭春喜,等. 西安 80 坐标系与 WGS - 84 坐标系转换模型的确定[J]. 东北测绘,2002,25(4).

[责任编辑:栾丽杰]