

手持 GNSS 接收机精度改进的一种有效方法

张晨艳

宁夏建设职业技术学院, 宁夏 银川 750021

摘 要 : 手持 GNSS 以其携带方便操作简便的优点广泛应用林业、土地规划、土地整理等项目中, 但手持 GNSS 测量精度与 GNSS-RTK 测量精度相比精度非常低, 本文针对这一问题, 引入坐标转换的方法, 分别将手持 GNSS 与 GNSS-RTK 测量的坐标值当做两个不同的坐标系统中的坐标值, 求出这两个坐标系统之间的转换参数, 以此来改进手持 GNSS 的定位精度。

关 键 词 : 坐标转换; GNSS; 手持 GNSS; 精度评定

An Effective Method for Improving the Accuracy of Handheld GNSS Receivers

Zhang Chenyan

Ningxia Construction Vocational and Technical College, Yinchuan, Ningxia 750021

Abstract : Handheld GNSS receivers are widely used in forestry, land planning, land consolidation, and other projects due to their convenience and simplicity of operation. However, the measurement accuracy of handheld GNSS is relatively low compared to that of GNSS-RTK. To address this issue, this paper introduces a coordinate transformation method. Specifically, we treat the coordinate values measured by handheld GNSS and GNSS-RTK as belonging to two different coordinate systems. By determining the transformation parameters between these two systems, we aim to improve the positioning accuracy of handheld GNSS.

Keywords : coordinate transformation; GNSS; handheld GNSS; accuracy evaluation

引言

随着测绘科学技术的发展, 特别是 GNSS 技术的飞速发展, GNSS 技术已经广泛应用于国土监测、地质勘查、气象预报等各行各业中^[1]。在宁夏中北部土地开发整理重点工程项目工程量复核工作中手持 GNSS 与 GNSS-RTK 是两种常用的仪器, 在实际应用中我们发现: 手持 GNSS 体积小、携带方便、独立使用的卫星导航设备, 具有全天候、全方位、实时三维导航与定位能力的优点^[1], 缺点是定位精度较低^[3-4], 在观测条件恶劣的情况下精度不能够满足定位需求; GNSS RTK 测量技术具有实时快速地获取流动站点相对基准站的坐标和精度指标^[2], 实现测点在实测坐标系中的快速定位的优点^[3], 缺点是需要作业人员较多, 架设基准站处需要有专门人员进行看管。

为了改进手持 GNSS 的观测精度, 我们在校园中进行了实验活动。在校园四周的道路上分别用手持 GNSS 和 GNSS-RTK 采集 41 个公共点, 然后用利用其中 20 个公共点监理坐标转换模型, 剩下 21 个点用作精度评定。

一、坐标转换模型

(一) 平面多项式模型^[7]

该模型的表达式为:

$$dX_i = Lx_0 + Lx_1U + Lx_2V + Lx_3U^2 + Lx_4V^2 + Lx_5UV \quad (1)$$

$$dY_i = Ly_0 + Ly_1U + Ly_2V + Ly_3U^2 + Ly_4V^2 + Ly_5UV \quad (2)$$

dX 为公共点 X 坐标分量差; dY 为公共点 Y 坐标分量差;

(X_k , Y_k , Z_k) 为参考点坐标或大地原点坐标; L_{x1} , L_{x2} , ... 为多

项式系数。

多项式函数本身具有适应各种变化的能力, 所以多项式转换方法一般用于误差分布不均匀的坐标系转换, 因为这些误差引起的坐标失真可近似通过 X、Y 坐标的多项式函数模拟, 并且多项式的阶次可按照失真的程度而定。该公式选择的是最简单的一般多项式函数。

(二) 四参数转换模型

设手持 GNSS 坐标系统与 RTK 坐标系统分别为 S 系与 R 系,

作者简介: 张晨艳 (1988-), 女, 宁夏建设职业技术学院讲师, 研究方向为无人机测绘技术、卫星大地测量及变形监测新方法。本论文依托于宁夏建设职业技术学院院级项目《工程测量竞赛团队》及《无人机专创融合》项目。

E-mail: 616396022@qq.com

公共点在两种坐标系下的坐标分别为 $(X_S, Y_S)_i$ 、 $(X_R, Y_R)_i$ ，四参数转换模型为^{[1][2][3]}：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}_R = m \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}_S + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}$$

式中， $\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}_R$ 为点在 RTK 坐标系下的平面坐标， $\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}_S$ 为点在手持 GNSS 坐标系下的平面坐标， m 为两个坐标系下的转换参数， $\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}$ 为两个坐标系之间的平移参数。

二、实验过程与结果分析

（一）实验过程

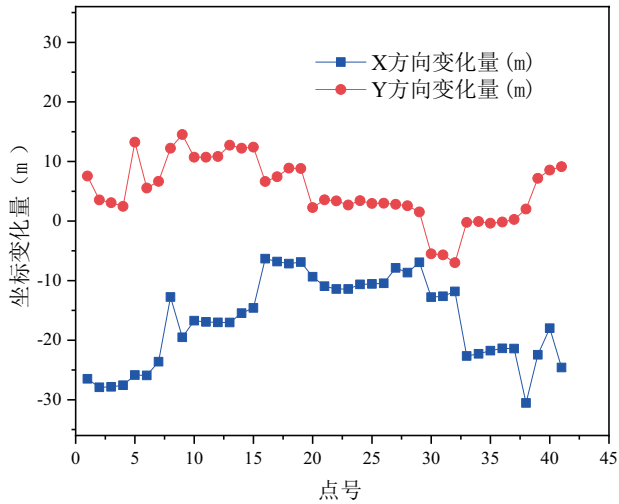
2021年3月，项目组成员在老师的带领下，拿上南方手持GNSS接收机（静态定位精度10m）和南方S86接收机（静态定位精度5mm）在学校四周的马路上选取了41个实验点。由于GNSS—RTK和手持GNSS测量同一点位的坐标相差不大，所以在建议坐标转换模型的时候极易引起坐标参数方程成病态方程，所以我们在选点的时候公共点的选取尽可能在整个学校选取。我们共选取41个点，每个点位均匀分布在学校各个区域内如图1所示。



> 图1：实验点位分布示意图

经过两天的实验，我们在学校区域内采集了41个公共点，对数据进行整理，将手持GNSS观测数据和GNSS—RTK公共点的观测数据求差，其结果如图2所示：

分析图2发现，手持GNSS接收机和GNSS—RTK在同一位置测量出的坐标相差还是比较大的，毕竟GNSS—RTK是采用差分定位的原理进行观测的，其定位精度远远优于单点定位原理的手持GNSS接收机。



> 图2 手持GNSS数据与GNSS—RTK数据比较

（二）实验结果分析

对41组数据依次进行1-41的编号，我们选取奇数编号的数据进行多项式坐标转化模型和四参数转换模型的建立，偶数编号的数据用来对模型进行精度评定，其结果如表1所示：

表1 两种模型误差结果表（节选）

点号	多项式模型		四参数转换模型	
	X方向误差	Y方向误差	X方向误差	Y方向误差
W2	0.0413	0.0098	0.0124	0.018
W4	0.1825	-0.101	0.0097	0.093
W8	0.028	0.0966	-0.011	0.111
W10	0.0225	-0.1079	0.0115	0.099
W12	0.1136	0.0898	0.001	-0.099
W14	-0.049	-0.1051	0.027	0.023
W16	0.077	0.0627	0.05	-0.044
W18	0.0108	0.103	-0.0063	-0.115
W20	-0.0179	-0.1556	-0.0026	-0.159
W22	-0.0992	0.0673	-0.0068	-0.077

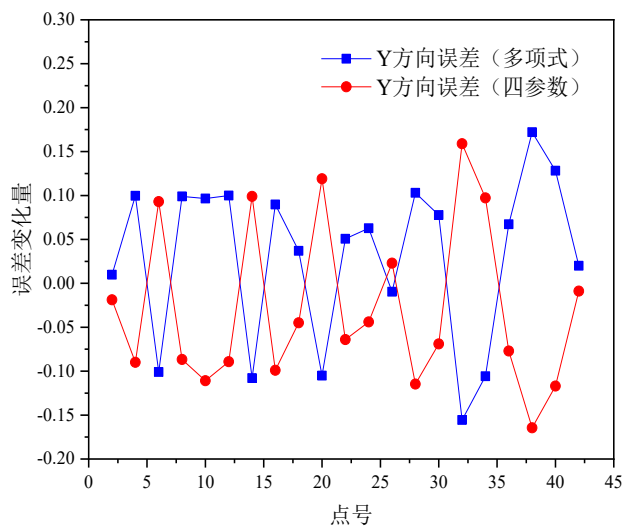
表1中列举出了利用平面多项式模型和四参数坐标转换模型改正之后的手持GNSS坐标值改正结果，分析表1可知，X方向的误差有以下特点：

（1）多项式模型误差在大多数在5cm以上，而四参数坐标转换模型误差在6cm以下；

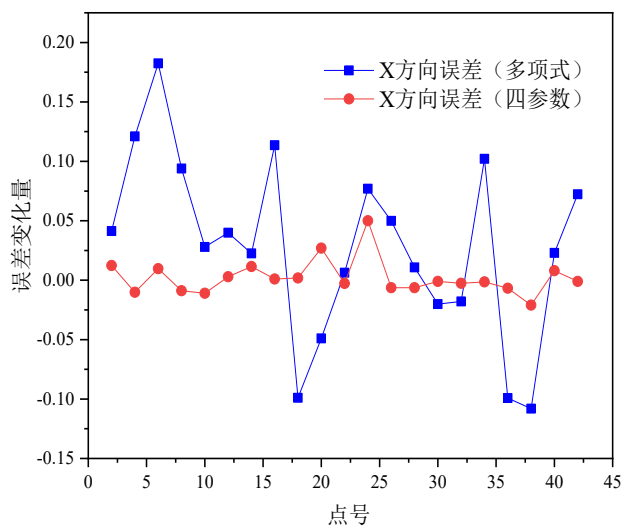
（2）平面多项式模型改正后的手持GNSS坐标值精度大多数要低于利用四参数转换模型改正后的坐标值^[10]。

Y方向的误差有以下特点：多项式模型大部分在6cm以上，四参数坐标转换模型在9cm以下，四参数模型在Y方向上优势不太明显，但从整体上看，Y方向的误差大多数小于多项式模型。

综上所述，四参数模型改进手持GNSS的效果明显优于多项式模型。



> 图3两种模型X方向的误差变化率



> 图4两种模型Y方向的误差变化量

图3和图4列出了两种坐标转换模型X方向与Y方向的误差的变化量,分析图3和图4可知,X方向平面多项式坐标转换模型的误差大于四参数转换模型的误差,Y方向四参数模型误差大多数是小于多项式模型的,从另一个方向可以说明四参数模型精度更高,稳定性更好,在今后的工程应用中可以考虑采用四参数模型来改进手持GNSS的精度^[6]。

三、结论

在我院所布设的手持GNSS碎部点,采用平面多项式坐标转换模型和四参数转换模型分别对手持GNSS坐标结果进行坐标转换^[8-10],分析解算结果可知:转换后的手持GNSS坐标精度到达厘米级的精度,其结果完全可以用在大比例尺地形图测绘中。因此,在实际的工程应用中我们完全可以采用经济实惠的手持GNSS接收机采集精度较低的坐标值,然后采用相应的坐标转换方法对所采集的坐标值进行坐标转化,得到高精度的坐标值,从而可以高效率的完成相关工作,得到高质量的坐标数据。

参考文献

- [1]Chris Rizos. Alternatives to current GNSS-RTK services and some implications for CORS infrastructure and operations [J]. GNSS Solution(2007)11:151-158.
- [2]刘述敏,丁志江,常和平,刘涛. 手持GNSS定位精度及其在物化探测网布设中的应用[J]. 物探与化探, 2005,29(6):545-547.
- [3]邵贺,张小红,张明,陈远,叶聪云. GPS单频精密单点定位方法与实践[J]. 测绘信息与工程, 2008,33(3):1-3.1409-1413.
- [4]孟祥广,郭际明. GPS/GLONASS及其组合精密单点定位研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2010,35(12):1409-1413.DOI:10.13203/j.whugis2010.12.005.
- [5]冉峰,赵浩阳,叶飞,沈俊佑,许海军. 基于GNSS-RTK定位的无人机L波段探空系统标定方法[J]. 气象研究与应用, 2024,45(02):102-106.
- [6]黑志坚,周秋生. 曲建光,陈军. GNSS RTK测量成果的精度估计及应用探讨[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006,38(8).
- [7]程祥,张凤录,贾光辉. 成果资料坐标转换方法的研究[J]. 测绘通报, 2013,3:5.
- [8]张蒙,徐益峰. 地理空间数据坐标转换研究与应用[J]. 城市勘测, 2023(06):108-112.
- [9]高闪闪. 基于公共点平均坐标平移量的四参数转换[J]. 低温建筑技术, 2023,45(10):124-127.
- [10]田正华,田倩,马仕柱,刘跃成. 四参数模型在线路工程中的应用[J]. 房地产世界, 2023(08):38-41.