

RTK 坐标转换参数的求解和点校核方法研究

陈 苇, 王荣群

贵州省地质矿产勘查开发局一〇五地质大队 贵州贵阳

【摘要】 RTK 技术是在 GPS 技术基础上发展而来的实时载波相位差分测量技术, 它在测量过程中可以实时提供厘米级别精度的三维坐标^[1]。本文主要就 RTK 在实际工程测量工作中不同的转换参数和点校核技术进行研究分析, 以某项目测区为例, 对观测结果的精度进行检验分析, 得出结论。

【关键词】 RTK; 测量坐标转换; 参数计算; 点校正; 精度分析

【收稿日期】 2023 年 5 月 13 日 **【出刊日期】** 2023 年 6 月 23 日 **【DOI】** 10.12208/j.jer.20230018

Research on solving parameters of RTK coordinate transformation and point checking method

Wei Chen, Rongqun Wang

105th Geological Brigade, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Guiyang, Guizhou

【Abstract】 RTK technology is a real-time carrier phase differential measurement technology developed on the basis of GPS technology, and it can provide real-time three-dimensional coordinates with centimeter-level accuracy in the measurement process^[1]. This paper mainly studies and analyzes the different conversion parameters and point calibration techniques of RTK in the actual engineering measurement work, takes a project measurement area as an example, checks and analyzes the accuracy of the observation results, and draws a conclusion.

【Keywords】 RTK; Measurement coordinate conversion; Parameter calculation; Point correction; Precision analysis

1 RTK 测量中坐标转换参数求解及相关理论基础

1.1 RTK 的测量原理

RTK 技术是一种基于实时载波相位差分的实时动态定位技术^[2]。其原理是一台接收机设置基准站, 称为参考站, 另一台接收机装在移动站上, 两站在同一时间接收 GPS 信号, 参考站将所采集到的 WGS-84 数据与已知点的点位信息进行比较, 实时计算出相位差分的点位误差, 条件达到固定解, 就可以得到相对于参考站的高精度的 WGS-84 三维数据坐标^[3]。

1.2 RTK 测量精度的影响因素

RTK 测量精度误差源可分为两类: 一类是现场测量有关; 另一个是与数据处理相关。

1.3 提高 RTK 精度的措施

(1) 注意选择基准站位置, 为了便于接收卫星

信号和数据链信号, 基站应设置在点位较高的控制点上。控制点之间的距离应尽可能小, 最好小于 RTK 的 2/3 的有效半径。测区环境条件较差, 避免出现不必要的盲点, 应控制点, 控制点不能受到无线电信号的干扰和多路径的影响。

(2) 选择合理的作业流程, 测区地势复杂, 下载星历表来了解测区的卫星分布情况, 并制定可行的计划, 在通视条件差的地区, RTK 可与全站仪站配合操作, 可以提高效率。

2 求取坐标转换方法及不同计算方法理论

2.1 求取转换参数

(1) RTK 接收机获取的坐标是 WGS-84 坐标, 工程测量时用的坐标系是地方坐标系。两者的原点位置与坐标轴不同, 有平移和旋转的, 进行坐标转换, 即将 WGS-84 坐标转换成地方坐标系坐标。

(2) 参数转换一般分两种转换形式: ①四参数、校正参数一般应用于在同一椭球下, 平面坐标系之间的转换; ②三参数、七参数一般应用于不同椭球体的空间直角坐标系之间的转换。

(3) 求取转换参数的方法: ①根据两套坐标系建立关系式来求出转换参数; ②静态 GPS 控制点联测到地方坐标系的控制点, 同时采集两套坐标, 进行坐标转换; ③使用地图投影的方法确定坐标转换参数。

3 RTK 点校核理论方法

3.1 点校核的原理

RTK 的点校正: 把 WGS-84 坐标转换为当地平面直角坐标系统的过程, 即通过点校正可以求出转换参数, 把 GPS 接收机采集到的 WGS-84 坐标通过转换参数转换成测区的地方坐标。

3.2 点校核的常用方法

点校正方法包含: 单点校正、多点校正、参数校正, 其中多点校正主要包括两点校正、三点校正、四点校正这三个校正方法。(1) 单点校正: 利用一个已知点的 WGS-84 坐标和当地的坐标系坐标, 即可求出 3 个平移参数, 得出为 0 的旋转值和为 1 的比例因子; 但若不知道当地坐标系的旋转值和比例因子, 那么单点校正的精度将降低, 控制范围也没法确定。因此, 一般不使用该方法。(2) 两点、三点和四点校正: 都可求出 3 个平移参数、旋转值、比例因子和为 0 的各残差值。

4 某项目控制网的转换参数精度和点校核精度研究

4.1 数据采集及测区概况

(1) 测区概况及作业情况

本文以某项目为例来研究四参数和七参数对转换坐标的精度影响及点校正。测量用双频 GPS 接收机静态相对定位的方式; RTK 测量用双频 GPS-RTK 接收机观测, 采用动态差分定位的方式。

(2) 数据采集及点位网型略图

在测区内, 选用 6 个点, 其中已知点 3 个, 检核点 3 个。采集的实验数据如表 1。

4.2 精度评定

(1) 四参数的求取和精度分析

根据四参数公式, 求四参数, 见表 2。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = K \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \end{bmatrix}$$

将 HH、DD、TM 三点进行坐标转换, 转换成 2000 独立坐标后并与已知点的数据对比, 来表示四参数平面精度。转换成果见表 3。由表 3 可看出, 四参数解算出的 X 坐标和 Y 坐标的数值, 与已知点的 X 坐标和 Y 坐标的数值对比, 差值最大为 4mm, 最小才 1mm, 坐标差值 ΔX 和 ΔY 均小于 5mm, 可得出结论: 四参数法能够满足小范围测量区域的精度要求。

(2) 七参数的求取和精度分析

通过三个控制点即可计算出七参数, 见表 4。

通过表 5, 可知, 用已知点和四参数计算点来求解出的七参数精度比四参数的精度高。X 坐标和 Y 坐标的值中差值最小的为 0, 最大的为 2mm。

(3) 单点校正的精度分析

通过另设基站, 单点校正后, 将各点校正后的坐标值与已知坐标、高程的进行对比, 如表 6。由表 6 可知: 北坐标最大差值和平均差值分别为 7.9cm 和 3.8cm; 东坐标最大差值和平均差值分别为 3.2cm 和 2.0cm; 高程最大差值和平均差值分别为 40.6cm 和 17.0cm。这说明, 单点校正方法的高程校正精度低于平面坐标的校正精度, 两个平面坐标方向的校正精度不均匀, 表中显示北坐标的校正精度低于东坐标的校正精度。

(4) 多点校正的精度分析

通过多点校正后, 实验值与已知坐标的比较结果如表 7。

表 1 测区选点的坐标和高程

点号	X 坐标	Y 坐标	正常高	备注
SHM	61577.3770	64391.3600	276.7890	已知点
JD	61562.6701	64168.2297	273.4727	已知点
GH	61454.8451	64155.6883	272.4062	已知点
HH	61539.6460	64189.3540	289.5440	检核点
DD	61673.8540	64246.2020	302.5780	检核点
TM	61342.7220	64070.1890	299.5020	检核点

表 2 四参数转换参数

	原点东坐标	500000m
	原点北坐标	0m
	尺度 ^K	0.99
平移	$\Delta X=89.712165m$	$\Delta Y= - 74.681180m$
旋转	0.391060"	

表 3 四参数法计算出的 2000 坐标与已知点的坐标比较

点号	北坐标 (X)			东坐标 (Y)		
	已知点 (m)	观测点 (m)	差值 (mm)	已知点 (m)	观测点 (m)	差值 (mm)
HH1	61542.534	61542.533	1	64191.400	64191.398	2
DD1	61674.066	61674.064	2	64251.513	64251.512	1
TM1	61342.884	61342.880	4	64071.863	64071.860	3

表 4 七参数转换参数

平移	$\Delta X 92.253m$	$\Delta Z 85.978m$
	$\Delta Y 225.700.0m$	
旋转	$X^{-1.2204"}$	$Y^{2.3570"}$
	$Z^{-3.3166"}$	
比例	- 10.875ppm	

表 5 七参数转换的坐标与已知点的比较

点号	X 坐标			Y 坐标		
	已知点 (m)	观测点 (m)	差值 mm)	已知点 (m)	观测点 (m)	差值 (mm)
DD	61683.707	61683.708	-1	64255.537	64255.537	0
TM	61311.399	61311.401	-2	64057.269	64057.270	-1
SHM	61570.264	61570.265	-1	64375.838	64375.839	-1

表 6 单点校正后各点的坐标与已知坐标的差值

点号	JD	GH	HH	TM	DD	平均差值
北坐标差/m	0.017	0.003	0.058	0.079	0.034	0.038
东坐标差/m	0.032	0.028	0.030	0.003	0.005	0.020
高程差/m	0.143	0.163	0.406	0.064	0.072	0.170

表 7 多点校正后各点的坐标和高程与已知坐标和高程差

点号	JD	GH	HH	TM	DD	平均差值
X 坐标差/m	0.021	0.003	0.057	0.075	0.036	0.038
Y 坐标差/m	0.026	0.027	0.030	0.003	0.009	0.019
高程差/m	0.148	0.160	0.066	0.403	0.077	0.171

由表 7 可知: X 最大差值和平均差值分别为 7.5cm 和 3.8cm; Y 最大差值和平均差值分别为 3.0cm 和 1.9cm; 高程最大差值和平均差值分别为 40.3cm

和 17.1cm。多点校正结果与单点校正对比前者比后者的平面坐标和高程校正精度均有所提高。但多点校正方法的高程校正精度低于了平面坐标的校正精

度, 两个平面坐标方向的校正精度仍不均匀, 表中显示 X 的校正精度低于 Y 的校正精度。

5 总结

本文通过对 RTK 四参数和七参数转换的对比和点校正方法单点与多点的对比分析, 总结如下:

(1) 四参数只需用 RTK 在已知点上采集 WGS-84 坐标后便可以计算出来, 在实测范围不大的情况下, 精度是能够满足生产要求的^[4]。

(2) 多点校正的精度总体比单点校正的高, 是因为不仅考虑了平移的 3 个参数, 也考虑了旋转参数及比例因子, 这样多点校正的精度和均匀性就会有所提高^[5-9]。

(3) 单点校正和多点校正的平面坐标校正精度跟高程的校正精度比起来相对较高, 平面坐标的校正精度将近厘米级, 而高程的校正精度仅为分米级。

参考文献

- [1] 刘煦, 辜超, 吴会军, 何柯达; 《科技创新与应用》; 2021(2): 28
- [2] 刘大杰, 施一民, 过静玲, 全球定位系统(GPS)的原理与数据处理[M]. 上海同济大学出版社, 2003
- [3] 孙艳崇, GPS RTK 四参法坐标转换应用研究, 《水电能源科学》, 2015(5)
- [4] 郭凯. GNSS-RTK 坐标转换参数与转换精度分析[J]. 经纬天地, 2020(2):4.
- [5] 滕庆义. RTK 坐标转换参数的应用与精度分析[J]. 信息周刊, 2020(12):1.
- [6] 许尧奇. RTK 测量中有关参数的选择和应用[J]. 西部资源, 2019(6):2.
- [7] 张伟. GNSS RTK 测量中坐标系统转换的算法探究[J]. 科技经济导刊, 2019(24):2.
- [8] 王永红. RTK 和 CORS 模式下坐标参数的转换[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)自然科学, 2021(3):2.
- [9] 冀华平. CORS-RTK 测量中的坐标转换方法探讨[J]. 现代信息科技, 2019, 3(7):3.

版权声明: ©2023 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

