doi: 10.11720/wtyht.2014.6.19
霍成胜,王成栋,孟军海,等.多路径效应影响下实时动态测量方法的精度检测与分析[J].物探与化探,2014,38(6):1200-1202.http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.6.19
Huo C S, Wang C D, Meng J H,et al.Real-time kinematic accuracy detection and analysis of the influence of multi-path condition[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2014,38(6):1200-1202.http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.6.19

多路径效应影响下
实时动态测量方法的精度检测与分析

霍成胜,王成栋,孟军海,喻忠鸿,李成贤,李凤廷,付佳
(青海省第三地质矿产勘查院,青海 西宁　810012)

摘 要: 为了检测多路径效应对实时动态测量方法的影响,笔者在大面积湖面、树林、高压线、观测视线与高大建筑物的不同高度角条件下进行了实时动态测量实验。使用 GPS 静态测量布置一些观测点,选出部分点作为已知点,并分别使用 RTK 和全站仪进行观测其他点。对两者测出的数据进行比较和分析后,发现这些地形、地物对 RTK 测量工作存在影响,并提出了相关建议。

关键词: 实时动态差分;多路径;精度检测
中图分类号: P631;P228.4　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1000-8918(2014)06-1200-03

目前,实时动态差分法(RTK)以其实时、高效、不受通视条件限制等优点,倍受青睐,现已广泛地应用于图根控制测量、像片控制测量、施工放样测量及地形碎部测量等方面。但是相对于 GPS 静态测量,RTK 的实时性也给测量人员提出了更高的要求[1]。因 RTK 测量缺少必要检核条件,没有静态 GPS 测量的同步环、异步环及附合线路等约束条件,是以基准站为中心呈放射状,以支点的形式分布散点,从而无法直接衡量其观测精度,作业时如果操作失误或某些技术问题处理不当,都会给测量成果带来严重影响[2]。因此,及时了解 RTK 的技术特点及提高 RTK 测量成果精度的技术关键,对 RTK 测量将大有裨益。

理论研究及实践证明,影响 RTK 作业的主要误差源实际上是多路径效应造成的误差[3]。多路径效应误差是测站周围多路径反射面信号传播与卫星 GPS 信号干涉时延效应造成的误差。例如,基准站或流动站附近大面积水面、高层建筑物、山谷、盆地,甚至无线电台附近等都会成为多路径效应误差源[4]。

通常在 GPS 大地测量当中,多路径效应误差所造成的后果比想象的小。这是由于多路径信号规则的波动,连同 GPS 大地测量的长积分时间,把多路径效应误差减少到了可忽视的程度,当进行长时间观测时,卫星星座几何分布有充分变化,可以通过平滑将多路径效应误差降低。有数据表明,测站上观测 30 min,通常可以使多路径效应误差减小到毫米级,观测 10 min,即使在困难条件下,一般也足以保持 1 mm 的质量[5]。但是在快速静态(rapid static)和动态 GPS(RTK)定位中,要求在有环境反射下得出短期解,因此最易受到多路径效应延迟影响,也就是说,在短距离双差 GPS 观测中,如果进行 RTK 测量,多路径效应延迟误差成为主要的误差源。

为了探求 RTK 测量的精度,笔者分别对几种多路径效应影响条件下进行测量观测实验分析和研究。实验地点选在湖边和公园附近。

1　实验方法与设计

(1)实验仪器设备。①中海达 ZHD-6000 动静态 GPS 接收机,标称精度为:平面 10 mm+1.5×10^{-6} D(D 是观测距离,单位:km),高程 20 mm+1.5×10^{-6} D。②南方 NTS-350 全站仪,标称精度:测距 2+$2\times10^{-6}D$,测角 5″。

(2)实验环境条件。①距离湖面不同距离;②在树林下观测;③距离高压线不同距离;④观测视线与高大建筑物的不同高度角。

收稿日期:2013-12-24

(3)方法和思路。①以 GPS 静态测量出 7 个点的坐标,并进行坐标转换得出高精度的坐标,作为已知坐标值;②以 7 个点中的 5、6、7 号三个已知点用全站仪分别测出上述实验环境条件所布设的碎部点(即实验点)坐标作为碎部点已知坐标;③以 1 号点为基准站,用 RTK 测出前述所测的碎部点坐标;④以 RTK 所测坐标数据与全站仪所测数据比较分析。

2　数据成果与分析

2.1　湖面距离影响

湖面多路径效应影响精度的检测方法是,离湖面最近的 A01 开始,每 5 m 观测一个点,由近到远,观测 40 m,终点为 A08,记录 8 个点(表 1)。

表 1　湖面多路径效应对全站仪和 RTK 观测的影响　m

点号	全站仪测量结果		RTK 测量结果		较差[注]		
	x	y	x	y	Δx	Δy	MP
A01	78.019	−61.235	78.042	−61.251	0.023	−0.016	0.0280
A02	73.631	−58.962	73.642	−58.947	0.011	0.015	0.0186
A03	72.017	−51.433	72.02	−51.432	0.003	0.001	0.0032
A04	67.732	−48.952	67.728	−48.925	−0.004	0.027	0.0273
A05	63.639	−46.439	63.668	−46.410	0.029	0.029	0.0410
A06	62.941	−37.092	62.971	−37.058	0.030	0.034	0.0453
A07	58.86	−34.354	58.856	−34.344	−0.004	0.010	0.0108
A08	54.986	−31.589	54.994	−31.594	0.008	−0.005	0.0094

注:较差为 RTK 与全站仪观测值形成的差值;MP 是较差的均方根误差($\sqrt{\Delta x^2+\Delta y^2}$)。下同。

通过对湖面影响的数据统计,点位最大的均方根误差为 0.045 3 m,最小的为−0.003 2 m。

从表 1 中可看出,40 m 的范围内两者坐标显示很接近,在两倍中误差内。很多论著建议在进行 GPS 测量的时应距离水面 50 m,而本实验的结果表明湖面多路径效应并不对 RTK 作业产生明显影响。

2.2　树林多路径影响

在树林旁笔者设置了 1 个断面为研究对象,以 S01 为起点,每隔 5 m 观测一个点,终点为 S06,并且观测了两个周期,第一次在冬季,树上没有叶子,第二次在春季,树上有绿叶。观测的数据统计如表 2。

从表 2 中看出,RTK 观测结果和全站仪结果较差较大。第一次观测是在冬季已无树叶,第二次观测是在春季长出了茂密的树叶,仅有两个点差别较小,因此树林中无论有无树叶均导致严重的多路径效应。建议 RTK 观测尽量避开树林。

2.3　与高压电线距离的误差

在研究高压电线对两者仪器观测结果的影响时,选择由离高压线 10 m 远的 B01 为起点,观测 8 个点,至 B08 点结束,观测数据统计如表 3。

表 2　树林多路径效应对全站仪和 RTK 观测的影响　m

点号	全站仪测量结果		RTK 测量结果		较差		
	x	y	x	y	Δx	Δy	MP
1 月 28 日							
S01	88.507	−44.273	88.616	−45.433	0.109	−1.16	1.165
S02	84.698	−41.312	84.450	−41.792	−0.248	−0.48	0.540
S03	80.317	−38.295	80.359	−38.507	0.042	−0.21	0.216
S04	76.489	−35.137	76.478	−35.320	−0.011	−0.18	0.183
S05	73.696	−30.551	73.692	−30.753	−0.004	−0.20	0.202
S06	70.583	−16.013	70.732	−16.042	0.149	−0.03	0.152
4 月 28 日							
S01	88.507	−44.273	88.508	−44.190	0.001	0.08	0.083
S02	84.698	−41.312	84.961	−41.303	0.263	0.01	0.263
S03	80.317	−38.295	80.311	−38.226	−0.006	0.07	0.069
S04	76.489	−35.137	75.808	−34.842	−0.681	0.30	0.742
S05	73.696	−30.551	73.752	−30.541	0.056	0.01	0.057
S06	70.583	−16.013	70.613	−16.041	0.030	−0.03	0.041

表 3　高压线在 10~200 m 距离内对全站仪和 RTK 观测的影响　m

点号	全站仪测量结果		RTK 测量结果		较差		
	x	y	x	y	Δx	Δy	MP
B01	350.420	573.830	350.325	573.748	−0.095	−0.082	0.1255
B02	346.485	561.968	346.404	561.938	−0.081	−0.030	0.0864
B03	342.964	537.530	342.888	537.504	−0.076	−0.026	0.0803
B04	335.637	497.713	335.538	497.699	−0.099	−0.014	0.1000
B05	341.923	481.918	341.877	481.890	−0.046	−0.028	0.0539
B06	321.525	447.242	321.427	447.211	−0.098	−0.031	0.1028
B07	300.479	426.341	300.408	426.332	−0.071	−0.009	0.0716
B08	144.994	172.244	144.981	172.256	−0.013	0.012	0.0177

从表 3 可看出,高压线强电磁干扰严重影响 RTK 测量,距离高压线 10~150 m 范围内都有较大影响,越近影响越大,在距离 200 m 处检测一点得到较理想的吻合精度。因此实验结果与有些论著认为距离 50 m 不影响的观点不同。

2.4　高楼对 RTK 测量数据的影响

检查高楼对观测结果的影响是从观测视线高度角入手的。高度角从 5°变化至 50°,期间共观测 9 个点,数据统计见表 4。

表 4　高楼观测视线高度角对全站仪和 RTK 观测的影响　m

点号	全站仪测量结果		RTK 测量结果		较差		
	x	y	x	y	Δx	Δy	MP
C09	81.200	0.000	81.225	−0.003	0.025	−0.003	0.0252
C08	212.172	186.119	212.169	186.113	−0.003	−0.006	0.0067
C07	143.167	88.585	143.149	88.601	−0.018	0.016	0.0241
C06	108.528	39.674	108.519	39.656	−0.009	−0.018	0.0201
C05	70.583	−16.013	70.607	−15.995	0.024	0.018	0.0300
C04	−14.499	−51.370	−14.517	−51.334	−0.018	0.036	0.0402
C03	−24.680	−55.681	−24.650	−55.658	0.030	0.023	0.0378
C02	16.032	−95.097	16.016	−95.049	−0.016	0.048	0.0506
C01	9.764	−104.556	10.776	−104.400	1.012	0.161	1.0247

从表 4 中可看出,在 40°的范围内,RTK 测量与全站仪测量较差很小,都在允许范围内,而在 50°的

时候,误差已超过 5 cm,但是 C02 距离高楼很近高度角有 50°误差却只有 0.05 m,没有达到分米级。为此,在该点笔者又做了几次实验,结果都是在 0.05 m 左右。分析原因是 C02 在高楼的外侧,通过旁边也可以收到信号,C01 在高楼的下边,信号弱,导致精度很低。

3 结论

(1)湖面多路径对 RTK 作业影响不大,可不予以考虑。这一研究结果与许多论著观点不同。

(2)树林对 RTK 作业有很大影响,应避免在树林下作业。

(3)高压线对 RTK 作业影响很大,可影响到 150 m 的距离。笔者研究的结果与多数论著观点有较大差异。至于在多大电压下影响多远的距离,还需作进一步的实验研究。

(4)高大建筑物影响 GPS 信号的传播从而影响 RTK 的作业质量,但在小于 40°高度角时观测影响很小。

因笔者所做的实验有限,许多认识需要大量的实验进一步证明,因此所得结论仅供参考。

参考文献:

[1] 胡伍生,高成发.GPS 原理及其应用[M].北京:人民交通出版社,2002.

[2] 朱正华,沈京.公路测量中 RTK 测量成果的质量控制[J].地矿测绘,2005(4).

[3] 丁文利,王怀念,黄良.动态 GPS(RTK)测量的精度分析[J].地矿测绘,2004(2).

[4] 潘宝玉,李宏伟.RTK 技术的特点及提高成果精度的技术关键[J].测绘工程,2003,12(4).

[5] 郭建东,冒爱泉,殷忠.RTK 测量的方法与精度试验[J].测绘科学,2006(3).

Real-time kinematic accuracy detection and analysis of the influence of multi-path condition

HUO Cheng-Sheng, WANG Cheng-Dong, MENG Jun-Hai, YU Zhong-Hong, LI Cheng-Xian, LI Feng-Ting, FU Jia

(*The Third Institute of Qinghai Geology and Mineral Survey*, *Xi'ning* 810012, *China*)

Abstract: In order to detect the influence of multipath effects on the real-time kinematic (RTK) measurement methods, the authors made a real-time dynamic measurement experiment on broad lakes, forests, high-tension lines, observation sight and tall buildings under the condition of different elevation angles. The authors first used GPS static measurement to set some observation points and then chose some points as known points, and utilized RTK and total station instrument to observe other points. A comparative analysis of the measured data from the two instruments shows that the terrain affects the measurement work. The authors therefore made some recommendations.

Key words: real-time kinematic; multi-path; accuracy detection

作者简介:霍成胜(1967-),男,1989 年毕业于西安地质学院测量系,高级工程师。现从事青藏高原矿产物探研究工作。