

基于 SDCORS 的车载 RTK 高程注记点 连续采集精度分析

凌晓春,刘石栋,刘振军,汤玉兵

(山东省国土测绘院,山东 济南 250102)

摘要:为提高航测法数字线划图(DLG)的生产效率,尽可能减少外业作业时间,基于山东省卫星定位连续运行综合服务系统(SDCORS)的车载 RTK 技术进行高程注记点采集。采用不同时间(白天、晚上)、不同车速条件进行高程注记点连续采集,并与常规方法(全站仪、单基站 RTK)采集高程点进行比较,求取高程中误差,认为在夜间以不大于 20 km/h 的车速进行采集精度较高。在数字海阳基础地理信息数据采集项目中,利用车载 RTK 采集 346 km² 范围内的沿路高程注记点,结果表明能够满足 1:500 航测法成图精度要求。

关键词:SDCORS;航测法;数字线划图(DLG);高程注记点;车载 RTK

中图分类号:P228.4

文献标识码:B

0 引言

2007—2010年,山东省国土资源厅组织开展了山东省卫星定位连续运行综合服务系统(SDCORS)项目建设^[1],建立了由123个参考站构成的全省连续、动态、高精度的三维空间基准,向社会提供定位、导航和授时服务。SDCORS网络RTK精度水平方向优于5cm,垂直方向优于8cm。相比于传统的电台模式和单基站模式,SDCORS具有基准统一、无缝覆盖、精度均匀的特点,在节约人力资源前提下,提高了仪器使用率和工作效率。

2013年山东省数字城市建设已由省、市级逐步推进到县级数字城市建设阶段,随着各地数字城市建设项目的启动,采用航空摄影方法进行基础地理信息3D数据采集制作成为主要的作业方式。山东省各地航测法3D数据生产的外业像控、调绘补测、高程注记点测量等工作越来越依赖于SDCORS提供的网络服务。同时,3D数据生产特别是DLG数据生产的周期长短主要取决于外业像控、调绘和高程注记点采集的工作量,外业作业效率高低成为制约航测法3D数据生产速度的关键因素。国内相关研究表明,利用CORS网络RTK技术进行高程值采集

精度可达 $\pm 5\text{ cm}$ ^[2]。因此,基于数字城市基础地理信息数据生产需求,在充分应用SDCORS的前提下,为了进一步提高外业作业效率和保障外业作业安全,尝试将车辆与RTK相结合进行高程注记点的快速采集试验,检验采集数据的精度,并在实际生产过程中进行验证。

1 常规航测法高程注记点采集

采用航测法进行大比例尺DLG数据生产时,作业区域一般在城市建成区或城市周边,在开展外业高程注记点采集时面临着诸如外业工作量大、作业周期长、安全性差的困难。按照《航内规范》要求,高程注记点应选在明显地物点和地形特征点上,其密度为图上每100cm²内5~20个^[3],并且1:500DLG平地、丘陵地高程注记点必须采用全野外实测,1:1000,1:2000DLG平地高程注记点必须采用全野外实测。常规作业方法是通过单基站RTK^[4]或者连接SDCORS利用GPS-RTK技术手工进行逐点采集,一般每天可采集约500个点。作业过程中,人员需要在道路中心线与路边之间不停的穿插,既危险又低效。

收稿日期:2013-12-10;修订日期:2014-01-07;编辑:王秀元

作者简介:凌晓春(1981—),男,山东潍坊人,工程师,主要从事GPS数据获取与处理研究工作;E-mail:29107259@qq.com。

2 基于SDCORS车载RTK高程注记点快速采集方法试验

基于SDCORS车载RTK是在车辆上安装RTK流动站设备,通过接收SDCORS提供的网络服务,在均匀速度的运动状态下进行RTK坐标采集。其测量原理为^[5]:数据控制中心利用各个参考站的原始观测数据,实时在线解算各基准站网内的载波相位整周模糊度值并建立误差模型;车载RTK将单点定位坐标传送给数据控制中心,数据控制中心在车载RTK附近位置创建一个虚拟参考站(VRS),通过内插得到VRS上各误差源影响的改正值,并按固定格式通过NTRIP协议发给流动站用户;车载RTK与VRS构成短基线,车载RTK接收控制中心发送的虚拟参考站差分改正信息或者虚拟观测值,进行差分解算得到车载RTK的精确位置。其基本模拟流程图见图1。

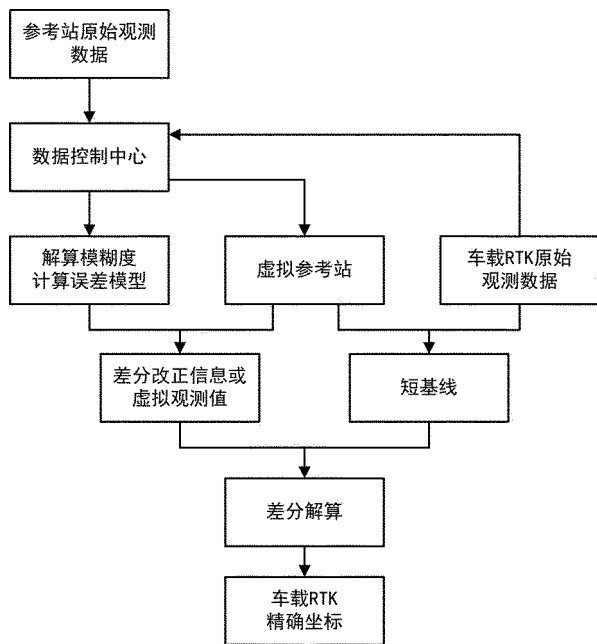


图1 基于SDCORS车载定位原理示意图

2.1 试验设置

试验^[6]时将RTK架设在移动测量车顶部,并量取天线高。作业人员在车内通过手簿连接RTK进行天线高、历元采集数等参数设置,从而实现自动、均匀的地面高程注记点数据采集。

(1) 设备固定

选择自重较重的车辆,将GPS接收机固定到车

顶,手簿放在车里面,通过数据线和GPS接收机相连。

(2) 天线高测量

天线高就是GPS接收机到地面的铅垂线距离。作业之前,将车停在平整的路面上,采用全站仪三角高程测量方法测出GPS接收机到地面的距离,在测量天线高时,应确保所有作业人员在车内就位,这样有利于提高测量结果的准确性。天线高计算公式:

天线高 = 全站仪到GPS接收机高差 + 全站仪到地面高差 + 棱镜常数(0.03 m)。

(3) 手簿设置

在手簿设置时充分考虑了作业过程中可能遇到的各种影响因素,例如:红绿灯、塞车等,最终设定为连续测量模式,平均观测次数3次,固定采集距离间隔20 m。

2.2 试验内容

试验主要从作业时间和作业车速2个影响因素展开,分别在不同时间(白天、晚上)、不同车速情况下进行高程注记点快速采集。将采集的道路中心高程点和用常规方法(全站仪、单基站RTK)采集的高程点相比较,分析其差值获得试验数据的高程中误差。

(1) 作业时间不同。选择某一县城区东西向主要道路上,基于SDCORS站分别在白天、晚上进行高程连续采集,利用单基站RTK采用点位放样的模式进行邻近点高程值比较(表1)。

表1 不同时间采集点精度分析

时间	对比点数/ 个	最大误差/ cm	最小误差/ cm	高程中误差/ cm
白天	496	10	2	4.06
晚上	278	8	0	3.04

从表1中可以看出,不同作业时间下采集的高程注记点的中误差变化不大,可以认定高程精度不受作业时间影响。

(2) 车速不同。在同一条道路上,沿道路中心线分别在不同车速下按照固定距离模式采集高程注记点,利用单基站RTK采用点位放样的模式进行邻近点高程值比较(表2)。

从表2中可以看出,不同车速下采集的高程注记点的中误差变化不大,可以认定高程精度不受车速影响。

表2 不同车速采集点精度分析

序号	车速 km/h	点数	中误差/cm
1	10	23	1.62
2	20	24	1.8
3	30	24	1.97
4	40	23	3.13
5	50	23	1.69
6	60	24	1.79

2.3 试验结论

通过2种作业条件下数据分析,可以得出以下结论:

(1)不同作业时间和不同车速时对高程注记点精度影响不大,但考虑到交通、人流、信号稳定性等因素,选择利用夜间以20 km/h的作业模型进行高程注记点采集效果较为理想。

(2)天线高量取精度对高程注记点的采集精度影响较大,应确保在所有作业人员已就位的状态下进行天线高测量。

(3)沥青道路一般是中间最高,向两边逐渐降低,如果靠近中线或在中线行车测量,高程会偏低。因此,在进行天线高设置时应进行一定抵消。

3 试验应用

海阳市地处黄海之滨,胶东半岛南翼,有“东方夏威夷”之美誉。2012年海阳市被国家测绘地理信息局列入国家数字城市建设推广示范城市,按照国家测绘地理信息局要求,海阳市启动数字海阳地理空间框架项目建设,根据需要,进行海阳市航飞范围内346 km² 1:500DLG采集制作。测区地势较为平坦,北部城市建成区建筑物比较集中,南部地区建筑物密度较小,道路平坦。鉴于以上地形条件,适合采用车载RTK进行外业高程注记点采集。

实际作业过程中利用一套车载RTK进行高程注记点采集,共采集高程注记点近35 000个,检核点727个,作业时间为7天。点位分布如图2所示:

考虑到采集的高程注记点均位于道路上,地势起伏变化不大,剔除采集点与检核点相距过大(距离 ≥ 0.2 m)的点70个,可以认为其余657个相距较近(距离 < 0.2 m)的高程注记点与检核点具有相同高程,通过比较其差值分析测量精度。同精度检测中误差为3.41 cm,检核点与采集点差值分布情况见图3。

从图3、图4可以看出,检核点与采集点差值主

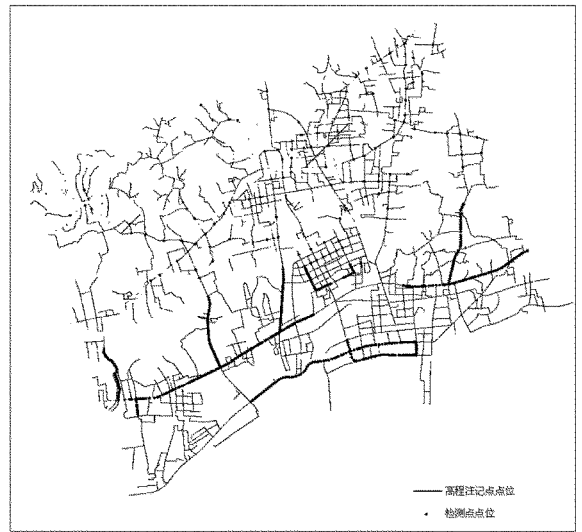


图2 测区高程注记点与检核点分布示意图

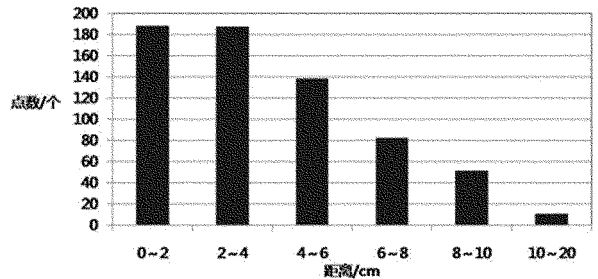


图3 高程注记点与检核点差值分布图

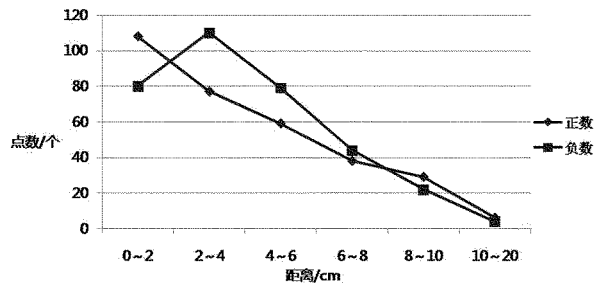


图4 差值正负值正态分布图

要分布在0~6 cm范围内,所占比重为88.2%,差值正负数呈现较为明显正态分布,不存在系统误差,高程注记点的高程中误差远小于航测法1:500比例尺DLG数据20 cm的限差要求^[3]。

4 结语

基于SDCORS车载RTK采集高程注记点具有较高的精度和数据快速获取优势,精度能够满足航测法1:500比例尺DLG数据限差要求,并且已在多个市、县级数字城市建设项目中得到了广泛应用。

通过试验和实际应用得出以下结论:

(1)采集效率高。基于SDCORS车载RTK进行高程注记点采集效率主要取决于测区信号强度和行车状况,可以进行全天候作业,作业效率较常规人工采集高程注记点提高了10倍以上。

(2)采集精度高。在保证GPS信号固定前提下,以一定速率匀速行驶,排除人为原因造成的车辆上下颠簸,采集精度可达5 cm之内,能够满足航测法大比例尺地形图高程注记点全野外实测精度要求。

(3)采集安全性高。常规人工方法采集路面中心高程注记点时,安全性较差;利用车载RTK方法进行路面点采集时,由于人员在车辆中,大大提高了作业时安全性。

(4)推广范围广。车载网络RTK具有较高的精度和数据快速获取优势,在GIS数据采集,道路纵断面测量、局部数字高程模型建立等领域中具有较大应用推广价值。

(5)推荐作业模式:白天路面车流、人流较大,

影响作业效率,建议与城市日常交通高峰期错开作业,车速保持在20 km/h为最佳。

(6)作业时,应尽量满足:人流、车流较少,道路路面硬化,遮挡较少。因此基于SDCORS车载RTK进行高程注记点采集方法尤其适用于城市建成区外围1:1 000,1:2 000比例尺数据生产。

参考文献:

- [1] 张海平,高士民,周长志,等. SDCORS系统测试与技术性能分析[J]. 全球定位系统,2013,38(3):61-64.
- [2] 周平红,蒋利龙,李军国. GZCORS-RTK高程精度稳定性分析[J]. 全球定位系统,2012,37(6):64-69.
- [3] GB 7930-2008. 1:500,1:1 000,1:2 000地形图航空摄影测量内业规范[S]. 2008.
- [4] 马座挪. 常规RTK与网络RTK作业方法的比较[J]. 中国科技纵横,2010,(18):20-20.
- [5] 陈中新,朱丽强. 基于CORS系统的高精度GPS观测数据的模拟研究[J]. 测绘科学,2011,36(1):17-19.
- [6] 么作庚,王亮. 车载RTK在测带状图中的应用[J]. 化工矿产地质,2008,(1):50-52.

Precision Analysis on Continuous Collecting Altitude Lettering Points Based on SDCORS Vehicle RTK

LING Xiaochun, LIU Shidong, LIU Zhenjun, TANG Yubing

(Shandong Surveying and Mapping Institute of Land and Resources, Shandong Jinan 250102, China)

Abstract: In order to improve the production efficiency of Digital Line Graphic (DLG) of aerial photography method, reduce the time of field work as much as possible, Vehicle RTK based on Shandong Continuously Operating Reference station System (SDCORS) has been used to collect altitude lettering points. Vertical spots have been collected continuously at different time (day and night) with different speed, then compared with the datas gained by using conventional method (Total Station, Single base station RTK), and got the elevation mean square error. It is thought that the accuracy will be high while vehicle spots have been collected at night with the speed of less than 20km/h. In the project of collecting foundational geographic information data of Haiyang city, vertical spots on the road surface within the scope of 346km² have been collected by using vehicle RTK. It is showed that the results can meet the accuracy requirements of aerial photography with the scale of 1:500.

Key words: SDCORS; aerial photography method; DLG; vertical spots; vehicle RTK