

Cehui Jishu Zai Chengshi Jianshezhong De Yingyong

测绘技术 在城市建设中的应用

焦明连◎主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

测绘技术在城市建设中的应用

焦明连 主编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是“连云港市测绘学会第二十二届学术交流会”优秀论文选编。

全书共分八篇,内容涉及全球定位系统、地理信息系统、摄影测量与遥感、工程测量与数字化测图、不动产测绘、土地资源管理、高等测绘教育以及研究生论坛等,基本反映了测绘地理信息技术在测绘领域的前沿应用。

本书内容广泛、丰富、翔实、实用,既有在科研活动中提升的理论研究成果、也有来自测绘地理信息工程一线的经验总结,具有一定的学术水平和较高的应用参考价值,适合测绘工程技术人员和测绘类院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

测绘技术在城市建设中的应用 / 焦明连主编. —徐州:

中国矿业大学出版社, 2016. 12

ISBN 978-7-5646-3402-5

I. ①测… II. ①焦… III. ①测绘学—学术会议—文集
IV. ①P2—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 313668 号

书 名 测绘技术在城市建设中的应用

主 编 焦明连

责任编辑 史凤萍

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83884895 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 18.25 字数 456 千字

版次印次 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

定 价 40.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

《测绘技术在城市建设中的应用》

编委会

主 编 焦明连
副主编 郦远东 杨 凌
顾 问 孔令泰 李海英
委 员 (按姓氏拼音排序)

卞盼盼	卜西良	陈德君	陈 磊
樊继浩	樊亚南	方 敏	付天淑
高光军	耿东生	胡梦涛	焦明连
李海舰	李宏观	李 岩	李自力
郦 鑫	刘 柳	刘志强	路长城
秦培建	尚彦玲	史建青	孙 雷
孙新松	孙中尧	房 晶	王东超
王 欢	王继刚	王旻烨	王鹏辉
王 旗	王韬惠	王晓松	王英刚
谢宏全	徐德涛	徐文政	徐 妍
闫凡峰	杨春亮	杨利迁	尹吉祥
张 红	张 玲	张 祥	张一笑
张云霞	张志刚	赵克平	赵 萱
郑 剑	周海江	邹士壮	

前 言

2016 年是国家测绘地理信息局建局 60 周年,回顾测绘地理信息事业的光辉历程,让我们深切地感受到了测绘地理信息事业与时代同呼吸的铿锵步伐、与祖国共命运的峥嵘岁月,也让我们坚信测绘地理信息事业的明天会更加美好。

从最初的大平板、三脚架、小笔尖,到今天 2 颗资源三号测绘卫星遨游太空,航空摄影测量飞机、无人机俯瞰大地,各类移动测量系统扫描地面,探地雷达、侧扫声呐等深入地下、水下测绘,我们已经构建了天空地一体化的对地观测体系。从现代测绘基础研究、技术装备艰难起步,到成功攻克天文大地网整体平差计算、全数字化自动测图、地球重力场测量、高分辨率立体测图卫星测绘和应用等核心与关键技术,成功研制全数字摄影测量工作站、高精度定位芯片、大规模集群化遥感数据处理系统、倾斜相机等大批技术装备,一批重大科技成果获得国家科技进步奖、国家自然科学奖、国家发明奖和国际奖项,企业的创新主体作用逐步发挥,我们的自主创新能力实现了跨越,摆脱了发达国家长期封锁和垄断。标准规范从长期严重滞后,到建立 114 项国家标准、151 项行业标准、50 余项地方标准构成的标准体系,并开始主导国际标准制定,我们实现了测绘标准与技术变革协同发展。从以光学仪器为标志的传统测绘技术体系,到以航空航天遥感、卫星导航定位、地理信息系统为核心的数字化测绘技术体系,再到初步建立以数据获取实时化、数据处理自动化、数据管理智能化、信息服务网络化、信息应用社会化为特征的信息化测绘技术体系,测绘生产力水平实现了质的飞跃。如今,我国测绘科技整体水平已跻身世界先进行列,一些领域达到国际领先,我们依靠自主创新走出了一条“科技兴测”之路。

测绘地理信息部门紧紧围绕各时期党和国家中心工作,勇于担当、主动作为,实现了公共服务从提供单一纸质地图、基础数据到提供地理信息综合服务的深刻变革,服务领域从传统的农业、石油、土地、水利等行业拓展到国家安全、资源管理、环境保护、航空航天、智能交通、电子商务、现代物流等各个领域。通过精心编制各类领导用图,主动提供基础地理信息数据和产品,研制建设国务院综合国情地理信息系统,着力打造数字(智慧)城市、“天地图”、地理国情普查与监测等新型服务业态,大力提升应急测绘保障能力,积极推动“北斗”系统应用,努力推进地理信息大数据共享与军民融合发展,编绘提供丰富多样的精品地图,辅助了领导科学决策、政府精准治理;服务了“一带一路”建设、京津冀协同发展、长江经济带建设和东、中、西、东北“四大板块”建设等国家重大战略,三峡工程、南水北调、西气东输、青藏铁路、“神舟”飞天等重大工程;保障了生态文明、信息化、城镇化等重点建设,北京奥运、“9·3”阅兵等重大工作,唐山大地震、“98”特大洪水、汶川特大地震等应急抢险工作,测绘地理信息重要作用日益彰显。地理信息产业后来居上,保持年均 25% 的高速增长,拉动效应显著,成为

“双创”的重要领域和新的经济增长点,地理信息成果通过分享经济和信息消费惠及社会大众。如今,公益性保障与产业化服务互为补充的公共服务格局基本形成,适应时代需求的公共产品体系基本建立,测绘地理信息工作已由“幕后”走向“台前”,深度融入了经济社会发展主战场。

为庆祝国家测绘地理信息局建局 60 周年,总结现代测绘技术在经济社会发展中的成果与经验,连云港市测绘学会决定在年底召开连云港市第二十二届测绘地理信息学术交流会并进行论文征集工作,对评审后的优秀论文结集出版《测绘技术在城市建设中的应用》一书。在该书编辑出版过程中,焦明连教授负责论文的审稿、修改和分类编目,江苏苏信测绘有限公司给予大力支持。由于水平有限,经验不足,书中难免有疏漏和谬误之处,恳请同行专家和读者不吝赐教。

编 者

2016 年 10 月

目 录

第一篇 全球定位系统

GPS-RTK 在地形测量中的应用	孙中尧,陶恩海 (3)
GPS-RTK 在城市地下管线普查中的应用	孙 雷,卜西良,孙 云,朱兴花 (7)
GPS 在数字农业建设中的应用研究	邹士壮,李传奇,苗晓林 (11)
多模 GNSS 接收机 CORS 组网性能与评估	张 玲,龙 辉 (15)
浅谈 CORS 站技术及应用研究	方 敏,李 霖,胡倩倩 (23)
浅谈 GPS 技术在工程测量中应用问题思考	周海江,张国庆,韩继广 (27)

第二篇 地理信息系统

城市三维地理信息模型产品质量检验方法的研究	刘 柳,吕志慧,耿东生 (33)
国土资源“一张图”工程数据库建设研究	高光军,李自力,唐旭堃 (37)
基于 GIS 的房产数据管理的设计思路	陈德君,徐本夫 (43)
基于 GIS 的居民点空间分布研究	樊继浩,孙中尧 (45)
基于 GIS 校园绿地景观格局评价分析	杨利迁,王东超,霍红娟 (50)
基于 MapX 的房地产信息管理系统	李海舰 (58)
基于 workflow 技术的办公自动化信息管理系统的设计与实现	尚彦玲,李德明 (64)
连云港市基础地理信息系统应用研究	路长城,尚彦玲 (69)

第三篇 摄影测量与遥感

基于 ENVI 对植被提取方法的研究及评价	耿东生,邵笑笑,陶恩海 (75)
基于遥感数据的连云港市东西连岛周边围填海分析	赵克平,张彦彦,卢 霞,焦明连 (79)
连云港市 GlobeLand30 数据精度评价研究	李自力,李 岩,顾 洁 (82)
浅谈 1:1 000 航测地形图测绘方法	王韬惠,孙佳龙 (88)
浅谈测绘地理信息成果的质量检验方案	刘 柳,耿东生,樊继浩 (92)
无人机大比例尺测图应用技术探究	张云霞 (97)

无人机在大比例尺测图中的应用初探	尹吉祥, 郇鑫, 王超 (101)
------------------------	-------------------

第四篇 工程测量与数字化测图

浅谈简码法数字化测图在测量中的应用	孙中尧, 樊继浩 (105)
CAD 辅助全站仪在多轴线系统中测量定位的应用	秦培建, 孙运子, 孙红杰 (108)
高精度水准测量的固体潮改正	徐文政, 刘滋源, 徐辉, 文言, 王继刚 (112)
基于 VirtuoZo 软件的特殊地形处等高线绘制	王东超, 李传奇 (117)
基于差值 DEM 的高程变化分析	李岩, 李自力 (120)
精密工程测量的现状与发展	王鹏辉 (124)
浅谈城市地下管线的普查方法	卜西良, 孙云, 陈帅帅 (129)
全站仪高程测量精度分析	郇鑫, 李传奇, 贾朋凤 (133)
水下地形测量的误差分析	徐德涛 (138)
无对中地下精密导线测量的精度研究	赵莹, 徐文政, 徐欢, 高雨, 杜文杰, 焦明连 (141)

第五篇 不动产测绘

农村土地权属调查登记与调绘	樊继浩, 孙中尧 (149)
房屋测绘面积与规划面积差异问题分析	王欢, 邵笑笑 (153)
连云港市不动产统一登记信息平台建设探索	张志刚, 李自力 (156)
浅谈农村土地确权	杨春亮, 李晓东 (161)
土地储备测绘要素采集的探讨	张祥, 周小祥 (164)
以房地一体为例浅析不动产权籍数据整合	陈磊, 蒋波, 樊亚南 (168)

第六篇 土地资源管理

公众参与生态文明建设有效利益表达机制的探究	闫凡峰 (175)
东海县安峰镇基本农田整理设计	王旗, 李岩, 孙大圣 (178)
连云港市“慧眼守土”建设研究	孙新松, 冯建美, 郑剑, 蒋廷臣 (182)
连云港围填海工程对海洋生态环境的影响及防治对策研究	房晶, 焦明连, 孙佳龙, 蒋廷臣 (186)
农地市场化流转对农户收入的影响	张一笑 (192)
浅谈土地征收工作中的社会稳定风险评估	樊亚南, 陈磊 (200)
浅析土地储备规划的统筹与编制	张祥, 李德明 (203)
土地利用总体规划“一张图”管理系统模块设计与应用研究	郑剑, 冯建美 (208)

第七篇 高等测绘教育

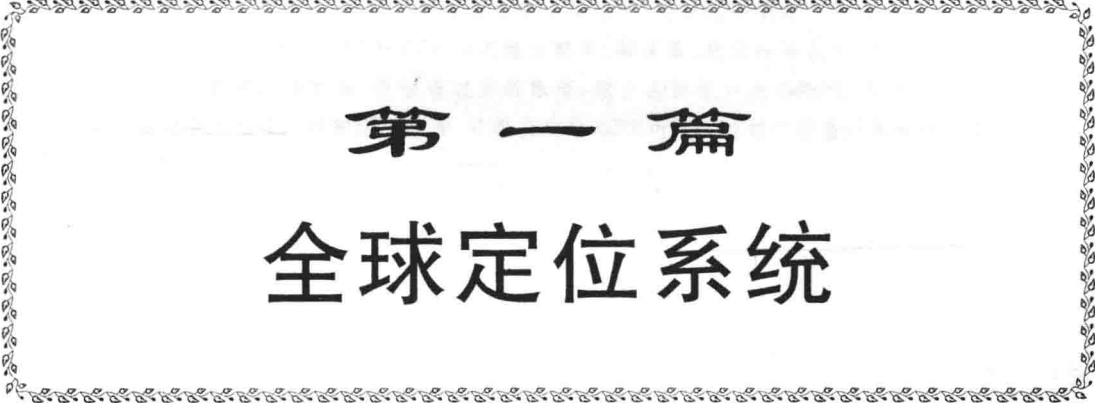
从注册测绘师资格考试谈测绘专业实践教学改革

.....	王继刚,董春来,蒋廷臣,史建青,崔旭升 (213)
基于工程教育认证的测绘工程专业建设持续改进实践探索	谢宏全,焦明连 (218)
面向卓越测绘工程师培养的实践教学研究	史建青,董春来 (225)
中美高等教育的比较及启示	焦明连,王鹏辉 (229)

第八篇 研究生论坛

当今和未来基于云计算的地理信息共享服务模式的需求与发展趋势

.....	卞盼盼,焦明连 (237)
精密单点定位技术在海洋测量中应用	伏天淑 (242)
定量遥感在研究地下水资源中的应用	胡梦涛 (245)
海洋内波研究与观测研究综述	李宏观,卢 霞,徐文政 (249)
遥感技术在地震灾害中的应用现状及发展趋势	刘志强,张 红,蒋廷臣,徐 欢 (254)
基于遥感观测技术的海洋浒苔信息提取方法研究	王旻烨,卢 霞 (258)
基于 EXCEL 的导线平差计算程序设计	王晓松,赵 莹 (262)
几种变形监测方法在滑坡监测中的应用	王英刚 (269)
岛礁高程传递的方法研究	徐 妍,焦明连 (272)
3S 技术在林业中的应用研究进展	张 红,刘志强 (276)
参考文献	(281)



第一篇

全球定位系统

GPS-RTK 在地形测量中的应用

孙中尧,陶恩海

(江苏苏信测绘有限公司)

摘 要 GPS 是一种具有全方位、全天候、全时段、高精度的卫星导航系统,它可以为全球用户提供成本低廉、精度准确的三维位置、速度和精确定时等导航信息,它极大地提高了地球社会的信息化水平,有力地推动了数字经济的发展。GPS-RTK 以其操作简单、精度高、速度快等优势,在地形测量中将占有大部分市场,有着良好的发展前景,作者通过实践操作,结合具体项目对 GPS-RTK 技术进行简单的概括,指出了一些简单的相关问题和解决方案,希望在今后 GPS 的发展过程中这些问题都能够得到较好的解决。

关键词 GPS-RTK;地形测量;误差

1 引言

全球定位系统(Global Positioning System,简称 GPS),即实时动态技术,包括空间部分、地面部分和用户设备三个部分,空间部分是其核心。GPS 是一个中距离圆形轨道卫星导航系统。其主要功能是导航、测量、授时。它可以为地球表面绝大部分地区提供精确的定位、测速和高精度的时间标准。

GPS 是一种具有全方位、全天候、全时段、高精度的卫星导航系统,它可以为全球用户提供成本低廉、精度准确的三维位置、速度和精确定时等导航信息,它极大地提高了地球社会的信息化水平,有力地推动了数字经济的发展。

RTK(Real-Time Kinematic)实时动态差分法。它是一种新的常用的 GPS 测量方法,以前的静态、快速静态、动态测量都需要事后进行解算才能获得厘米级的精度,而 RTK 是能够在野外实时得到厘米级定位精度的测量方法,它采用了载波相位动态实时差分方法,是 GPS 应用的重大里程碑,它的出现为工程放样、地形测图以及各种控制测量带来了新曙光,极大地提高了外业作业效率。

基站通过数据链,将其观测到的星历传送到移动台,移动台再通过数据链接收基站的数据,同时采集 GPS 观测数据,再通过系统处理给出定位。如图 1 所示。

地形测量是对地球表面的地物、地貌在水平面上的投影位置和高程进行测定,再按一定的比例缩小,用符号和注记绘制成图的工作。

2 GPS-RTK 在地形测量中的工作流程

常规的控制测量,如三角测量、导线测量,通常是先布设网点,再根据加密的控制点以及图根控制点,测定地物点和地形点在图上的位置并按照特定的规律和符号绘制成平面图,并且要求点间通视,费时费力。普通的 GPS 控制测量则是通过静态来进行控制点的布置,费

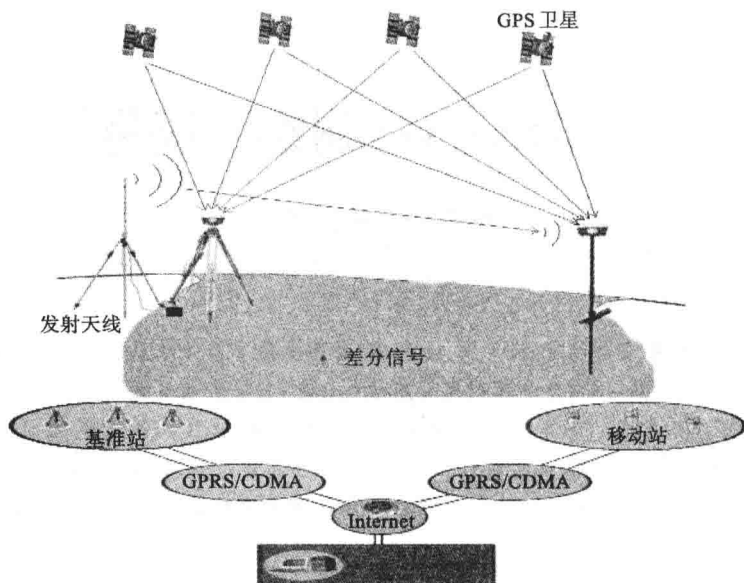


图1 RTK工作原理图

时间并且没有实时性。而用 RTK 技术进行控制测量不仅能实时知道定位结果,还能够实时知道精度。利用 GPS-RTK 进行定位时要求基准站接收机把观测到的数据和已知数据实时传送给移动站 GPS 接收机,接着流动站快速求解整周模糊度,在观测到四颗卫星后,可以实时求解出厘米级的流动站动态位置。

2.1 前期准备工作

首先要对整个测量地区进行详细的勘察,收集以前的测量资料,清楚地区的交通状况,然后确定一个初步方案,再对仪器进行常规检查。

2.2 基站的选定、埋石

(1) 基站应尽量选在交通便利同时又能安全放置仪器的地方,不影响交通,所选取的点不易被破坏,能长久保存。

(2) 尽量远离高大的建筑和大片的水域,另外,如果所选点有不可避开的成片植被,在测量前尽量都将其砍去。

(3) 基站 200m 范围内不能有大功率无线发射设备以及高压线和变压器。

(4) 基站的选定也应考虑信号发射距离,应该选在测区内较高的地段,同时也应靠近测区的中心位置,尽可能地保证以最少的基准点获取最大的覆盖范围。

(5) 埋石的选择也要看该地区以后对点位的要求而定。

(6) 视场内障碍物的高度角不宜超过 15° 。

(7) 交通方便,有利于其他测量手段的扩展和联测。

(8) 所选点应利于长期保存,并尽量多使用符合要求的已有控制点。

(9) 尽可能使测站附近的局部环境和周围的大环境保持一致,用来减少气象元素的代表性误差。

(10) 所选点位要进行水准联测的时候,选点人员必须进行水准路线实地踏勘,提出一

些相关建议。

(11) 网形应有利于同步观测边、点联接。

2.3 基准站设置

(1) 输入正确的 WGS-84 坐标以及准确的仪器高度。

(2) 选择 RTK 模式的发射差分数据。

(3) 选择合适的波特率。

2.4 流动站设置

流动站设置基本内容包括:电台设置(蓝牙设备);流动站基本信息设置(天线高度、卫星高度截止角);与数据处理相关的参数设置。

2.5 碎步测量

使用 RTK 进行碎步测量,其效率是传统测量的 2~4 倍,同时所利用的人力也比较少,在设置好基准站后,移动站与基准站进行连接,定点校正,移动站就可以获得正确的三维坐标,再对所需观测的物体进行实时测量,并绘制草图,以保证在内业绘图的时候不会因为记忆的遗忘导致绘图错误。

点的布置一般应选择空旷的地区,如果在房屋比较密集的地方应该选择一个较为空旷的地方打点,在后期内业画图的时候通过垂直线或者其他的方法找出正确的点位。

在房屋角落或者贴着房屋边墙打点时因为接收机有一定的宽度,所以尽量选择在房屋顶上或者用皮尺量出仪器宽在绘图时进行修改等办法进行碎步测量。

2.6 内业数据处理及 RTK 数据下载

白天外业数据采集结束后,晚上应及时将所测数据进行检查和处理,在电脑上使用相应的软件结合白天的草图和对仪器的参数设置将仪器中的数据导入到电脑中进行内业成图。为了保证准确性,内业成图应在当天完成,防止事后遗忘造成绘图出错而进行返工、重测。为了保证所测数据和 CASS 软件导入所需文件格式相同,需要对文件进行以下处理:首先用相应的软件将测量数据传输到电脑中,对格式自定义为“点号、代码、东坐标、北坐标、高程”。然后通过 WORD 和 EXCEL 对数据进行调整,最后转化为 dat 格式。

2.7 绘制地形图

打开南方 CASS,将 dat 文件通过绘图处理—展开野外测量点位、展开野外测量点号导入到 CASS 中,根据草图和一些命令对点位进行连线成图,再根据地形要求进行编辑处理。

3 GPS-RTK 在地形测量中的具体应用

3.1 项目概况

某工业厂房位于连云港市东海县牛山街道,处于某工业园区内部,面积较小,通视条件良好,地势平坦,交通便利,没有高大的建筑和高压线,但南边有条河流,所以首先向国土局申请附近的国家控制点坐标,再在国家控制点架设基站,在厂房北部架设移动站,将准确的坐标引过来,在所引点架设基站,对整片厂房进行测量,绘制草图。

3.2 项目流程

(1) 在外业测量中,在野外边观测边画草图,记录点位。

(2) 根据之前的要求进行测量,测量完成后,将 GPS 中的数据文件导入电脑中。

(3) 将表格中的数据转换为 dat 文件,再导入到南方 CASS 中。

(4) 导入点位点号后,根据手绘草图进行连线成图,这个环节要细心,严格根据草图进行绘图。

(5) 将绘制成的图在原图上进行原坐标粘贴。

3.3 项目中的注意事项

GPS-RTK 现在已经普遍应用于测量,但是在高程测量方面还存在着许多不足,所以在测量的时候需要注意下面的几个问题:

(1) 考虑基站的选取,基站一般选择在所测地区的中央和地势比较高的地方,附近不能有大面积的水域、高大的建筑和电磁干扰。

(2) 有必要确保已知点用以转换参数的精确坐标的结果,特别是高程精度。

(3) 保证在做业前、做业过程中、做业完成后到一直点上做比测,以保证所测数据的准确性。

4 结语

传统的地形测量从开始到结束每一步都会产生误差,GPS-RTK 省去了中间大部分环节,提高了精度,在碎步测量时虽然也会产生误差,但不会出现误差不均匀的现象。同时 GPS 不受视线的限制,简单快捷,方便测量,尤其是不需要建立图根控制,大大提高了外业测图的工作效率,缩短了工期,节约了成本。

GPS-RTK 在城市地下管线普查中的应用

孙 雷¹, 卜西良¹, 孙 云¹, 朱兴花²

(1. 连云港同创勘测有限公司; 2. 连云港四方测绘勘察有限公司)

摘 要 本文主要介绍 GPS-RTK 技术的基本原理和技术特征, 与传统测量方法相比, GPS 在城市地下管线普查中具有定位速度快、布点灵活、操作方便、全天候、高精度等特点。

关键词 GPS-RTK; 图根点; 定位精度

1 GPS-RTK 技术特点

(1) 操作简便, 数据处理能力强。常规的水准仪、经纬仪进行测量时, 都要用笔进行现场的记录, 并进行数据的限差计算。RTK 测量只要事先设定限差就可以对数据自动地进行取舍和记录。测量结果可以直接导入计算机, 不需要人工输入。

(2) 作业效率高, 使用人员少。常规的水准仪、经纬仪和全站仪等测量仪器, 在进行测量时均需要经常的搬站, 而且完成一项任务通常需要三四个人一起工作。GPS-RTK 技术在一般情况下, 仅需一人操作, 几秒钟就可取得坐标值。在平坦地区, 一次可测完半径为 3.5~7 km 的测区范围。

(3) 与传统测量比较, 作业条件要求减少。传统的常规测量需要观测点间通视, 并且还要在白天等有利的观测条件时观测等; 而 RTK 受通视条件、能见度、气候、季节等因素影响和限制小, 适于全天候作业等;

(4) 作业自动化、集成化程度高、适用范围广。常规测量仪器只能在某种工程中使用, 而 RTK 以其独有的特点, 在地形测绘、工程放样等方面均可独立完成;

(5) 定位精度高, 数据可靠, 没有误差积累。常规测量方法的作业中, 线路往往都是连续的, 误差很容易积累, 并且人的操作占主导地位, 难免会出现较大的偏差。RTK 测量的是独立的点位, 测量点之间不存在联系, 因此误差不会积累并且是自动进行的, 过程中不需人为的读数等操作, 所以测量数据比较稳定和可靠。

2 GPS-RTK 在城市地下管线中的应用

2.1 工程概况

此次地下管线普查探测和管线信息系统建设范围为: 开发区中心区、临港产业区、大浦工业区、江宁工业园、三个街道(朝阳街道、中云街道、猴嘴街道)。涉及范围主要包括规划区内城市道路的地下管线, 以及部分沿河地带的地下管线和经过城区内的长输管线, 各类地下管线总长度约 2 000 km。涉及管线有: 给水、排水(污水、雨水)、电力、通信(电信、移动、联通、广电、军用、国防等)、燃气、热力、工业、路灯等管线及其他综合管沟(管廊)和长输管线。地下管线普查应查明地下管线的平面位置、埋深(高程)、走向、性质、规格、材质、建设时间和

权属单位,编制计算机数据成果文件并建立信息管理系统。

2.2 管线点测量

利用 GPS-RTK 进行管线点测量不受天气、地形、通视等条件的限制,管线点测量操作简便、机动性强,工作效率比传统方法提高数倍,大大节省人力,不仅能够达到测量的精度要求,而且误差分布均匀,不存在误差积累问题。采用 RTK 来进行管线点测量,能够实时知道定位精度,如果点位精度要求满足了,用户就可以观测了,而且知道观测质量如何,这样可以大大提高作业效率。

用高精度的全站仪检测部分管线点的边长、高差、角度。边长、高差我们共检查 14 条边,检查了 8 个角度。管线点 GPS、全站仪边长、高差检核见表 1,管线点角度检核见表 2。

表 1 管线点 GPS、全站仪边长、高差检核表

序号	点号		坐标反算边长	全站仪实测边长	边长较差	边长精度	RTK 高差	全站仪实测高程差	高程较差	限差 (0.4×S)
1	T0651	T0652	155.553	155.555	0.002	77 776	0.411	0.400	0.011 1	0.062
2	T0652	T0653	140.237	140.235	0.002	70 119	−0.163	−0.159	0.003 3	0.056
3	T0653	T0654	190.785	190.790	0.005	38 157	−0.031	−0.030	0.001 1	0.076
4	T0654	T0655	271.219	271.246	0.027	10 045	−0.033	−0.006	0.026 6	0.108
5	T0655	T0656	208.216	208.188	0.028	7436	0.123	0.104	0.018 6	0.083
6	T0656	T0657	171.943	171.930	0.013	13 226	−0.041	−0.021	0.019 3	0.069
7	T0657	T0658	196.049	196.061	0.012	16 337	−0.326	−0.339	0.013 2	0.078
8	T0658	T0659	186.431	186.447	0.016	11 652	0.251	0.246	0.005 6	0.075
9	T0659	T0660	142.077	142.064	0.013	10 929	−0.321	−0.326	0.0054	0.057
10	T0660	T0661	207.369	207.376	0.007	29 624	0.077	0.086	0.009 7	0.083
11	T0661	T0662	126.097	126.088	0.009	14 011	0.380	0.369	0.011 1	0.050
12	T0658	T0663	137.847	137.840	0.007	19 692	0.124	0.110	0.014 4	0.055
13	T0663	T0664	183.928	183.920	0.008	22 991	0.118	0.141	0.023 0	0.074
14	T0664	T0665	169.945	169.954	0.009	18 883	−0.094	−0.115	0.021 3	0.068
最弱边相对精度			7 436	边长较差分析		0.011	最大高程较差	0.026 6	高程较差分析	0.013
最大边长较差			0.028	限差：	一级:1/14 000		注:边长、高差较差当统计个数小于 20 个统计较差平均值;大于 20 个统计较差中误差			
					二级:1/7 000					
					三级:1/4 000					

表 2 管线点角度检核表

序号	GPS 点组			坐标反算角度/(°′″)	全站仪实测角度/(°′″)	角度较差/(″)
1	T0651	T0652	T0653	169°4′19″	169°4′11″	8″
2	T0653	T0654	T0655	92°42′40″	92°42′38″	2″
3	T0655	T0656	T0657	179°59′2″	179°59′4″	2″
4	T0657	T0658	T0663	84°34′11″	84°34′17″	6″