

# 卫星遥感网络数据在公路地形测量中的应用

江木春, 卢中, 袁锐

(中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071)

**摘要:** 该文介绍了在一些特殊地区,通过网络下载卫星遥感数据,经RTK、全站仪等实测数据对卫星遥感网络数据进行纠正,所得数据可满足测图需求,制作公路地形图,辅助公路测设,有效解决了在特殊地区传统测图方法施测困难的问题,结合实例对方法的可行性进行了验证。

**关键词:** 卫星遥感; 网络数据; 遥感影像数据; 高程数据; 数据纠正

## 1 前言

地形图是公路测设的基础资料,地形测量方法包括常规地形测量、航空摄影测量等,常规地形测量通过全站仪、GPS RTK等设备采集地形数据绘制地形图,精度高,时效性强,常用于小面积、较大比例尺的地区,缺点为效率低、成本高,同时受地形条件限制较大,在地形复杂的无图地区往往难以施测;航空摄影测量通常用于大面积、小比例尺地区,时效性较差,成本较高,但受地形条件限制较小,且工作效率较高,与常规地形测量方法相比具有一定的互补性。随着中国公路网的建设发展,公路逐渐向一些特殊地区延伸,在一些如高海拔地区、高山区、原始森林、荒漠或沙漠、河流山谷、悬崖等危险区,包括一些边境敏感地区;随着中国“一带一路”倡议向世界推广,很多国外公路项目(特别是广大亚、非、拉国家),收集不到相关的基础资料,常规地形测量难以施测,特别是边境敏感地区明令禁止航空摄影测量,无法对工作区地形地貌作整体评价及认识,为前期踏勘及概念设计等工作带来了极大不便。针对这些问题,该文提出一种新方法,基于卫星遥感网络数据绘制公路地形图,利用网络上已经公开的卫星遥感数据绘制地形图,给公路测设带来技术革新,节约成本,提高工作效率。

## 2 技术思路

近年来随着科技的迅猛发展,网络和卫星遥感技

术广泛应用于工程测量方面,现代网络可提供非常丰富的信息,从大量信息中提取可供公路测设的数据,有多款商用软件可提供各种各样的卫星遥感网络数据的下载功能,如水经注万能地图下载器、91卫图助手、谷地GoodyGIS、奥维互动地图等,可下载包括Google Earth卫星影像、Google Earth历史影像图、Google Earth高程、矢量POI(兴趣点)、矢量路网、矢量建筑等内容非常广泛的数据,其中Google Earth卫星影像、Google Earth历史影像图、Google Earth高程已覆盖地球上大多数地区。

卫星遥感网络数据主要源自Google Earth的卫星遥感影像数据,该数据是卫星影像与航拍数据的整合。其卫星影像部分来自于美国DigitalGlobe公司的QuickBird(快鸟)商业卫星和美国EarthSat公司,航拍部分的来源有英国BlueSky公司、美国Sanborn公司、美国IKONOS和法国SPOT5等。其中快鸟卫星影像作为谷歌地球的数据源之一,是快鸟卫星从450 km外的太空固定轨道拍摄地球表面上的地物地貌等空间信息,最大成图比例尺可达1:1 500至1:2 000,其影像分辨率高达0.61 m。Google Earth融合多家全球顶尖商业卫星的影像数据,针对大城市、著名风景区、建筑物区域会提供分辨率为1 m和0.5 m左右的高精度影像,视角高度分别约为500 m和350 m。提供高精度影像的城市多集中在首都或极重要城市。根据工程实际需要,包括坐标系、高程系、比例尺等,选择不同的下载级别和投影设置,下载所需的数据,经坐标转换、数据纠正后可用于辅助制作数字正射影像图(DOM)、数字高程模型(DEM)、数字线划图(DLG)。

同时还能下载区域行政区划图、区域交通路网水系图、部分城市三维地图、建筑轮廓数据、矢量基础数据、地质图、海图和各种专题数据等。

卫星遥感网络数据的核心内容,用于地形图制作的卫星遥感数据主要包括平面影像数据和高程数据。平面影像数据主要是平面卫片,可用于绘制图面上的地物;高程数据(DEM)是一定范围内规则格网点的三维坐标( $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ )的数据集,可用于绘制高程点及等高线等。

## 3 实施步骤

### 3.1 卫星遥感影像数据的下载

以水经注万能地图下载器软件为例,在搜索栏中输入测区名称并搜索,定位到目标位置后,可以通过屏幕范围下载、框选矩形范围下载、绘制多边形范围下载、道路沿线下载和导入下载范围等多种方式进行数据下载。

以框选下载范围为例,在视图中框选需要下载的目标范围,选择卫星数据,然后在范围中双击即可新建下载任务(图 1)。如果当前的卫星影像云量较大或清晰度欠佳,可选择在地图类型中切换到历史影像,在不同时间段中选择一个效果相对较好的影像,在框选范围中双击显示“新建任务”对话框,在对话框中根据实际情况和测图比例尺选择影像级别,卫星遥感影像图可分为 22 级,影像级别越高,影像越清晰,分辨率也越高,一般地区可达 18 级,郊区可达 19 级,重点城区最高可达 22 级。设置投影参数,如投影设置为西安 80 坐标系或国家 2 000 坐标系等。



图 1 卫星遥感影像图的下载

### 3.2 卫星遥感高程数据的下载

卫星遥感高程数据的下载与卫星遥感影像图的下载设置及步骤基本一致,点击视图中的“高程”可以切

换到高程数据视图(图 2),在视图中可看到即时渲染的半透明高程数据图,选择下载等级,可以根据实际需求设置相关导出参数,下载 TIF 格式的高程数据,该数据是一定范围内规则格网点三维坐标( $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ )的数据集。格网点的间距与下载等级有关,等级越高,格网点的间距越小,高程数据最高等级为 22 级,一般地区能达到 15~18 级,对应的高程点采样间距为 10 m 左右。



图 2 卫星遥感高程的下载

### 3.3 卫星遥感影像及高程数据的纠正

若卫星遥感影像及高程数据下载过程中没有设置对应的 7 参数转换模型,则数据会有不同程度的偏移,因此需对下载的遥感数据进行纠正。将下载遥感数据导入 Global Mapper 软件,采用影像矫正功能对数据进行纠正;也可用 CAD 影像加载插件将影像及高程数据导入到地形图中并后置,将遥感数据作必要的平移或旋转即可与矢量数据完美地叠加套合。依据影像图、实测地形图、选择影像图上地物轮廓线清晰、无变形、地物属性易判别、现场易实测的特征地物点作为重合点,重合点需分布均匀,且包含整个测区,重要地区应进行加密,利用南方 CASS 软件的图像纠正功能对遥感数据进行纠正,纠正后的遥感数据与实测地形图可完美套合(图 3)。

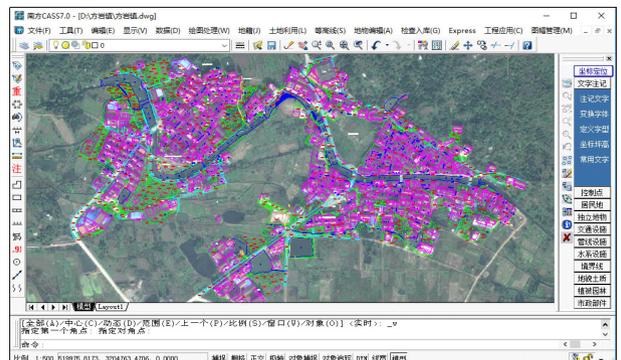


图 3 卫星遥感影像及高程数据与实测地形数据套合纠正

高程纠正,选择测区内具有代表性的平坦区域,如水稻田、旱地和山顶平坦区等高程变化小的区域,用常规测量方法实测区域高程,与下载高程比对,求取高程差值,改正下载高程数据。当测区面积较大时,可将测区分成若干子测区,对子测区逐一进行改正并校测。

### 3.4 地形图的绘制

地形图绘制的主要内容为地物、地貌绘制,地物往往通过绘制地物的特征轮廓线和属性来描述,如居民地、水系设施、植被土质、地貌土质、管线设施和交通设施等。卫星遥感影像数据可以清晰分辨地面地物基本轮廓和属性,用于地形图的制作;利用南方 CASS 软件绘图功能,采集影像上可见的地物要素,原则上内业定位,外业定性。内业对有把握并能判准的地物要素,用光标中心切准定位点或地物外轮廓线准确绘出,按规定图层赋要素代码。对把握不准的要素只采集可见部分,地物未采集或不完整地物,由外业实地进行测绘。

高程数据主要用于高程点和等高线的绘制,建立数字高程模型。采用 Global Mapper 进行数据分析,生成等高线,输出 DXF 格式等高线图(图 4);也可生成 XYZ 格式的点位数据,将点位数据转换成 CASS 软件所需要的展点格式,用 CASS 软件生成等高线。

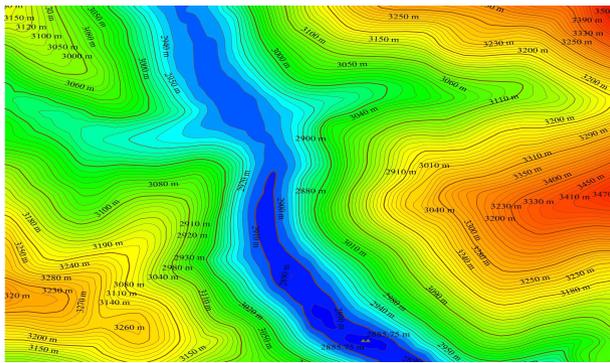


图 4 Global Mapper 绘制的等高线

在 CAD 平台上将常规测量测得的地形图与基于卫星遥感网络数据绘制等高线和地物图的地形图融合到一起,就得到一幅完整的地形图。

实际测图工作中,由于测区及工作环境限制,常规测量方法难以施测时,可下载测区的卫星遥感网络数据,并以常规测量方法所得数据进行纠正,用以辅助测图。经检测,纠正后的数据质量良好,可满足测图需求。

## 4 工程实例验证

在西藏某公路建设工程中,由于测区位于喜马拉雅边境山区,海拔为 2 700~3 800 m,落差极大,属典型的高海拔山地地形,山体陡峭,且部分山区存在滑坡。由于测区地处边境敏感地带,禁止使用无人机航空摄影;常规 RTK 或全站仪地形测量方法只能测局部地区,如河流、村庄及道路等,大部分区域由于海拔高,地形复杂,山地陡峭等因素无法进行施测。在项目实际工作中采用了常规测量(RTK 和全站仪)和下载卫星遥感网络数据并纠正的方法相结合,共同完成了测量任务,消除了安全隐患,并提高了工作效率,节约了成本,取得了良好效果。

## 5 结语

基于卫星遥感网络数据绘制地形图方法可作为地形图测量方法之一,可用于地球上大多数地区,由于受数据纠正精度的影响,地形图精度与常规地形测量及航空摄影地形测量精度偏低,宜主要用于工程无图区及小比例尺地形测量,并需采用常规地形测量加强检验校正。

### 参考文献:

- [1] 余飞,余绍淮,陈楚江. 机载激光雷达测量技术在高速公路勘察设计中的应用研究[J]. 中外公路,2016(2).
- [2] 张霄,罗博仁,明阳. 基于车载激光扫描与卫星图像测量协同的公路改扩建勘测设计方法研究[J]. 中外公路,2018(2).
- [3] 徐润,薛富涛,徐永成,等. Google Earth 在公路工程三维仿真模型中的应用研究[J]. 中外公路,2015(5).
- [4] 尹恒,裴尼松,余梨. 无人机技术在复杂公路中的应用研究[J]. 中外公路,2018(1).
- [5] 阳响平. 利用卫星遥感数据制作地形图[J]. 科技创新与应用,2014(13).
- [6] 陆泳舟. 卫星遥感数据的正射影像图的制作[J]. 电子世界,2014(14).
- [7] 陈杰. 卫星影像在国家中小比例尺测绘工程中的应用研究[D]. 西安科技大学硕士学位论文,2010.
- [8] 温超,刘燕青. 卫星影像测制地形图的优势与不足[J]. 西部资源,2012(3).