

# 数字摄影测量在公路设计中的应用

张惠琴<sup>1</sup>, 宋朝辉<sup>2</sup>, 韩金芳<sup>3</sup>, 张兰<sup>4</sup>

(1. 安徽省地质测绘技术院, 安徽 合肥 230022; 2. 兖州市国土资源局, 山东 兖州 272100; 3. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014; 4. 山东省地质测绘院, 山东 济南 250002)

**摘要:**论述了服务于公路设计的3D产品制作方法,重点介绍了利用数字摄影测量系统(JX-4)制作带状公路数字正射影像图(DOM)、数字高程模型(DEM)、数字线划图(DLG)的方法及过程。认为使用该方法可以形成直观的道路建设完成后效果,使测量和设计2个不同的工序得以完善结合。

**关键词:**数字摄影测量;DLG;DOM;DEM

中图分类号:P208

文献标识码:A

随着社会经济的发展和科学技术的进步,我国已经进入基础设施大发展时代。高速公路纵横成网、遍布祖国大江南北,为各地经济发展做出了巨大贡献。测绘行业是经济建设的先头兵,它所提供的各种精确资料(3D产品等)是公路设计、选线、定线不可缺少的资料之一。数字摄影测量技术经过十几年的发展,技术日臻完善,目前已广泛应用于城市规划、国土资源、交通建设、地质矿产、电力水利等多个行业。该文以安徽省地质测绘技术院在2008年完成的宁绩高速公路1:2000带状地形图测绘项目为例,重点介绍利用全数字摄影测量系统(JX-4)制作带状公路3D产品的过程和方法。

## 1 测区概况

该测区北端从安徽省宣城市郎溪县岗南乡北3 km(与江苏省交界处),南端到黄山市徽州区呈村将,连接徽杭高速公路,另至谭家桥接铜陵—黄山高速公路。南端在黄山风景区的东边缘,山高路险,森林茂密;北部地势略为平坦,属微丘地貌。承接该项目航摄机型号为RC-10,航摄比例尺为1:1万,影像资料良好。

## 2 应用数字摄影测量的过程和方法

### 2.1 数字正射影像(DOM)制作

公路设计部门为达到设计线路精确、直观,内容丰富的目的,目前很少采用传统的在1:2000带状地形图上的定线方法。而是大多采用在正射影像图上进行设计。这就要求在做像控点之前,首先要提供给公路设计部门用于设计的基础图件——数字正射影像<sup>[1]</sup>。因为工期紧张,按照常规作业方法无法实现。

常规制作正射影像图的方法是:首先外业测量像控点,内业根据像控资料进行空三加密,然后在全数字摄影测量工作站上恢复立体模型,再在立体模型上采集特征点、线、面,构建不规则三角网(TIN)生成正射影像图<sup>[2]</sup>。该项目在没有像控点的前提下,要制作高质量正射影像图,必须采用新的技术和方法。通过讨论研究并结合以往的实践经验,决定采用的方式:在1:1万国家标准分幅地形图上选取较多的与像片一致的同名点坐标,相当于在控制点数据库中选取一些标准点,用这些标准点作为像控点,代替外业实测像控点。其平面位置中误差控制在实地10 m之内(图上1 mm之内),既可以保证DOM的数学精度,又节省了外业实测像控点的时间,经济效益和社会效益显而易见。采用此方法制作的DOM经公路设计部门验证,能够满足线路设计的精度要求。

\* 收稿日期:2009-06-23;修订日期:2009-08-05;编辑:陶卫卫

作者简介:张惠琴(1961—),女,江苏六合人,工程师,主要从事地理信息系统软件的应用及航空摄影测量工作。

在作业时,利用在1:1万地形图上读取的像控点,通过空三加密,在JX-4全数字摄影测量工作站上建立模型,以像对为单位采集特征点、线、面。采集特征点线时可以粗略一些,因为从1:1万地形图上获取的像控点坐标,其平面位置精度并不高。水域的特征线只采集上口线,地形起伏变化的极端处如山顶、洼地底部等要采集特征点,变化及断裂处如山脊、山谷等要采集特征线,沿像对范围线依高程的变化采集一圈特征线。依据这些特征点、线,构建地形模型TIN。将TIN映射到立体模型上,检查TIN与模型的套合情况,与立体模型不套合的TIN要反复修改,直至达到要求。再由TIN纠正航摄影片生成DOM,按规定尺寸大小镶嵌模型DOM,最终生成符合要求的带状数字正射影像图。拼接影像时要注意裁切线的走向,尽量避开人工建筑物,一般以线状地物的走向作为裁切线。DOM涵盖了地表所有的影像信息并且现势性强,给人更直观的感觉,在公路设计过程中是线路选择的基础资料。

## 2.2 像片控制测量

由于高速公路基本为单航带航摄,所以在布设像控点时采用航线网布点;平原微丘区采用高程全野外布点<sup>[3]</sup>。航线网布点每条航线分段布设首、中、末3对平高点且首末2对像控点尽量共用,像片控制点间的间隔基线应小于5条,航线首末两端上下两控制点应尽量位于通过像主点且垂直于方位线的直线上,布点困难时相互偏离不得大于半条基线;位于自由图边的像控点布设应在图廓线4mm以外。平高控制点对最近基础控制点的平面位置中误差不应超过地面点平面位置中误差的1/5,高程控制点对最近基础控制点的高程中误差不应超过基本等高距的1/10。

## 2.3 1:2000 数字线划图(DLG)测绘

公路1:2000地形图是公路设计定线的载体,没有现状地图则路线定位便无从谈起,其重要性不言而喻。地形图一般是沿路线走向成带状,以1km为单位分幅,其规格为50cm×50cm的带状分布图,特点是对高程精度要求严格。

内业加密采用全数字空三加密,对平面点和高程点进行室内加密和考核。A相对定向限差:重丘、山岭区残余上下视差 $\Delta q < 0.008$ mm,平原、微丘区上下视差 $\Delta q < 0.005$ mm;B模型连接较差的限差:

$\Delta s \leq 0.06 \times M \times 10^3$ ,  $\Delta z \leq 0.04 \times (M \times f/b) \times 10^3$  (式中 $\Delta s$ 为平面位置较差, $\Delta z$ 为高程较差)<sup>[4]</sup>。

为了保证地形图的高程精度,在数据采集之前,将外业实测的控制点和像控点导入成为JX-4系统的矢量数据,并映射到立体模型上。这样在高程量测时,参考附近的控制点高程进行采点,高程点分布要均匀,要求每0.4km<sup>2</sup>内15~20个。主要采集特征点,如房角、路中心线、线状地物交叉点;地形变化点,如陡坎上下、山顶、鞍部等。其余要素按模型采集,居民地采集应先采集外围轮廓线,再测内部分割线。水塘尽量采集上口线,梯田坎沿坎上边缘采集,田埂线沿埂中间采集,对不能准确判读的地物要做出标记。内业将采集好的矢量数据叠合DOM一并输出作为外业调绘底图。外业人员依照影像并参考内业所测地物在底图上进行调绘。内业人员根据外业调绘现状图,对前期采集的数据进行补测并按图示规定进行编辑修改,生成数字地形图。

这是一种“先内后外”的作业方式,外业调绘主要是对地物属性与新增地物的调查,减少了外业绘图工作量,适用于完成紧急供图任务。

## 2.4 数字高程模型(DEM)制作

DEM在公路设计过程中是选线和定线的主要参考资料。线路的方向、位置、坡度、坡向、弯道曲率、工程土方量等都与其有密切联系,所以要求精度很高。由于摄影比例尺、航高等原因,航测方法采集的高程点精度不如外业实测的高,因此在DEM制作过程中采用外业实测高程值,把外业数据编辑为文本格式,并排序检查排除粗差点,高程点数据导入到JX-4全数字摄影测量工作站作为DEM控制点使用,目的在于提高DEM精度。在立体模型下,锁定高程值采集水系水涯线、双线路坡底线、坎下线、坡脚线等特征线,删除高出地面的地物边线,保留计曲线并检查与实测高程点是否矛盾。提取特征点、线,构建三角网并映射到立体模型上。若三角网与地表完全套合,则说明特征点线的精度符合要求。在作业过程中要经过反复修改直到三角网与地形表面完全套合为止。最终输出符合公路设计部门要求的点文件(\*.asc)与线文件(\*.pol)。这是一项复杂的工作,需要作业员认真、细致、耐心。

## 3 结语

利用全数字摄影测量工作站测绘大比例尺带状

3D产品是交通设计部门进行公路设计的必然趋势。所有操作都可计算机完成,具有操作简单、精度可靠、成图周期短等优点;并且所有成果都是数字式的,这与公路设计部门全数字化的设计模式是一致的。因此数字摄影测量所提供的产品可以直接应用于设计的全过程,可将模拟公路铺设在DOM与DEM合成为三维立体影像上,形成直观的道路建设完成后效果,使测量和设计2个不同的工序得以完美结合,这是当前公路设计部门的最佳方案之一。该文介绍的方法完全替代了传统的作业模式,多条

公路测绘项目的实践皆已证明此方法可行,具有一定的推广应用价值。

### 参考文献:

- [1] JTJ C10-2007. 公路勘测规范[Z]. 北京:人民交通出版社.
- [2] JTJ/T C10-2007. 公路勘测细则[Z]. 北京:人民交通出版社.
- [3] JTJ JTJ 061-99. 公路勘测规范[Z]. 北京:人民交通出版社.
- [4] JTJ 065-97. 公路摄影测量规范[Z]. 北京:人民交通出版社.

## Application of Digital Photogrammetry Technology in Highway Design

ZHANG Hui-qin<sup>1</sup>, SONG Zhao-hui<sup>2</sup>, HAN Jin-fang<sup>3</sup>, ZHANG Lan<sup>4</sup>

(1. Anhui Geological Surveying and Mapping Institute, Anhui Hefei 230022, China; 2. Yanzhou Bureau of Land and Resources, Shandong Yanzhou 272100, China; 3. No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China; 4. Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250002, China)

**Abstract:** In this paper, design method of 3D production on designing highway, method and process on making digital orthophoto map (DOM), digital elevation model (DEM), digital line graph (DLG) of strip roads by using digital photogrammetry system (JX-4). It is regarded that intuitive effect of the completion of road construction can be formed by using this method. Thus, two different processes of design and measurement can be combined perfectly.

**Key words:** Digital photogrammetry; DLG; DOM; DEM