



无人机航测系统在带状地形测量中的应用

◆ 张 鑫

(东莞市石碣镇测绘队 广东东莞 523000)

[摘要]随着技术的进步,无人机航测系统的相关技术得到了很大的发展,其在航测各个方面的应用变得更加广泛,特别是对于不同地形的测量有着巨大的帮助。本文主要阐述了无人机航测系统的定义及其优点,然后以东莞市长安镇福海路延长线的测量案例为基础分析了无人机在带状地形测量中的主要流程和方法,最后探讨对无人机航测系统数据如何进行精度检查。

[关键词]无人机 航测系统 带状地形 应用

[中图分类号] P217 **[文献码]** B **[文章编号]** 1000-405X(2015)-5-153-2

1 无人机航测系统概述

1.1 无人机航测系统简介

无人机航测系统就是利用先进的无人机驾驶技术、通讯技术、摄影测量的传感器技术、GPS 差分定位技术中的摄影测量应用等自动化、智能化的技术,在作业过程中获得土地、资源、环境等测量空间中的信息,并对拍摄的信息数据实时处理、建立模型以及应用分析。就目前来看,无人机的种类较多,包括固定翼无人机、无人驾驶的飞艇和无人驾驶的直升机等。无人机的飞行器结构形式简单,且利用的成本低,适合我国航测信息化发展的需求。

1.2 无人机航测在带状地形测量中的特点

(1)周期短,与传统的遥感技术不同,无人机受客观条件的限制较小,能够准确的获取目标区域的图像信息。例如遥感技术的使用需要军方和民航部门的批准,需要大约一个月的时间获得准可。而无人机航测的申请限制小,只需要注册就能飞行,缩短了项目的周期。

(2)成本低、灵活度高,实施传输获取的图像信息,适合比例尺大而面积相对小的带状地形的项目如公路测绘等;对于起降场地的选择灵活,要求不高,只要天气适宜,可以随时进行作业。

(3)数据的分辨率和准确度高,无人机采用低空飞行的方式,一

般距离地面在 1000m 以内,所获取的影像资料分辨率高,能清楚的呈现出地表的细节。

2 无人机航测系统的测量流程

无人机对带状地形的测量流程总体可以分为五个阶段,分别是:方案的设计确定、外业踏勘、内业空中三角形的测量、内业测图以及对资料进行整理。将五个阶段细化,可以分为 16 个步骤(图 1)。

3 无人机航测系统的作业方式

此次无人机航测系统的作业方式是通过以拟建的东莞市长安镇福海路延长线为案例,公路的拟建长度为 10km,无人机的工作范围根据设计单位提供的 1:50000 线路中线方案,图中线与比较线两边各约为 210m。公路位于广东省东莞市长安镇,处于丘陵地形之中,起伏蜿蜒。整体的地形较复杂,处于居民区、工业区与空地之中一般地形和隐蔽地形都有分布,公路沿线有果园、荒地、居民区等,可视状况一般。根据这些信息,无人机航测的具体方式如下:

3.1 进行控制测量

采用全球定位系统(GPS)和全站仪对线路进行具体的控制测量,沿着公路每约 5km 设置一双四等的 GPS 控制点,这些控制点之间进行加密设置,每间距约 500m 左右设置一级导线点,根据测量的需要,设置四等电磁波测距高程导线。

3.2 无人机的航空摄影

(1)确定航线

航线的设计必须以拟建公路的走向为基础,在此次测绘项目中,一共设计了 4 架次的飞行,其中每个架次飞行 4 条不同的航线,对线路的宽度以及相关数据进行测量。

(2)航飞模式

此次设计的无人机飞行平台是 ZC-II,飞行控制系统选择的是 YS09,无人机上的相机为佳能单反相机,焦距为 35.52mm,型号是 EOS 5D Mark II。由于公路位于广东省东莞市的最南端,南临珠江口,该地雨水较多,在拍摄之前必须了解即时的天气状况,选择最佳的航拍时间。航拍的范围以横向来看,覆盖成图区域之外的另一个航带约五分之一的宽度。在纵向上向外延伸出两条摄影线基线,整个航拍过程的摄影分辨率是 0.12m。

(3)相片控制点的设置及测量

①相片控制点的标志

在本次项目当中,相片控制点标志的制作使用的是规格为 1.5m 的方形喷绘纸,标志图案设计为黑白相间的三角符号。

②设置相片控制点

由于所测区域的地形较复杂、可视性一般。

所以必须要在线路中线周边的测量控制点上设置布标,以保证后期系统成图的精准度。布标选择边长为 1.5m 的正方形普通喷绘布,用黑色颜料在喷绘布上喷射两个对顶三角形,总共呈现 4 个黑白相间的三角形。这样设置布标才能够保证无人机所拍摄的图片中能够清晰的看到控制点。

③测量相片控制点

本次项目中,共使用三种测量方式。分别是:GNSS 静态测量、GNSS RTK 测量和全站仪导线测量。可以很大程度的提高相片控制点的精度以及测量的效率与质量。

3.3 空中三角测量与加密计算

空中三角测量与加密的过程:首先是相关信息数据收集等准备工作;接着对航片中的畸形进行矫正,对无人机航测所得的数码照

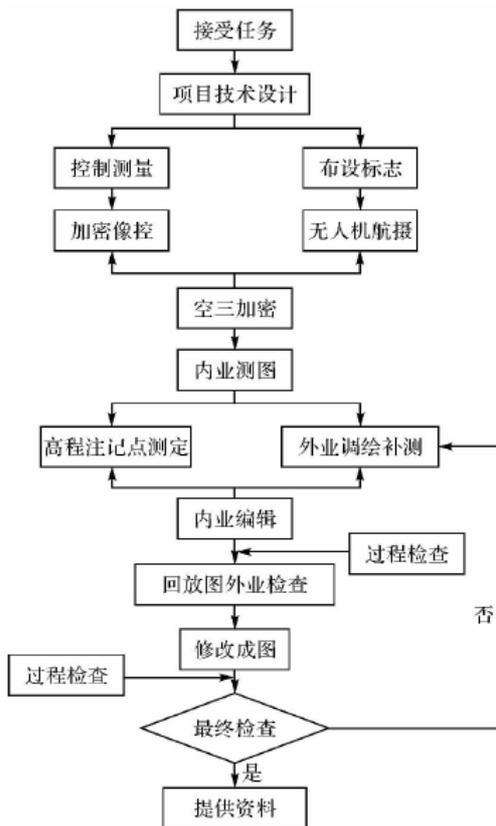


图 1 无人机航测的具体步骤

片进行改正,以保证框标坐标残差的绝对值为零;建立测量区域、确定相关的参数值;确定像控点的坐标位置和相机的参数;对航测得出的影像信息进行处理并列出数据表格,进行内定向;确定航带连接点的整体布局及其偏移量;进行自动转点和 PATB 自动挑粗差;进行交互式的编辑和补缺;测量外业控制点;对 PATB 实施平差结算;确定限差符合相关的标准后得出数据,对结果进行输出处理。过程中需要注意的是由于大气折光、主点位置以及地球曲率等因素的影响,会造成相应的误差,需要用自检校平差的方式对这些误差进行矫正。进行相对定向、自动相对定向和绝对定向时的要求不一样,相对定向要求每个像对连接点的分布均匀。自动相对定向要求有 30 个以上的像对连接点。

3.4 内业测图

在本次项目中,使用 JX4-G 的数字拍摄系统进行内业测图。基于 JX4-G 数字拍摄系统的成果对立体数据进行采集,将立体像对导入空三加密的成果中去。

内业测图采用的是全野外调绘后刺点的测图方式,对于与现状描述不符的地物,在测绘成图之后再在野外实施补测。等高线的测绘采用的是测标切准模型描绘的方式。在出现等倾斜的区域,相邻的两条计曲线之间图上距离小于 5mm 时,只对绘计曲线进行测量,对首曲线进行插绘。当出现荒地、果园等被植物覆盖的地表时,在沿着植物表面进行绘图时,加上植被的高度对数据进行改正。出现居民区时,要酌情考虑到对居民的影响。

当出现高程时,其标注点数值读两次,数值之间的较差为 40mm。高程标注点的数量依据地面以及地面植物的特性,密度约为每 100cm² 14 个,在变化较大的地段,根据实际的需要适当添加标注点的数量。

当测绘区域中出现如电力线、架空管线、光缆和电缆等独立的地物时,无论大小,各种等级的道路均要求将其绘出。出现房屋等建筑物时,必须准确的表示出建筑的结构性质和层数,植被的属性必须一一表明,树林分为经济林或者用材林,土地的属性是水田或者菜地、荒地等。出现的村落、水系、山脉、铁路、其他公路及水库等都要清晰的表示出来。得出一幅精确、完整的矢量地形图之后,利用相关软件将矢量图转换为设计单位需要的图形格式。

3.5 外业调绘和成果精度检查

(上接第 381 页)

岩土产生张力破坏。主应力向量方面,最大及最小主应力方向会随着受力与变形而改变其方向,而滑动面方向与最大主应力夹约(45°-φ/2),所以 FEM2 滑动面约略符合, FEM1 滑动面就有差异。

JB 滑动面与 FEM2 滑动面非常接近,与 FEM1 滑动面有差距,但滑动面前段三个滑动面相同,皆位于土层交界面上,且在 FEM2 滑动面内位移增量相当大,过 FEM2 滑动面后位移逐渐减少,到 FEM1 滑动面位移增量减为零。剪应变增量有一定范围, JB 及 FEM2 滑动面均位于剪应变最大处,而 FEM1 滑动面则位于有无剪应变交界处。塑性点大部份都在 FEM1 滑动面内,地表亦有少许的张力破坏点,比较结果也可看出最大及最小主应力方向随应力重新分布而旋转,并以岩土力学原理,破坏面与最大主应力夹(45°-φ/2)角度研判,破坏面位置于 JB 滑动面与 FEM2 滑动面非常接近。

AA 截面中孔号 BH-19 滑动面深度,三方法分析约在 7~8m,与现场管式应变计量测结果相近;BB 截面 BH-18 位置,三方法滑动面深度差异颇大,以 JB 法与现场监测较接近。JB 法所分析滑动面较符合现场监测结果,其次为剪应变增量 FEM2 法,而位移增量 FEM1 法与现场监测相差较大。本研究分析结果,CC 及 DD 截面可能滑动面位置在试验区域上边坡,但现场并未在上边坡钻孔施测,只装设地表伸缩仪量测地表相对位移,因此无法比对 CC 及 DD 截面滑动面深度。

综合四个截面分析结果,试验区域上、下边坡可能滑动面应位

外业调绘主要在打印出的纸质地形图上进行,严格按照国家的相关要求和标准执行,对航拍最后的成图进行测绘修补,进行数据的修改。进一步提高航拍成图的精确度还需要对列问题进行检查和处理:

(1)通信线、电力线、电杆、地下电缆进行逐杆调绘,分清这些线之间的数量和电压值,线路的转弯处要注明其方向。

(2)对所测区域内公路的等级、宽度、类型和走向进行测绘,按实际位置对桥梁、涵洞等构筑物进行调绘。

(3)对测绘区域内的土地、植被类型以及农作物的类型进行调绘。

本次项目中,空三加密的精度成果如表 1 所示,其精度满足相关规范的指标。

表 1 空三加密精度表

	定向点中误差		
	平面 X/m	平面 Y/m	高程/m
Yunn1	0.152	0.173	0.141
Yunn2	0.239	0.248	0.128
Yunn3	0.345	0.327	0.199
Yunn4	0.322	0.347	0.132
Yunn5	0.332	0.319	0.200

4 结束语

通过本次项目中无人机航测系统在带状地形测量中的应用,我们可以发现无人机在航拍中的优势很多,并且十分适合公路这一类带状地形的测绘。通过利用该项技术,可以快速、准确、高效的为设计单位提供需要的地形图和区域的详细资料。使带状公路的选线更加合理,促进我国公路选线向信息化、科学化的方向发展,为公路建设做出贡献。

参考文献

- [1] 张本国.无人机航测技术的应用与实践[J].城市建设,2013,(23).
- [2] 李红林.基于无人机航测平台的应用研究[J].测绘与空间地理信息,2013,36(7).
- [3] 茹晨.无人机航测在公路勘察中的应用[J].地球,2014,(8).

于表层中,以 JB 法滑动面与现场监测数据较为相近,因四个截面安全系数均接近或小于 1.0,此边坡趋于极限状态。以剪应变增量 FEM2 法的滑动面又与 JB 法相似,表示此边坡剪应变增量最大处约略与极限状态滑动面相近。而 FEM1 法与现场监测相差较大,因位移增量法是有无产生位移交界面定义其滑动面,而产生位移并不代表发生滑动破坏,因此 FEM1 滑动面不适用于此。而表层岩土剪应力强度、弹性模数与砂岩层相差甚多,加上地形陡峭,以至于最大位移量及剪应变均发生在表层,使边坡产生塑性变形,坡顶产生张力裂缝,导致滑动面均通过表层主因,与中兴大学水土保持学系现场管式应变计监测结果相符,五个钻孔可能滑动面深度均位于表层内。

参考文献

- [1] 曾亚武,田伟明.边坡稳定性分析的有限元法与极限平衡法的结合[J].岩石力学与工程学报.2005(S2).
- [2] 王宇,苏生瑞,余宏明.基于稳定性耦合分析法的余玉扁边坡稳定性分析[J].煤田地质与勘探.2010(05).
- [3] 徐炎兵,刘金虎,伊盼盼.基于有限元技术的边坡稳定性考察[J].矿业研究与开发.2009(03).
- [4] 杨静,何江达,胡德金.土质边坡稳定分析中条分法与有限元法的比较[J].四川水力发电.2003(01).
- [5] 郑宏,田斌,刘德富,冯强.关于有限元边坡稳定性分析中安全系数的定义问题[J].岩石力学与工程学报.2005(13).
- [6] 耿宇飞,李鹏飞,安立群.大型通用有限元软件 Ansys 边坡稳定性分析工程实例[J].河北建筑工程学院学报.2011(01).