

小型无人机低空遥感技术在公路项目水土保持监测中的应用

巴明坤

广西交通设计集团有限公司

摘要：公路属于典型的建设类线性工程，具有路线长、涉及地形多样、挖填方大、取土弃渣多且分散的特点，传统的水土保持监测技术手段无法很好地指导新时期公路项目施工需要。小型无人机低空遥感监测技术相比于传统的水土保持监测技术手段，具有小巧轻便、高效灵活、操控容易、使用成本低等特点，能够有效解决公路项目水土保持监测中存在的诸多问题。在水土保持监测领域，小型无人机低空遥感技术的运用，能极大的提高水土保持监测数据采集的效率性和准确性，有效降低监测人员的劳动强度、为监测人员提供更详尽、更便捷的信息，使水土保持监测更能符合现在公路施工的要求，提高水土保持监测意见的科学性和针对性，助力于绿色交通建设。

关键词：小型无人机；低空遥感；水土保持监测；航拍；数据处理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.08.071

随着我国各领域信息化建设的加快，水土保持监测信息化要求在不断提高。特别是进入二十一世纪第三个十年以来，由于小型无人机价格更加低廉，操作更加简便，已经在水土保持监测领域得到大量使用^[1-5]。但是大多数水土保持监测人员仅会简单使用小型无人机的拍照和录像功能，未能开发使用小型无人机作为低空遥感平台的强大监测技术手段。

小型无人机遥感技术可快速获取环境、地物等空间信息，完成监测数据采集，并借助相关软件对监测数据处理和应用分析。小型无人机以其机动灵活、使用成本低、分辨率高、现势性强、不受场地限制等优势能够成为水土保持监测的强有力工具^[6-9]。本文就以某公路工程水土保持监测为例，借助小型无人机低空遥感技术进行水土保持监测。

一、工程概况

某公路位于南宁市境内，为建设类新建工程，路线总长度为93.249km。主线采用双向四车道高速公路标准，设计速度为120km/h，路基宽26.5m。桥涵设计车辆荷载均采用公路-I级；路面采用沥青混凝土路面结构。工程建设设置取土场14处，弃渣场16处，表土堆放场19处，施工生产生活区28处。本工程于2021年1月开工，2024年12月建成通车，总工期为48个月。

二、数据与方法

（一）无人机

此次在水土保持监测中所采用的是四旋翼飞行器，型号为Mavic 2，搭载哈苏相机。

（二）无人机的外业使用

无人机外业使用主要参考规范有：《低空数字航空摄影测量内业规范》（CH/Z 3003-2010）、《低空数字航空摄影测量外业规范》（CH/Z 3004-2010）和《低空数字航空摄影规范》（CH/Z 3005-2010）。

在水土保持监测中，无人机的外业使用主要是收集公路施工现场信息，获得航拍数据资料，这是利用无人机在水土保持监测应用的基础，无人机外业使用进行的规范与否，直接影响着无人机获取的水土保持监测数据的准确性。故此，必须给予足够的重视。外业航拍过程见图1。

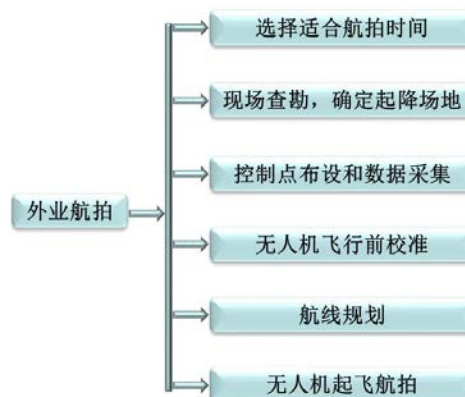


图1 外业航拍流程

(三) 内业数据处理

无人机内业处理主要参考规范有《低空数字航空摄影测量内业规范》(CH/Z 3003-2010)。

目前行业内使用较为广泛、操作较为简单的内业数据处理工具是Agisoft PhotoScan。内业处理过程见图2。



图2 内业处理流程

三、监测数据获取及应用

公路项目需要进行水土保持监测的线路长、点位多，与传统的水土保持监测手段相比，小型无人机具有灵活机动、省时省力等优势，能够快速采集现场施工信息，尤其对于水土保持监测人员难以踏足的区域，小型无人机能够帮助监测人员进行有效监测，发现一些地面监测手段很难监测到的问题。

(一) 监测点位宏观信息获取

在公路项目水土保持监测过程中，监测人员一般是采用GPS定位仪器对监测点位进行定位，操作繁琐、耗费时间。小型无人机拍摄的照片具备经纬度坐标信息，可以将拍摄的无人机照片与现有的奥维互动地图相结合，将无人机照片批量导入奥维互动地图中，利用奥维互动地图的位置标签生成功能，生成监测点位图。

利用监测点位图，能够极大减少监测人员内业数据整理的工作量，准确、快速地对监测的照片进行整理，监测人员能够直观了解监测点位在卫星图像中所在的区域特征及空间关系，并能利用互动地图的导航功能，为后期监测提供导航。

由于目前监测人员日常监测所能获取的卫星遥感影像更新很慢，无法很好反映出当前现场施工信息，相比

之下，利用奥维互动地图遥感影像与小型无人机照片结合，能更好反映出目标区域的水土流失与水土保持状况。

(二) 扰动范围量算

以本公路5个扰动区域作为研究对象，使用Mavic 2小型无人机进行无人机航拍，通过Agisoft PhotoScan处理得到正射影像、地图瓦片数据进行扰动区域面积测量，并采取人工实地测量获取扰动区域面积。

表3-1 5个扰动区域扰动面积

序号	监测地块	正射影像测算 扰动面积 (公顷)	地图瓦片测算 扰动面积 (公顷)	人工实地测量 扰动面积 (公顷)
1	地块1	6.20	5.91	6.13
2	地块2	8.26	8.82	8.42
3	地块3	10.21	10.78	10.36
4	地块4	3.00	2.80	2.94
5	地块5	4.59	4.65	4.50

由于实地测量较为精准，能够反映扰动区域真实的面积，以人工实地测量扰动面积数据为基准进行误差分析。根据《生产建设项目水土保持监测规程》可知，扰动范围的测量误差一般不超过5%。正射影像扰动面积量算和地图瓦片扰动面积量算误差均能满足水土保持监测的要求，瓦片地图数据量算的误差较大，内业处理也相对简单。监测人员可以根据需要选择合适方法进行扰动面积量算。

表3-4 扰动区域扰动面积误差分析

序号	监测地块	正射影像测算 扰动面积误差	地图瓦片测算 扰动面积误差
1	地块1	1.08%	3.62%
2	地块2	1.85%	4.70%
3	地块3	1.42%	4.06%
4	地块4	2.12%	4.89%
5	地块5	2.04%	3.34%

(三) 用地类型分类

以本公路某用地地块作为研究对象，使用Mavic 2小型无人机进行无人机航拍，通过Agisoft PhotoScan处理得到正射影像、地图瓦片数据，借助GIS软件、奥维地图等进行用地类型分类，并采取人工实地测量获取地块各地类面积数据。

表3-5 3种分类方法的用地类型分类结果

序号	分类方案	草地 (m ²)	林地 (m ²)	建筑 (m ²)	扰动裸地 (m ²)
1	人工实地测量法	7694	4513	1046	4608
2	GIS辅助分类法	8576	4147	644	4495
3	地图瓦片分类法	7419	4622	1079	4741

由于人工实地分类测量较为精准，能够反映地块用地类型的真实情况，以人工实地测量分类数据为基准进行误差分析。对于面积较小的地块用地类型分析，GIS辅助分类法工作效率高、工作强度减轻，但对设备软件、硬件配置较高，内业处理较复杂，且分类效果不太理想；地图瓦片分类法有效提高了工作效率、降低了劳动强度，对设备软件、硬件配置不高，内业处理十分简单易操作，成果误差较小，能够满足需要。

表3-6 3种分类方法的用地类型分类误差分析

序号	分类方案	草地	林地	建筑	扰动裸地
1	GIS辅助分类法	11.46%	8.11%	38.47%	2.46%
2	地图瓦片分类法	3.57%	2.41%	3.12%	2.89%

(四) 弃渣体积测算

以本公路3个弃渣场作为研究对象，使用Mavic 2小型无人机进行无人机航拍，通过Agisoft PhotoScan处理得到三维模型数据配合弃渣前地形图进行弃渣体积测算。这3个弃渣场均为隧道开挖专用弃渣场，通过查阅隧道掘进深度，可以十分准确得出弃渣场实际弃渣体积数据。因此，可以以此为基准进行弃渣体核算误差分析。

根据水土保持监测经验可知，弃渣体核算误差一般不超过10%，使用小型无人机进行体核算，能够满足水土保持监测的需要。

表3-1 弃渣体核算误差分析

序号	弃渣场	无人机测算 弃渣量(万方)	实际弃渣场 (万方)	误差分析
1	1#弃渣场	15.65	14.89	5.12%
2	2#弃渣场	24.39	26.12	6.64%
3	3#弃渣场	23.31	21.54	8.22%

四、结论

通过以上应用实例说明，在公路项目水土保持监测领域，小型无人机低空遥感技术的运用，能极大的提高

水土保持监测数据采集的效率性和准确性，有效降低监测人员的劳动强度、为监测人员提供更详尽、更便捷的信息，使水土保持监测更能符合现在公路施工的要求，提高水土保持监测意见的科学性和针对性，助力于绿色交通建设。

参考文献

[1] 陈楠, 武剑. 水土保持自动监测信息化系统关键技术初探[J]. 河北水利, 2013(06): 43.

[2] 尹斌, 姜德文, 李岚斌等. 生产建设项目扰动范围合规性判别与预警技术[J]. 中国水土保持, 2016(11): 2-23.

[3] 王春玲等. 我国水土保持信息化建设的现状与建议[J]. 中国水土保持, 2016(03): 第69-72页.

[4] 林成行, 朱首军, 周涛, 巴明坤, 赵宇. 基于无人机遥感技术的水土保持植被恢复率提取[J]. 水土保持研究, 2018, 25(06): 211-215.

[5] 廖凯涛, 宋月君, 张金生, 车腾腾. 无人机遥测技术在水土保持生态果园改造监测中的应用[J]. 中国水土保持科学, 2017, 15(05): 135-141.

[6] 张雅文, 许文盛, 沈盛戛, 王志刚, 张平仓. 无人机遥感技术在生产建设项目水土保持监测中的应用——方法构建[J]. 中国水土保持科学, 2017, 15(01): 134-140.

[7] 王冉, 田刚, 李庆远, 赵聚国, 丁建华, 郑瀚. 无人机倾斜摄影技术在水土保持监测中的应用. 中国水土保持, 2023(3): 42-43.

[8] 刘灿, 杨浩翔, 王鹏等. 无人机低空遥感技术在生产建设项目水土保持监测中的应用: 以某燃机电厂为例[J]. 亚热带水土保持, 2020, 32(1): 60-64.

[9] 张琳琳, 张艳, 张文谦等. 无人机遥感在生产建设项目水土保持监测数据获取中的应用[J]. 绿色科技, 2019(24): 23-28.

基金项目: 广西交通运输行业重点科技项目(20200311)。

作者简介: 巴明坤, 1993年, 男, 汉, 河南省周口市人, 硕士, 助理工程师, 水土保持方向。