

# 无人机在高速公路弃渣场 监测中的应用探讨

周春波<sup>1</sup>, 王 农<sup>1</sup>, 周淑君<sup>2</sup>, 秦晓蕾<sup>1</sup>

(1. 江西省水土保持科学研究院, 江西 南昌 330029; 2. 北京苍穹数码科技有限公司, 北京 102600)

[关键词] 无人机; 弃渣场; 监测; 高速公路

[摘要] 无人机监测相较于传统的监测技术手段, 不仅工作更高效、调查更全面, 而且监测数据更准确。在高速公路弃渣场水土保持监测中, 利用无人机可快速获取扰动土地面积和坡度等水土流失因子, 估算取弃土方量和水保措施工程量, 监测水土流失危害。在分析总结高速公路弃渣场特点的基础上, 详细探讨了无人机在高速公路弃渣场监测中的应用。

[中图分类号] S157 [文献标识码] C [文章编号] 1000-0941(2018)01-0044-03

随着国家“十三五”规划的颁布与实施, 国家级和地方法级高速路网的不断规划和加密, 大规模的高速公路工程建设必然会造成项目区人为水土流失的加剧。高速公路建设会不可避免地需要大量的弃渣场, 由于弃土弃渣失去了原有的土壤结构, 且一般具有较陡的松散堆积面, 因此弃渣场土壤侵蚀严重, 具有流失量大、突发性强、危害大等特点, 若不及时采取有效的水土流失防治措施, 将给人民群众的生产生活带来严重威胁<sup>[1]</sup>。水土保持法第二十八条对生产建设项目弃渣的综合利用和废弃处理进行了明确规定, 弃渣应堆放

在水土保持方案确定的专门存放地, 并采取措施保证不产生新的危害。深圳光明新区渣土受纳场“12·20”特别重大滑坡事故发生之后, 弃渣场的安全稳定已经成了全社会关注的热点, 及时定期开展弃渣场的水土保持监测是高速公路水土保持工作的重要内容。

传统的水土保持监测野外调查方法主要是用尺度(测长度、测样方)、GPS 定位(测面积)、地形图勾绘等, 这些方法仅适用于小区域工作。由于必须接触到被测物体, 受人为干预较大, 因此大面积或线性工程调查时外业工作量非常大, 且对于一些地形复杂、监测人

- [8] 黄铁兰, 吴海陆, 黄华谷. 基于多源多时相遥感数据的稀土开采状况与地质环境问题监测[J]. 华南地质与矿产, 2014(2): 169-175.
- [9] 孙亚平. 赣州市龙南地区稀土矿矿山环境遥感研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2006: 31-32.
- [10] 彭燕, 何国金, 张兆明, 等. 赣南稀土矿开发区生态环境遥感动态监测与评估[J]. 生态学报, 2016, 36(6): 1676-1685.
- [11] 张航, 仲波, 洪友堂, 等. 近 20 多年来赣州地区稀土矿区遥感动态监测[J]. 遥感技术与应用, 2015, 30(2): 376-382.
- [12] 李恒凯. 南方稀土矿区开采与环境影响遥感监测与评估研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2016: 46-56.
- [13] 王瑜玲. 江西定南北部地区稀土矿矿山开发状况与环境效应遥感研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2007: 32-34.
- [14] 彭燕, 何国金, 曹辉. 基于纹理的面向对象分类的稀土矿开采地信息提取[J]. 科学技术与工程, 2013, 13(19): 5590-5596.
- [15] 李恒凯, 吴立新, 刘小生. 稀土矿区地表环境变化多时相遥感监测研究——以岭北稀土矿区为例[J]. 中国矿业大学

学报, 2014, 43(6): 1087-1094.

- [16] 赵靖, 汤润忠, 吴超. 我国离子吸附型稀土矿开采技术现状综述[J]. 新疆有色金属, 2001(3): 17-20.
- [17] 李苗苗, 吴炳方, 颜长珍, 等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. 资源科学, 2004, 26(4): 153-159.
- [18] 潘美浪, 罗建忠. 离子型稀土矿山环境问题及其治理方法[J]. 有色金属文摘, 2015, 30(3): 79-80.
- [19] 刘毅. 稀土开采与水土保持[J]. 山西水土保持科技, 2002(2): 19-21.
- [20] 李茂忠. 信丰县修复稀土矿区生态的技术措施及效益分析[J]. 中国水土保持, 2014(7): 32-34.

[作者简介] 熊恬苇(1993—), 女, 江西鄱阳县人, 硕士研究生, 主要从事遥感应应用研究; 通信作者齐述华(1973—), 男, 江西婺源县人, 教授, 博士, 主要从事地学遥感应应用研究。

[收稿日期] 2017-05-10

(责任编辑 徐素霞)

员难以到达甚至不能到达的区域则无法获取数据。有时为了节省时间可能会采用目测估计,工作效率和测量精度偏低,不能满足快速、准确出成果的要求,更不能适应水土保持监测信息化发展的要求。相较于传统的监测技术手段,无人机监测具有工作更高效、调查更全面、数据更准确的优势,无人机目前已在水土保持行业得到广泛使用,能够适用于点状项目和线状项目的重点监测区域(大型的取弃土场、隧道弃渣等)的水土保持监测,可快速获取扰动土地面积和坡度等水土流失因子,估算取弃土方量和水保措施工程量,监测水土流失危害,评估水土流失状况,在一定程度上解决了监测数据获取难的问题。

## 1 高速公路弃渣场的特点





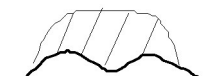
### 1.1 弃渣场数量多且分布离散

高速公路工程标段划分较多,施工过程中受施工时序等限制很难在标段之间进行土石方调配,加之运距、材料等诸多因素的影响,很容易形成大量的弃土弃渣,导致沿线弃渣场数量较多。高速公路属于线性工程,弃渣场通常沿线路离散分布。

### 1.2 弃渣场类型多样

高速公路属于线性工程,跨度较长的高速公路项目会经过平原区和山区等多种地貌类型区。弃渣场的类型通常有平地(缓坡)型、沟道(山谷)型、坡面型、填洼(塘)型和岗地型等5种类型<sup>[1-4]</sup>。各类弃渣场的特征见表1。

表1 弃渣场分类

弃渣场类型	特征	示意图
平地(缓坡)型	弃渣堆放在平地或坡度小于25°缓坡地上	
沟道(山谷)型	弃渣堆放在沟道(山谷)内,将沟道(山谷)全部或部分填埋	
坡面型	弃渣沿山坡坡面自上而下顺坡倾倒堆放在山坡坡面上	
填洼(塘)型	弃渣堆放在洼地(水塘)内,将洼地(水塘)全部或部分填埋	
岗地型	弃渣堆放在岗地上	

### 1.3 弃渣场存在较多变更

受施工组织及运距等的影响,施工过程中产生的弃渣一般就近堆放,大多数不在方案指定地点堆放,从而造成弃渣场存在较多的变更,给弃渣场的管理带来了难题,需要进行弃渣场方案变更。

### 1.4 选址隐蔽,传统调查方法难以发现

有些弃渣场距线路较远,或隐藏在山体的背面,传统的地面调查难以发现这类弃渣场,可能会遗漏,存在水土流失隐患。

## 2 无人机在水土保持行业中的应用

随着无人机技术的不断发展,无人机的性能愈加稳定,技术更加成熟,价格更趋低廉,无人机普及率越来越高。对水土保持相关从业机构的调查发现,目前无人机已经被较广泛地应用于水土保持监测评估、监督管理,水土流失灾害应急监测及水土保持方案编制和规划设计等各个领域。①水土保持监测评估。主要用于扰动土地面积、取弃土量、措施工程量、植被覆盖度等监测指标信息的获取,利用航拍成果,对水土保持措施布局、完成情况进行评估。②水土保持监督管理。主要用于水土保持监督执法取证,拍摄影像视频资料,判断是否超出防治责任范围,是否按照水土保持方案要求采取水土保持措施等。③水土流失灾害应急监测。主要用于滑坡、泥石流等水土流失灾害的应急监测,用于获取滑坡体的面积、方量等数据,以供救灾决策使用。④水土保持方案编制和规划设计。主要用于方案编制和设计前的原始地形地貌调查,以作为方案编制和规划设计的本底数据。

## 3 无人机在高速公路弃渣场监测中的应用

### 3.1 无人机和后处理软件选型

综合对比操作性、相机分辨率、续航时间、信号控制距离等多种因素,选择 DJI Phantom 系列无人机作为主要的机型。后处理软件选择俄罗斯 Agisoft PhotoScan 软件,该软件是一款基于计算机视觉自动进行三维重建的软件,依据最新的计算机多目视觉影像三维重建技术对具有一定重叠度的影像进行处理(也可以通过添加控制点生成具有真实坐标的三维模型),工作流程全部自动化。

### 3.2 无人机监测指标筛选

高速公路弃渣场的水土保持监测指标主要有弃渣场的特征、类型、组成物质、堆放方式、水土保持措施和水土流失危害等,各监测指标的详细内容见表2。

表 2 弃渣场主要监测指标

序号	监测指标	详细内容
1	弃渣场特征	弃渣场的位置、面积、方量、堆高、坡度等
2	弃渣场类型	平地(缓坡)型、沟道(山谷)型、坡面型、填洼(塘)型和岗地型
3	弃渣物质组成	土质、石质、土石混合或其他物质类型
4	是否分层堆放	弃渣是否分层堆放,分几层堆放
5	水土保持措施	水土保持措施类型和工程量,一般有截排水工程、拦挡工程、边坡防护工程和植被恢复工程等
6	水土流失危害	弃渣场是否临近农田、道路或房屋,是否存在崩塌、滑坡、渣体下泄淤积农田等水土流失危害

### 3.3 无人机监测流程

高速公路弃渣场无人机监测流程包括影像数据获取、数据处理和成果数据应用,见图 1。

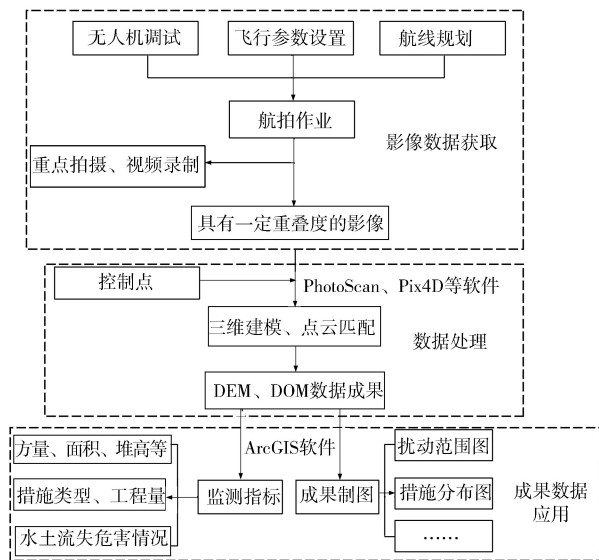


图 1 无人机监测流程

(1)影像数据获取。利用无人机对弃渣场进行航拍作业,在航拍前需要对无人机进行调试,根据成果数据的精度要求设置一定的飞行高度,根据弃渣场的形状和大小进行飞行航线规划,拍摄时应保证航向重叠度大于 75%,旁向重叠度大于 60%。此外还可以对弃渣场内的重点区域进行单独拍摄并录制视频。

(2)数据处理。利用 PhotoScan 软件对无人机采集的原始影像进行处理,导入原始影像数据后,软件自动进行三维重建、点云密集匹配、地形建模等过程,最终导出监测需要的 DOM 和 DEM 等中间成果,以便后续分析测量使用。

(3)成果数据应用。利用 GIS 软件对监测中间成果数据(DOM 和 DEM)进行量测、分析,可以获得弃渣量、面积、堆高、措施工程量等监测指标,根据获取的监测指标快速评价弃渣场的水土流失状况;利用 GIS 软件的制图功能制作弃渣场的扰动范围图、措施分布图

等监测成果图件。

### 3.4 无人机监测精度分析

无人机航测精度包括正射影像的地面分辨率、绝对精度和相对精度,由实际弃渣场的数据处理结果可知,地面分辨率与飞行高度和相机的像素有关(DJI Phantom 4 无人机 100 m 飞行高度能达到 2 cm 地面分辨率),在未添加控制点的情况下,绝对精度能够达到米级,相对精度能够达到厘米级,基本能够满足弃渣场水土保持监测的需要。

## 4 结论与展望

利用无人机开展高速公路弃渣场监测,能够提高监测的工作效率、质量和信息化水平,具有良好的示范效应。实际应用过程中,还应注意以下几个方面:

(1)虽然目前无人机在水土保持监测中应用较为广泛,技术也比较成熟,但由于缺乏相关的规程规范,导致监测成果差异较大,因此应及时制定无人机监测技术规程,规范监测流程和成果质量,使无人机监测成果具有较高的可信度。

(2)针对当前无人机摄影测量精度较低的问题,可以通过增加地面控制点等方式来提高精度,以满足更加专业化的需求。

(3)由于弃渣场下垫面类型多种多样,通常难以确定弃渣场压盖原始地形,在未知原始地形数据的情况下,无人机对弃渣方量监测精度偏低,应重点研究不同弃渣场类型弃渣方量的计算方法,以提高无人机在弃渣方量监测中的适用范围。

### [参考文献]

- [1] 吕钊,王冬梅,徐志友,等.生产建设项目弃渣(土)场水土流失特征与防治措施[J].中国水土保持科学,2013,11(3):118-126.
- [2] 田育新,李正南,周刚,等.开发建设项目借土场、弃渣场的分类、选择及防治措施布局[J].水土保持研究,2005,12(2):149-153.
- [3] 赵暄,谢永生,景民晓,等.生产建设项目弃土堆置体的类型与特征[J].中国水土保持科学,2013,11(1):88-94.
- [4] 水利部.水土保持工程设计规范:GB 51018—2014[S].北京:中国计划出版社,2014:20.

[作者简介] 周春波(1989—),男,江西南昌市人,工程师,硕士,主要从事遥感监测与信息化工作。

[收稿日期] 2017-05-10

(责任编辑 孙占锋)