

# 无人机近景摄影测量技术在边坡变形监测中的应用研究

李富威 黄初

广西博世科环保科技股份有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v4i3.1091

**[摘要]** 本文以《个旧市冶炼废渣堆场原位风险防控技术示范项目》为例,分析加强对高陡边坡的变形监测和稳定性分析的重要性。通过大疆精灵4 RTK无人机仿地飞行航拍,结合近景摄影测量理论和变形监测理论,经过综合分析和对数据处理结果分析,得知应用测绘无人机在边坡变形监测的可行性。并提出在仪器设备精度不变的情况下,通过计算改变计算方法,力求在数据分析和处理方面有新的突破。

**[关键词]** 固定参数; 网格分区; 以区代点; 变形值建立模型; 动态化

**中图分类号:** P25 **文献标识码:** A

## 引言

近几年随着大疆精灵4RTK无人机的面世,它以低价格、高性能、应用广的优势,给测绘从业人员带来了无限乐趣和广泛的研究和应用,很多行业精英通过全站仪及GPS与无人机的作业难易程度对比、数据精度对比、成本对比等等,分析论证了无人机测量的优势和不足,本文将不再重复论述。以下着重介绍和分析利用大疆精灵4RTK无人机对边坡进行变形监测的操作要点和数据处理思路。

## 1 项目概况



我公司实施的《个旧市冶炼废渣堆场原位风险防控技术示范项目》项目任务是原位处置位于云南省红河州个旧市某冶炼企业鼓风机炼铅产生的废渣,废渣量约300万吨,占地约65亩,渣体堆积高约90米,渣堆边坡为人工堆积自然滚落的陡坡,坡度约70%。项目技术方案是通过削坡整形、盖膜防渗、覆土绿化达到原位封存废渣和生态修复的目的。在

实施过程中通过大疆精灵4 RTK无人机实践了地形图测量、土方测量计算及边坡变形监测。

## 2 操作步骤

利用覆土后的无人机测量成果生成精灵4RTK可读的DSM模型和KML范围文件,以后每期飞行都采用固定的无人机、固定的飞行模式(仿地飞行)、固定的DSM模型、固定的KML范围、固定的飞行高度、固定的重叠率、固定的航线航向、固定的飞行周期等因素;数据处理及分析亦采用固定的软件、固定的像控点、固定的方格网,这样可以降低各种要素对计算误差的影响。

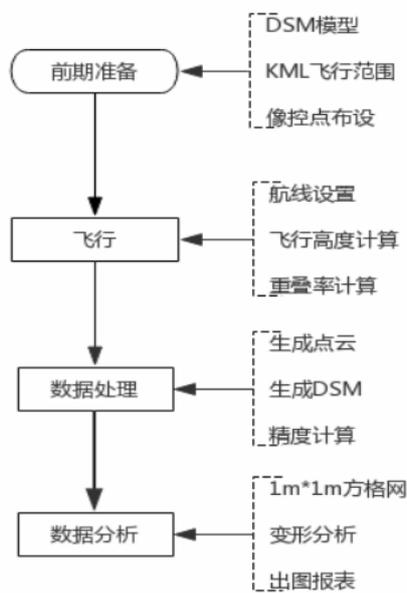


## 3 边坡变形分析

根据项目现场的作业条件、勘察钻孔取样试验结果及稳定性分析,设计修坡整形的坡度为1:2,覆土厚度为0.6米,压实度约为0.7,总高度不变。由此分析,废渣堆在削坡整形过程中被重新扰动和压实,覆土时使用挖掘机压实黏土,但压实系数不高,在后期自然沉降过程中仍然有很大的沉降幅度,容易产生不均匀变形甚至坍塌,所以,进行变形监测是非常必要的,根据《工程测量标准》GB 50026-2020,第10.9.2章节“滑坡监测的精度要求(mm)”本项目的高程中误差为±10mm,点位中误差为±10.0mm。

再由大疆精灵4RTK产品参数得知,RTK水平定位精度为1cm+1ppm,垂直定位精度1.5cm+1ppm,平面建图水平绝对精度5cm;设备参数可满足规范要求。

(1)建立固定网格,以块代点。点云分辨率为10mm~15mm,网格大小使用最小的整数1m为单位,便于计算;同理,网格顶点坐标亦以最小的整数1为基准,所



有坐标数值均是1的整数倍,每个方块的方量变化值以0为基准,±0.01m<sup>3</sup>为除数,所得之商为倍数,单个方块的数学表达式为:  $W_n = a \times |a \div 0.01|$ 。

n表示序号第n个方块

a表示序号n方块两期间的方量变化值

W表示a值2次方放大100倍

1322.89	1320.89	1327.36	1324.73	1321.93	1317.59						
0.05	1322.75	0.07	1329.83	0.03	1327.33	0.09	1324.64	0.19	1321.74	0.09	1317.50
8	W=38.75	W=34.82	W=58.80	W=70.21	T=5.77	T=10					
	60	61	62	63	64	65					
9	1327.82	1324.84	1325.01	1323.32	1317.89	1311.86					
0.10	1327.72	0.17	1326.67	0.09	1324.92	0.39	1322.93	0.03	1317.85	-0.16	1312.12
	W=30.24	W=35.11	W=60.03	T=21.59	T=83.19	T=5					
	45	46	47	48	49	50					
10	1319.72	1319.18	1317.14	1313.72	1310.20	1305.34					
0.02	1319.70	0.02	1319.16	0.08	1317.06	0.08	1313.68	-1.15	1311.35	0.22	1305.12
	T=182.00	T=69.76	T=2.05	T=65.85	T=57.44	W=94					
	31	32	33	34	35	36					
11	1310.34	1310.42	1309.05	1305.83	1302.47	1298.03					
0.11	1311.45	-0.74	1311.16	-0.13	1309.18	0.22	1305.62	0.14	1302.34	0.35	1297.69

变形监测报表

工程名称: 个旧市冶炼废渣堆场原位风险防控技术示范项目							
部位: A10#渣堆							
方格编号	格网点坐标			目标高程	差值	平均差值(m)	方量小计(m <sup>3</sup> )
	X	Y	Z				
1	787.00	244.00	7.58	7.60	-0.02	-0.03	1.00
	786.00	243.00	7.48	7.51	-0.03		
	786.00	244.00	7.38	7.39	-0.01		
	787.00	243.00	7.14	7.18	-0.04		
2	785.00	248.00	7.38	7.39	-0.01	-0.02	1.00
	785.00	249.00	7.33	7.35	-0.02		
	784.00	248.00	7.23	7.24	-0.01		
	784.00	249.00	7.18	7.22	-0.04		

(2)以DEM模型的原理为参照,建立边坡变形观测的柱状变化模型,及变形速率模型,以每个观测周期为一页,从而将整个场内的变形量和变形速率分别设置动态化,同时在建模过程中要根据规范设定预警阈值。

(3)精度计算。在初次航拍前已布设和像控点对应的检查点可作为每期监测数据精度评定的计算依据。

#### 4 点状线状形式转变为动态模型有几方面的优势

(1)通过动态模型的形式来展现监测数据的变化,使之更立体更形象更直观。

(2)以块代点,微观衬宏观,使变形数据更详细。

(3)动态变形模型,可直观勾画出松动范围和计算出变形区域的方量和重量,局部变形速率等,为制定防治措施和应力计算提供更详细数据。

(4)投入成本低,监测面积大,应用领域广。

#### 5 结语

近景摄影测量是通过摄影手段以确定(地形以外)目标的外形和运动状态。近景摄影测量以测定目标物的形状、大小和运动状态为目的,瞬间获取被测目标的大量几何和物理信息,适合于测量点数众多的目标。

当待测量点数稀少,或待测点要求更高的监测精度时,近景摄影测量就不是最佳的技术选择了。

在后期自动化的研究中,通过函数的方法实现网格内的点云算术平均值作

为以块代点的监测值,点云计算量增大,将大提高计算精度。

#### [参考文献]

[1]阳德胜报道.全国《工程测量规范》和《建筑变形测量规范》第二期宣贯培训会在广州举行[J].广东公路勘察设计,2009,(001):35.

[2]刘昌华,王成龙,李峰,等.数字近景摄影测量在山地矿区变形监测中的应用[J].测绘科学,2009,(04):197-199.

[3]谢冬冬,杨德宏.近景摄影技术在露天矿山边坡变形监测中的应用[J].价值工程,2016,(21):123-124.

[4]姚喜,卢秀山,栾学科.近景摄影测量中条形码定位技术的研究[J].测绘科学,2011,(03):15-18.

[5]毛斌斌,张强,徐豪,等.利用近景摄影测量技术监测红旗沟排土场边坡位移变形[J].现代矿业,2016,(5):151-153.

[6]唐杭,刘斐,王孟穹.由点到面的变形监测技术在露天矿山边坡中的应用研究[J].测绘与空间地理信息,2019,42(5):69-72.

[7]张敏.近景摄影技术在露天矿山边坡变形监测中的应用初探[J].科技创新与应用,2020,(20):171-172.