

# 新时期数字化测绘技术在矿山地质工程测量中的应用

汪森

陕煤集团神木柠条塔矿业有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i4.2208

**[摘要]** 随着信息技术的飞速发展,数字化测绘技术在矿山地质工程测量中发挥着日益重要的作用。本文阐述了数字化测绘技术的体系构成,分析了其在矿山地质工程测量中的应用优势,重点结合具体工程实例,探讨了三维激光扫描技术、无人机摄影测量技术、GNSS技术及全站仪测量在矿山地质工程测量中的具体应用,并对应用效果进行了数据化分析。研究表明,数字化测绘技术能够显著提高矿山地质工程测量的精度与效率,为矿山的安全开采、资源管理及生态保护提供可靠的数据支撑,具有重要的推广价值。

**[关键词]** 数字化测绘技术; 矿山地质工程; 工程测量; 三维激光扫描; 无人机摄影测量

中图分类号: P2 文献标识码: A

## Application of Digital Surveying and Mapping Technology in Mining Geological Engineering Surveying in the New Era

Sen Wang

Shenmu Ningtiaota Mining Co., Ltd. of Shaanxi Coal Group

**[Abstract]** With the rapid development of information technology, digital surveying and mapping technology plays an increasingly important role in mining geological engineering surveying. This article elaborates on the system composition of digital surveying and mapping technology, analyzes its application advantages in mining geological engineering surveying, and focuses on specific engineering examples to explore the specific applications of 3D laser scanning technology, unmanned aerial vehicle photogrammetry technology, GNSS technology, and total station measurement in mining geological engineering surveying. The application effects are analyzed through data analysis. Research has shown that digital surveying technology can significantly improve the accuracy and efficiency of geological engineering surveying in mines, providing reliable data support for safe mining, resource management, and ecological protection, and has important promotional value.

**[Key words]** digital surveying and mapping technology; Mining geological engineering; Engineering surveying; 3D laser scanning; UAV photogrammetry

## 引言

矿山地质工程测量是矿山规划设计、建设施工及生产运营全过程中的关键环节,其测量结果的准确性与及时性直接影响矿山的资源开发效率、生产安全及生态环境保护。新时期数字化测绘技术以计算机技术、信息技术、空间技术为核心,集成了多种先进测量手段与数据处理方法,实现了从数据采集、处理到成果输出的全流程数字化与自动化。将数字化测绘技术应用于矿山地质工程测量,不仅能够突破传统测量技术的局限性,还能为矿山地质灾害预警、资源储量动态监测、矿山三维建模等提供强有力的技术支持,推动矿山地质工程测量向智能化、信息化方向发展。

## 1 数字化测绘技术的体系

数字化测绘技术体系是一个高度集成且复杂的跨学科工程,主要围绕数据采集这一关键步骤展开,涉及各种先进的测量仪器以及技术手段(如图1所示)。全球导航卫星系统(GNSS)利用接收来自多颗卫星发出的信号完成高精度定位任务,被大量应用在测区内三维坐标数据快速获取中;全站仪集合了传统光学经纬仪和电子测距仪的功能特性,在精准执行角度测量与距离测量任务的同时,还能借助数据通信模块及时将测量结果传送到计算机终端;三维激光扫描技术采用高速率、高密度的扫描模式对目标对象实施全方位探测,从而产生大量点云数据用以创建空间模型;无人机遥感技术依靠性能优良的航摄设备从空中视角获取高分辨率影像资料,给三维建模工作提供重要的数据支持<sup>[1]</sup>。

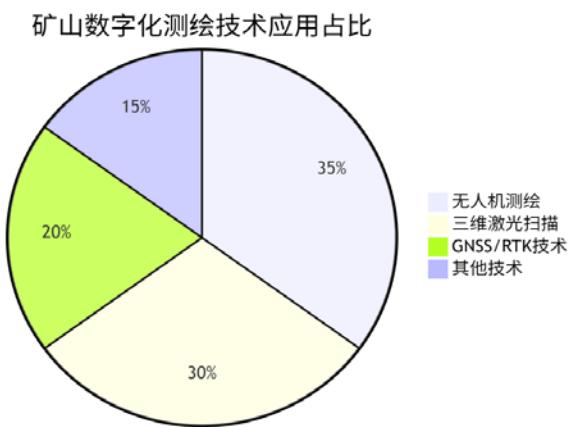


图1 矿山数字化测绘技术应用占比

## 2 数字化测绘技术在矿山地质工程测量中的应用优势

测量精度高。数字化测绘依靠自动化数据采集系统和智能化处理平台,大幅度减少了人为干预造成的不确定性,提高了数据质量。GNSS静态测量在平面坐标系中的精度能够达到毫米级,而三维激光扫描所形成的点云数据精度一般优于厘米级,这些特点使其逐渐成为矿山地质工程中准确获取矿体边界、巷道位置以及地形特征的关键工具之一。

能够适应复杂的矿山环境。矿山地质工程测量通常会面临地形复杂、通视条件差、存在安全隐患等问题。数字化测绘技术具有较强的适应性,如无人机摄影测量可不受地形限制,可对高山、峡谷、危险区域等进行空中测量;三维激光扫描技术无需通视条件,可对巷道内部、矿体表面等进行全方位扫描;GNSS技术在开阔区域能够实现快速定位,在隐蔽区域可结合全站仪等设备进行补充测量,保证测量工作能够在复杂环境下顺利开展<sup>[2]</sup>。

## 3 新时期数字化测绘技术在矿山地质工程测量中的应用

### 3.1 工程概述

某大型露天煤矿地质工程测量项目的矿区占地大约50km<sup>2</sup>,地形高低起伏明显,海拔在800~1200m之间,包含采坑、排土场和运输道等。随着开采深度不断向纵深发展,范围也不断扩大,需要对矿区地貌特点、矿体分布情况、边坡形状以及地质构造等要素展开精确测量,从而为矿山规划、边坡稳定状况评判、资源存量核算以及生态改良给予科学支撑。为了满足工程需求,项目组把各种先进测绘技术整合起来,如三维激光扫描仪、无人机遥感监测、全球定位系统(GNSS)、全站仪等设备,创建了多源数据融合的综合测绘平台,保证测量成果全面而精准。

### 3.2 三维激光扫描技术应用

在矿山地质工程测量中,三维激光扫描技术普遍应用于采场边坡、矿体表层以及复杂地质结构的高精度测绘方面。其基本原理是:发射装置向目标对象发射激光脉冲信号,经反射后由接收装置捕获,再根据脉冲往返时间计算出测点到设备的距离,结合扫描仪的姿态参数(方位角、天顶角)准确确定测点的空间

坐标信息,从而构建目标物体的点云模型。

在采场边坡测量中,采用地面三维激光扫描仪对边坡进行全方位扫描<sup>[3]</sup>。为确保扫描数据的完整性与精度,在边坡周围布设多个扫描站点,各站点之间通过布设的控制点进行坐标转换与拼接。扫描完成后,利用点云处理软件对原始点云数据进行去噪、滤波、拼接等预处理,去除因粉尘、植被等产生的噪声点,得到完整的边坡点云模型。基于该模型,可提取边坡的坡角、坡高、坡长等参数,分析边坡的变形情况,为边坡稳定性评估提供数据支持。

三维激光扫描技术在矿体表层测绘方面有着明显的优势,重点在于高效获取矿体的空间几何特征以及分布规律。凭借高密度点云数据采集所形成的数字模型,可以精准体现矿体边界、走向以及倾角关键的地质要素,从而给储量评判和开采规划给予可靠的数值支撑。同传统的地质剖面测量手段相比,此技术既提升了作业速度,又很好地解决了由于采样间距不够引发的矿体形态失真状况。

### 3.3 无人机摄影测量技术应用

无人机摄影测量技术在矿区地理信息采集、排土场动态监测、生态修复效果评估等方面有着明显应用价值<sup>[4]</sup>。该项目选用多旋翼无人机作为载具平台,安装了高分辨率航摄设备和GPS定位系统,按照预定航线完成自动化数据获取。在作业执行前,全面考量测区范围、地形状况以及精度需求,从而妥善选定飞行高度、航向重叠率、旁向重叠率等关键参数,保证影像拼接质量。在本项目中,无人机所设定的飞行高度为300m,航向重叠率为80%,旁向重叠率为70%,最后得到的影像空间分辨率达到0.1m。

航拍作业结束后,采用专业的摄影测量软件处理影像数据。第一步要进行影像预处理,包括纠正畸变、几何配准等;然后采用空中三角测量方法确定各个影像的外方位元素,根据这些元素创建测区的三维空间模型;最后按照三维模型生成数字高程模型(DEM)、正射影像图(DOM)、线划图(DLG)。

依托生成的DOM和DLG数据,可以精准体现矿区地形地貌以及地表附着物的空间分布情况,给矿山总体规划和交通网络规划给予可信的数据支撑。通过多时序DOM图像的比较分析,可以动态观察排土场堆体面积和高度的变化规律,做到对排土量的量化评价,从而为之后的排土场改良给予科学依据。无人机遥感技术在生态改良方面的应用,不但可以快速得到植被覆盖度、土壤侵蚀程度这些重要指标,还可以全面评判生态改良成果,为之后的改良计划给予数据支持。

### 3.4 GNSS技术应用

GNSS技术在该矿山地质工程测量中主要用于平面控制测量、矿区边界测量及工程放样等工作<sup>[5]</sup>。根据矿山测量的精度要求,项目采用GNSS静态测量建立矿区的首级平面控制网,采用GNSS RTK(实时动态)测量进行加密控制测量和工程放样。

创建矿区首级平面控制网需在矿区平均布置15个控制点,用4台GNSS接收机同时开展观测,每次观测时间要超过90min。搜集到的数据经过专门软件处理之后,会逐一执行基线解算、网平

差等流程,从而准确得到各个控制点的三维坐标数据。该控制网的平面定位精度可以达到 $\pm 5\text{mm}$ ,高程测量精度为 $\pm 10\text{mm}$ ,给后续各种测绘工作展开提供可靠的数据支持。

矿区边界测绘时,采用GNSS RTK技术对法定边界线实施精确定位,可以做到边界点坐标的准确采集,进而形成数字化边界图件,给矿山资源管理和产权界定提供科学依据。相比传统的钢尺量距和经纬仪测角办法,该技术具备操作方便、高效、测量精度高等优势,在复杂地形环境下应用效果较好,可以改善现场作业流程,提升整体工作效率。

工程放样期间,GNSS RTK技术可快速达成对巷道、挡土墙、排水渠等构筑物的空间定位。随后把设计好的坐标数据传送至GNSS接收设备,系统能立刻算出实际位置和理论目标之间的偏差数值,给现场施工给予精准的参照信息,保证工程设施的布局符合设计需求,提升施工精度和作业速度。

### 3.5 全站仪测量应用

在矿山地质工程测量当中,全站仪凭借自身性能,在井下近距离高精度测量、GNSS信号受限制区域补充观测等方面有着无法被取代的关键作用。在进行露天煤矿井下巷道施工时,由于岩层对GNSS信号具有较强的衰减效果,所以全站仪成为主要的测量设备。把巷道内部当作导线控制网,使用全站仪精确测出各个导线点之间的距离和角度,再经过严密的数学模型推导出各个导线点的空间坐标值,以此达成巷道三维定位和贯通测量的目的。

高精度近景测量方面,如设备安装定位、预埋件精确定位等关键应用中,由于全站仪具备良好精度性能而备受重视。其测距误差被严格控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内,完全符合工程对于高精度的要求。针对受GNSS信号遮挡影响的复杂环境,例如采空区底部或者高层建筑周围,可以采用全站仪和GNSS技术相结合的办法,在开阔地带设置GNSS控制网点,利用全站仪把从控制点传送到目标区域的坐标数据统一起来,做到连续性。

### 3.6 应用效果分析

为了研究数字化测绘技术在矿山地质工程测量中的应用效能,通过系统比较分析,观察期同传统测绘方法在测量精确度、作业效率以及数据完备程度等区别,具体数据见表1。

表1 数字化测绘技术的应用效果对比

测量指标	数字化测绘技术	传统测绘技术	提升比例
平面测量精度	$\pm 5\text{mm}$ (GNSS 静态)/ $\pm 3\text{cm}$ (无人机)	$\pm 5\text{cm} \sim \pm 10\text{cm}$	90%~95%
高程测量精度	$\pm 10\text{mm}$ (GNSS 静态)/ $\pm 5\text{cm}$ (无人机)	$\pm 10\text{cm} \sim \pm 20\text{cm}$	80%~90%
50km <sup>2</sup> 测区测量周期	7d	30d	76.7%
数据完整性	98%(无明显数据缺失)	75%(部分区域因通视问题缺失)	30.7%

根据统计可以看出,数字化测绘技术在测量精度方面具有明显优势。GNSS静态测量平面和高程误差分别为 $5\text{mm}$ 、 $10\text{mm}$ ,无人机摄影测量对应的误差为 $3\text{cm}$ 、 $5\text{cm}$ ,整体测量精度明显优于传统测绘方法,可以完全胜任矿山地质工程对精度数据采集的要求。

数字化测绘技术在作业效率上有着明显的优势,在 $50\text{km}^2$ 测区中采用数字化手段仅7d就能完成所有工作,传统测绘方法需花费30d,效率提高的幅度达76.7%。这主要归功于其具有高度集成化、智能化的特点,无人机能高效地覆盖大范围的区域,三维激光扫描设备可以迅速得到高精度的数据,因此能够减少人力投入,缩短工期。

从数据完整角度来看,数字化测绘技术完成度达到98%,缩减了数据缺失的可能性。同传统的测绘手段相比,传统测绘方法受限于通视状况和地形因素,其数据完整率只有75%。因此,数字化测绘技术有着更强的环境适应能力。无人机凭借高空作业的优势,可以冲破复杂地形约束,高效执行测量任务;三维激光扫描仪无需依赖通视条件,就能获取高精度的数据,从而保证测量信息的全面性和可靠性。

### 4 结束语

总之,在数字化测绘技术的推动下,矿山地质工程测量正在进行一场革新,能够有效提升测量精准度、改善环境适应能力等。通过对某大型露天煤矿的地质工程测量项目进行研究发现,三维激光扫描、无人机遥感、全球导航卫星系统(GNSS)定位、全站仪测量等现代测绘技术,在矿产资源勘探、安全生产保障、生态环境保护等范畴起到了重要作用。经过科学的数据对比分析证明,其比传统办法更有应用价值和实际意义。

### 参考文献

[1]秦奎,高昕旸,周艳菊.地质工程测量中数字化测绘技术的应用分析[J].科技与创新,2024,(12):121~123+126.

[2]高云,王冕,李宝琦,等.地质工程测量中数字化测绘技术的应用分析[J].中国金属通报,2025,(01):243~245.

[3]徐昌杰.数字化测绘技术在矿山地质工程测量中的应用[J].冶金与材料,2024,(02):157~159.

[4]阮迎贺.数字化测绘技术在地质工程测量中的应用[J].江西建材,2022,(04):49~50.

[5]陈青娘.地质工程测量中数字化测绘技术的运用[J].工程建设与设计,2022,(07):135~137.

### 作者简介:

汪森(1994--),男,汉族,陕西省渭南市人,本科,助理工程师,研究方向:工程测量与变形监测。