

智能测绘创新技术在矿山工程测量中的应用

李福明 李得风 苏海龙 王亚州
青海山金矿业有限公司, 青海 都兰 816101

[摘要]伴随着矿山工程建设的发展,传统的测绘手段已经无法跟上效率和精度的要求。智能化测绘技术利用无人机航拍、激光雷达扫描、GNSS 定位以及三维建模的方式实现对矿区地貌、边坡、施工现场的高效、精准测量,可以进行实时的数据更新和预警提示,现在其已经被广泛应用到矿山测量当中,在提升测量的效率、精确度的同时,强化了施工过程中的安全管理,保障了矿山工程建设的有序开展及可持续发展。

[关键词]智能测绘创新技术; 矿山工程; 工程测量; 技术应用

DOI: 10.33142/ec.v8i12.18770

中图分类号: TD17

文献标识码: A

Application of Intelligent Surveying and Mapping Innovation Technology in Mining Engineering Surveying

LI Fuming, LI Defeng, SU Hailong, WANG Yazhou
Qinghai Shanjin Mining Co., Ltd., Dulan, Qinghai, 816101, China

Abstract: With the development of mining engineering construction, traditional surveying and mapping methods can no longer keep up with the requirements of efficiency and accuracy. Intelligent surveying and mapping technology utilizes unmanned aerial vehicle aerial photography, laser radar scanning, GNSS positioning, and 3D modeling to achieve efficient and accurate measurement of mining terrain, slopes, and construction sites. It can provide real-time data updates and warning prompts. Now it has been widely used in mining surveying, improving measurement efficiency and accuracy while strengthening safety management during construction, ensuring the orderly and sustainable development of mining engineering construction.

Keywords: innovative technology in intelligent surveying and mapping; mining engineering; engineering surveying; technology application

引言

矿山工程测量是矿山建设和生产的保证,也是矿山安全保障的基础条件之一,矿山工程测量的精度及时效性直接影响到矿区施工、生产以及安全生产情况。但是矿山工程测量始终面临着恶劣的环境、狭窄的空间以及移动的被测目标等诸多困难,传统的测量方式依靠手工操作、局部数据获取的方式进行测量工作,不仅耗费时间长、工作效率低,在数据精度和安全风险控制等方面也存在不足之处,并不能适应现代化矿山工程中对于时效性、精度以及智能化的要求。近年来,无人机航空摄影、三维激光雷达扫描、GNSS 高精度定位和三维模型构建等一系列新型智能测绘技术的发展使得矿山工程测量逐渐向着自动智能化方向转变。不仅可以快速高效的获取矿区、边坡、巷道等被测目标的三维数据信息,还可以通过数据处理分析对其进行动态跟踪和安全风险监控并给出相应的建议,为工程的设计和施工及决策提供了可靠的数据参考依据。同时也降

低了工作人员下井的风险,提高了工作效率,为矿山工程提供数字化、信息化管理服务和持续发展的技术支持力量。论文主要针对当前智能测绘新技术在矿山工程测量领域的应用进展、相关关键技术、优点和发展方向进行综述,希望能为矿山测量的智能化、精细化、安全管控等方面提供理论参考和技术支持。

1 矿山工程测量的特点

矿山工程测量,特别是井下测量,由于其特殊的地下作业环境,及其工程性质的不同,有着不同于地面工程测量的独特之处。首先,井下工作条件艰苦险恶。井下存在黑暗、潮湿、狭小、通风差、有毒有害气体等不利因素,给测量工作人员的人身安全带来隐患,同时对其所使用测量仪器的选择、采用的测量手段和办法提出了新的特殊要求;其次,测量对象特殊,在于其测量对象均为活动着的巷道、采掘工作面和矿体形态,要求随测随做,具有很强的目的性和针对性;再者,精度控制难度较大,井下测量

易于发生误差积累,导线测量延伸越长,远端精度越低,贯通精度与分段逐级控制就变得非常重要。一般情况下,测量控制网是在随着巷道的掘进而边施工边建立,以保证闭合导线精度符合工程的要求;最后,矿山测量工作必须伴随整个矿井开采矿体的全过程,从竖井的施工、巷道的掘进、采场的回采直至最后的竣工验收都需要不断地测绘制作和修改工程图件,用来指导生产建设。伴随着智慧矿山的发展,传统的矿山测量技术与现代三维激光扫描、无人机倾斜摄影、惯性导航等智能测绘新技术逐渐融合在一起,不断提高矿山测量的数据采集速度及精度,使得矿山测量更加的智能化、精细化。

2 智能测绘技术在矿山工程测量中的应用

2.1 矿区地形与地貌测量

矿区地形和地貌测绘属于矿山工程测绘工作的最基层工作,它的精确、完整程度直接决定了矿山规划、施工布设以及开采是否合理等问题。传统的测绘手段在复杂的山地环境当中通常受制于工作效率、数据精确性以及现场安全性等问题,而智能测绘技术基于无人机倾斜摄影、LiDAR(激光雷达)、高精度GNSS(全球卫星导航系统)定位等技术可以对复杂地形矿山进行大面积的高效、精准测绘。无人机低空遥感可以在较短时间对整座矿山进行一次清晰的影像记录和数字高程模型建立,可以很轻松地覆盖一些难以到达的垂直崖壁区域或一些狭长峡谷地带,LiDAR高精度地面对一些细微特征例如坡度的变化、沟谷走向、岩石断裂带等都能够进行精确捕捉,为三维地理信息模型提供了可靠的数据支撑,GNSS技术可以方便地对矿山的关键位置进行精准测量,保证了整个测绘网络的准确无误和闭合^[1]。此外,智能测绘技术也可以对多元数据进行综合处理,形成精细的地形图和矿山水文地质图,并通过实时数据更新来记录矿区地形细微变动情况,为采矿设计、排水设计、道路设计以及边坡稳定分析等工作提供了真实有效的依据。

2.2 边坡与开挖面监测

边坡与开挖面监测属于矿山工程测量的一项主要内容,其主要目的就是为了保证施工的安全、提高矿山开采效益以及预防地质灾害的发生,在矿山开采中,边坡、开挖面时常处在不稳定的状态下,很容易出现岩石风化、节理张开、局部滑落或者下沉的现象,常规的人工观测方式难以达到现代矿山企业对于精度、覆盖面、时效性的要求,而且在高陡地段进行施测还具有一定的危险性。智能化测绘技术采用激光雷达扫描、无人机倾斜摄影、GNSS高精

度定位、惯性导航测量等方法,做到了对边坡和开面的高精度、全覆盖及动态监测,其中激光雷达可以记录密集的点状数据,对岩壁表面情况、裂隙发育程度及细微形变都有较高的还原度,可为建立三维模型及稳定性评价提供准确数值;无人机倾斜摄影在短时间内便能获得较大面积、高分辨率图像,实时监测边坡和开挖面,有助于发现可能存在的不稳定区段。GNSS和惯导系统能在边坡动态变动的情况下持续测图,实时传输坐标信息,多种监测方式相结合,经过处理分析,我们可以得到较为精确的位移变化量、移动速度、危险级别及其相关三维展示图,为施工调整、安全警报以及决策制定等提供参考依据。另外也节省了工作人员在复杂地形中的工作时间,降低了测量工作的危险系数,提高了工作效率,为矿山建设工程施工中的信息化管理及长久发展奠定了良好的数据基础和技术支持。

2.3 道路、平台及施工设施测量

路面、工作台面与采掘设备测量属于矿山工程测量的基础内容之一,对指导建设施工、安全生产和物资供应起到十分重要的作用,基于无人机的智能测绘手段能够利用无人机航拍、激光点云扫描、高精度GNSS定位,在短时间内得到矿山道路路线、平台标高、采掘设备的空间位置与形状等精确三维地理信息,完成精准化、三维化的数据采集工作。通过应用三维实景模型及DTM数字地面模型对其进行坡度计算、标高和平整程度分析、采掘设备布局研究,可对矿山运输调度、安全生产、机械设备操作等方面给予有效的参考数据支持。此外,在持续观测与实时数据处理的基础上,可以及时掌握矿山道路路面沉陷、平台位移与变形、采掘设备位置变化等情况的发生,便于工程人员在施工管理过程中做出针对性解决措施,使矿山施工组织更加合理有效,提升了施工效率及安全性,实现了由传统人工测量到智能化、可视化、精准化的工程测量管理方式转换。

2.4 三维建模与工程设计辅助

三维建模对矿山工程测量有着极大的工程设计参考价值,在智能测绘的应用方面有着举足轻重的地位。无人机航拍、激光雷达(LiDAR)扫描及GNSS精密定位获取矿场地形、边坡、道路、施工器械等的空间位置信息,形成高精度三维模型,既可直观了解复杂矿山地质特征与工程构造,又可在电脑端完成测量、设计仿真及施工方案审核等功能,为工程设计提供可靠支持^[2]。另外,基于三维模型的智能分析软件还能分析开挖面稳定性、道路坡度和台阶设置情况、机械配置及物资分配等,使设计方案更加

合理可行，加快施工进度。

2.5 数据分析及安全风险预警

数据分析及安全风险预警是智能测绘技术应用于矿山工程测量的高层次，是开展安全监管和合理决策的基础。无人机航摄、激光雷达（LiDAR）、GNSS 测量和三维建模技术获取到的大量空间数据，在智能分析系统和算法的基础上可对矿区内地表形变、边坡位移、开挖下沉、道路变形和施工设备的状态等进行监测并预测发展趋势，通过大数据处理及可视化方法可以直观展示出矿区内存在安全隐患及变化异常现象，为管理人员提供先期警示信号，为工程施工调整、边坡加固和事故防范等决策提供依据。另外，基于动态监测数据库和智能分析预警模型可以对矿山工程建设运行全周期实施跟踪监控，以实时数据为基础对矿山工程测量中的潜在风险进行管控，使矿区安全管理工作更加积极主动和精准化，有助于减少生产安全事故的发生率和设备损害概率，保证矿山工程测量和施工安全稳定有序开展。

3 发展趋势与应用策略

3.1 自动化与智能化测量技术发展方向

随着矿山工程测量的任务难度提升，测量精度要求越来越高，自动化、智能化的测量方法是当前矿山测量的主要发展方向，现代无人驾驶飞机航空摄影测量、激光雷达、GNSS 高精度定位，移动测量系统等技术相结合就可以完成矿山的全自动化测绘过程，在进行数据采集、数据分析、建模方面都不需要人工干涉，从而节省了大量的人力资源并提升了测绘的精准度，而且在智能算法和人工智能的应用上也可以让测量设备自主识别地面信息、山体滑坡、开采界面情况等，做到实时监测、实时警报。今后的发展还将是多平台联动测量，无人巡逻、云计算存储及智能操控的一体式发展，使测量作业变得更加快捷流畅、安全稳定；另外智能测量手段也会进一步衔接矿山信息化管理系统，工程进度调度系统以及矿山安全控制系统，来推进矿山测量的信息化、自动化、集成化升级，为矿山工程的设计建设及安全生产做好保障。

3.2 多源数据融合与大数据应用

多源数据集成与大数据运用是智能化测绘技术应用于矿井工程测量中的关键技术来保证精确度及合理化判断的方法。而矿山测量所获取的数据量庞大且来源复杂多样，有无人机航空摄影照片、航测激光点云、GNSS 测量结果、地质勘查材料及其相关传感器采集数据等，各类型之间的数据不仅在数据形态、精确程度上有区别而且存在

时间上的误差。构建多源数据集成环境，把多种不同渠道获取的各种类型的数据加以集成处理、坐标转换以及数据集成，完成各类空间数据间的精准对接以及更新^[3]。并且依托大数据处理技术，通过对大量测量数据的分析计算、数据比对、特征提取来寻找出矿区地表、坡体移动及隐患的相关特性以指导矿井工程的设计建设与安全防范工作。

3.3 AI 智能辅助决策在矿山测量中的潜力

人工智能（AI）应用于矿山测绘之中，逐渐成为智能决策、风险管理的有效工具。基于深度学习、机器学习、模式识别等算法，AI 可以针对无人机航测、激光雷达、GNSS 定位、各类传感器所获得的大数据源测绘数据，自主完成分析处理，并迅速找到地形变化、边坡失稳征兆以及危险源等问题所在，实现实时跟踪、监测报警功能，同时基于大数据的历史测绘记录与实时监控数据，AI 可以构建出预测模型为决策者提供施工方案制定、资源配置、风险防范方面的参考，使决策更加地高效准确，智能化算法还可用于三维重建、路径选择、施工方案，增强测绘数据的实际利用效能。

3.4 绿色、安全及可持续测量技术发展

绿色、安全与可持续的测量技术发展方向，是矿井工程智慧测绘应用的发展方向，目的在于在保证测量准确度、效率的基础上尽可能的减少对环境和带来的安全隐患。利用无人机航空摄影、激光雷达以及移动测量系统等智慧化手段进行接触式的高效测量，减少了人工深入危险区域的次数，大大提升了测量的安全系数。先进的勘测仪器加上节能减排的技术手段也使得作业耗能减小，二氧化碳排放量减少，达到绿色测量的要求^[4]。可持续性的测绘还包括了数据管理和后期监测，构建统一标准的测量数据库，及时更新测量记录，对矿区的信息做到实时性、长久可用的状态，使矿区的信息可以更好的服务于矿井的设计建设与环境等方面。

3.5 智能测绘技术应用策略与管理措施

智能化测绘技术在矿山工程项目中的合理运用不仅仅依靠自身技术优势，更需要合理有效的运用方式以及良好的管理制度保障。要建立完善的测绘作业技术规范与标准，无人机航拍、雷达扫描仪、GNSS 导航系统、三维模型创建等流程标准化执行，保障各项测量工作的顺利开展和有条不紊。另外要有相关的培训体系以及考核标准，在技术水平和安全保障方面提升测绘工作人员的能力，使无人机操控、雷达使用、测量数据记录和分析等工作做到科学严谨。并且要搭建起测绘数据库与信息共享系统，统筹

管理各种仪器获取的信息,实时更新,互通有无,增强测绘结果对于后续工作的指导作用。根据矿山项目具体需求,完善相应的技术更新方案、维护保养制度,保障测绘设备正常投入使用。

4 结语

智慧测绘新技术对矿山工程测量有着巨大的应用价值及广阔的发展前景。无人机航摄、激光雷达扫描、GNSS定位、三维建模等一系列高新技术的应用让矿区测量走向精准化、高速化和实时监控化,保证了测量结果的真实性和准确性的同时又加强了施工安全性及项目决策的科学性。多元数据采集分析智能化,让矿山测量由传统的手工操作转变为现代的信息化管理,数字化处理,为矿山的边坡检测、开挖界面监测和施工现场设备布置都提供了准确的数据依据。今后,伴随着科学技术发展日新月异,智慧测绘还将继续促进着矿区测量的自动化、

可视化、持续更新,为矿山工程建设安全、高效、环保开采保驾护航。

[参考文献]

- [1]林晓虎.智能测绘创新技术在矿山工程测量中的应用[J].世界有色金属,2021(17):17-18.
- [2]张峰林.智能测绘技术在露天矿山开采测量中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2021(19):183-184.
- [3]李培智.智能测绘技术在露天矿山开采测量中的应用[J].世界有色金属,2020(7):30-31.
- [4]黄勇.测绘新技术在现代矿山工程测量中的应用分析[J].中国金属通报,2024(12):52-54.

作者简介:李福明(2001.7—),男,毕业院校:青海民族大学,学历:本科,专业:土地资源管理,单位:青海山金矿业有限公司,职务:测量技术员,职务年限:2年,职称:技术员。