

三维激光扫描技术在矿山测量中的应用

张太 李维鹏

天津市地球物理勘探中心 天津 300000

摘要：三维激光扫描技术作为现代测绘领域的一项先进技术，为矿山测量带来了革新性的变化。本文介绍了三维激光扫描技术，其基于激光测距原理，分地面、机载和便携式三种类型，具有精度高、效率高、非接触测量、数据全面等优势。该技术在矿山地形、矿体测量，矿山变形监测及开采设计辅助中应用广泛，能获取高精度数据，生成多种成果辅助矿山工作。其应用优势显著，可提高测量精度与质量、提升工作效率、增强数据可视化和分析能力，还能保障测量人员安全，助力矿山生产高效、有序、可持续发展。

关键词：三维激光扫描技术；矿山测量；应用

引言

在矿山测量领域，精准、高效且安全的测量技术至关重要。随着科技发展，三维激光扫描技术应运而生，它基于激光测距原理，能快速获取目标物体表面大量点的三维坐标信息，形成点云数据并构建三维模型。该技术分为地面、机载和便携式三种类型，在矿山地形、矿体测量，变形监测及开采设计辅助等多方面应用广泛。本文将详细阐述三维激光扫描技术在矿山测量中的具体应用及其显著优势。

1 三维激光扫描技术概述

三维激光扫描技术基于激光测距原理开展工作，它先发射激光信号，再接收反射回来的信号，以此测量目标物体与扫描仪之间的距离。扫描仪会在水平和垂直方向进行快速扫描，从而获取目标物体表面大量点的三维坐标信息，这些点汇聚形成点云数据。对点云数据进行处理和分析后，能够重建出目标物体的三维模型，实现精确测量与直观的可视化展示。根据扫描仪不同的工作方式以及具体的应用场景，三维激光扫描技术可划分为地面、机载和便携式三种类型。地面三维激光扫描技术常用于矿山地形、矿体的精细测量工作；机载三维激光扫描技术具备快速获取大面积矿山区域地形数据的能力，在矿山整体规划以及大范围地形测绘中发挥重要作用；便携式三维激光扫描技术则以其灵活便携的特点，适用于矿山井下等狭小空间的测量任务。该技术具有显著优势，在精度上，能达到毫米级的测量精度，充分满足矿山测量对数据精度的严苛要求；在效率方面，扫描速度快，能在短时间内获取海量三维数据，有效提高测量效率，大幅减少外业工作时间；其测量方式为非接触式，无需与目标物体直接接触，避免了传统测量方法因接触目标物体而产生的误差和危险，尤其适合复杂地形

和危险区域的测量；在数据获取上十分全面，点云数据包含目标物体表面丰富的信息，能全面且细致地反映目标物体的形态和特征，为后续的数据处理和分析提供了充足的数据支撑。

2 三维激光扫描技术在矿山测量中的具体应用

2.1 矿山地形测量

三维激光扫描技术在矿山测量领域应用极为广泛，对于矿山地形测量方面成效尤为突出。在矿山大面积地形测绘工作中，机载三维激光扫描技术展现出显著优势，借助飞行作业，扫描仪可在短时间内实现对矿山大面积区域的覆盖，高效获取高精度的地形点云数据。对这些数据进行专业处理后，能够生成数字高程模型（DEM）、数字正射影像图（DOM）等重要成果，这些成果为矿山整体规划、土地复垦等工作提供了不可或缺的基础地形资料，进而助力矿山设施的合理布局以及科学土地复垦方案的制定，保障矿山开发与生态保护能够协调有序推进^[1]。在复杂地形测量方面，该技术同样表现卓越，针对矿山中存在的陡坡、悬崖、沟壑等传统测量方法难以实施且精度无法保证的复杂地形，三维激光扫描技术采用非接触式测量方式，可精准获取复杂地形表面的三维坐标信息，准确呈现地形起伏变化。经数据处理后，可生成等高线图和三维地形模型，等高线图能清晰地展示地形高度变化，为矿山开采设计提供可靠依据，辅助确定开采边界与开采顺序；三维地形模型可直观呈现矿山整体地形状况，为排水系统规划提供详细地形信息，有助于设计合理的排水路线和排水设施布局，从而保障矿山生产安全。

2.2 矿体测量

在矿体测量工作中，三维激光扫描技术发挥着重要作用。在矿体形态测量方面，该技术具备精确测量的能

力。操作时,在矿体表面实施扫描作业,能够获取矿体表面的点云数据。随后对这些数据进行处理与建模,进而生成矿体的三维实体模型。此模型可直观呈现矿体的形状、大小以及空间位置等关键信息。这些信息对于矿体的储量计算和开采方案制定意义重大,能为后续工作提供重要依据,确保储量计算的准确性和开采方案的科学性。在矿体边界确定环节,三维激光扫描技术同样优势明显。在矿山开采进程中,准确确定矿体边界是合理开采和充分利用资源的关键。三维激光扫描技术可对矿体周边岩石和矿体本身进行扫描,由于不同物质具有不同的反射特性,通过扫描能获取这些差异。再结合数据处理算法,就可以精确划分出矿体边界。与传统的地质勘探方法相比,三维激光扫描技术在确定矿体边界时精度更高、效率更快^[2]。传统方法可能因各种因素导致边界确定不准确,进而造成资源浪费和增加开采风险,而三维激光扫描技术能有效避免这些问题,为矿山开采提供更可靠的边界信息,保障矿山开采活动在合理范围内进行。

2.3 矿山变形监测

矿山变形监测中,三维激光扫描技术应用关键。在地表变形监测方面,矿山开采易引发地表沉降、塌陷等变形,威胁周边环境与建筑物。运用三维激光扫描技术,按一定周期对矿山地表开展扫描工作,能获取不同时期的地表点云数据。对这些不同时期的点云数据进行对比分析,可精准算出地表各点的位移变化数值,进而及时发现地表变形走向和异常区域。依据监测所得结果,能针对性地采取治理和防范举措,如对沉降区域进行填充加固等,保障矿山周边环境处于安全状态。在井下巷道变形监测方面,井下巷道在矿山开采时受采动影响,极易出现变形和破坏情况。三维激光扫描技术可对井下巷道实施全方位扫描,获取巷道表面的三维坐标信息。将获取的信息与初始设计模型或者前期监测数据进行对比,能够准确评估巷道的变形状况,涵盖巷道的收敛、底鼓、顶板下沉等情况。根据变形监测结果,可及时对巷道采取支护和维护措施,比如安装支护架、对底鼓部位进行挖掘处理等,确保井下作业人员的人身安全以及设备设施的正常运行,维持井下作业环境的稳定。

2.4 矿山开采设计辅助

在矿山开采设计辅助工作中,三维激光扫描技术作用重大。于开采方案优化而言,先借助该技术获取矿山地形与矿体的三维模型,再结合矿山开采工艺及设备参数,运用计算机模拟软件对多种开采方案展开模拟与分析^[3]。通过对比不同方案在开采效率、资源回收率、环境影响等方面的指标数据,可筛选出最优开采方案,

确定最适宜的开采方式。如此能实现资源的高效利用,减少开采过程中的资源浪费,同时降低对周边环境的破坏,提升矿山开采的经济与环境双重效益。在设备选型与布局方面,依据矿山地形条件与开采规模,利用三维激光扫描技术生成的三维模型,可模拟不同设备在矿山内的运行状况与工作范围。对设备运行参数进行深入分析与模拟后,能科学合理地挑选设备型号与数量。依据模拟结果优化设备布局,让设备在矿山开采中发挥最大效能,提高设备利用率与生产效率。合理的设备布局还能避免设备之间的相互干扰,减少设备空转时间,降低设备采购成本与运行成本,保障矿山开采工作稳定、高效、经济地开展。

3 三维激光扫描技术在矿山测量中的应用优势

3.1 提高测量精度和质量

三维激光扫描技术在矿山测量中能显著提高测量精度和质量,该技术具备高精度特性,在数据获取过程中,可精准捕捉目标物体的三维坐标信息,为矿山测量提供极为准确的数据支撑。传统测量方法多依赖人工操作,在测量过程中易受测量人员技术水平、操作规范程度等因素影响,从而产生人为误差。而且,传统测量方式受外界环境因素制约较大,如光照、天气、地形复杂程度等,都可能干扰测量结果的准确性。三维激光扫描技术则不同,它采用自动化扫描方式,减少了人工干预,有效降低了人为误差的产生概率。同时,其抗外界环境干扰能力较强,能在多种复杂环境下稳定工作,获取高质量的测量数据。这些高精度、可靠的测量数据,在矿山规划阶段,可为合理布局矿山设施、规划开采区域提供精确依据;在矿山设计环节,有助于设计出更科学、更符合实际的开采方案;在矿山开采过程中,能为开采作业提供准确指导,保障开采安全。

3.2 提升测量工作效率

三维激光扫描凭借快速扫描与高效数据处理能力,可于短时间内获取海量三维数据。在矿山测量外业工作中,传统测量方式往往需要测量人员手持各类仪器,在矿山复杂地形中逐步测量,不仅耗费大量时间,而且测量人员劳动强度大。而三维激光扫描无需如此烦琐操作,其设备可快速对目标区域进行全方位扫描,迅速捕捉地形、矿体等物体的三维信息,极大缩短了外业测量时长,减轻了测量人员的工作负担^[4]。进入内业数据处理阶段,配套的数据处理软件自动化程度颇高。它能自动对扫描获取的原始数据进行识别、分类、处理与分析,快速生成数字高程模型、三维实体模型、等高线图等各类测量成果。传统数据处理方式需要人工进行大量计

算、绘图等工作,效率低下且易出错。而借助三维激光扫描的数据处理软件,内业数据处理效率大幅提升,测量成果能及时输出,为矿山生产各环节提供及时、准确的数据支持,保障矿山生产活动的顺利推进,使矿山能够依据最新测量数据迅速作出决策与调整。

3.3 增强数据可视化和分析能力

利用三维激光扫描获取的点云数据,经专业处理能生成直观的三维模型与多样图表。在矿山场景中,这些可视化成果发挥着重要作用。矿山管理人员和技术人员借助三维模型,可清晰洞察矿山的实际状况。三维模型能全方位呈现矿山地形地貌、矿体形态及位置等信息,让相关人员对矿山整体布局有直观认识。对于矿体空间分布,三维模型能精准展示其在矿山中的具体位置、走向以及与周边地质体的关系,有助于合理规划开采区域,避免盲目开采造成资源浪费和环境破坏。在开采进度展示方面,通过不同时期生成的三维模型对比,能直观看到矿体的开采变化情况,清楚地掌握开采进度是否符合计划要求。各种图表则能从不同维度对矿山数据进行呈现,如反映矿体储量变化的柱状图、展示开采效率的折线图等。这些可视化成果为数据分析和决策提供了便利条件,管理人员和技术人员可基于这些直观信息,深入分析矿山生产中的问题,制定科学合理的生产调度方案和资源管理策略,保障矿山生产高效、有序、持续进行。

3.4 保障测量人员安全

矿山测量工作中,部分区域潜藏诸多危险。像陡峭山坡,坡度大、地势险,测量人员攀爬过程中极易滑倒摔伤;塌陷区地面不稳定,存在突然塌陷的可能,一旦踏入,后果不堪设想;井下巷道空间狭窄,且受开采活动影响,可能出现顶板冒落、片帮等状况,对测量人员生命安全构成严重威胁。传统测量方式要求测量人员必

须亲自抵达这些危险区域,使用测量仪器开展作业。在此过程中,测量人员不仅要承受恶劣环境带来的身体不适,还要时刻警惕危险的发生,精神高度紧张,安全风险极大。三维激光扫描具有非接触式测量的特性,测量人员无需进入危险区域。只需在安全地带操作设备,设备发射出的激光就能对危险区域的目标进行扫描,获取所需的三维数据^[5]。这种方式将测量人员与危险区域隔离开来,从根源上避免了测量人员与危险因素的直接接触,大大降低了安全事故发生的概率,为测量人员的生命安全提供了坚实保障。

结语

综上所述,三维激光扫描技术在矿山测量中展现出了多方面的卓越优势与强大应用能力。它不仅显著提高了测量的精度与质量,大幅提升工作效率,还增强了数据的可视化与分析能力,更为测量人员的安全提供了可靠保障。在矿山地形测量、矿体测量、变形监测以及开采设计辅助等各个环节都发挥着关键作用。随着技术的不断发展,相信三维激光扫描技术将在矿山测量领域持续创新,为矿山的科学规划、高效开采和可持续发展提供更有力的支持。

参考文献

- [1]王伟.三维激光扫描技术在矿山测量中的应用分析[J].中国金属通报,2025(7):67-69.
- [2]钟玉娟.三维激光扫描技术在矿山测量中的应用分析[J].世界有色金属,2025(11):199-201.
- [3]苏凤波,杨佳楠,刘芳芳,等.三维激光扫描技术在矿山测量中的应用研究[J].有色矿冶,2025,41(2):17-21.
- [4]邢钰姣.三维激光扫描技术在矿山测量中的应用与研究[J].世界有色金属,2024(21):157-159.
- [5]杨庆.三维激光扫描技术在矿山地质测量中的应用研究[J].石材,2025(8):21-23.