

三维动态测量技术在地下矿山的测绘与 安全生产管理应用实践

李国春

内蒙古地质矿产勘查有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010010

摘要：三维动态测量技术在地下矿山的测绘与安全生产管理中展现出显著的应用价值。本文探讨该技术在地下矿山测绘中的高精度测量与三维建模能力，以及在安全生产管理中的实时监测、风险预警与应急响应功能。通过实际案例，分析三维动态测量技术如何提升矿山测绘的准确性和效率，同时增强矿山的安全监控能力，有效预防和控制安全事故的发生。该技术为地下矿山的安全生产和可持续发展提供有力的技术支持。

关键词：三维动态测量技术；地下矿山；安全生产管理

1 三维动态测量技术概述

三维动态测量技术是近年来随着计算机技术、光学技术和传感器技术的飞速发展而兴起的一种高精度测量手段。它能够在三维空间中实时捕捉并测量物体的动态变化，为工程、科研、医疗等领域提供了强大的技术支持。该技术通过高速相机、激光扫描仪等高精度传感器，结合先进的算法和数据处理技术，能够实现对物体形状、尺寸、位置等参数的快速、准确测量。其应用范围广泛，如在航空航天领域，可用于飞行器的动态性能分析；在汽车制造中，可实现车身的精准定位和装配；在医疗领域，能辅助医生进行手术规划和操作^[1]。三维动态测量技术不仅提高测量的精度和效率，还推动相关领域的科技进步和创新发展。随着技术的不断成熟和应用领域的不断拓展，三维动态测量技术将在未来发挥更加重要的作用。

2 三维动态测量技术应用于地下矿山的优势

2.1 非接触性测量，减少安全隐患

在地下矿山这一充满潜在危险的环境中，传统的人工测量方式往往需要测量人员直接深入到矿洞、巷道等危险区域，这不仅增加他们面临坍塌、滑坡、有毒气体等自然灾害的风险，还可能因操作不慎或设备故障导致意外伤害。而三维动态测量技术凭借其非接触性的测量特点，有效避免了这些风险。该技术利用激光扫描仪、高速相机等高精度传感器，在不与被测物体直接接触的情况下，通过光、电等信号的反射或传输，实现对矿山内部结构和开采面的高精度测量。这种非接触式测量方式不仅保障测量人员的生命安全，还减少因测量而可能引发的矿山安全事故，为地下矿山的安全生产提供有力保障。

2.2 高速数据采样，提高测绘效率

地下矿山环境复杂多变，地质构造、矿体形态、开采进度等因素都在不断变化，这要求测绘工作必须快速、准确地进行。传统测绘方式往往依赖于人工操作，测量速度慢，数据采样周期长，难以满足矿山开采的实时性需求。而三维动态测量技术凭借其高速数据采样的能力，能够在短时间内获取大量测量数据，显著提高测绘效率^[2]。通过激光扫描、摄影测量等高精度传感器，该技术可以在极短的时间内完成对矿山内部结构和开采面的全面测量，生成高精度的三维模型。这些模型不仅为矿山开采提供直观的视觉支持，还为矿山管理提供及时、准确的测绘信息，有助于矿山企业更好地规划开采方案，优化资源利用。

2.3 高精度测量，确保数据准确性

地下矿山开采对测量精度要求极高，因为任何微小的误差都可能导致开采方向的偏离，进而影响矿山资源的有效开发和利用。传统测量方式由于操作复杂、设备精度有限等原因，往往存在较大的测量误差。而三维动态测量技术采用高精度传感器和先进算法，能够实现毫米级甚至更高精度的测量，确保测量数据的准确性。该技术通过激光扫描、摄影测量等手段，获取矿山内部结构和开采面的精确数据，并通过先进的数据处理算法对数据进行优化和校正，从而生成高精度的三维模型。这些模型不仅为矿山开采提供了可靠的测量数据支持，还为矿山管理提供科学依据，有助于矿山企业更好地掌握矿山资源分布情况，优化开采方案，提高资源利用率。

3 三维动态测量技术在地下矿山测绘中的应用

3.1 测绘项目需求分析

地下矿山测绘相较于地面测绘，具有其独特的复杂

性和挑战性。地下空间受限,光线不足,且存在地质构造复杂、矿体形态多变、开采活动频繁等特点,这些都给测绘工作带来了极大的困难,地下矿山环境往往存在安全隐患,如坍塌、滑坡、有毒气体等,进一步增加测绘工作的风险。地下矿山测绘需要采用高精度、高效率、高安全性的测绘技术,以确保测绘结果的准确性和可靠性。地下矿山测绘项目的主要内容包括但不限于:地下巷道、矿体形态及分布的测绘,矿山地质构造的探测,以及开采活动对矿山稳定性影响的评估等。这些测绘内容要求测绘结果必须具有高精度、高完整性、高时效性。高精度要求测绘结果能够准确反映矿山内部结构和矿体形态,为矿山开采提供可靠的依据;高完整性要求测绘结果能够全面覆盖矿山内部所有关键区域,避免遗漏重要信息;高时效性要求测绘工作能够快速进行,以满足矿山开采的实时性需求^[3]。

3.2 技术方案与实施步骤

针对地下矿山测绘的特殊性和要求,需要选定合适的三维动态测量系统。该系统应具备高精度、高效率、高安全性的特点,能够适应地下矿山复杂多变的环境。目前,市场上常用的三维动态测量系统包括激光扫描仪、摄影测量系统、惯性导航系统等。在选择时,需要综合考虑系统的精度、速度、稳定性、安全性以及成本等因素,以确保选定的系统能够满足测绘项目的需求。测量方案设计是三维动态测量技术在地下矿山测绘中应用的关键环节,测量方案应包括测量点的布置、测量参数的设定、数据采集的方式等。测量点的布置应根据矿山内部结构和矿体形态的特点,合理确定测量点的位置和数量,以确保测绘结果的全面性和准确性。测量参数的设定应根据系统的性能和测绘项目的要求,合理设定扫描速度、扫描角度、分辨率等参数,以确保测绘结果的高精度。数据采集的方式应根据矿山环境的特点,选择合适的采集方式,如手持式扫描、固定站式扫描等,以确保数据采集的效率和安全性。在实地数据采集过程中,需要严格按照测量方案进行操作,确保数据采集的准确性和完整性,需要注意安全防范措施,如佩戴防护装备、设置安全警示标志等,以确保测量人员的生命安全。数据采集完成后,需要对数据进行处理和分析。处理过程包括数据去噪、数据拼接、数据校正等步骤,以确保数据的准确性和完整性。分析过程包括数据可视化、数据统计分析等步骤,以提取有用的信息,为矿山开采提供科学依据。

3.3 应用实例分析

(1)在某地下矿山巷道测绘项目中,采用了三维动

态测量技术进行测绘。首先,根据巷道的特点和要求,选定合适的激光扫描仪作为测量系统。根据巷道的结构和形态,合理布置测量点,并设定扫描参数。在实地数据采集过程中,采用手持式扫描方式,确保数据采集的效率和安全性。数据处理完成后,得到巷道的三维模型,该模型准确地反映巷道的结构和形态,为巷道支护和开采提供可靠的依据^[4]。(2)在某地下矿山矿体形态及分布测绘项目中,同样采用三维动态测量技术进行测绘,根据矿体的特点和要求,选定合适的摄影测量系统作为测量系统。根据矿体的形态和分布特点,合理布置测量点,并设定拍摄参数。在实地数据采集过程中,采用固定站式拍摄方式,确保数据采集的准确性和完整性。数据处理完成后,得到矿体的三维模型,该模型准确地反映矿体的形态和分布特点,为矿山开采提供科学的依据。为了评估测绘结果的精度,采用多种方法进行验证和比较。首先将测绘结果与已知的地质资料进行对比,检查测绘结果的准确性和一致性。其次采用专业软件进行精度评估,计算测绘结果的误差范围和精度指标。最后结合实际情况和矿山开采的需求,对测绘结果的精度进行综合评价。经过评估,发现测绘结果的精度较高,能够满足矿山开采的需求,为矿山开采提供可靠的依据。

4 三维动态测量技术在地下矿山安全生产管理中的应用

4.1 安全生产管理现状分析

地下矿山作为资源开采的重要场所,其安全生产问题一直备受关注。由于地质条件复杂、开采难度大、作业环境恶劣等因素,地下矿山安全生产面临着诸多挑战。其中,巷道坍塌、透水事故、瓦斯爆炸等是地下矿山常见的安全事故,这些事故不仅会造成人员伤亡和财产损失,还会对矿山企业的声誉和可持续发展造成严重影响。目前,地下矿山的安全管理手段主要依赖于传统的安全检查和人工监控。这些手段存在诸多不足,传统安全检查往往依赖于人员的经验和直觉,缺乏科学性和准确性^[5]。人工监控难以实现对矿山内部所有区域的全面覆盖,存在监控盲区。现有安全管理手段在数据收集、分析和处理方面存在不足,难以及时发现和处理潜在的安全隐患。

4.2 技术应用方案

针对地下矿山安全生产管理的需求,可以引入三维动态测量技术,设置安全监测点,对矿山内部的关键区域进行实时监测。监测点的设置应根据矿山的地质条件、开采进度和安全隐患等因素进行合理规划,确保监

测范围全面、监测数据准确。监测内容应包括巷道稳定性、矿体变形、地下水位变化、瓦斯浓度等关键参数，这些参数是评估矿山安全状态的重要指标。通过三维动态测量技术，可以实现对安全监测点的实时监测，利用高精度传感器和数据处理算法，可以实时获取监测点的数据，并进行处理和分析。数据分析包括数据清洗、数据融合、数据挖掘等步骤，以提取有用的信息，为安全生产管理提供科学依据。实时监测和数据分析可以及时发现潜在的安全隐患，为矿山企业采取预防措施提供时间窗口。基于实时监测和数据分析的结果，可以建立风险预警机制。当监测数据超过预设的阈值时，系统可以自动触发预警信号，提醒矿山企业采取预防措施，可以制定应急预案，明确应急响应流程和责任分工，确保在发生安全事故时能够迅速、有效地进行应急处置。风险预警和应急响应机制的建立，可以进一步提高地下矿山安全生产管理的效率和准确性。

4.3 实际应用效果

三维动态测量技术的应用，使得地下矿山安全生产管理实现了从人工监控到实时监测的转变。通过实时监测和数据分析，可以及时发现潜在的安全隐患，并采取预防措施，避免了安全事故的发生，三维动态测量技术还可以提供矿山内部的三维模型，为矿山企业制定开采方案 and 安全管理措施提供科学依据。这些措施的实施，大大提高安全生产管理的效率。三维动态测量技术的应用，使得地下矿山的安全生产管理更加科学、准确。通过实时监测和数据分析，可以及时发现和处理潜在的安全隐患，避免安全事故的发生，风险预警和应急响应机制的建立，使得矿山企业在发生安全事故时能够迅速、有效地进行应急处置，减少人员伤亡和财产损失。这些措施的实施，使得地下矿山的安全生产形势得到显著改

善^[6]。三维动态测量技术的应用，不仅提高地下矿山安全生产管理的效率和准确性，还提升矿山整体安全管理水平。通过实时监测和数据分析，矿山企业可以更加全面地了解矿山内部的安全状况，制定更加科学、合理的安全管理措施，风险预警和应急响应机制的建立，使得矿山企业在安全管理方面更加规范、有序。这些措施的实施，使得矿山企业的安全生产水平得到显著提升，为矿山企业的可持续发展提供有力保障。

结束语

三维动态测量技术在地下矿山的测绘与安全生产管理中发挥重要作用。它不仅提高测绘的精度和效率，还为矿山的安全生产管理提供科学、可靠的依据。随着技术的不断发展和完善，三维动态测量技术将在地下矿山领域发挥更大的作用，为矿山的可持续发展和安全运营保驾护航。未来，应继续加强技术研发和应用推广，为矿山行业带来更多的创新和进步。

参考文献

- [1]赵立保.贯通测量在地下矿山测绘中的应用分析[J].当代化工研究,2023,(14):120-122.
- [2]谢旭光,徐志鹏.贯通测量在地下矿山测绘中的应用分析[J].冶金与材料,2021,41(01):112-113.
- [3]刘娜.贯通测量在矿山测绘中的应用分析[J].中国设备工程,2020,(18):215-216.
- [4]杨文武,戴丽雯.无人机倾斜摄影测量三维建模技术在露天矿山中的应用[J].世界有色金属,2023(16):126-128.
- [5]朱守信,李军吉,梁作前.无人机倾斜摄影在露天矿山开采监测中的应用[J].地理空间信息,2022,20(5):60-62.
- [6]黄立鑫,李旺平,凌晴,等.无人机在尾矿库健康监测中的应用研究[J].有色金属(矿山部分),2022,74(1):125-129.