

矿山测量中三维激光扫描技术的应用研究

张 庆 胡俊翔

汉中西北有色七一一总队有限公司 陕西 汉中 723000

摘 要：随着科技的不断进步，三维激光扫描技术在矿山测量中的应用日益广泛。本文旨在探讨三维激光扫描技术的原理、特点及其在矿山测量中的具体应用，以期为矿山行业的数字化、智能化转型提供理论支持和技术参考。

关键词：三维激光扫描技术；矿山测量；数字化；智能化

引言

矿山测量是矿山开采、设计和管理的重要基础。传统的测量方法存在效率低、精度不高、劳动强度大等问题。随着三维激光扫描技术的发展，这些问题得到了有效解决。本文将从三维激光扫描技术的原理、特点及其在矿山测量中的具体应用等方面进行深入研究。

1 三维激光扫描技术概述

1.1 原理

三维激光扫描技术，作为一种先进的测量手段，其核心在于利用激光器发射出高频率、短脉冲的激光束，对目标物体进行逐点扫描。这一过程中，激光束与目标表面相互作用，发生反射。通过高精度的传感器和精密的光学系统，测量并记录激光束在不同扫描位置上的反射时间（即光脉冲往返时间）和角度（包括水平角和垂直角）。结合这些测量数据，利用复杂的算法和数学模型，可以计算出目标物体表面上各点在三维空间中的精确坐标，从而构建出目标物体的三维模型。这一技术深度依赖于三角测量原理，即利用已知点（激光发射器位置）、测量角度和距离，通过几何关系求解未知点的三维坐标。

1.2 特点

一是高精度：三维激光扫描技术的测量精度极高，通常可达毫米级甚至更高，这对于矿山地形复杂、要求精确测量的场景尤为重要。它能够捕捉到传统测量方法难以触及的细微地形变化，为矿山规划、设计和开采提供精确的基础数据。二是高效率：相较于传统的全站仪、经纬仪等测量工具，三维激光扫描技术能够在极短的时间内完成大面积甚至整个矿区的测绘工作，显著提高了测量效率。这对于缩短矿山项目周期、加快决策速度具有重要意义。三是非接触式测量：该技术无需直接接触目标物体，避免了因接触测量可能引入的误差，如测量人员的主观判断、仪器与被测物体间的物理干扰等^[1]。同时，这一特性使得三维激光扫描技术在矿山等可能存在安全

隐患的环境中尤为适用，保障了测量人员的安全。四是适应多种环境：无论是开阔的露天矿山，还是狭窄的地下巷道，三维激光扫描技术都能发挥其优势。它不受光线条件限制，能在白天或夜晚、明亮或昏暗的环境中工作；同时，对于复杂地形、不规则表面或难以接近的区域，也能实现有效测量，展现出极强的环境适应性。

2 三维激光扫描技术在矿山测量中的应用

2.1 矿山地形测量

在矿山地形测量中，三维激光扫描技术展现出了无与伦比的优势。该技术能够迅速且全面地捕获矿山地表的三维信息，包括高程、地形起伏、坡度变化等关键数据。这一过程中，激光扫描仪被布置在合适的测量站点，通过预设的扫描路径和参数设置，对矿山地表进行高密度、高精度的扫描。激光束以极高的速度在目标表面移动，每秒钟可以记录成千上万个点的三维坐标，从而形成一个详尽的点云数据集。利用专业的后处理软件，这些点云数据可以被进一步处理和分析，生成矿山地形的三维模型。这些模型不仅直观展示了矿山的地表形态，还可以用于计算体积、面积等关键参数，为矿山的开采计划、土方量估算、排水系统设计等提供精确依据。此外，通过对比不同时间点的扫描数据，可以监测地形的微小变化，及时发现地质灾害如地面塌陷、滑坡等的迹象，为矿山的安全管理提供重要预警。在变形监测方面，三维激光扫描技术同样表现出色。矿山开采活动往往会导致地表和岩体的变形，这些变形可能预示着地质结构的不稳定。通过定期扫描矿山区域，并对比历史数据，可以精确测量出变形的程度和方向，为评估矿山稳定性、制定防治措施提供科学依据。这种连续的、高精度的监测方式，有助于矿山企业及时发现潜在的安全隐患，采取有效措施避免事故的发生。

2.2 矿山地质构造分析

在矿山地质构造分析中，三维激光扫描技术发挥着至关重要的作用。这一技术能够迅速且精确地捕捉矿山

地质构造的细微特征,为矿山开采提供详尽的地质信息支持。通过三维激光扫描,可以获取矿山区域内岩层、断层、褶皱等地质构造的三维坐标数据。这些数据以点云的形式呈现,每个点都包含了其在三维空间中的精确位置信息。利用专业的地质分析软件,这些点云数据可以被进一步处理和解释,生成地质构造的三维模型。这些模型不仅直观展示了地质构造的空间分布和形态特征,还可以用于分析岩层的倾向、倾角、厚度等关键参数。在矿山开采过程中,了解地质构造的分布和特征对于制定科学的开采方案至关重要。三维激光扫描技术能够提供高精度的地质构造数据,帮助工程师准确判断岩层的稳定性和开采的难易程度^[2]。例如,通过分析断层的位置和走向,可以确定合理的开采顺序和支护方式,避免因断层活动而引发的安全事故。同时,了解岩层的倾向和倾角,有助于优化开采方法,提高开采效率。此外,三维激光扫描技术还可以用于监测地质构造的变化。在矿山开采过程中,地质构造可能会因开采活动而发生变化,如岩层的移动、断层的活化等。通过定期扫描矿山区域,并对比历史数据,可以及时发现这些变化,为矿山的安全管理提供重要依据。

2.3 矿山设施测量

矿山区域内的设施种类繁多,包括采矿设备、建筑物、道路、桥梁、管线等,这些设施的精确测量对于矿山的日常运营和管理至关重要。三维激光扫描技术以其高精度、高效率的特点,在矿山设施测量中发挥着重要作用。利用三维激光扫描技术,可以对矿山区域内的各种设施进行全面、精确地测量。通过扫描,可以获取设施的三维坐标信息,包括其位置、尺寸、形状等。这些数据以点云的形式呈现,每个点都包含了设施在三维空间中的精确位置信息。利用专业的后处理软件,这些点云数据可以被进一步处理和分析,生成设施的三维模型。对于采矿设备,三维激光扫描技术可以测量其尺寸、形状和位置,为设备的选型、布置和维修提供精确数据。对于建筑物和道路,扫描技术可以获取其三维形状和位置信息,用于评估建筑物的稳定性、道路的通行能力和安全性。此外,对于管线和电缆等隐蔽设施,扫描技术也可以提供精确的位置和走向信息,有助于避免施工中的破坏和安全隐患。在矿山设施管理中,三维激光扫描技术也发挥着重要作用。通过定期扫描矿山区域,可以获取设施的最新状态信息,及时发现设施的变化和损坏情况。这些信息可以为设施的维护、修复和更新提供重要依据,有助于确保矿山的正常运营和安全。此外,三维激光扫描技术还可以与GIS(地理信息系统)

等技术结合使用,将设施的三维模型与地理信息数据进行集成和分析。这有助于实现矿山设施的数字化管理,提高管理效率和精度。通过数字化管理,可以更方便地对设施进行监控、预警和决策支持,为矿山的可持续发展提供有力保障。

2.4 矿山安全监测

矿山开采活动因其复杂性和不确定性,往往伴随着多种安全隐患,如岩爆、坍塌、滑坡等地质灾害。这些灾害一旦发生,不仅会造成巨大的经济损失,还会严重威胁到人员的生命安全。因此,对矿山的安全状态进行持续、精确地监测至关重要。三维激光扫描技术作为一种先进的监测手段,在矿山安全监测中发挥着越来越重要的作用。通过三维激光扫描技术,可以对矿山区域进行高密度、高精度的扫描,获取地表和岩体的三维形状和位置信息。这些信息可以用于分析岩体的稳定性、判断地质灾害的潜在风险。例如,通过对比不同时间点的扫描数据,可以发现岩体的微小变化,如裂缝的扩展、岩体的位移等,这些变化往往是地质灾害发生的前兆^[3]。此外,三维激光扫描技术还可以用于监测矿山区域内的开采活动对地质环境的影响。开采活动往往会导致地表和岩体的应力分布发生变化,进而引发地质灾害。通过扫描技术,可以实时监测这些变化,为矿山的安全管理提供重要依据。

2.5 矿山环保治理

矿山开采过程中,不可避免地会产生大量的尾矿、废石和废弃物,这些物质的堆积和排放对矿山周边环境构成了巨大压力,可能导致土壤污染、水体污染、生态破坏等一系列环境问题。因此,矿山环保治理显得尤为重要。三维激光扫描技术作为一种先进的测量手段,在矿山环保治理中发挥着重要作用。通过三维激光扫描技术,可以快速、准确地获取矿山地表形态和矿区废弃物分布的信息。这些信息包括废弃物的堆积量、分布范围、形态特征等,对于评估矿山开采对环境的影响以及制定环保治理措施具有重要意义。在矿山环保治理中,首先需要了解废弃物的堆积情况和分布范围。三维激光扫描技术可以提供高精度的地形数据,帮助工程师准确判断废弃物的堆积量和分布范围,从而为废弃物的处理和处置提供科学依据。此外,三维激光扫描技术还可以用于监测废弃物堆积区的变化。通过定期扫描废弃物堆积区,并对比历史数据,可以及时发现废弃物的增减变化,为环保治理提供动态监测信息。这有助于及时发现潜在的环境问题,并采取相应的治理措施,避免环境问题的进一步恶化。

3 三维激光扫描技术的优势与挑战

3.1 优势

3.1.1 提高测量精度和效率

三维激光扫描技术利用激光脉冲或连续波光束对目标进行扫描,通过测量激光从发射到接收的时间差或相位差,可以精确计算出目标与扫描仪之间的距离,实现毫米级甚至更高精度的测量。这对于矿山地质构造分析、设施测量等需要高精度数据的场景至关重要。相比传统测量方式,三维激光扫描技术具有更高的自动化程度。扫描过程可以快速完成,大幅缩短了测量时间,提高了工作效率。同时,减少了人力物力的投入,降低了测量成本。

3.1.2 实现矿山数字化管理

通过三维激光扫描技术获取的海量点云数据,可以经过处理和分析,构建出矿山的精确三维模型。这个模型不仅包含了矿山的地理、地质信息,还可以集成设施、设备、管线等各种数据,为数字矿山的建立提供基础。数字模型便于存储、查询和共享,使得矿山管理更加便捷高效^[4]。同时,利用数字模型可以进行各种空间分析和模拟,如开采计划优化、地质灾害预警等,为矿山的精准管理和决策支持提供有力工具。

3.1.3 增强安全性

三维激光扫描技术采用非接触式测量方式,避免了传统测量中因接触导致的误差和潜在的安全隐患。在危险或难以接近的区域,如陡峭山坡、深坑、有毒有害气体环境等,扫描技术能够远程获取数据,保障人员安全。通过定期扫描矿山区域,可以实时监测地质构造的变化、设施的状态等,及时发现潜在的安全隐患,为矿山的安全管理提供重要预警信息。

3.2 挑战

3.2.1 技术局限性

三维激光扫描技术在实际应用中仍受到一些环境因素的限制。例如,光线条件过强或过弱都可能影响扫描的精度和效果;扫描距离和遮挡物也会影响扫描的完整

性和准确性。因此,在扫描前需要对环境因素进行充分评估和调整。高精度、长距离的三维激光扫描仪设备成本相对较高,对于部分矿山企业来说可能是一笔不小的投入。此外,设备的维护、保养和更新也需要一定的费用支出。

3.2.2 数据处理难度:

扫描获取的大量点云数据需要进行复杂的处理和分析,包括去噪、配准、网格化、纹理映射等多个步骤。这些步骤需要专业的知识和技能,以及高性能的计算设备来支持。点云数据的处理和分析对计算能力和存储能力提出了较高要求。特别是对于大规模、高精度的扫描数据,需要采用高效的算法和优化的数据结构来提高处理速度和准确性。如何有效地管理和利用这些海量数据也是矿山企业面临的一个挑战。需要建立完善的数据管理系统和分析流程,以确保数据的准确性、完整性和安全性。同时,还需要挖掘数据的价值,为矿山的生产、管理和决策提供支持。

结语

三维激光扫描技术在矿山测量中具有显著的优势和广阔的应用前景。通过该技术的应用,可以实现矿山地形、地质构造、设施布局和安全监测的精确测量与分析,为矿山开采提供坚实的技术支撑。然而,也需正视技术局限性和数据处理难度等挑战,不断优化和完善技术手段,以推动矿山行业的数字化、智能化转型。

参考文献

- [1]李智孝.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,2024,(15):184-186.
- [2]潘廷凤,王楠,王卫东.三维激光扫描技术在矿山地质测量中的应用研究[J].黑龙江环境通报,2024,37(06):151-153.
- [3]张尚文.矿山测绘中三维激光扫描技术应用要点研究[J].世界有色金属,2024,(08):144-146.
- [4]张海怀.三维激光扫描技术在矿山测量中运用分析[J].中国金属通报,2024,(04):246-248.