

三维激光扫描仪在铜矿峪矿测量中的应用

姚 涛

山西北方铜业有限公司 山西 运城 043700

摘要: 随着科技的不断发展,三维激光扫描仪作为一种先进的测量技术,在地形测量、资源评估、工程管理等领域得到了广泛应用。铜矿峪矿作为一座重要的矿山,其测量工作的准确性和效率直接关系到矿山的开采规划、资源管理和安全生产;因此,本文将探讨三维激光扫描仪在铜矿峪矿测量中的应用,分析其优缺点,并提出相应的应用措施,以期为提高铜矿峪矿的测量水平和生产效率提供有益参考。

关键词: 三维激光扫描仪;铜矿峪矿测量;应用

引言:在铜矿峪矿的开采活动中,精准测量对于开采规划、安全生产及资源合理利用意义重大。传统测量方法面对复杂矿山地形和多变开采环境,存在效率低、精度不足等问题;三维激光扫描仪作为先进测量技术,以其快速、高精度的数据采集能力,为铜矿峪矿测量工作带来新契机,在矿山各测量环节展现独特价值,对提升矿山测量水平、推动矿山现代化发展具有重要意义。

1 三维激光扫描仪概述

1.1 三维激光扫描仪定义

三维激光扫描仪是一种先进的测量技术,它利用激光测距原理,通过发射激光脉冲并接收反射回来的信号,计算目标的距离和位置,计算过程见式(1)所示:

$$\begin{cases} X = S \cos \theta \cos \alpha \\ Y = S \cos \theta \sin \alpha \\ Z = S \sin \theta \end{cases} \quad (1)$$

这项技术结合高精度的传感器和复杂的算法,能够生成被测物体的三维点云数据,从而实现地形的精确复原和分析;例如,它可以精确到毫米级别的细节,为城市规划、地质灾害评估和历史遗迹保护等领域提供了前所未有的数据支持。在地形测量中,三维激光扫描仪的出现极大地提高了测绘的精度和效率,改变了传统测量手段受限于复杂环境和大量手动工作的状况。

1.2 三维激光扫描仪技术原理与工作方式

三维激光扫描仪技术,也被称为LiDAR(Light Detection and Ranging),是现代地形测量中的重要工具。其工作原理基于激光测距,通过发射短脉冲激光到地表,然后测量返回的激光信号以计算目标的距离和位置,这种非接触式测量方式,能够在不损害环境的情况下,获取高精度、高密度的三维空间点云数据^[1]。点云数据包含了丰富的地形信息,如地形起伏、植被覆盖、建筑物细节等,为地形建模和分析提供了前所未有的数据基础;

在数据处理流程中,扫描仪收集的原始激光点云数据会经过滤波、匹配、空洞填充等一系列算法处理,去除噪声,生成连续、一致的地形表面模型(DSM)或地形高程模型(DTM)。这些模型可以精确地反映出地形的微小变化,如坡度、山谷、山脊等特征,对于地形分析、灾害评估、城市规划等应用具有重大价值。

2 三维激光扫描仪在铜矿峪矿测量中的优缺点分析

第一,优点方面,三维激光扫描仪以其高精度、快速扫描和高度自动化的特性,显著提高了铜矿峪矿的测量精度和效率。其非接触式测量和远程操作能力,有效保障了测量人员的安全,特别是在危险环境中更为突出;并且扫描仪的数字化存储和支持数字化管理的功能,为矿山的数字化、自动化管理提供了有力支撑。此外,其全天候作业能力和提供的丰富三维点云数据,使矿山企业能够更科学、高效地管理资源,尽管其穿透性有限,但在特定条件下仍能获取准确数据。

第二,缺点方面,三维激光扫描仪的设备成本较高,购置和维护成本都对企业构成一定负担。海量数据的处理复杂性对企业的处理能力提出了高要求,且软件兼容性问题限制了其广泛应用;并受环境因素影响,如表面反射和环境干扰,可能影响测量精度。视野局限和遮挡问题也可能导致数据缺失;此外,操作和数据处理需要专业技能和经验,对操作人员要求较高。具体如下表1所示,为优缺点对比表。

3 三维激光扫描仪在铜矿峪矿测量中的应用

3.1 料堆体积测量

铜矿峪矿选矿厂中心柱地表堆场是用来存放井下运出的矿石,在井下停产或检修前通过皮带把矿石运至堆场,作为井下停产或检修期间选矿厂球磨机“三大一小”能够满负荷作业而准备的备用矿源。在停产检修期间,为有效降低地表铲矿作业,地表矿堆需保持合理堆

矿量，满足当期球磨机的需要，因此每次铲矿前和铲矿后需要对地表矿堆及时进行测量，计算矿堆是否能满足停产检修期间球磨机作业需求以及计算总的铲矿量。

表1 铜矿峪矿测量中的优缺点对比表

	优点	缺点
测量精度和效率	高精度，提高测量准确性 快速扫描，缩短测量周期 高度自动化，减少人工干预	设备成本较高，购置和维护成本负担重
人员安全保障	非接触式测量，避免安全隐患 远程操作，保障人员安全	海量数据处理复杂，对企业数据处理能力要求高
数字化管理支持	数字化存储，便于后续处理和分析 支持数字化管理，提高管理效率	软件兼容性问题，限制广泛应用
环境适应性	全天候作业，提高测量灵活性 提供丰富三维点云数据，科学高效管理资源 穿透性有限，但特定条件下仍能获取准确数据	受环境因素影响，如表面反射和环境干扰，可能影响测量精度
数据完整性和操作要求	(此栏目为优点延伸，可合并表述) 全天候作业和丰富数据支持全面分析	视野局限和遮挡问题可能导致数据缺失 操作和数据处理需要专业技能和经验

对矿堆进行扫描前，先进行现场踏勘，规划行走路径，形成闭合环，然后进行扫描，获得高质量的点云数据，最后经过内业三维点云数据拼接融合生成三维模型。用三维激光扫描仪对矿堆形态进行扫描，采集矿堆表面数据，对采集好的数据用HUB软件进行预处理，得到点云数据，如图1所示。

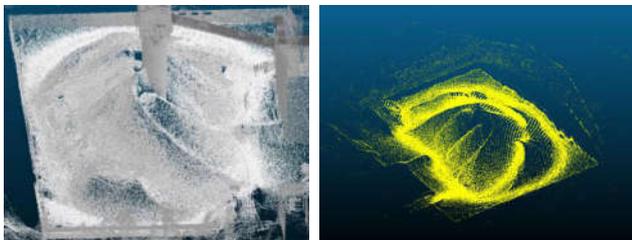


图1 点云原始数据

图2 点云数据去噪

三维激光扫描仪获取的点云非常密集，存在大量冗余，庞大的点云数据给后处理及存储等方面都带来了不

便，因此需要对点云数据利用CloudCompare软件进行压缩和抽稀。在数据采集过程中，会对矿堆周围多余物体进行数据采集，如中心柱、围墙、房子及其他隐含的噪声数据等，这些点影响了矿堆体积的计算，需要对这些噪声数据利用Geomagic软件进行剔除及滤波平滑处理，处理结果如图3所示。

用Geomagic软件对去噪后的三维点云进行三维模型构建，通过封装，将点对象转换成三角面片对象，然后模拟一个多面体，经过修补、光滑等操作后，得到一个光滑的曲面，即生成一个基于三维点阵的数学模型，通过这个曲面模型就可以计算出料堆体积^[2]。

为了验证三维激光扫描仪的精度，采用RTK、全站仪相结合的测量方法对中心柱矿堆进行了测量。传统测量方法与三维激光扫描测量中心柱矿堆体积结果对比，如表1所示。

表2 两种方法结果对比

毛石量测量方法	测量方式	测量用时 (min)	数据处理用时 (min)	测量点数	体积 (m³)
三维激光扫描仪测量	非接触式测量	20	40	86541298	18651
RTK、全站仪测量	接触式测量	60	10	80	18613

通过对两种测量结果对比，可以看出采用三维激光扫描仪外业测量的效率较高；由于是非接触式测量，对于测量人员难以到达的地方也可以进行测量，降低了安全风险；两种测量方法计算的体积结果相差2‰，完全能够满足矿山井下测量的精度要求。

3.2 溜井检测

由于530m水平2#主溜井服务年限较长，为了掌握井筒内部破坏程度，防止溜井破坏影响矿山正常生产，亟

需构建溜井三维实体模型，真实还原溜井内部情况，为进一步对溜井的治理提供可靠的数据支撑，最终生成的实体模型如图3所示。

首先将三维激光扫描仪下放至溜井中，对2#溜井进行了扫描，通过对扫描模型分析，发现在卸载桥下部36米至56米之间的区域井筒内壁破坏最严重，井筒直径由原设计6米变为最大17米。考虑到2#溜井不再使用，为防止井筒脱帮产生超大块，造成340水平3#振放卡堵影响，

最终决定采取对2#主溜井进行封堵的施工方案。选择在观察巷下方410m-434m之间找一个最小的断面，经测量该断面位于观察巷下部2.5米，将毛石堆至该断面高度，最后用混凝土进行封堵处理^[3]。

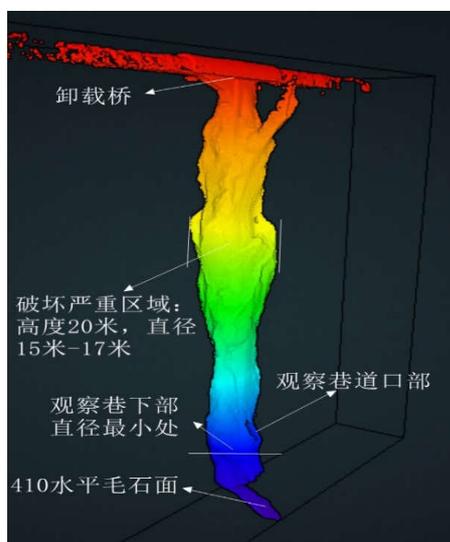


图3 2#溜井实体模型

3.3 巷道掘进验收

就井巷工程掘进的施工工艺而言，超欠挖的控制与矿山生产效益是直接挂钩的。对此，我们往往需要控制欠挖以寻求质量，控制超挖以降低成本。通过对巷道实体模型的平切图与设计图的套合，可以对巷道掘进工程进行验收，检查巷道规格是否存在欠挖。巷道三维模型平切图与设计图套合结果如图4所示：

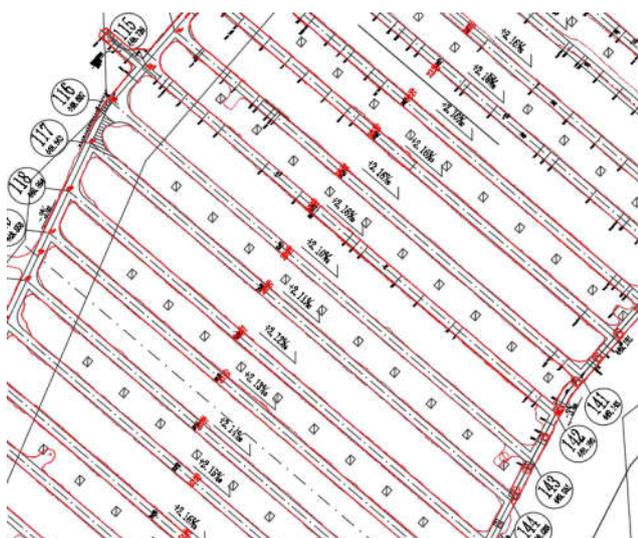


图4 410中段5#矿体447水平巷道实体模型平切图与设计图套合图

欠挖对质量最直接的影响就是对后续施工工序的影响，比如当地板欠挖时，浇筑的混凝土达不到设计厚

度，影响混凝土路面使用寿命。其次当欠挖达到一定程度，必须进行补炮，一次补炮会造成几个小时的浪费，就会导致一个工作循环的整体滞后，因此井巷工程施工中要严格控制欠挖。

4 提高三维激光扫描仪在铜矿峪矿测量中的应用措施

4.1 优化数据处理流程

为了优化数据处理流程，我们需要采用先进的数据处理软件，对采集到的点云数据进行滤波、配准、建模和分析等处理步骤：（1）滤波处理是去除点云数据中的噪声和冗余信息，保留有效数据的关键步骤；通过滤波处理，我们可以提高数据的清晰度和准确性，为后续的数据处理奠定基础。（2）配准处理是将不同测量站点采集到的点云数据进行拼接和融合，形成完整的三维地形模型；配准处理的准确性直接影响着三维模型的精度和可靠性，因此我们需要采用先进的配准算法和技术，确保数据的准确拼接^[4]。（3）建模处理是根据配准后的点云数据，构建三维地形模型或矿体模型；建模处理需要充分考虑地形和矿体的特征，选择合适的建模方法和参数，以确保模型的准确性和真实性。（4）分析处理是对构建好的三维模型进行进一步的分析和计算，提取有用的信息和参数；例如，可以计算矿体的体积、储量、品位等参数，为矿山的开采规划和资源管理提供科学依据。

结语：综上所述，三维激光扫描仪在铜矿峪矿测量中优势显著，虽面临设备成本高、数据处理复杂等挑战，但通过采用多站定位方式扩大数据采集范围与精度，优化数据处理流程提高数据质量与可用性，可有效提升其应用效果。随着技术的不断发展，三维激光扫描仪有望在铜矿峪矿测量工作中发挥更大作用，助力矿山实现智能化、高效化开采，为矿山的可持续发展奠定坚实基础。未来，应持续关注相关技术发展，不断探索创新应用方式，进一步挖掘三维激光扫描仪在铜矿峪矿测量中的潜力。

参考文献

- [1]王铨彬,李星星,廖健驰,等.基于图优化的紧耦合双目视觉/惯性/激光雷达SLAM方法[J].测绘学报,2022,51(8):1744-1756.
- [2]何思源.三维激光扫描仪在高速铁路轨道线形测量中的应用[J].铁道勘察,2023,49(01):23-28.
- [3]孙建华.基于三维激光扫描仪的变形观测探析[J].信息系统工程,2022,(04):89-92.
- [4]赵文奎,陶孟德,陈旭,陈金瑞.Maptek三维激光扫描技术在玉龙铜矿采剥工程测量验收中的应用[J].现代矿业,2021,37(07):30-32+35.