

三维激光扫描仪在露天矿山测量中的应用

张峰林 赵德明 王丽华

呼伦贝尔东明矿业有限责任公司 内蒙古 呼伦贝尔 021000

摘要：地形检测是通过检测设备及相应的方法，对某地的地形进行检测，并加以分析、整理，从而得到某地的地形图。由于现代科学技术的日益发达，以往的地面测量方法工作效率、检测准确度都较低，为了应用于满足当前的检测要求，三维激光扫描仪技术便应运而生，它可以使用的范围也更加广阔，从而极大的提升了地质检测的效率，本章重点就三维激光扫描面议术在地质检测中的运用展开了探讨。

关键词：三维激光扫描；露天矿山；测量

1 三维激光扫描仪

三维激光扫描设备，主要由三维激光扫描仪系统和配套软件、电源及其附属装置等组成。三维激光扫描仪的基础结构，主要包含：一台高速精密的激光测距仪，以及一个能够驱动激光并以均匀角速度扫描目标物质的反射棱柱，以及内置的数字摄像机，以及能够直接获取目标物体的图像。并利用转动装置的扫描原理，实现了对物体的全方位扫描，从而完成了图像采集，再经过各种处理得到了物体上的点云数据。三维激光扫描仪的工作原理为，通过激光的发射器所发射的一条窄波脉冲，信号可以分为二个部分一部分发送到了感应器的启动时间检测装置上，另一部分发送到了目标物体上^[1]。当激光束在到达了一个已经被数字化的目标物体的表面之后就完成了后向反射，同时部分激光束又返回到了探测器。将脉冲的放射性能量转化成了电能，然后再经过接收机的并发收到了时间的装置上，而时间识别器就是完成计时（记录返回脉冲的时刻）和停止时间的元件。激光测距仪不仅能够主动发出激光，并且还能够接受由周围天然物质上反射的激光，从而进行了测距在每一种扫描方式处，都能够计算到测站和扫描方式点之间的斜距 S ，然后再通过扫描方式的水平方向角 α 和垂直方向角 θ ，就可以得到各个扫描方式点和测站之间的空间相对距离了，所获得的空间相对距离见以下方法：而三维激光扫描仪系统则可以按照介质的不同，一般分为以下几类：机载激光扫描系统、飞机激光扫描系统、地面激光扫描系统。

2 三维激光扫描仪工作原理

三维激光扫描仪是由一台高速精密的激光测距仪，再搭配上一个能够吸引激光并以均匀角速度扫描的反射棱柱的主体系统，所形成。其操作方法为由激光测距仪主动发射激光，并接收来自附近天然物表面反射的激光

信息，就可实现测距时首先根据每一扫描方法点，即可测得测站与扫描方向点的空间相对斜距，然后再通过扫描方向的水平与垂直方向偏移，即可获得每个扫描方向点与测站的空间相对位置，如果最后假定测站的空间位置是已知的，那则可得到每一扫描方法点的空间三维位置^[2]。根据扫描平台的不同三维激光扫描仪可以包括：地面式激光扫描系统、机载（或星载）激光扫描系统、便携式激光扫描设备。本文项目中所采用的是地面式三维激光扫描仪系统，其基本工作机理是：由三维激光扫描仪发射机产生的一个激光脉冲信号，在目标物体表面上漫反射后，沿着几乎一致的路线反向传回给接收机，用来测量目标日标点 P 和扫描仪的宽度 S ，同时控制编码器可以同时获取每一个激光脉冲的横向扫描角度观察值 α 和纵向数码扫描的角度观察值 β 。三维的激光扫描定位，通常使用仪器或自定义坐标系。X轴位于横向扫描平面内水平，Y轴于横向扫描平面内与X轴相交，Z轴于横向扫描平面内垂直。确定 P 的方位。该装置主要由地面三维激光扫描仪、数码相机、图像后处理软件、电源系统及其附属装置等组成，均采用了非接触式的高速激光检测手段，以收集地形和复杂建筑物结构的几何图形数据和图象信号。

3 露天矿山测量分析

现如今，由于三维激光扫描仪表的进一步发展完善，在市面上也产生了更多种类的仪表，尽管外形与尺寸有着很大差异，但具体的使用原则却是基本一致的。三维激光扫描仪的工作原理，在某种意义上来看，与全站仪的测量基本原理是相一致的，都是要构建空间的三角模型，收集有关被测对象的信息，而收集结果中又涉及激光测距的时间间隔位置和水平移动的位置等，再进行各种计算之后，可以计算出精确性的三维空间位置，也就是三维激光扫描仪的整个操作过程，其装置主要为

高精度的激光测距仪,再加以导引激光,并使以一定频率旋转的发射棱柱固定了下来^[3]。在使用三维激光扫描仪实施监测检查的过程中,通过利用激光测距仪所产生的激光辐射同时,对所测物质表面形成光的反射产生影响,再通过测量从观察到检查点的距离,然后再依据扫描仪计算结果对其水平方向和竖直位置进行各种测算,最后可以获取一个比较精确的三维坐标系结果。在利用三维激光扫描仪进行检测过程时,当这些探测方法都会受环境因素的干扰而产生一定的影响时,如人员活动、交通工具等,特别是在矿区内具有较丰富的植被面积时,这就必须结合的地质特征,进行并选择科学的方法进行监测作业。

4 三维激光扫描仪的应用优势

4.1 无接触式优点,即三维激光扫描仪能够通过不接触目标物体表面、不使用反射镜头等,实现对目标表面三维位置信息的收集。如此一来,即使是进入了危险地带,或者遇到柔性项目,都能够有效的获得目标的三维位置数据,从而保证数据的稳定性、可信度和真实感。

4.2 能够迅速获取数据,亦即三维激光扫描仪能够以每秒数十万点的才几点速率完成信息的收集,不但能够对大范围的空间信息进行测量,而且还能够以最高的速率完成相关信息的收集和提取。

4.3 具备了相应的实时性、主动性和动态性,即在不依靠外界光源的情况下就能够实现相关信息的自主发送,并且一旦检测到目标发出激光的回波信息,就能够对目标信息有个大概的认识^[4]。所以,三维激光扫描仪能够完成每天二十四小时的高效测试,可以随时随地获得目标物质表面的三维信号,而且不受时间与空间因素的影响,因此能够在自动化监测领域中获得更广阔的应用^[2]。

4.4 具有很好的穿透力,即三维激光扫描仪具有取样宽度小、取样密度高的优点,即使是遭受植物阻挡,如果植物没有过于茂密,能够穿透植物完成其表面的扫描。也就是说,相关节点云数据能够把目标表面的所有层面几何数据全部涵盖在其中。

4.5 精度与密度都相当高,即三维激光扫描仪能够利用点阵与格网的数据采集模块完成相关数据的收集。同时,通过对激光束的全自动长距离自适应聚焦功能,还能够给点云数据的均匀度和精度带来保障。

4.6 与GPS系统和外置数码相机整合后,它能够把三维激光扫描仪的应用范畴加以扩展,提高现场数据收集的精度和准确性。特别是外置数码相机,更能够实现目标的彩色数据的拍摄,使数据更为逼真、完整的表现出来。通过GPS的技术测能够使三维激光扫描仪的使用范围

实现更好的拓展,给检测数据的真实性带来保障。

5 露天矿区测量中三维激光扫描仪的具体应用

5.1 精确统计矿区开挖体积技术的应用

随着矿井开挖过程的持续破坏,出现了相当大的采空区,给工人的正常生产作业造成了很大威胁。在使用了三维的激光扫描技术之后,人们将更加全面准确的了解这些采空区面积的实际状况,为更加高效地管制措施的制定提供了更准确的数据支持。而通过这项技术,不但无需再和监测目标进行联系,并且还可以进行很好的检测,减少了传统检测方法进行接触检测的缺陷,减少了检测风险。在实际的测量活动中,有效的运用三维激光扫描技术和SSW车载移动检测技术,可提高露天矿山测量效率。同时依照这个方法,可对这些区域进行了模型设置,这样人们对其情况就可以有了比较深刻的认识,并把握好其最具体的状态,从而实现了可视化控制,对于露天矿山数字管理有着十分关键的意义^[1]。

5.2 在矿山三维立体模型创建方面的应用

矿井管理的三维立体化技术。一是构建了矿井地表的三维模型。利用该技术,人们能够为矿区地表三维模型的构建提取更丰富的数据信息,并扫描该区域内相应的地面建筑设施,以获取更精确的节点云信号,实现了三维模型的创建。将不同模块的关键属性由专用管理软件选择,给矿山管理提供了更准确数据,从而推动了管理工作的进展。另外,查询目录模块也可使用到已设置的模块中,为需要查询的客户创造了一个良好的途径,通过单击目录索引就能够很方便的进入相应页面,这样极大的提高了露天矿山的管理电子化程度。二是生动的说明了露天矿区的地下隧道管理。通过使用这种方法,人们就可以获取巷道的所有信息,对结构变化也实现了精确扫描。然后通过构建三维模式,可以得到每一个具体的现场情况云信息,并由此进行跟踪响应巷道的实际情况。同时,也对巷道的实时施工状态能及时掌握,并由此进行了露天矿区地下隧道状态的可视化显示。通过利用该方法,对井下巷道的相关装置与设备进行了扫描,并由此建立了相关的模型以了解井下巷道的工作状况。通信系统也能够及时与之联系,从而有效掌握了情况^[2]。在隧道仿真的平台上,工作人员的具体位置可以放在三维层面上,对现场状态也可以是完全掌握。并在该模块内设定了相应的监控设备。一旦出现情况,我们就可以获取巷道的所有信息,实现立体可视化监控。采用这个方法,我们能够对员工进行相关的培训,这样我们就可以进一步的掌握安全技术,获得良好的技术效果。

5.3 在露天矿山全方位测量中的应用

传统测量模式下，露天矿山全面测量的难度较大，加之山体结构复杂，传统测量仪器架设位置的选择较为困难，会限制全方位测量工作的开展。而且就算测量仪器具备适合的架设位置，但因其不具备较多测量维度，也难以获取到相对精准的测量数据。在矿山山体全方位测量方面，三维激光扫描仪的应用则不受山体情况的限制，能够实现360度全方位的扫描与检测，无需架设仪器便可全面扫描矿山山体各个区域。同时，应用三维激光扫描仪可获取到相对细密且噪点极少的点云图，利于为矿山开采提供更为精准与全面的信息数据。

5.4 在基础设施空间坐标生成方面的应用

在三维激光扫描仪支持下，通过矿山山体测量获取准确与全面的信息，进而完成露天矿山开采模型的构建，并可在模型基础上进一步绘制出山体数字线划图^[3]。可依托多种分辨率矿山模型构建出精度有所差异的数字划线图，进而完成数据的全面采集。露天矿山有办公区、控制网点、消防设施等多种基础设施，传统测量模式下，针对这些基础设施测量时无法实现坐标点的精准获取，因而会对其他测量工作产生限制。应用三维激光扫描仪则能全面扫描矿山，获取到各个基础设施的空间坐标数据，通过矢量化操作之后，可在地形要素中直接应用这些经过处理的测量数据，利于增强山体数字线划图绘制的精准性、露天矿山测量工作的效率。

5.5 在土石方测量方面的应用

利用三维激光扫描技术测量土石方时，需先勘察现场，结合现场地形确定扫描站点设置位置，并制定扫描方案。扫描前应完成控制测量并设置扫描标靶，在GPS与RTK技术支持下完成扫描站点布设，并针对各扫描站点实施两次测量，平面位置与高程误差控制在3cm与5cm之下，取平均值作为测量结果^[4]。应以各测量站扫描范围为依据设置扫描标靶，不可超出扫描重叠范围，各测站布设的标靶数量应为三个以上，按照直线布设标靶，利用扫描站点测量方法实施标靶数据测量。数据采集后，结合测站点及标靶坐标构建三维激光扫描坐标，整合数据后实施坐标转换，将处理后的点云数据转换为CASS软件

的“.dat”格式后，利用DTM计算法、方格网或断面计算法等计算土石方量。

5.6 在排土场变形监测方面的应用

5.6.1 使用肉眼观察技术实现对排土场变化的水平位移观测：在排土场平面的斜坡上放置了观测地，并通过坡度尺和水准仪分别对观测地的水平位移和垂直运动状态实施了定期观测。这种传统测量方法的准确度很好，但外业和国内业的工作量比较复杂。

5.6.2 使用了红外线测距仪，和常规的测距离和三角网观测，以大大提高了观测准确度和效率。

5.6.3 使用立体相机检测排土场的大面积移动，在排土场移动量较大下，利用相机检测可以获得的最高精度。同时它的外业巫师大量降低，其内业设计的成图也完全自动化。

5.6.4 采用多点移动计算和远距离传输信息的移动感应器（无线传送）能够精确遥测排土区滑坡内部测点的变化，实现自动控制并预测滑坡。

5.6.5 采用水压力仪对排土场和地基孔隙水压的检测，有助于预测地基承载力和安全程度。

结束语：

综上所述，三维激光扫描仪在地貌检测中的广泛应用，大大提高了检测的准确性和效率，也弥补了传统常规检测的局限性，同时具备了实时性、准确性、扫描速度快以及全数字化和高精度的优势，给以后更高难度的地质检测工作带来了方便。

参考文献：

- [1] 兰舜涯. 三维激光扫描仪在露天矿山测量中的运用研究[J]. 中国金属通报, 2021(7):2.
- [2] 赵海往, 皮廷亮, 刘永富. 三维激光扫描仪在露天矿山测量中的应用探究[J]. 世界有色金属, 2020(4):2.
- [3] 任社平. 三维激光扫描仪技术在矿山测量中的应用研究[J]. 世界有色金属, 2019(9):32,34.
- [4] 任社平. 三维激光扫描仪技术在矿山测量中的应用研究[J]. 世界有色金属, 2019(09):32+34.