

三维激光扫描监测地表沉降精度策略分析

李文平

重庆市勘测院

DOI:10.32629/gmsm.v2i6.433

[摘要] 本文介绍了三维激光扫描系统在地表沉降监测中的工作原理及如何处理在沉降监测中获得数据。实时掌握地表沉降规律对于工程项目来说非常重要,因此在沉降监测中,精度是三维激光扫描技术的主要问题。通过对沉降区使用三维激光扫描技术监测地形变化并分析比较同期部分水准测量数据与提取的下沉值来得出结论。比较结果显示:三维激光监测的准确度基本符合要求,所检测到的沉降数据符合实地沉降情况,因此三维激光监测技术对于沉降量及沉降趋势的实时监测准确。

[关键词] 地表沉降; 三维激光扫描; 精度策略

引言

当前工程测绘中常用的地表沉降监测方法有以下几种:全站仪、GPS、三维激光扫描、雷达等。全站仪、GPS监测属于监测成本较低的点监测,点检测即受测点有限是监测部分区域而非覆盖全部监测区域,因此全站仪、GPS的监测中间存在监测盲点。三维激光扫描与雷达监测属于监测成本远高于全站仪、GPS监测的面监测,监测范围不存在监测盲点,因此检测的范围较广。地面三维激光扫描技术是一种出现于20世纪90年代的快速获取表面三维坐标的测量技术,且不用接触目标对象,因此,在文物保护、城市建筑测量、大比例测图、地形地质测量、露天测量、采场体积测量等方面三维激光扫描技术得到了广泛的应用^[1],但在变形监测领域的应用与上述相比还十分不足。

1 三维激光扫描技术在实际运用中的工作原理

地面三维激光扫描技术出现于20世纪90年代,是一种新兴测绘方式,这种新型空间信息数据获取应用—地面三维激光扫描仪,汇集了多种高新技术于一体^[2]。地面三维激光扫描仪的测量方式为激光测量,其特点为无须接触物体、高速,即通过点云的方式获得相关信息。地面三维激光扫描仪的组成主要有五个部分:用来测距的激光仪器部分、传感器部分、开环控制电机、大容量信息存储器和补偿器。地面三维激光扫描仪在工作中的扫描原理为:通过距离观测值 $S(S=v \cdot t)$:通过记录的激光束往返用时乘以激光的速度计算获得)、横向扫描角度观测值 α 与纵向扫描角度观测值 θ (由精密时钟控制编码器准确地测量出)。除了获得目标物三维表面的几何图形数据外,激光扫描还能获得激光脚点处的颜色信息,即利用返回激光信号的反射强度差异来获得该处点位的颜色并构建成彩色图像信息。激光扫描仪的坐标系统不是固定的可以自由设计,便于用户针对项目要求自定义符合要求的坐标系:定义激光束发射处的坐标为坐标系原点;定义仪器的竖向扫描面为Z轴平面,正方向为竖直向上;定义仪器的X轴是位于仪器横向扫描面内,X轴与Z轴垂直且垂直于指向物体的方向;定义仪器的Y轴是与X轴垂直且指向物体的轴,X、Y、Z三轴垂直(X、Y、Z三轴形成左手坐标系),原理图示如下:

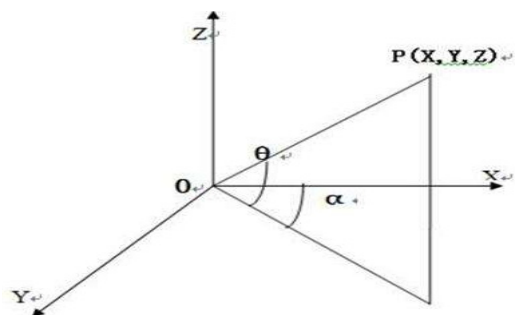


图1 激光扫描仪坐标测量原理

由此可以得到激光脚点坐标的计算公式:

(1) 激光脚点X坐标 $XP=S \cos \alpha \cos \theta$; (2) 激光脚点Y坐标 $YP=S \sin \alpha \cos \theta$; (3) 激光脚点Z坐标 $ZP=S \sin \theta$ 。

2 对研究区所获数据的处理

2.1 背景概况介绍

本文选择的研究区域为重庆市周边某开采矿区。研究区域的矿区面积大约 50 km^2 (东西长度和南北宽度约为13.6km和3.7km)。研究区域的主体倾向在 $3^\circ \sim 15^\circ$ 之间,两翼地层产状平缓的构造的状况。研究工作面为走向长2160m、煤层均厚约为5.65的长壁布置,该处工作面的倾斜长为170m。

2.2 获得数据的处理

本次在研究区域的实验用三维激光扫描仪名字为ScanStation2全站式三维激光扫描仪,品牌为德国徕卡。本次研究所处理的数据均为研究区内三维激光扫描监测中获得的数据,数据在2018年4月完成记录。

2.2.1 进行对原始点云数据的分析

本次研究分析的点云数据分布状况分析得出表1的点云分析结果。图2为点云个数与仪器到点云距离。

表1 点云分析结果

仪器到点云距离(m)	点云个数	点云平均间距(mm)
10	38550	0.3
20	13300	4
30	5670	11
40	3200	27
50	2055	55
60	1314	112
70	1100	158
80	941	201

通过图2、表1的数据可以得出这样的结论:三维激光扫描的点云密度从测站向目标物体的方向逐渐减小,距离与大点间距愈大,反之点云密度增大。点云密度10m的范围内最大,而点云密度的衰减拐点为50m,50m后衰减速度快速增加直到80m以后点云几乎消失。经分析点云密度下降的原因主要有两点:

(1) 在忽略存在信号测量误差影响的前提下,激光光斑的尺寸和光斑

的点间距对于地面激光三维扫描的采样数据的精度影响非常大,是激光三维扫描采样数据精度的主要影响因素。激光光斑越小随仪器与被测点距离的减小而减小,而分辨率增加使得回波信号也逐渐增强,导致测量精度大大提高,反之则导致测量精度降低^[3]。

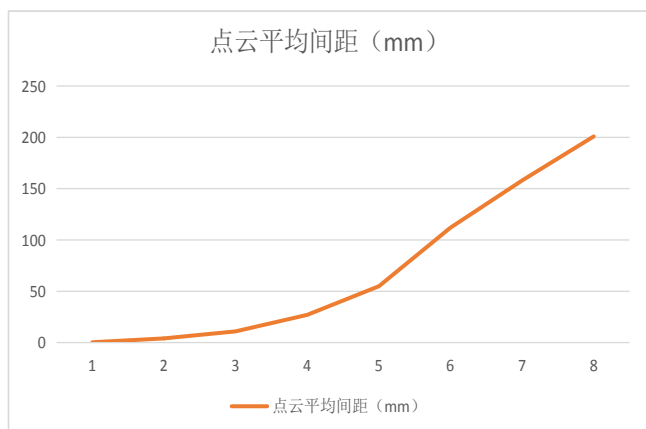


图2 仪器到点云距离

(2)考虑到研究区为开采区,地面凹凸起伏使得存在地表夹角过小的问题。若夹角过小且距扫描仪距离较远时,较高地表或地物可能会阻挡住激光束扫描地面较低的地方,从而导致点云稀少和信息失真,测量精度较低^[4]。

2.2.2 点云去噪提高数据精度

为了精确有效的将杂乱无序的噪声数据从数据中分离以获得被测区域的真实地表信息,我们需要对点云数据进行前期处理。三维激光扫描仪扫描除了会获得目标物外部形状数据外,也会将目标物旁边的物体,如植被、动物等数据也会一同扫描录入形成离散点,因此我们需要进行数据前期处理以剔除这些不利于研究对象的数据,提高扫描精度。

2.2.3 对点云数据进行重采样

对点云数据进行重采样操作的目的在于提高对点云数据的处理速度,提高三维建模的效率。扫描参数中点云密度指的是某一距离中的点间隔,距离改变则密度改变也就是上文中测站获取的物体表面点云数据距扫描仪远的少、近的密,因此通过重采样以剔除高于采样密度的点云。本研究

区经过去噪、以1m为间隔进行重采样剔除后的剩余点云个数为38550个,原始点云个数为156884个。

2.2.4 三维建模的建立

原始点云数据经过处理后点云数据局部会出现数据空洞现象,提高了地表模型构建难度。可以通过适当的插值方法弥补缺失的数据以获得完整的点云数据,使得沉陷区表面沉陷趋势能够被准确的表达。构建扫描区域的格网模型让地形的基本信息能够被清楚表达,并为地表未来形变预测、分析提供基础。

3 结语

通过上面的研究和数据来看,在沉陷监测中三维激光扫描技术获得数据的速度非常快,数量非常大,快速海量的数据对于开采沉陷量及矿区的沉陷趋势有着非常明了的表示。通过上文我们发现三维激光扫描技术的精度与扫描距离有着重要的关系,以及点云密度和扫描距离也存在着一定的关系。点云密度随着与测站距离的减小而增大,扫描精度随着与测站距离的减小而增高,扫描距离较远处由于存在多种影响因素使得扫描精度降低,因此在三维激光扫描仪监测地表沉降中距离测点距离范围越近则精度越高,相对更可靠,距离越远则越容易出现波动影响精度,增加数据的误差。随着科学技术的发展和对三维激光扫描技术研究的深入,测量精度和范围将会不断的提高,三维激光扫描技术在地表沉降监测中的应用前景将会更加美好。

[参考文献]

- [1]陈伟东.三维激光扫描技术在地形地质测量中的应用[J].世界有色金属,2018(7):197-199.
- [2]张键.三维激光扫描技术在矿区开采沉陷监测中的应用研究[D].焦作:河南理工大学,2013.
- [3]李秋,秦永智,李宏英.激光三维扫描技术在矿区地表沉陷监测中的应用研究[J].煤炭工程,2016(04):97-99.
- [4]冯婷婷,张键,冯鹏飞.三维激光扫描技术在开采沉陷监测中的应用[J].矿山测量,2017(10):89-91.

作者简介:

李文平(1988--),男,湖北黄冈人,汉族,大学本科,中级工程师,从事工作:城市轨道交通控制测量及GNSS测量方面的研究。