

基于LiDAR DEM和Sentinel-1数据的露天矿边坡位移监测

王芳¹, 魏恋欢¹, Cristiano Tolomei², Christian Bignami², 毛亚纯¹, 刘善军¹,
封秋月¹

(1) 东北大学, 沈阳, 中国

(2) 国家地球物理与火山研究所, 罗马, 意大利

露天矿位移监测是矿山安全生产管理的重要内容之一, 时间序列InSAR以其成本效益高的优势用于监测露天矿等广大地区的地表位移, 但只能监测视线方向的位移, 限制了变形监测中位移测量的精度。针对这一问题, 提出了一种精确数字高程模型 (Digital Elevation Model, DEM) 辅助边坡位移反演方法, 利用激光扫描生成的精确DEM来最小化小基线子集 (Small Baseline Subset, SBAS) 分析中的地形残差。然后, 借助高精度LiDAR DEM将视线向位移转换为坡度方向, 并应用于鞍千与齐大山露天矿区。

本文使用SBAS方法, 对2016年12月-2019年5月的三组共186景覆盖鞍山露天矿区的Sentinel-1升轨和降轨数据进行处理分析, InSAR处理过程中采用矿坑的高精度LiDAR DEM与德国TanDEM-X计划获取的空间分辨率为3弧秒的DEM数据, 作为外部DEM能更好地去除地形相位的影响, 并能提供准确的坡度、坡向数据以辅助坡向位移的求解。小基线子集法采用多主影像干涉模式, 保证数据的高时间采样率和高点密度, 降低时空去相干的影响。在SBAS法中, 首先将所有从影像都以超级主影像为参考进行配准, 根据多主影像策略生成小基线差分干涉图集。其次通过最小费用流算法对序列差分干涉图进行解缠, 用奇异值分解法将解缠后的差分干涉图结合起来生成一个包含大气、地形和位移信号的时间序列。再次, 通过二次解缠和滤波消除地形、大气信号, 最终得到位移速率和累计位移量。在高分辨率DEM的辅助下, 利用雷达入射角、航向角信息, 利用坡向位移求解方法, 将视线向的位移量转换到坡向。将监测结果与现场实测数据进行了对比分析, 具有高度一致性。将位移时间序列与降水量对比发现, 降水量增大会加速变形, 降水量减小时变形速率放缓, 二者存在季节相关性。结果表明, 露天矿的稳定性主要受岩体结构、岩性和降水的影响。基于SBAS方法的坡向位移求解方法可为露天矿边坡位移长时序、高精度监测提供技术支撑与理论基础, 为防灾和安全生产提供技术支持。