

基于SBAS-InSAR的G207双牌段地质灾害监测

陈勇国¹ 麻红军² 李 松¹ 孙湘艳¹

1. 湖南科技学院 土木与环境工程学院 湖南永州 425199

2. 南京信息工程大学 遥感与测绘工程学院 江苏南京 210044

【摘要】G207双牌段途径丘陵山岗等地区,岩性以浅变质岩、石灰岩、板岩和碎屑岩为主,雨季容易发生地质灾害,造成道路堵塞,威胁行人行车安全。提前对灾害进行监测和防治能够有效减少灾害带来的损失,基于此,2018年10月9日至2020年4月1日的31景sentinel-1A影像数据,采用SBAS-InSAR技术获取了G207国道双牌段沿线的形变信息,根据形变信息对公路地质灾害进行监测。本次研究共监测出了21处潜在地质灾害,根据历史灾害数据验证,监测结果有着比较好的准确性,其中形变速率最大的地区可达到-40.46mm/年。本次研究表明了SBAS-InSAR技术在公路地质灾害中能够进行有效的监测,此方法可为防灾减灾事业及政府相关部门决策提供有效的信息。

【关键词】地质灾害监测; sentinel-1A卫星; SBAS-InSAR

【基金项目】湖南科技学院科学研究项目(21XKY050);永州市指导性科技计划项目(2022-YZKJZD-004)

引言

G207是贯通永州市南北的交通要道,其中双牌路段沿线地质条件复杂,区域内岩性有浅变质岩、板岩、石灰岩和碎屑岩等,雨季易发生滑坡、坍塌、落石等地质灾害,造成断路,威胁行人安全。因此,急需对该路段的道路灾害进行监测及其防护,以确保道路畅通及行人安全。

地质灾害发生通常伴随着地表形变,对地表形变进行研究可为灾害监测提供信息^[1]。目前,传统的地质灾害监测手段有精密水准仪,裂缝计, GPS监测站等,这些方法虽然监测精度高,但只能基于少量离散点进行局部的监测,而且需要定期复测,效率低,难以在短时间内获取大范围详细的地表形变,且易受外界条件制约。与传统手段相比,合成孔径雷达差分干涉测量技术(InSAR)可以非接触、全天时、全天候的对整条公路获取地面毫米级形变信息^[2]。目前,国内利用InSAR技术对地质灾害监测研究取得了一些成功范例:李晓恩等分析论证InSAR技术在监测地质灾害的应用与未来发展^[3],论证了此方法在地质灾害监测中有着很好的可行性。周定义、闫怡秋等人利用SBAS-InSAR对滑坡灾害体进行识别分析,对灾害的防治具有重要作用^[4-5]。冯文凯等应用InSAR技术监测滑坡地表形变,证实了该技术能广泛的应用于山区地质灾害监测^[6]。

本文采用2018年10月至2020年4月的31景哨兵1A数据,

通过SBAS-InSAR技术进行数据处理,得到公路沿线两侧时序形变信息,综合公路沿线历史灾害点数据进行对比验证,发现SBAS-InSAR技术获取的较大形变区域与实际发生的灾害点高度吻合,表明该方法对隐患点的识别具有较好的效果,可为公路沿线地质灾害监测提供技术支撑。

1 研究区及方法

1.1 研究区概况

双牌县故称泅泊,位于湖南省南部,潇水中游,东经110°24'至110°59'、北纬25°36'至26°10'之间。地势东西高,南北低。地形主要以山地为主,丘陵、岗地、平原兼备。年均气温17.6℃,年均降雨量1512.44mm,八成地区降雨量多于1500mm。乌兰浩特—海安公路,简称乌海线,为中国国家道路网的纵线之一,编号为G207国道,双牌县境内长度60公里,沿线沟壑纵横,公路越岭穿脊,途径塔山一号、塔山二号、婆婆殿一号、婆婆殿二号和司仙坳隧道。

1.2 实验数据

本次研究采用的SAR数据来源于欧空局(ESA)哥白尼数据开放中心(<https://scihub.copernicus.eu/>),总共下载了31景C波段Sentinel-1A升轨影像,极化方式VV,重访周期12天,时间跨度为2018年10月4日至2020年4月4日。为了提高影像轨道精度,本研究引入了POD精密定轨星历

数据,同时还在地理空间数据云平台 (<http://www.gscloud.cn/>) 下载了 ASTER GDEM V3 30 m 空间分辨率的数字高程模型 (DEM), 用于去除地形相位影响。

1.3 研究方法

小基线集合成孔径雷达干涉测量 (SBAS-InSAR) 是一种时间序列 InSAR 分析方法, 最早是由意大利学者 Berardino 等提出的^[7], 该方法通过一段时间内的 SAR 影像进行干涉处理, 利用相位差来获取地表形变信息, 其优点是能够很好地克服空间、时间失相干的影响, 并且去除大气延迟相位干扰。

2 数据处理

2.1 数据预处理

将从欧空局下载的影像在软件中进行数据格式转换, 导入 POD 精密定轨星历数据进行轨道校正, 根据研究区域对影像进行裁剪, 得到初始数据。

2.2 SBA-InSAR处理

利用 ENVI 中的 SARscape 模块将预处理过后的数据进行 SBAS-InSAR 处理, 连接图生成过程参数设置时间基线阈值为 60 天, 共生成 95 个对。然后采用 Minimum Cost Flow 解缠方法对生成的干涉图进行解缠, 在解缠后的干涉图上选择 31 个 GCP 点进行轨道精炼, 然后利用 Goldstein 滤波方法除去大气影响。通过 DEM 辅助进行地形校正经地理编码后得到公路沿线地表形变结果 (图1)。

地表年均形变速率图表示了该地区以年为单位的地表形变情况, 通过该图可看出在国道的中间部分形变比较大, 形变速率达到 -40.46mm/年 , 主要分布在地形比较崎岖的部分。通过获取的形变信息结合光学影像目视解译, 一共发现了 21 个潜在地质灾害发生地区,

3 结果分析

结合野外调研结果和历年地质灾害分布图, 发现本次研究的监测结果与之吻合度较高, 如图2所示。从中能够看到形变速率较大的地区都有不同程度的土地裸露, 而且还具有一定的坡度。这是因缺少植被导致地表稳定性较差, 加之陡峭的坡度, 使得泥土容易滑动, 特别是在雨季的时候容易发生崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害。除此之外, 在隧道出入口也存在着不同的形变, 这是由于隧道的施工对地层结构造成了一定的破坏。

为了研究形变随着时间的变化过程, 从中选取了4个

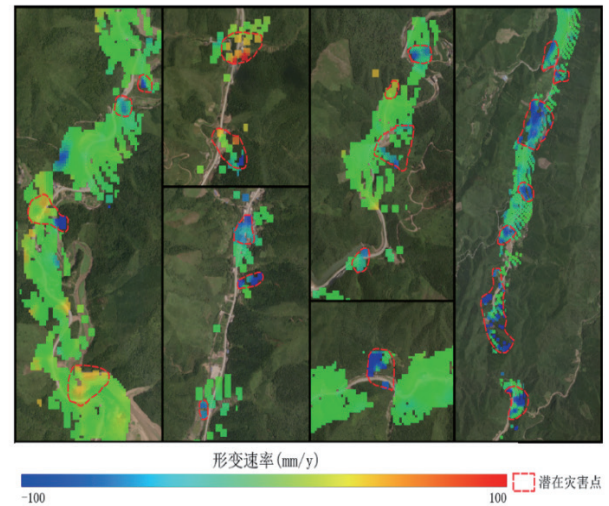


图1. SBAS-InSAR地表年均形变速率图

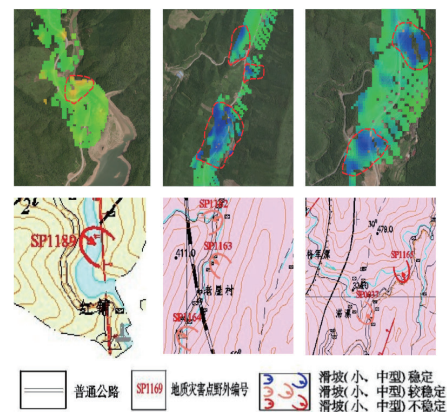


图2. 对比验证结果

点分别编号为A、B、C、D, 利用时序分析工具绘制了2018年10月到2020年4月的累计形变曲线图, 如图3所示。基于时间基线对形变信息分析, 从整体上看, 4个区域的形变趋势有着相似的特点, 从2018年10月开始发生缓慢的形变, 表现为沉降。其中, 在2019年6月开始形变加速, 到达2019年8月时, D区的沉降量可达到 57.74mm 。然后从2019年10月到2020年1月又趋于平缓, 累积形变量分别达到 -57.54mm 、 -50.34mm 、 -37.64mm 、 -58.8mm , 在之后的2个月内形变开始转为抬升, 而且形变速率又逐渐加快。

结合该地月均降雨情况分析, 在2018年10月至2019年7月降雨都比较充沛, 其中降雨比较多的有2018年11月、12月和2019年4月、7月。根据形变曲线结合降雨量分析, 随着降雨量增大, 形变速率往往也在增大。2019年8月到2020年1月这一段时间, 月均降雨很少, 形变速率也随之趋向平缓。到了2020年2月, 降雨开始增加, 至2020年3月降雨量

达到607.16mm,形变速率又随之增加,但是该时间的形变表现为抬升,推测是剧增的降雨会补充一定的地下水导致地表开始抬升。

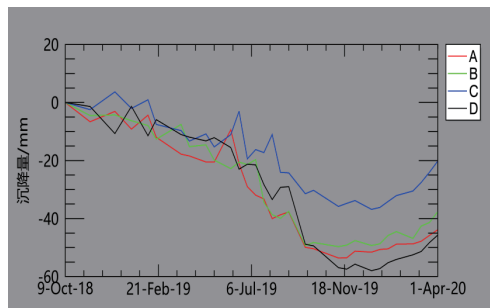


图3. A、B、C、D点时序形变

4 结束语

针对G207国道双牌段地质构造复杂、地质灾害频发,实地监测费时费力等特点,本文通过31景哨兵一号影像数据,采用SBAS-InSAR技术获取G207国道双牌段沿线的形变信息,对公路地质灾害进行监测,得出以下结论:

(1)在2018年10月9日到2020年4月1日,G207国道双牌段沿线都有不同程度的形变,其中形变最严重的是道路的中部,雷达视线向形变速率可达到-40.46mm/年。

(2)根据获得的形变信息,结合高分辨率光学遥感影像解译,共监测出21处潜在地质灾害点,监测的结果与历史灾害数据有着很好的一致性。

(3)结合降雨数据分析可得,地表形变速率与降水量有着密切的联系,大多数时降雨与形变速率呈正比例关系,尤其在降水集中的季节,地质灾害发生比较频繁。

研究发现,降雨是诱发地质灾害的发生的因素之一,地表的累积沉降量跟降雨存在一定的关系。突发的强降雨会使地表土壤松软而被冲刷,导致地表形变加剧,从而引发公路地质灾害。因此,需要加强易发生灾害地段公路边坡的硬化工程,修建好排水设施,减少灾害的发生。

5 致谢

感谢欧空局(ESA)哥白尼数据开放中心免费提供的SAR

数据和地理空间数据云平台共享的DEM数据,让本次研究能够获得数据去进行SBAS-InSAR处理,得到地质灾害隐患监测结果,从而完成本篇论文,我们表示由衷的感谢。

参考文献:

- [1]王之栋,文学虎,唐伟,刘晖,王德富.联合多种InSAR技术的龙门山-大渡河区域地灾隐患早期探测[J].武汉大学学报(信息科学版),2020,45(03):451-459.
- [2]余绍淮,徐乔,罗博仁.时序InSAR技术在山区公路遥感地质勘察中的应用[J].公路,2021,66(10):251-257.
- [3]李晓恩,周亮,苏奋振,吴文周.InSAR技术在滑坡灾害中的应用研究进展[J].遥感学报,2021,25(02):614-629.
- [4]周定义,左小清,喜文飞,肖波,毕瑞,范馨.基于SBAS-InSAR技术的深切割高山峡谷区滑坡灾害早期识别[J/OL].中国地质灾害与防治学报:1-9[2021-11-03].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2852.P.20210902.1715.002.html>.
- [5]闫怡秋,郭长宝,张永双,张绪教,郑岳泽,李雪,杨志华,吴瑞安.基于SBAS-InSAR技术的西藏雄巴古滑坡变形特征[J/OL].地质学报:1-15[2021-11-03].<https://doi.org/10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2021195>.
- [6]冯文凯,顿佳伟,易小宇,张国强.基于SBAS-InSAR技术的金沙江流域沃达村巨型老滑坡形变分析[J].工程地质学报,2020,28(02):384-393.
- [7]Berardino P, Fornaro G, Lanari R, et al. A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2002, 40(11):2375 - 2383.
- [8]周华云,赵林,田黎明,吴振明,谢梅珍,原黎明,倪杰,乔永平,高泽深,史健宗.基于Sentinel-1数据对青藏高原五道梁多年冻土区地面形变的监测与分析[J].冰川冻土,2019,41(03):525-53.