

朝鲜核试验地壳形变 InSAR 测量研究

朱猛, 周子闲, 曾琪明, 焦健

北京大学 遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871

摘要: 2017年9月3日, 朝鲜民主主义人民共和国在中朝边界地区的试验场进行了第6次地下核试验, 该事件造成了6.3级地震, 爆炸量级为历次最大。丰溪里 (Punggye-ri) 核试验场是目前唯一公开的朝鲜核试验基地, 在过去的12年中, 朝鲜分别于2006年10月、2009年5月、2013年2月、2016年1月、2016年9月以及2017年9月在此进行了6次地下核试验。由于政治等复杂因素, 无法获得朝鲜核试验基地任何的GPS、地质、实地测量等数据直接开展监测研究, 而InSAR作为一种极具潜力的地表形变监测手段, 为核试验监测提供了可能。本文利用多源星载SAR数据 (ALOS-2, Sentinel-1 和 TerraSAR-X) 对最近3次核爆导致的地表形变进行了监测。结果显示, InSAR可以作为除地震学等侦测手段之外, 一种独立的技术手段对核爆事件进行定位并对其导致的地表形变进行反演, 为进一步了解核试验相关信息提供参考。

丰溪里核试验场位于朝鲜北部, 海拔较高, 地势起伏多变, 地表覆盖状况复杂。因此, 利用InSAR技术在这种复杂山区条件下进行形变信息提取具有相当的难度和挑战性。首先, 大气效应 (Atmospheric Phase Screen, APS) 是影响InSAR测量的重要干扰因素, 从已处理的图像中可发现, 干涉图中存在明显的大气延迟相位。本文利用WRF (Weather Research and Forecasting) 和ECMWF (European Center for Medium range Weather Forecasting) 两种大气数值模式对D-InSAR处理流程进行了大气校正, 以消除或减弱大气延迟相位对InSAR测量的影响。其次, InSAR干涉对的相干性受时间基线、空间基线、波长、地表覆盖等多种因素影响, 我们选取多对InSAR干涉组合, 比较了C波段Sentinel-1, L波段ALOS-2和X波段TerraSAR-X数据在InSAR形变测量中的表现, 实验表明, L波段的ALOS-2数据相干性一般优于其他2种, 能够为地表形变反演提供有效信息。最后, 由于缺乏外部数据验证InSAR结果的可靠性, 我们对不同波长, 入射角、空间分辨率的多源SAR数据得到的监测结果进行了交叉验证, 目的是在缺乏外部验证数据的情况下, 得到稳健可靠的InSAR测量结果。

关键词: InSAR, 地下核试验, 地表形变, 多源SAR数据, 朝鲜