

# 序贯 InSAR 时间序列监测西安地表沉降与反弹

王宝行, 赵超英\*, 张勤

地质工程与测绘学院, 长安大学, 西安 710054, 中国

baohangwang@163.com, cyzhao@chd.edu.cn, dczhangq@chd.edu.cn

自从上世纪 60 年代, 中国西安遭受严重的地面沉降和地裂缝。在经济的发展和城市化的进程, 地下水的开采已经超过 50 年, 其已经导致 14 条地裂缝以和地面沉降, 其中最大的地表形变速率超过 300 毫米/年, 累计形变超过了 3 米。这些灾害严重威胁着地表人工建筑物的安全。

时间序列合成孔径雷达干涉测量在地表形变监测中扮演中着重要作用。为了研究西安地面沉降和地裂缝的时空形变特征, 之前的研究表明地面沉降和地裂缝之间的关系。含水层系统的退化是导致了这些典型的变形的关键因素。为了缓解地下水超采引起的地面沉降和地裂缝问题, 1996 年出台了限制地下水开采的政策, 此后地表变形率开始下降。由于 1996 年以来西安市地下水开采受到限制, 黑河水成为主要供水水源。此外, 在 2009 年至 2014 年期间, 西安累计地下水回灌 1552800 立方米。

为了恢复长时序的地表形变演化, 我们采用序贯估计方法来动态更新地表序列的时间形变, 这是一种有效的 InSAR 工具。它可以在逐个获取 SAR 图像时, 尽可能快地监测地表形变。在实验中我们采用 83 景 Sentinel-1A 数据, 2015 年 6 月 20 日至 2019 年 7 月 17 日。通过设置时空基线阈值, 生成 365 幅差分干涉图。在序贯 InSAR 时间序列形变处理, 我们将 SAR 数据分为两组。第一组是存档的 SAR 数据, 利用 SBAS 技术生成干涉图进行参数初始化。第二组是新接收到的 SAR 图像, 用 SBAS 技术连接最近存档的 SAR 图像, 生成新的干涉图, 然后更新的变形参数。具体地说, 我们使用估计的变形参数及其协因数矩阵, 仅考虑新的干涉图, 就可以动态地逐个更新变形参数, 包括时间序列、变形速率和 DEM 误差。

结果表明, 结果表明, 西安市 2015 年 6 月 20 日至 2019 年 7 月 17 日发生了 3 种地表变形现象, 即地面沉降, 长期沉降后缓慢抬升和回弹, 可以解释为不同地下水对地下水变化的响应。至于对人工注水的响应, 回弹模式可进一步分为即刻弹性恢复变形和随时间变化的粘弹性恢复变形。

**关键词:** 序贯估计; InSAR 时间序列; 地下水; 地面沉降与回弹